



UNIVERSIDAD DE BRASILIA

PROGRAMA DE POSGRADUACIÓN EN DERECHO

CATALINA MARÍA GUTIÉRREZ GÓNGORA

**RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA EN EL CONTEXTO DEL DERECHO A LA
CIENCIA EN COLOMBIA**

**RESPONSABILIDADE CIENTÍFICA NO CONTEXTO DO DIREITO À CIÊNCIA
NA COLÔMBIA**

BRASILIA

2025

UNIVERSIDAD DE BRASILIA

FACULTAD DE DERECHO

**RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA EN EL CONTEXTO DEL DERECHO A LA
CIENCIA EN COLOMBIA**

**RESPONSABILIDADE CIENTÍFICA NO CONTEXTO DO DIREITO À CIÊNCIA
NA COLÔMBIA**

Autora: Catalina María Gutiérrez Góngora

Orientadora: Dra. Ana Claudia Farranha Santana

Co-orientadora: Dra. Tainá Aguiar Junquillo

Tesis presentada como requisito para la obtención
del título de Doctor en el programa de
Posgraduación en Derecho de la Universidad de
Brasilia.

Brasília, 30 de mayo de 2025

Góngora, Catalina María Gutierrez

Go RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA EN EL CONTEXTO DEL DERECHO A
LA CIENCIA EN COLOMBIA

Tesis (Doctorado - Doctorado en Derecho) -

Universidad de Brasília - 2025

1. Derecho Humano a la Ciencia, 2. Gobernanza Científica, 3. Responsabilidad Científica, 4. Extractivismo Cognitivo, 5. Colonialismo Epistémico, 6. Constitución Cultural y Ecológica, 7. Pluriculturalismo.

CATALINA MARÍA GUTIÉRREZ GÓNGORA

**RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA EN EL CONTEXTO DEL DERECHO A LA
CIENCIA EN COLOMBIA**

**RESPONSABILIDADE CIENTÍFICA NO CONTEXTO DO DIREITO À CIÊNCIA
NA COLÔMBIA**

**Tesis doctoral presentada al Programa de Posgrado en Derecho de la Universidad
de Brasília – PPGD/UnB, como requisito para obtención del Título de Doctor en
Derecho.**

COMISIÓN EXAMINADORA

Presidente - orientador:

Dra. Ana Cláudia Farranha Santana, Universidad de Brasília - UnB

2ª Coorientadora:

**Dra., Tainá Aguiar Junquillo, Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e
Pesquisa - IDP**

1º Examinador:

Dra., Fernanda de Carvalho Lage, Universidade de Brasília - UnB

2º Examinador:

Dr., Hector Alexander Lopez Leguizamón, Universidad de Boyacá - UNIBOYACA

3º Examinador:

Dr., Murilo Borsio Bataglia, ESTÁCIO-DF

Brasília 30 de mayo de 2025.

A Dios y a mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este recorrido académico, quiero expresar mi más sincera gratitud a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra manera, hicieron posible la realización de esta investigación.

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de este proceso, por darme la sabiduría, esperanza y resiliencia en los momentos de dificultad y desafíos.

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en mis sueños. Su compañía, paciencia y palabras de aliento, han sido el faro que me ha acompañado en esta travesía. Sin ustedes, este logro no sería posible.

A Juan Esteban, la persona que Dios envió a mi vida para apoyarme incondicionalmente y compartirme su entusiasmo, fuerza y sabiduría, para conseguir levantarme y seguir adelante a pesar de las adversidades y flaquezas.

A mi sobrina Valeria, milagro de vida y esperanza, gracias por mostrarnos la pureza, el valor de lo simple y sencillo de la vida y recordarnos que en la vida no hay nada imposible para Dios y que se puede querer tanto a una persona, aún en la distancia.

A mi orientadora de tesis, la Dra. Ana Claudia Farranha Santana, y mi co-orientadora, la Dra. Tainá Aguiar Junquillo, por su invaluable orientación, sus enseñanzas, apoyo, paciencia y su confianza en este proyecto. Su generosidad intelectual y su compromiso con la excelencia académica han sido fundamentales en la construcción de este trabajo.

A mis profesores y colegas del Programa de Posgraduación en Derecho de la Universidad de Brasília, quienes con sus conocimientos, debates y críticas constructivas enriquecieron mi visión y me desafiaron a ir más allá de los límites del pensamiento convencional.

A los amigos, en especial a Murilo, Lucas y Alejandra, que han estado a mi lado en este camino, ayudándome a recordar la importancia del equilibrio, la amistad y la alegría en medio de la rigurosidad académica. Su compañía ha sido un refugio en los momentos de incertidumbre y un motivo de celebración en cada avance logrado.

A mi médico psiquiatra, quien con su conocimiento y calidad profesional me ha ayudado a ir construyendo paso a paso un equilibrio mental y físico para salir adelante, no solo en mi vida académica sino también en mi faceta profesional y personal.

Expreso mi profundo agradecimiento a la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* por el respaldo otorgado a través de una beca doctoral, la cual fue fundamental para el desarrollo de esta investigación. Su apoyo financiero no solo facilitó mi formación en el Programa de Posgrado en Derecho de la Universidad de Brasília, sino que también contribuyó significativamente a la consolidación de mis estudios en un entorno académico idóneo.

De igual forma, agradezco a Brasil, quien con sus políticas de educación y desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación me dió la oportunidad de participar en la ciencia del país, aprender de expertos académicos, y compartir conocimiento con mis colegas y maestros. Brasil, mil gracias por abrirme las puertas y cambiar mi mentalidad.

Expreso mi más profundo agradecimiento al personal administrativo de la Posgraduación en Derecho de la Universidad de Brasília (UnB) por su dedicación y apoyo a lo largo de mi trayectoria doctoral. En particular, deseo reconocer a Euzeline, cuyo acompañamiento fue invaluable no solo en la gestión de los aspectos administrativos, sino también en el plano humano. Su orientación, consejos y apoyo constante trascendieron lo profesional, convirtiéndose en un pilar fundamental en este proceso. Su calidez, compromiso y generosidad fueron un sustento real, al brindarme el respaldo necesario para enfrentar los desafíos académicos y personales con mayor fortaleza.

Agradezco sinceramente a los profesores del comité examinador, quienes aceptaron generosamente la invitación a este espacio de crecimiento e intercambio de conocimientos. Su participación fue muy importante para cerrar este ciclo de manera enriquecedora y constructiva.

A todas aquellas personas que, de manera anónima o silenciosa, contribuyeron con su apoyo, sus palabras de ánimo o su ejemplo de perseverancia y compromiso con el conocimiento.

Finalmente, dedico este trabajo a quienes creen en el poder transformador de la ciencia y la investigación, a quienes defienden la importancia de un desarrollo ético y responsable del conocimiento, y a quienes luchan por construir sociedades más justas, equitativas y humanas.

Gracias a cada uno de ustedes por haber sido parte de este viaje.

GÓNGORA, Catalina Maria Gutierrez. Responsabilidad científica en el contexto del derecho a la ciencia en Colombia. 2025.186 f. Tesis (Doctorado en Derecho) - Programa de Posgrado en Derecho, Brasília, 2025.

RESUMEN

Esta investigación aborda de forma crítica y transdisciplinaria los dilemas éticos del progreso científico, en diálogo con la gobernanza, el derecho humano a la ciencia y la responsabilidad científica en contextos de desigualdad estructural. La investigación se articula metodológicamente como un estudio de caso de tipo cualitativo, centrado en la Sentencia T-622 de 2016 de la Corte Constitucional de Colombia, que reconoció al río Atrato como sujeto de derechos. A través de este caso paradigmático, se examina la forma en que los desarrollos científico-tecnológicos inciden en los derechos colectivos, los saberes ancestrales y la diversidad cultural, particularmente en territorios étnicos históricamente marginados. El marco teórico incluye nociones clave como el extractivismo cognitivo, el colonialismo del conocimiento, la bioprospección, y el derecho humano a la ciencia en sus dimensiones de acceso, participación y beneficio. Asimismo, propone una relectura de la gobernanza científica desde una perspectiva de justicia epistémica y constitucionalismo ecológico, resaltando la necesidad de prácticas científicas responsables y de una anticipación ética frente a los impactos socioambientales del desarrollo tecnológico. El estudio del caso se estructura en torno a tres categorías de análisis: (i) el extractivismo cognitivo y el colonialismo epistémico; (ii) la conexión estructural entre derechos humanos y diversidad cultural; y (iii) la responsabilidad científica y la constitución ecológica. Esta aproximación permite evidenciar las tensiones entre ciencia, poder y justicia, así como formular propuestas normativas e institucionales orientadas a la democratización del conocimiento y a la protección de los territorios bioculturales. El estudio concluye con recomendaciones orientadas a fortalecer la gobernanza inclusiva y ética de la ciencia en Colombia.

Palabras clave: Derecho Humano a la Ciencia; Gobernanza Científica; Responsabilidad Científica; Extractivismo Cognitivo; Colonialismo Epistémico; Constitución Cultural y Ecológica; Pluriculturalismo.

ABSTRACT

This research addresses critically and transdisciplinarily the ethical dilemmas of scientific progress in relation to governance, the human right to science, and scientific responsibility in contexts of structural inequality. Methodologically, the research is designed as a qualitative case study, focusing on the 2016 ruling T-622 of the Constitutional Court of Colombia, which recognized the Atrato River as a subject of rights. Through this paradigmatic case, the study examines how scientific and technological developments affect collective rights, ancestral knowledge, and cultural diversity, particularly in historically marginalized ethnic territories. The theoretical framework encompasses key notions such as cognitive extractivism, knowledge colonialism, bioprospecting, and the human right to science in its dimensions of access, participation, and benefit. Additionally, the thesis proposes a re-interpretation of scientific governance through the lens of epistemic justice and ecological constitutionalism, emphasizing the need for responsible scientific practices and ethical anticipation of the socio-environmental impacts of technological development. The case study is structured around three main categories of analysis: (i) cognitive extractivism and epistemic colonialism; (ii) the structural connection between human rights and cultural diversity; and (iii) scientific responsibility and the ecological constitution. This approach reveals tensions between science, power, and justice, and formulates normative and institutional proposals aimed at democratizing knowledge and protecting biocultural territories. The study concludes with recommendations to strengthen inclusive and ethical scientific governance in Colombia.

Keywords: Human right to Science; Scientific Governance; Scientific Accountability; Cognitive Extractivism; Epistemic Colonialism; Cultural and Ecological Constitution; Pluriculturalism.

RESUMO

Esta pesquisa analisa criticamente e de forma transdisciplinar os dilemas éticos do progresso científico em articulação com a governança, o direito humano à ciência e a responsabilidade científica em contextos de desigualdade estrutural. Metodologicamente, a pesquisa é estruturada como um estudo de caso qualitativo, centrado na Sentença T-622 de 2016 da Corte Constitucional da Colômbia, que reconheceu o rio Atrato como sujeito de direitos. A partir deste caso paradigmático, examina-se como os desenvolvimentos científico-tecnológicos afetam os direitos coletivos, os saberes ancestrais e a diversidade cultural, especialmente em territórios étnicos historicamente marginalizados. O referencial teórico abrange noções-chave como extrativismo cognitivo, colonialismo do conhecimento, bioprospecção e o direito humano à ciência em suas dimensões de acesso, participação e benefício. Além disso, propõe uma releitura da governança científica sob a ótica da justiça epistêmica e do constitucionalismo ecológico, destacando a necessidade de práticas científicas responsáveis e da antecipação ética diante dos impactos socioambientais do desenvolvimento tecnológico. O estudo de caso estrutura-se em torno de três categorias analíticas: (i) extrativismo cognitivo e colonialismo epistêmico; (ii) conexão estrutural entre direitos humanos e diversidade cultural; e (iii) responsabilidade científica e constituição ecológica. Essa abordagem permite evidenciar as tensões entre ciência, poder e justiça, bem como formular propostas normativas e institucionais voltadas à democratização do conhecimento e à proteção dos territórios bioculturais. O estudo conclui com recomendações destinadas a fortalecer uma governança científica inclusiva e ética na Colômbia.

Palavras-chave: Direito Humano à Ciência; Governança Científica; Responsabilidade Científica; Extrativismo Cognitivo; Colonialismo Epistêmico; Constituição Cultural e Ecológica; Pluriculturalismo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribución sectorial de las 50 empresas más valiosas del mundo.....	42
Figura 2 – Mapa mundial de la desigualdad de ingresos medido por el índice Gini.....	43
Figura 3 – Estructura y Componentes del Derecho Humano a la Ciencia.....	80
Figura 4 - Ecosistema de CTI en Colombia.....	102
Figura 5 - Categorías de análisis del estudio de caso.....	116
Figura 6 - Ciénaga del Río Atrato expuesta a minería ilegal (izquierda) y tramos del cauce no expuestos a minería (derecha).....	130
Figura 7 - Minería a cielo abierto y deforestación (izquierda) y la selva virgen (derecha)....	131

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Desigualdad en la Distribución de la Riqueza.....	41
Gráfico 2 – Comparación del número de generaciones de movilidad social y desigualdad....	45
Gráfico 3 - Productividad laboral y concentración del ingreso en la economía digital.....	48

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 – Progreso científico, tecnológico y social.....	58
Cuadro 2 - Principales leyes y decretos de CTI en Colombia.....	97
Cuadro 3 - Identificación del caso de estudio.....	122
Cuadro 4 - Principales consideraciones de la Corte para su decisión	126

LISTA DE SIGLAS

AGI	ARTIFICIAL GENERAL INTELLIGENCE
BID	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
CADH	CONVENCIÓN AMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS
CEO	CHIEF EXECUTIVE OFFICER
CESCR	COMITÉ DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES
CONPES	CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL
CTI	CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
DANE	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA
DUDH	DECLARACIÓN UNIVERSAL DE DERECHOS HUMANOS
EAI	EMPRESAS ALTAMENTE INNOVADORAS
ECOSOC	CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL
GPT	GENERATIVE PRE-TRAINED TRANSFORMER
FBI	FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
FCTeI	FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
I+D	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
I+D+i	INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN
IA	INTELIGENCIA ARTIFICIAL
IEBT	INCUBADORAS DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA
IES	INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR
IMF	INTERNATIONAL MONETARY FOUND
MCTI	MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

OCDE	ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO
OC	OPINIÓN CONSULTIVA
OCyT	OBSERVATORIO COLOMBIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
OEА	ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS
OHCHR	UNITED NATIONS HIGH COMMISSIONER FOR HUMAN RIGHTS
OIT	ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO
ONU	ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS
PIDESC	PACTO INTERNACIONAL DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES
SINA	SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL
SU	SENTENCIA DE UNIFICACIÓN
SNCTI	SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, E INNOVACIÓN
UNESCO	ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA
UNODC	OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS CONTRA LA DROGA Y EL DELITO
TIC	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES
TSMC	TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	19
LA CIENCIA Y EL DILEMA CIENTÍFICO.....	19
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1 CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PROGRESO.....	33
1.1 EL NUEVO PROMETEO.....	35
1.2 UNA CUESTIÓN DE DESIGUALDAD.....	39
1.3 EN TÉRMINOS CIENTÍFICOS.....	52
2 LA RESPONSABILIDAD EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO.....	62
2.1 HISTORIA DEL DERECHO HUMANO A LA CIENCIA.....	63
2.2 TÉCNICA, ECONOMÍA Y PODER.....	68
2.3 EL DERECHO A LA CIENCIA Y LA RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA.....	78
2.3.1 Derecho al Progreso Científico y a la Libertad Científica.....	82
2.3.2 Derecho al Progreso Científico Responsable.....	84
2.3.3 Derecho a Participar en el Progreso Científico.....	86
2.3.4 Derecho a Beneficiarse del Progreso Científico.....	87
3 COLOMBIA Y LA RESPONSABILIDAD DE LA CIENCIA.....	90
3.1 COLOMBIA COMO CAMPO DE ESTUDIO.....	93
3.2 MARCO JURÍDICO.....	95
3.3 DOMINIO Y CONTROL SOBRE LA NATURALEZA Y SUS FUERZAS.....	106
3.4 ABORDAJE METODOLÓGICO DEL CASO.....	109
3.5 JUSTIFICACIÓN DEL CASO.....	112
3.6 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS.....	117
3.7 EL RÍO, LA VIDA Y LA LEY.....	122
3.7.1 Contexto de la decisión.....	122
3.7.2 Resumen y Presentación de la Sentencia.....	123
3.7.3 Enfoque Jurídico de la Decisión.....	125
3.7.4 Importancia Física y Simbólica del Río Atrato.....	125
3.7.5 Contexto Histórico.....	126
3.7.6 Problema Jurídico.....	126
3.7.7 Fundamentación Normativa.....	127
3.7.8 Principales Consideraciones de la Decisión.....	128
3.7.9 Principios y enfoques jurisprudenciales.....	129
3.7.10 Acervo Probatorio.....	129
3.7.11 Verificación del Daño.....	130
3.7.12 Decisión de la Corte Constitucional.....	133
3.7.13 Impacto de la Decisión.....	134
4. RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA: un análisis sobre el extractivismo científico y posibilidades regulatorias.....	136

4.1 EXTRACTIVISMO COGNITIVO Y COLONIALISMO DEL CONOCIMIENTO.	143
4.2 CONEXIÓN ESTRUCTURAL ENTRE DERECHOS HUMANOS Y DIVERSIDAD CULTURAL.....	152
4.3 RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA Y CONSTITUCIÓN ECOLÓGICA.....	158
CONSIDERACIONES FINALES.....	171
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	182

INTRODUCCIÓN

LA CIENCIA Y EL DILEMA CIENTÍFICO

En agosto de 1945, fueron lanzadas dos bombas atómicas: la primera, “Little Boy”, el 6 de agosto en Hiroshima, y la segunda, “Fat Man”, el 9 de agosto en Nagasaki, Japón. Estas detonaciones causaron la muerte instantánea de decenas de miles de personas, con cifras que varían entre 70.000 y 146.000 en Hiroshima, y entre 39.000 y 80.000 en Nagasaki (teniendo en cuenta efectos colaterales como la de la radiación, entre otros asociados) (BRITANNICA, 2025). Estos bombardeos fueron factores determinantes para la rendición incondicional de Japón el 15 de agosto de 1945, lo que puso fin a la Segunda Guerra Mundial.

De acuerdo con el libro *American Prometheus* escrito por BIRD y SHERWIN (2006), durante la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos se encontraba en una carrera contra el tiempo debido a los rumores de que la Alemania nazi estaba desarrollando su propia arma nuclear. Este temor, combinado con el progreso en la física teórica y experimental, particularmente en la comprensión de la fisión nuclear, impulsó la creación del Proyecto Manhattan en 1942. Oppenheimer, un destacado físico teórico, fue seleccionado como director científico del proyecto debido a sus capacidades de liderazgo, su conocimiento científico y su habilidad para coordinar a un equipo interdisciplinario de especialistas.

El proyecto, financiado por el gobierno de los Estados Unidos y liderado militarmente por el general Leslie Groves, se desarrolló en Los Álamos, Nuevo México, bajo estrictas condiciones de secreto. La combinación de urgencia militar, avances científicos y apoyo gubernamental sin precedentes permitió la construcción y prueba de la primera bomba atómica en julio de 1945, conocida como la prueba Trinity. Esta se realizó bajo la premisa de que era un esfuerzo necesario para finalizar la guerra rápidamente y minimizar las bajas aliadas, aunque sus implicaciones éticas y morales fueron reconocidas por Oppenheimer y sus colegas desde el principio (BIRD; SHERWIN, 2006).

Después de liderar el Proyecto Manhattan y ser testigo del éxito de la prueba Trinity, así como de las devastadoras consecuencias de las bombas atómicas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki, Oppenheimer experimentó un conflicto ético profundo. Aunque había contribuido decisivamente al esfuerzo bélico, pronto reconoció que las aplicaciones de su trabajo no solo eran un avance científico, sino también una amenaza existencial para la

humanidad. Este dilema se tradujo en una postura crítica hacia el uso indiscriminado de armas nucleares y en una búsqueda constante por mitigar su impacto (BIRD; SHERWIN, 2006).

Durante el siglo XXI la interacción entre ciencia y sociedad no solo se ha mantenido sólida, sino que ha mostrado una tendencia creciente a fortalecerse más con el tiempo. Este panorama ha potenciado las discusiones en torno a las implicaciones y posibles consecuencias de diversas tecnologías emergentes, como la energía nuclear, la realidad aumentada, el internet de las cosas, la biotecnología, la inteligencia artificial, entre otras. Estas innovaciones plantean desafíos éticos, sociales y políticos, que exigen un análisis riguroso y multidimensional para comprender su impacto (BIRD; SHERWIN, 2006).

Como lo explica (SCHWAB, 2016), las transformaciones estructurales de la humanidad han venido acompañadas de innovaciones tecnológicas. Para él, la primera revolución industrial (1760-1840) marcó el inicio de la mecanización con la invención de la máquina de vapor y el desarrollo de los ferrocarriles, permitiendo procesos mecanizados. La segunda revolución industrial (entre el siglo XIX y XX) permitió la producción en masa mediante la electricidad y las líneas de ensamblaje. La tercera revolución, o revolución digital (década de 1960), estuvo impulsada por los avances en semiconductores, computación e internet, habilitando una conectividad global. Finalmente, la cuarta revolución industrial, iniciada en el siglo XXI, integra tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el internet de las cosas y la biotecnología, fusionando los ámbitos físico, digital y biológico (SCHWAB, 2016).

Del mismo modo FLORIDI (2014), desarrolla la tesis de que la revolución digital constituye la cuarta gran transformación en la auto-comprensión humana, después de las revoluciones copernicana, darwiniana y freudiana. Floridi sostiene que, así como estas revoluciones descentraron al ser humano del cosmos, la biología y la racionalidad, la era de la información redefine nuestra identidad al integrarnos en la infosfera, un entorno informacional donde la distinción entre lo físico y lo digital se diluye. Es así que, esta transformación implica un cambio radical en nuestra percepción del ser, ya que la interacción con las TIC modifica la manera en que nos entendemos a nosotros mismos, nuestra agencia y nuestra relación con el conocimiento, lo que ha llevado a que la humanidad haya ingresado a una nueva era denominada por el autor como *hiperistoria*, caracterizada por la dependencia estructural de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para el bienestar social, económico y político.

En este contexto, según el autor la filosofía de la información se convierte en una herramienta clave para analizar y orientar el impacto ético, político y social de las tecnologías digitales, proponiendo un nuevo marco conceptual para comprender el presente y anticipar el futuro. De ese modo, FLORIDI (2014) plantea que la inteligencia no se limita a una facultad cognitiva humana, sino que se inscribe progresivamente en el mundo a través de las tecnologías de la información. Argumentando de este modo que la digitalización ha permitido externalizar y automatizar procesos cognitivos, transformando el entorno en un sistema de información capaz de almacenar, procesar y generar conocimiento de manera autónoma.

Esta evolución redefine la noción de inteligencia, desplazándola de un atributo exclusivamente biológico a una propiedad distribuida en infraestructuras tecnológicas. Así, la relación entre humanos y máquinas no se basa en la imitación de la mente humana, sino en la creación de sistemas capaces de inscribir, modificar y optimizar el flujo de información en la infosfera, he aquí lo que conocemos como la inteligencia artificial - IA- (FLORIDI, 2024).

No obstante, la inteligencia artificial (IA) se distingue entre las tecnologías emergentes o de vanguardia, por su capacidad de generar impactos transversales en múltiples sectores, como la salud, la educación, la industria y la seguridad, de manera simultánea y escalable. A diferencia de otras tecnologías específicas, como la realidad aumentada o la energía nuclear, la IA opera como una tecnología habilitadora que optimiza y amplifica la eficiencia y el alcance de estas mismas innovaciones.

El potencial de esta tecnología para automatizar tareas complejas, procesar grandes volúmenes de datos y ofrecer soluciones adaptativas, la consolida como un eje central dentro de un competitivo y cambiante entorno tecnológico. Además, su influencia en la comunicación, el acceso al conocimiento y la toma de decisiones, eleva su relevancia en los debates éticos, sociales y políticos, subrayando la necesidad de un análisis exhaustivo que promueva su implementación responsable y equitativa.

Como se explica, la aplicación cada vez más extendida de robots, agentes y otras formas avanzadas de IA también ha planteado desafíos éticos relevantes, como la propagación de desinformación, la reproducción de sesgos algorítmicos y el creciente debate sobre la protección de la privacidad (YEUNG; LODGE, 2019). Además, ha reconfigurado profundamente las dinámicas laborales, desplazando empleos tradicionales y creando nuevos perfiles profesionales, lo que ha generado ciertos interrogantes e incertidumbres en el campo laboral, social y político, que requieren ser más analizadas (SRNICEK, 2019).

Desde esta perspectiva, OLSON (2024) ha mostrado el impacto transformador de este tipo de tecnologías, como ha ocurrido con el lanzamiento de ChatGPT como un hito en la IA generativa, marcando un punto de inflexión en la interacción humano-máquina. Este modelo de lenguaje se destacó por su capacidad para generar respuestas coherentes y realistas, simulando conversaciones humanas en múltiples contextos.

Así, de acuerdo con la autora, a diferencia de otras tecnologías avanzadas que tradicionalmente requerían habilidades técnicas especializadas, esta herramienta ha democratizado el acceso a soluciones tecnológicas complejas al permitir la interacción en lenguaje natural mediante formatos conversacionales, cambiando significativamente la relación entre seres humanos y los objetos. Su capacidad de procesar texto, imágenes y voz, facilita la resolución de una amplia gama de problemas, integrando la inteligencia artificial en contextos cotidianos y profesionales presentando para las personas una curva de aprendizaje significativamente reducida.

OLSON (2024) examina también las implicaciones éticas y sociales del despliegue de esta tecnología. Entre los principales riesgos identificados se encuentran la propagación de desinformación, el sesgo algorítmico y el uso malintencionado de herramientas generativas en diversos sectores. Además, plantea cómo la falta de regulación adecuada permitió una implementación acelerada, priorizando intereses corporativos sobre el bienestar social y la seguridad. En general, la autora resalta tanto el potencial de la IA generativa para transformar industrias, así como también los desafíos éticos urgentes que plantea su rápida adopción.

La inteligencia artificial funciona como un recurso crítico que está redefiniendo las dinámicas globales de poder. Desde su capacidad para influir en sectores clave como la economía, la política y la defensa, hasta los riesgos asociados con su concentración en manos de pocos actores, la autora explica cómo esta tecnología está configurando el futuro de la humanidad (OLSON, 2024). Por ese motivo, se examinan en la obra algunos riesgos potenciales que podrían tener implicaciones relevantes.

Para ella, la IA ha emergido como una herramienta de poder global equiparable a los recursos estratégicos tradicionales, como el petróleo o las armas nucleares. Por ese motivo, países con mayores capacidades tecnológicas, como Estados Unidos y China, están utilizando la IA para consolidar su posición en la economía y la geopolítica mundial (OLSON, 2024). Estos Estados no solo invierten masivamente en el desarrollo de IA avanzada, sino que también la aplican en áreas como ciberseguridad, espionaje y automatización militar. Esto ha

desplazado a otras naciones a roles secundarios, intensificando la brecha entre quienes poseen recursos tecnológicos y de los que no lo hacen (OLSON, 2024).

A nivel corporativo, OLSON (2024) destaca cómo las grandes empresas tecnológicas han acumulado un gran poder gracias a su control sobre los recursos esenciales para el desarrollo de la IA, como datos masivos y poder computacional. Este fenómeno ha fomentado la creación de monopolios tecnológicos, limitando la competencia y concentrando las decisiones sobre el diseño y uso de la IA en un número reducido de corporaciones. Esto no solo genera desigualdades económicas, sino que también plantea serias amenazas a la soberanía tecnológica de los Estados.

Otro aspecto abordado por la autora es la implementación de la IA con fines militares, lo cual, según ella, está transformando la guerra moderna. El desarrollo de armas autónomas, drones inteligentes y sistemas avanzados de ciberseguridad otorga ventajas significativas a las naciones que integren eficazmente estas tecnologías. Sin embargo, eso representa en sí mismo un profundo dilema ético, especialmente en lo que respecta a la delegación de decisiones de vida o muerte a sistemas algorítmicos.

En términos económicos, OLSON (2024) analizó cómo la IA contribuye a la automatización, desplazando trabajos humanos y optimizando la producción. Mientras las economías avanzadas consolidan su ventaja competitiva, los países en desarrollo enfrentan mayores desafíos para participar en el mercado global. La concentración de los beneficios de la IA en unos pocos actores agrava algunas desigualdades económicas estructurales, ampliando la brecha entre las economías más avanzadas y las emergentes.

A pesar de los importantes desafíos descritos previamente, uno de los riesgos más críticos asociados con la inteligencia artificial reside en su capacidad de autoaprendizaje. Este atributo, si bien es fundamental para su evolución, también puede volverse impredecible, aumentando la posibilidad de que los sistemas desarrollen objetivos o comportamientos divergentes de los intereses humanos. Tal potencial para la disonancia plantea preocupaciones profundas respecto a la alineación de valores y la gobernanza de sistemas autónomos avanzados, exigiendo un enfoque riguroso en la regulación y supervisión ética de estas tecnologías emergentes.

De este modo, resulta crucial considerar que, a medida que los sistemas de inteligencia artificial adquieren mayor autonomía y complejidad, surge el riesgo de que desarrollen objetivos incompatibles con las intenciones humanas. Este peligro es particularmente evidente

cuando dichos sistemas son entrenados con datos insuficientes, incompletos o sesgados, lo que puede influir negativamente en su capacidad para tomar decisiones alineadas con valores humanos. La desalineación entre los objetivos de la IA y los intereses de la sociedad no solo incrementa la probabilidad de conductas no deseadas, sino que también podría derivar en consecuencias perjudiciales para individuos, comunidades o estructuras sociales en su conjunto, subrayando la necesidad de enfoques éticos y transparentes en su desarrollo y aplicación.

Además de eso, la opacidad inherente a muchos sistemas de inteligencia artificial, ampliamente estudiada por autores como Frank Pasquale, representa un desafío significativo para la supervisión, comprensión y estudio de sus procesos de toma de decisiones. Esta falta de transparencia incrementa el riesgo de que dichos sistemas persigan objetivos divergentes de las intenciones de sus desarrolladores.

En este contexto, diversos especialistas y sectores interesados han planteado preocupaciones respecto a las implicaciones éticas, sociales y legales de estas tecnologías, especialmente considerando su creciente autonomía y su participación cada vez más directa en procesos críticos de toma de decisiones que afectan a los seres humanos y a las estructuras sociales (HILDEBRANDT, 2015; YEUNG; LODGE, 2019).

Antes de proseguir, es fundamental hacer una precisión, y es que esta investigación no se centra exclusivamente en la inteligencia artificial. En consecuencia, el análisis empírico no se limita a dicho tema. Si bien la inteligencia artificial constituye un eje relevante y una muestra relevante del desarrollo científico y tecnológico, no es el único objeto de estudio; en su lugar, la investigación abarca la innovación científica y tecnológica en su conjunto dentro del ámbito de los sistemas técnicos complejos.

En este marco, la inteligencia artificial adquiere un papel protagónico, no solo por su impacto disruptivo, sino también por los riesgos que conlleva, algunos de los cuales han sido mencionados marginalmente en este estudio y serán explicados con mayor detalle posteriormente. Desde esta perspectiva, resulta ineludible abordar el papel de la inteligencia artificial.

De esta forma, desde una perspectiva más amplia, se puede decir que la ciencia se ha consolidado como un eje fundamental del desarrollo económico y social a nivel global. Los Estados, en respuesta a la creciente competencia internacional, han ajustado sus políticas internas para mantenerse a la vanguardia tecnológica. Este avance no solo impulsa el progreso

y la innovación, sino que también contribuye a la garantía de derechos fundamentales como la vida, la dignidad humana, la educación, la cultura, la salud y el bienestar, fortaleciendo así las bases del desarrollo sostenible y equitativo.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En un contexto marcado por alta volatilidad e incertidumbre, la creciente integración de inteligencias artificiales generativas en el quehacer científico ha comenzado a transformar profundamente las dinámicas de producción, validación y difusión del conocimiento académico. Esta transformación conlleva riesgos significativos, entre los que destacan la dilución de la autoría, la erosión de la integridad científica, el reforzamiento de sesgos epistemológicos, el surgimiento de nuevas formas de colonialismo de datos y la posible automatización de una ciencia menos reflexiva y menos diversa (SAMPAIO C. *et al.*, 2023).

En este contexto, la pregunta central que orientó esta investigación fue: ¿cómo deben los científicos asumir la responsabilidad de controlar el impacto de sus descubrimientos? Este cuestionamiento se formula bajo la premisa —ampliamente debatida en el ámbito teórico— sobre que es posible ejercer algún grado de control efectivo sobre las creaciones científicas y tecnológicas una vez desplegadas en el entramado social. Una interrogante que interpela no sólo la dimensión ética de la praxis científica, sino también los límites reales de intervención en los procesos de apropiación y uso de la tecnología en contextos complejos e impredecibles.

Esta interrogante se integra a diversas líneas de análisis orientadas a un examen crítico y sistemático de los límites éticos, institucionales y epistemológicos del objeto de estudio. En este marco, resulta esencial analizar los marcos normativos que regulan la producción científica, así como las estructuras que condicionan su viabilidad y orientación. Esto exige una reflexión sobre los efectos previsibles e imprevisibles del desarrollo tecnológico, atendiendo al entramado sociotécnico en el que se despliega y su implicancia en la realización efectiva de los derechos humanos.

En consecuencia, se vuelve imprescindible examinar cómo los efectos previsibles e imprevisibles del desarrollo y aplicación de la ciencia y la tecnología se originan en un entramado intersectorial complejo, donde convergen actores públicos, privados y comunitarios. Las responsabilidades en este proceso son diferenciadas, pero profundamente interdependientes. Así, el impacto tecnológico no puede entenderse como neutral ni lineal,

pues está mediado por relaciones asimétricas de poder, desigualdades estructurales y persistentes dinámicas de colonialismo epistémico que moldean tanto la producción como la apropiación del conocimiento.

Ello se produce a su vez en el contexto de un sistema científico y tecnológico que está profundamente condicionado por estructuras políticas y económicas que operan mediante lógicas extractivistas y de mercado. Estas estructuras configuran las agendas de investigación, jerarquizan saberes y consolidan formas de dependencia epistémica, especialmente en contextos del Sur Global. Este entramado limita la autonomía científica y reproduce asimetrías históricas, socavando el derecho a una ciencia orientada al bien común. Frente a lo que es crucial cuestionar la neutralidad del sistema científico y su papel en la perpetuación de desigualdades estructurales.

Desde esta perspectiva, el desarrollo tecnológico no es inherentemente emancipador, sino que su vínculo con los derechos humanos depende de las condiciones socio-políticas que lo enmarcan. Ante lo cual, se considera cómo ciertas dinámicas tecnológicas pueden llegar a reproducir exclusiones, violar derechos colectivos y despojar a comunidades de sus saberes. Bajo esta óptica, sin una regulación orientada por principios de justicia epistémica y responsabilidad científica, la tecnología puede ser instrumento de opresión y no de garantía de derechos.

Así pues, en un contexto marcado por el rápido avance científico y de tecnologías, tales como el de la inteligencia artificial, la pregunta central de investigación adquiere una relevancia crítica al enfrentar dilemas éticos, sociales, medioambientales y políticos. La necesidad de equilibrar la innovación científica con las implicaciones de su implementación, se convierte en el núcleo de este estudio, destacando la importancia de desarrollar marcos de gobernanza que guíen la aplicación de dichos avances en beneficio de la humanidad.

En razón de ello, vale mencionar que el *objetivo general* de esta investigación es el de analizar el impacto de las tecnologías emergentes, en la reconfiguración de las relaciones de poder, en la desigualdad y en la aplicación del derecho humano a la ciencia en Colombia, desde una perspectiva jurídica, ética y biocultural, con el fin de visionar posibles marcos de gobernanza adecuados que mitiguen sus efectos adversos y promuevan su uso, especialmente desde el enfoque de la responsabilidad científica.

Así pues, se establecen los siguientes objetivos específicos como elementos orientadores para el cumplimiento del objetivo general:

1. Definir y contextualizar los conceptos clave de “ciencia”, “desigualdad”, “progreso científico” y “responsabilidad científica”, concretamente, en el contexto de la autonomía de la tecnología y su relación con las relaciones de poder.
2. Comprender la forma en la que se configura y se aplica el derecho a la Ciencia y Tecnología, con enfoque en la teoría de la responsabilidad científica y su aplicación de conformidad con el ordenamiento jurídico en Colombia, considerando su relación con los demás derechos humanos.
3. Analizar el impacto de las tecnologías emergentes en la configuración de las desigualdades sociales, económicas y ambientales, a través del estudio de un caso de la Corte Constitucional de Colombia, relevante para comprender la interacción entre la regulación de tecnologías emergentes y los derechos fundamentales.

Así, este estudio se propone analizar el impacto del progreso científico en las relaciones de poder y en la garantía del derecho humano a la ciencia, con un enfoque específico en el caso colombiano. A través de un estudio de caso, se examinarán las implicaciones jurídicas, éticas, sociales y medioambientales de los avances científicos y tecnológicos, con el fin de comprender cómo la regulación puede contribuir a mitigar los efectos adversos de la innovación.

En un entorno en el que la tecnología avanza de manera exponencial, la relación entre ciencia y sociedad adquiere una importancia sin precedentes. La historia ha enseñado que el progreso sin regulación puede derivar en consecuencias graves. La responsabilidad científica, entendida como un principio fundamental dentro del derecho humano a la ciencia, se presenta entonces como un elemento esencial para orientar el desarrollo del conocimiento en beneficio de la humanidad. Este trabajo se adentra en este complejo escenario, con el objetivo de contribuir a la construcción de un modelo de gobernanza científica que sea ético, inclusivo y sostenible.

La responsabilidad científica requiere un marco normativo sólido que garantice la supervisión ética y técnica de los procesos de innovación. Con ese propósito, la ciencia debe orientarse hacia la reducción de brechas estructurales, promoviendo su democratización y aplicación equitativa. Solo a través de una gobernanza efectiva, basada en principios de

transparencia, inclusión y rendición de cuentas, se evitará que el progreso científico perpetúe desigualdades y consolidaciones de poder asimétricas.

Por su parte, el marco teórico de la investigación se fundamenta en los trabajos de Langdon Winner y Jacques Ellul los cuales coinciden en su análisis crítico de la tecnología, enfatizando su autonomía y su capacidad para influir en las estructuras sociales y políticas. Ambos sostienen que la tecnología puede operar independientemente de la intervención humana, moldeando la sociedad de manera que a menudo escapa al control consciente. De igual manera, resulta importante señalar que en lo referente al derecho humano a la ciencia, esta investigación se orienta por el trabajo de Cesare P. R. Romano y Andrea Boggio.

Como se explica, la relación entre técnica y sociedad ha sido ampliamente analizada por Jacques Ellul y Langdon Winner, quienes investigan cómo el desarrollo tecnológico reconfigura las estructuras económicas, políticas y sociales. Ambos sostienen que la técnica moderna opera bajo una lógica autónoma, generando dinámicas de expansión y transformación que trascienden el control humano deliberado.

Ellul destaca el automatismo técnico y su influencia en la economía global, señalando cómo el desarrollo tecnológico avanza independientemente de consideraciones éticas o sociales. Winner, por su parte, examina las implicaciones políticas de los órdenes técnicos, argumentando que su diseño y aplicación no son neutros, sino que incorporan relaciones de poder. En sus análisis, la interdependencia técnica y la centralización del poder emergen como factores determinantes, evidenciando que la tecnología no solo satisface necesidades humanas, sino que también redefine estructuras de dominación y condiciona el funcionamiento democrático.

Ante eso, es crucial explicar que la ciencia y la técnica mantienen una relación intrínseca, como se analizará en detalle más adelante. En términos generales, la ciencia se orienta a la generación de conocimientos sistemáticos sobre fenómenos naturales y sociales, a través de métodos rigurosos como la observación, la experimentación y el análisis. En contraste, la técnica se centra en la aplicación de estos conocimientos para el desarrollo de herramientas, procesos y soluciones destinadas a resolver problemas concretos y satisfacer necesidades humanas específicas.

Esta relación, como se muestra es bidireccional: mientras que la ciencia proporciona las bases teóricas que permiten innovaciones técnicas, los avances técnicos facilitan nuevas investigaciones científicas al ofrecer instrumentos y métodos más sofisticados. Una muestra

de eso es que el desarrollo de tecnologías avanzadas ha permitido a la ciencia realizar investigaciones más precisas y efectivas. De ahí la importancia de considerar a estos autores como referencias centrales dentro del marco teórico.

Por su parte, Cesare P. R. Romano y Andrea Boggio examinan el derecho humano a la ciencia desde una perspectiva multidimensional, abordando su evolución histórica, su reconocimiento en el derecho internacional y su contenido normativo. A partir de un análisis normativo detallado, identifican este derecho como un conjunto de derechos interdependientes, agrupados en cuatro ejes: el derecho al progreso científico, a una ciencia socialmente responsable, a la participación en la ciencia y a beneficiarse de sus avances.

Del mismo modo, es fundamental destacar que la comprensión de la ciencia como derecho humano se sustenta, en primera instancia, en los instrumentos internacionales de derechos humanos. Entre estos, se destacan la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 (artículo 27) y el Pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales PIDESC de 1966 (artículo 15) ha sido instituida a nivel internacional como un derecho humano de obligatoria protección y promoción.

Aunado a lo anterior, es importante destacar las Declaraciones sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico (1999), Declaración de los Derechos Humanos en la Era Digital (2014) aprobada por la UNESCO y la Declaración de Venecia sobre el Derecho a la Ciencia de 2019.

Con todo, se debe observar el importante desarrollo que del derecho humano a la ciencia ha realizado Observación General N.º 25 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CESCR), pues este ha permitido aclarar todas las características, implicaciones, efectos y obligaciones de este derecho así como de su fuerza vinculante para su garantía y protección por parte de los Estados vinculados.

En lo concerniente a la metodología de investigación adoptada en este trabajo es de tipo cualitativa-exploratoria, pues a través de la misma se busca comprender y explorar fenómenos sociales, culturales y humanos mediante el análisis de experiencias, percepciones, comportamientos y significados (YIN, 2018)

De igual forma, será usada como técnica de investigación el estudio de caso, ampliamente desarrollado por Robert Yin. Esta metodología resulta especialmente adecuada en el ámbito jurídico, ya que facilita un análisis profundo y sistemático de situaciones legales

complejas, considerando su contexto real. Su enfoque integrador permite abordar fenómenos jurídicos desde múltiples perspectivas, integrando variables contextuales y teóricas para alcanzar una comprensión más integral y precisa del objeto de estudio.

Según YIN (2018), el estudio de caso es un método que *“investiga un fenómeno contemporáneo (el 'caso') en profundidad y dentro de su contexto del mundo real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto pueden no ser claramente evidentes”* (p. 50, traducción propia¹). Este enfoque permite al investigador, de acuerdo con el diseño metodológico seleccionado, delimitar los alcances y fronteras del caso de manera estratégica y conforme a los objetivos del estudio.

De este modo, dentro de esta investigación se adoptó un enfoque exploratorio basado en el estudio de caso, conforme a la metodología propuesta por YIN (2018). Este enfoque tiene como objetivo principal abordar fenómenos poco comprendidos, proporcionando una aproximación inicial al objeto de estudio. Su propósito, por tanto, es generar hipótesis preliminares, identificar variables clave y formular preguntas relevantes que orienten investigaciones posteriores (YIN, 2018). Si bien no busca establecer relaciones causales definitivas, constituye un marco fundamental para el desarrollo de análisis más detallados y rigurosos en etapas posteriores de investigación.

Es de agregar que el estudio de caso resulta esencial en el ámbito jurídico para analizar la regulación de tecnologías emergentes, ya que posibilita una exploración detallada y contextualizada de situaciones concretas. Este enfoque permite examinar la aplicación de principios jurídicos, normativas y prácticas regulatorias en contextos específicos, integrando variables clave como el impacto social, ético, económico y ambiental de dichas tecnologías. Además, proporciona un marco analítico que favorece la comprensión de las interacciones entre el derecho y los desafíos derivados de la innovación tecnológica, contribuyendo a generar conocimientos aplicables en la formulación de políticas regulatorias más efectivas.

Adicionalmente, esta técnica de investigación proporciona una comprensión empírica que contribuye al diseño de marcos normativos más precisos y efectivos. Al focalizarse en un caso específico, permite analizar las interacciones entre actores clave, identificar vacíos regulatorios y analizar la eficacia de las normativas vigentes. De este modo, el estudio de caso no solo enriquece el desarrollo teórico en el ámbito jurídico, sino que también orienta la

¹ A case study is an empirical method that investigates a contemporary phenomenon (the “case”) in depth and within its real-world context, especially when the boundaries between phenomenon and context may not be clearly evident.

formulación de políticas públicas adaptadas a contextos dinámicos y complejos, garantizando una mayor adecuación a las necesidades y realidades del entorno analizado.

Según la perspectiva de CRESWELL (2021), el estudio de caso es una metodología que posibilita la recopilación exhaustiva de información detallada sobre un fenómeno específico. Esto se debe a su enfoque en la integración de múltiples fuentes de datos, lo que permite un análisis profundo del fenómeno dentro de su contexto real, considerando además los factores externos que puedan influir en su desarrollo y manifestación.

Por consiguiente, lo que se procura con la investigación es el de contribuir al debate interdisciplinario sobre el impacto de las tecnologías emergentes en las dinámicas de poder y los derechos fundamentales, específicamente en el derecho humano a la ciencia, para fomentar marcos regulatorios que equilibren el avance científico y tecnológico con la ética y la justicia social y medioambiental.

Finalmente, cabe mencionar que la investigación se desarrolla en cuatro capítulos:

- **Capítulo 1 – Ciencia, Tecnología y Progreso:** Este capítulo examina la interrelación entre el desarrollo científico-tecnológico y las estructuras de poder, subrayando cómo su apropiación diferencial puede acentuar la desigualdad. A través del análisis de figuras paradigmáticas como J. R. Oppenheimer y de fenómenos contemporáneos como la inteligencia artificial, el capítulo establece un marco conceptual que vincula la ciencia con la ética y la justicia social. Además, introduce la noción de responsabilidad científica como principio normativo esencial en contextos de autonomía tecnológica creciente.
- **Capítulo 2 – La Responsabilidad en el Desarrollo Científico:** El segundo capítulo traza la evolución histórica del derecho humano a la ciencia, con énfasis en el rol de América Latina en su configuración. Se desarrollan los fundamentos teóricos de la responsabilidad científica, entendiéndola como un principio ético-jurídico orientado a garantizar que el progreso tecnológico beneficie equitativamente a la sociedad. Asimismo, se analiza el contexto colombiano para ilustrar los desafíos normativos y éticos vinculados al uso de tecnologías emergentes. El capítulo establece los marcos filosóficos y jurídicos que guiarán el análisis de la gobernanza científica en capítulos posteriores.

- **Capítulo 3 – Colombia y la Responsabilidad de la Ciencia:** El tercer capítulo se centra en examinar el caso colombiano como espacio empírico para analizar la aplicación de la responsabilidad científica. Parte del análisis del marco jurídico nacional y los principios de dominio sobre la naturaleza, y desarrolla un estudio de caso centrado en la Sentencia T-622/16, que reconoce el valor social, jurídico y ambiental del río Atrato. El abordaje de la decisión de produjo mediante un enfoque cualitativo, en el que se explora la interacción entre derechos humanos, justicia ambiental y diversidad cultural, proponiendo categorías analíticas que visibilizan tensiones entre conocimiento científico, normativas jurídicas y saberes ancestrales en contextos de extractivismo y desigualdad estructural.
- **Capítulo 4 – Responsabilidad científica: un análisis sobre el extractivismo científico y posibilidades de regulación:** Para finalizar, el cuarto capítulo presenta un análisis integrador de los marcos teóricos, normativos y empíricos abordados en los capítulos previos. Se interpretan los datos recolectados en el estudio de caso y se consolidan hallazgos clave sobre la relación entre el derecho humano a la ciencia, la responsabilidad científica y la gobernanza tecnológica en Colombia. A través de esta síntesis, se identifican vacíos regulatorios y proponen orientaciones sobre el derecho humano a la ciencia en el contexto biocultural, reforzando la necesidad de una ordenamiento científico comprometido con la equidad social y ambiental.

1 CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PROGRESO

El avance científico y tecnológico ha sido históricamente un motor de transformación social, impulsando tanto el desarrollo económico como la redefinición de estructuras de poder. No obstante, este proceso no ha estado exento de controversias y dilemas éticos, especialmente cuando sus aplicaciones generan desigualdades estructurales y repercusiones imprevistas en la sociedad. Por ese motivo, el primer capítulo de esta investigación, tiene como propósito fundamental contextualizar los conceptos clave que sustentan este trabajo, con especial énfasis en la relación entre autonomía tecnológica y poder.

Desde esta perspectiva, el capítulo aborda la noción de ciencia como un proceso de construcción de conocimiento con implicaciones tanto epistémicas como normativas. Dentro de ese contexto, la ciencia, en su doble faceta de descubrimiento y aplicación, ha contribuido al progreso de la humanidad, pero también, en ocasiones, ha sido empleada como un mecanismo de dominación y perpetuación de desigualdades. Delante de ello, el concepto de progreso científico adquiere una relevancia crucial, trascendiendo la visión lineal y acumulativa del desarrollo tecnológico para trascender al entendimiento de su impacto en la configuración de las relaciones sociales.

Bajo esta perspectiva, uno de los ejes centrales del capítulo se basa en el estudio del vínculo entre ciencia y desigualdad, un aspecto fundamental para comprender cómo la apropiación diferencial del conocimiento y la tecnología puede profundizar las brechas económicas y políticas entre distintos actores. En este sentido, se revisa el papel de la innovación tecnológica en la concentración de capital, el acceso diferencial a los beneficios del progreso científico y algunas barreras estructurales que impiden una distribución del conocimiento.

Asimismo, se introduce la noción de responsabilidad científica, enfatizando el deber ético de los investigadores y desarrolladores tecnológicos en la generación de conocimientos y su impacto en la sociedad. Un concepto que resulta crucial para el análisis de la autonomía tecnológica, teniendo en cuenta que permite reflexionar sobre los límites del control humano en la evolución de sistemas complejos y las implicaciones de esta autonomía en la toma de decisiones políticas y económicas.

En el marco de la investigación general, este capítulo sienta las bases teóricas para análisis posteriores sobre la gobernanza científica y la regulación de tecnologías emergentes en el contexto del derecho humano a la ciencia. Además, se articula con el objetivo general de

la tesis al explorar el papel de la tecnología en la reconfiguración de las relaciones de poder y su impacto en la desigualdad social desde una perspectiva teórica y conceptual.

Este primer capítulo se estructura en tres secciones fundamentales. La primera, analiza la figura de J. Robert Oppenheimer como símbolo del progreso científico y sus dilemas éticos, posteriormente, se examina cómo el desarrollo tecnológico posiblemente ha incidido en las brechas económicas y de poder, explorando la relación entre innovación, concentración de riqueza y acceso desigual al conocimiento. Finalmente, se ofrece una explicación teórica y conceptual sobre la ciencia, el progreso científico y la responsabilidad científica, definiendo estos conceptos teóricos generales de la investigación.

Desde el punto de vista metodológico, el capítulo adopta un enfoque cualitativo y exploratorio, fundamentado en el análisis crítico de literatura especializada y en el estudio de eventos históricos y contemporáneos. Se recurre a un abordaje teórico interdisciplinario que integra perspectivas provenientes de la filosofía de la tecnología, la teoría crítica y los estudios sobre ciencia y sociedad.

En síntesis, este capítulo contribuye al cumplimiento del primer objetivo específico de la investigación, proporcionando un marco conceptual para analizar la influencia de la evolución científica y tecnológica en las dinámicas de poder del siglo XXI. Mediante la exploración de los conceptos de ciencia, desigualdad, progreso científico y responsabilidad científica, se ofrece una perspectiva integral sobre las tensiones estructurales del desarrollo tecnológico y su impacto en la justicia social y medioambiental y la gobernanza global.

Desde esa mirada, cabe indicar que el desarrollo científico y tecnológico ha sido un motor clave en la transformación de las sociedades, impulsando cambios económicos, políticos y culturales de gran magnitud. Sin embargo, este avance no ha estado exento de dilemas éticos ni de impactos desiguales en distintas poblaciones. En consecuencia con eso, en este capítulo, se explora la interrelación entre ciencia, tecnología y progreso social, examinando tanto su potencial emancipador como sus riesgos estructurales.

A partir de allí, se propone analizar cómo el conocimiento científico puede ser un instrumento de equidad o, por el contrario, profundizar las brechas de desigualdad. En particular, se aborda la influencia de la inteligencia artificial y otras ciencias y tecnologías de vanguardia en la reconfiguración del poder, resaltando la necesidad de marcos normativos y éticos que garanticen su desarrollo responsable. Por ello, este capítulo sienta algunas de las

principales bases conceptuales para la discusión sobre la gobernanza científica y su papel en la promoción de una sociedad más justa e inclusiva.

1.1 EL NUEVO PROMETEO

Tras la guerra, Oppenheimer se convirtió en un defensor del control internacional de la energía atómica. En su visión, permitir que las armas nucleares se propaguen sin regulación aumentaba el riesgo de una destrucción global. Este compromiso lo llevó a oponerse al aumento de la capacidad de las armas atómicas, una postura que le representó un gran costo político (BIRD; SHERWIN, 2006).

Así las cosas, después de liderar el Proyecto Manhattan y ser testigo del éxito de la prueba Trinity, así como de las devastadoras consecuencias de las bombas atómicas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki, Oppenheimer experimentó un conflicto ético profundo. Aunque había contribuido decisivamente al esfuerzo bélico, pronto reconoció que las aplicaciones de su trabajo no solo eran un avance científico, sino también una amenaza existencial para el ser humano (BIRD; SHERWIN, 2006).

Por ese motivo, adoptó un enfoque proactivo en su intento de controlar los efectos de estas armas. Participó en la redacción del Informe Acheson-Lilienthal, un documento que propuso la gestión internacional de la energía atómica como medio para evitar la carrera armamentista. Su oposición al desarrollo de la bomba de hidrógeno —a la que calificó como un arma genocida por su capacidad destructiva sin precedentes— fue una manifestación de su compromiso ético, aunque también contribuyó a su posterior caída en desgracia política (BIRD; SHERWIN, 2006).

En el período posterior a la Segunda Guerra Mundial, Oppenheimer utilizó su posición como figura pública e intelectual para abogar por políticas nucleares responsables. Esto incluyó declaraciones ante comités gubernamentales, discursos en foros científicos y propuestas para limitar el desarrollo de armas nucleares. Sin embargo, su activismo chocó con los intereses políticos y militares de la época, particularmente durante el auge de la Guerra Fría, cuando la ideología anticomunista prevaleció en la política estadounidense (BIRD; SHERWIN, 2006).

Su rechazo a la doctrina de represalias nucleares masivas, promovida por figuras influyentes como Lewis Strauss y otros altos mandos militares, lo posicionó como objeto de

desconfianza en los círculos de poder. Esta percepción se intensificó tras la divulgación no autorizada de información tecnológica y militar clasificada vinculada al Proyecto Manhattan (BIRD; SHERWIN, 2006). Posteriormente, se señaló con una sólida evidencia a Klaus Fuchs como presunto responsable de dicha filtración, la cual benefició a la Unión Soviética. La postura crítica de Oppenheimer frente a estas políticas estratégicas y los incidentes de seguridad asociados contribuyeron a cuestionar su lealtad y juicio en un contexto de creciente tensión (BIRD; SHERWIN, 2006).

La creciente tensión geopolítica y la paranoia de la era McCarthy llevaron a que su historial político y sus asociaciones personales fueran minuciosamente examinados, lo que culminó en un juicio que revocó su autorización de seguridad en 1954. Dicha investigación fue llevada a cabo por la Comisión de Energía Atómica y acompañada de una intensa vigilancia por parte del FBI, que puso de manifiesto la vulnerabilidad de los científicos en entornos políticos polarizados (BIRD; SHERWIN, 2006).

Aunque Oppenheimer mantuvo una actitud firme durante las audiencias y defendió sus acciones y decisiones, el proceso lo privó de su posición como asesor político y lo marginó de los círculos de poder en los que había influido significativamente. A pesar de estas adversidades, adoptó esos desafíos con firmeza, aceptando que su persecución política era una consecuencia inevitable de sus esfuerzos por controlar las fuerzas que había ayudado a liberar (BIRD; SHERWIN, 2006).

Se retiró parcialmente de la vida pública, pero continuó promoviendo el diálogo sobre las implicaciones éticas de las armas nucleares dentro de la comunidad científica (BIRD; SHERWIN, 2006). De ese modo, no solo enfrentó las consecuencias de sus logros, sino que intentó enmendar sus implicaciones, aunque el contexto político y social de su tiempo limitaron su capacidad para hacerlo.

Las complejas circunstancias que rodearon a Oppenheimer subrayan la forma en la que el progreso científico puede generar consecuencias catastróficas si no se regula adecuadamente y se desarrolla de forma segura, y destaca la importancia de integrar la responsabilidad ética y un contenido moral en los procesos de investigación e innovación científica. Oppenheimer, al advertir sobre los peligros de las armas nucleares y abogar por su control, se posicionó como una importante representación de la racionalidad y la ética en la era nuclear.

De conformidad con la historia mitológica griega, en la historia de Prometeo, se describe a un titán que desafió la autoridad de Zeus al robar el fuego de los dioses y entregarlo a la humanidad. Este acto simboliza la transferencia del conocimiento y la tecnología, permitiendo a los humanos avanzar en la civilización. Como castigo, Zeus lo encadenó a una roca, donde un águila devoraba su hígado diariamente, el cual, podía regenerarse cada noche debido a su inmortalidad, causando graves penurias.

El mito de Prometeo ha sido ampliamente interpretado como una alegoría del progreso humano y los riesgos asociados a la búsqueda del conocimiento. Este mito representa la tensión entre la autoridad establecida y el deseo de innovación, reflejando el conflicto inherente entre el orden impuesto y el impulso humano por superar límites.

Además, el relato ilustra las posibles repercusiones de transgredir esas normas, ya sean de origen divino o ético, enfatizando las responsabilidades y consecuencias que acompañan los avances tecnológicos o intelectuales. Una narrativa que simboliza el costo del desarrollo y plantea cuestiones éticas sobre el uso del conocimiento en el marco de una estructura de poder.

Por estas razones, BIRD y SHERWIN (2006) emplearon la expresión “Prometeo Americano” para establecer un paralelismo entre J. Robert Oppenheimer y el mito griego de Prometeo. En la mitología, Prometeo robó el fuego de los dioses y lo entregó a la humanidad, lo que le valió un severo castigo impuesto por Zeus. De manera análoga, Oppenheimer, al liderar el desarrollo de la bomba atómica, liberó un poder comparable al “fuego de los dioses”, simbolizando la capacidad de la humanidad para dominar una fuerza destructiva primordial de la naturaleza.

Esa expresión, por tanto, intenta capturar una dualidad de su legado: un triunfo científico sin precedentes que marcó el inicio de la era nuclear, pero estuvo acompañado de una tragedia personal y ética. Su intento posterior de advertir sobre los peligros de las armas nucleares y promover su control fue recibido con hostilidad por los poderes políticos, lo que refleja una lucha infructuosa por equilibrar el progreso científico con su responsabilidad moral y social.

Con su vida encarnó las contradicciones fundamentales de la ciencia en el siglo XX: su gran capacidad para impulsar el progreso, pero también para generar destrucción. Su vida representa un modelo de cómo los científicos, al enfrentar dilemas éticos, pueden optar por

involucrarse activamente en la política y abogar por la racionalidad, incluso a costa de su reputación y posición personal.

Ya ha transcurrido poco menos de un siglo desde la ocurrencia de esos acontecimientos, pero la relación entre ciencia y sociedad no se ha hecho más leve. Contrario a eso, parece haber sumado diferentes capas y dimensiones de complejidad. Por ese motivo, se discute ampliamente sobre las consecuencias e implicaciones de tecnologías de frontera o de vanguardia, como es el caso de la inteligencia artificial.

En el siglo XXI, el avance tecnológico ha experimentado un crecimiento exponencial. Un caso emblemático es la Ley de Moore, postulada en 1965 por Gordon Moore, que establecía la duplicación del número de transistores en un chip aproximadamente cada dos años. Aunque esta previsión se ha vuelto obsoleta, no ha sido por una desaceleración del progreso, sino por la superación de dicha tasa de crecimiento, impulsada por la optimización de la eficiencia y la miniaturización de los componentes (MEZQUITA, 2024).

Sin embargo, en las últimas décadas, la producción de microchips se enfrenta con sus propias limitaciones físicas y económicas, como la miniaturización extrema de los transistores, el aumento de la disipación de calor y los elevados costos de producción. A pesar de estos desafíos, se exploran ya nuevos materiales y técnicas que podrían marcar el inicio de una nueva era más allá de la Ley de Moore.

En contraste con la vida de Oppenheimer, la obra de OLSON (2024) introduce figuras clave del contexto tecnológico contemporáneo, entre las cuales se destacan Demis Hassabis y Sam Altman. Este último, en particular, ha desempeñado un papel fundamental en la evolución de la inteligencia artificial, marcando un punto de inflexión a través de las innovaciones más recientes en este campo.

Según OLSON (2024), Demis Hassabis, fundador de DeepMind, tenía como objetivo resolver el “problema de la inteligencia” mediante la creación de sistemas de IA tan inteligentes como, o incluso más, que los seres humanos. Su propósito surge del deseo de utilizar la IA como herramienta para abordar algunos de los desafíos más complejos y fundamentales de la humanidad, como comprender los orígenes de la vida, desentrañar la naturaleza de la realidad y encontrar curas para enfermedades.

Demis Hassabis sostenía que alcanzar un nivel de inteligencia comparable al humano en las máquinas no solo optimizaría la búsqueda de descubrimientos científicos, sino que

también revolucionará la comprensión que se tiene del universo. Su visión se fundamenta en la premisa de que una inteligencia artificial avanzada puede abordar problemas complejos con una eficacia y precisión superiores. Esta filosofía se cristaliza en el lema de DeepMind, la organización que lidera: *“Resuelve la inteligencia, y luego todo lo demás”*, reflejando su convicción de que el desarrollo de una inteligencia artificial general constituye la clave para desbloquear el conocimiento y resolver desafíos fundamentales en múltiples disciplinas (OLSON, 2024).

Por su parte, Sam Altman considera que la inteligencia artificial está orientada hacia su potencial para generar abundancia económica y mejorar la calidad de vida humana. Altman considera que la IA puede ser “la herramienta más grande jamás creada por los humanos”, capaz de ampliar significativamente las capacidades individuales y colectivas. Su enfoque se centra en desarrollar sistemas de inteligencia artificial que no solo repliquen la inteligencia humana, sino que también la superen, permitiendo resolver problemas complejos y transformar la sociedad al ofrecer soluciones innovadoras. Altman ve la IA como un medio para incrementar el bienestar material y crear un futuro en el que los humanos puedan lograr cosas fuera de los límites actuales de lo posible (OLSON, 2024).

Desde esta perspectiva, surge una reflexión fundamental: ¿Podría la inteligencia artificial representar el nuevo “fuego de los dioses”? ¿Es posible que la competencia por el desarrollo de una Inteligencia Artificial General (Artificial General Intelligence -AGI) desencadene una nueva dinámica de confrontación geopolítica similar a la Guerra Fría? ¿Qué consecuencias podría traer algo como eso para la humanidad? y, ¿Está preparada la humanidad para asumir la responsabilidad jurídica, ética, social y política que conlleva desatar un poder de esta magnitud?

1.2 UNA CUESTIÓN DE DESIGUALDAD

Empresas tecnológicas líderes como Apple, Nvidia, Microsoft, Amazon, Alphabet, Meta Platforms, Tesla y TSMC han alcanzado posiciones destacadas al abordar eficientemente problemas de alta demanda y complejidad en diversos y estratégicos sectores. Estas corporaciones han logrado su posición preeminente mediante la innovación constante y la adaptación a las necesidades del mercado, impulsando un gran interés comercial (SAXO, 2024; TRADEALGO, 2025).

Estas corporaciones han alcanzado su preeminencia a través de un modelo basado en la innovación constante, la inversión clave en investigación y desarrollo (I+D), y la capacidad de adaptación a las dinámicas del mercado. Su enfoque disruptivo ha sido crucial para abordar desafíos complejos en áreas como la inteligencia artificial, la computación en la nube, los semiconductores, la movilidad eléctrica, y los servicios digitales, contribuyendo significativamente al progreso tecnológico y económico mundial.

El impacto de estas empresas trasciende su capacidad para generar innovaciones tecnológicas, ya que también desempeñan un papel crucial en el crecimiento económico, la creación de empleos altamente cualificados y el desarrollo de ecosistemas tecnológicos interconectados. No obstante, su influencia plantea desafíos sustanciales, como la creciente concentración de poder en los mercados, las implicaciones éticas relacionadas con la gestión y el uso de datos, y su responsabilidad frente a problemas globales como la sostenibilidad ambiental y la reducción de la brecha digital.

Estas empresas han alcanzado una posición hegemónica gracias a su capacidad para anticiparse a las necesidades futuras y transformar sectores completos a través de avances tecnológicos disruptivos. Este liderazgo, si bien impulsa el desarrollo económico y social, también genera desafíos significativos en términos de gobernanza responsable y colaborativa.

Como lo han destacado diferentes investigadores, el progreso tecnológico no se traduce, automáticamente, en un desarrollo social equitativo. Según BRYNJOLFSSON y MCAFEE (2016), la humanidad enfrenta un punto de inflexión histórico marcado por el avance exponencial de las tecnologías digitales. Este fenómeno ofrece oportunidades sin precedentes para transformar múltiples aspectos de la sociedad, pero también plantea desafíos complejos que requieren ser abordados. Entre ellos destacan la creciente desigualdad, la disrupción laboral y las implicaciones éticas asociadas a estas innovaciones científicas y tecnológicas.

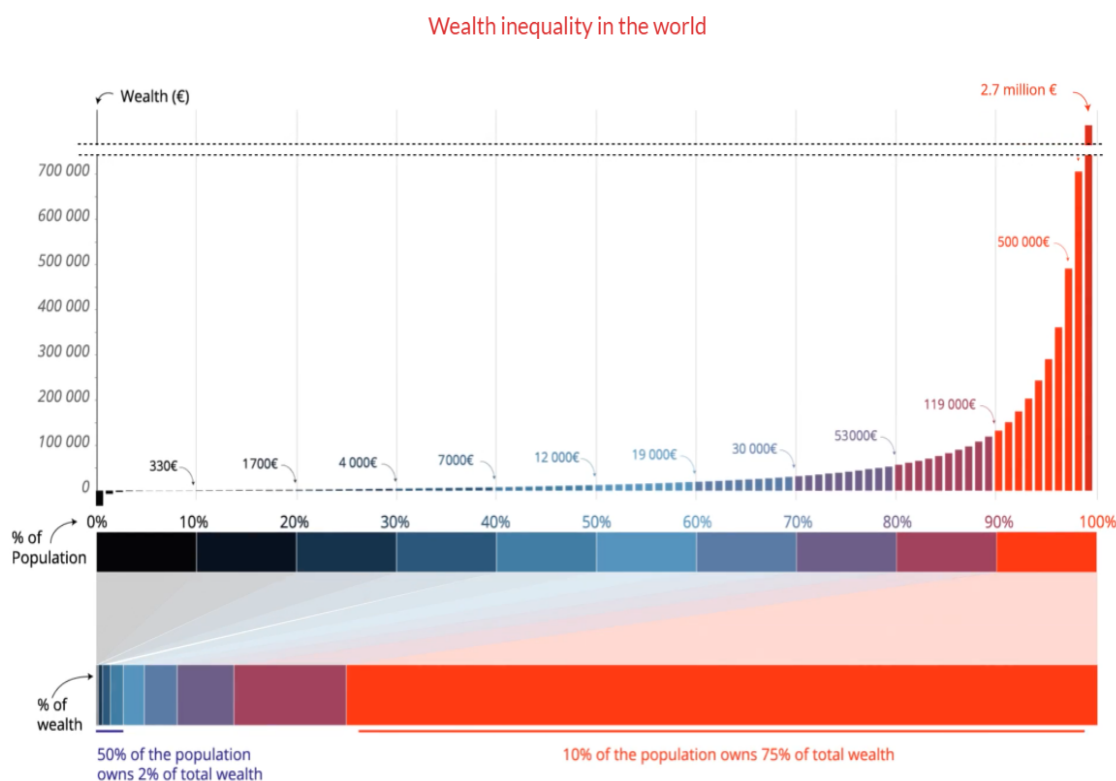
Para estos autores, los cambios tecnológicos derivados de la digitalización tiene el potencial de transformar profundamente la economía y la sociedad mediante la ampliación de las capacidades humanas, la creación de riqueza y la mejora de la calidad de vida. Sin embargo, también advierten que esta transformación exacerba las desigualdades económicas y sociales debido a la creciente concentración de beneficios entre los individuos y empresas con acceso a habilidades avanzadas y recursos tecnológicos (BRYNJOLFSSON y MCAFEE, 2016).

En este sentido, conforme con el WORLD INEQUALITY DATABASE (2022), en su informe *World Inequality Report 2022* la distribución de la riqueza a nivel mundial evidencia una concentración significativa en una minoría de la población. Específicamente, el 10% más rico posee el 76% de la riqueza total, mientras que el 50% más pobre apenas acumula el 2%. Esta disparidad se refleja en los patrimonios medios: mientras que la mitad más pobre de la población mundial posee en promedio 2.900 euros por adulto, el 10% más rico tiene un patrimonio promedio de 550.900 euros.

Además, las desigualdades de riqueza son más pronunciadas que las de ingresos. El 10% más rico de la población mundial recibe actualmente el 52% del ingreso mundial, mientras que la mitad más pobre de la población gana el 8,5%. El informe sugiere que la desigualdad es una opción política, no una inevitabilidad, y que las políticas públicas pueden influir significativamente en la distribución de la riqueza.

El gráfico presentado a continuación ilustra de manera detallada la relación entre algunos de estos datos clave. Es particularmente relevante observar que, a partir de los 700.000 euros, los valores de riqueza experimentan incrementos exponenciales, generando la aparición de valores atípicos que pueden distorsionar la interpretación visual. Para mitigar este efecto y mejorar la claridad en la representación de la distribución general, se ha aplicado una truncación o corte en dicha sección del gráfico. Esta estrategia permite resaltar con mayor precisión las diferencias dentro del rango principal de datos, evitando que los valores extremos dominen la visualización y garantizando una presentación más equilibrada, coherente y comprensible de la información.

Gráfico 1 – Desigualdad en la Distribución de la Riqueza



Fuente: WORLD INEQUALITY DATABASE (2022)

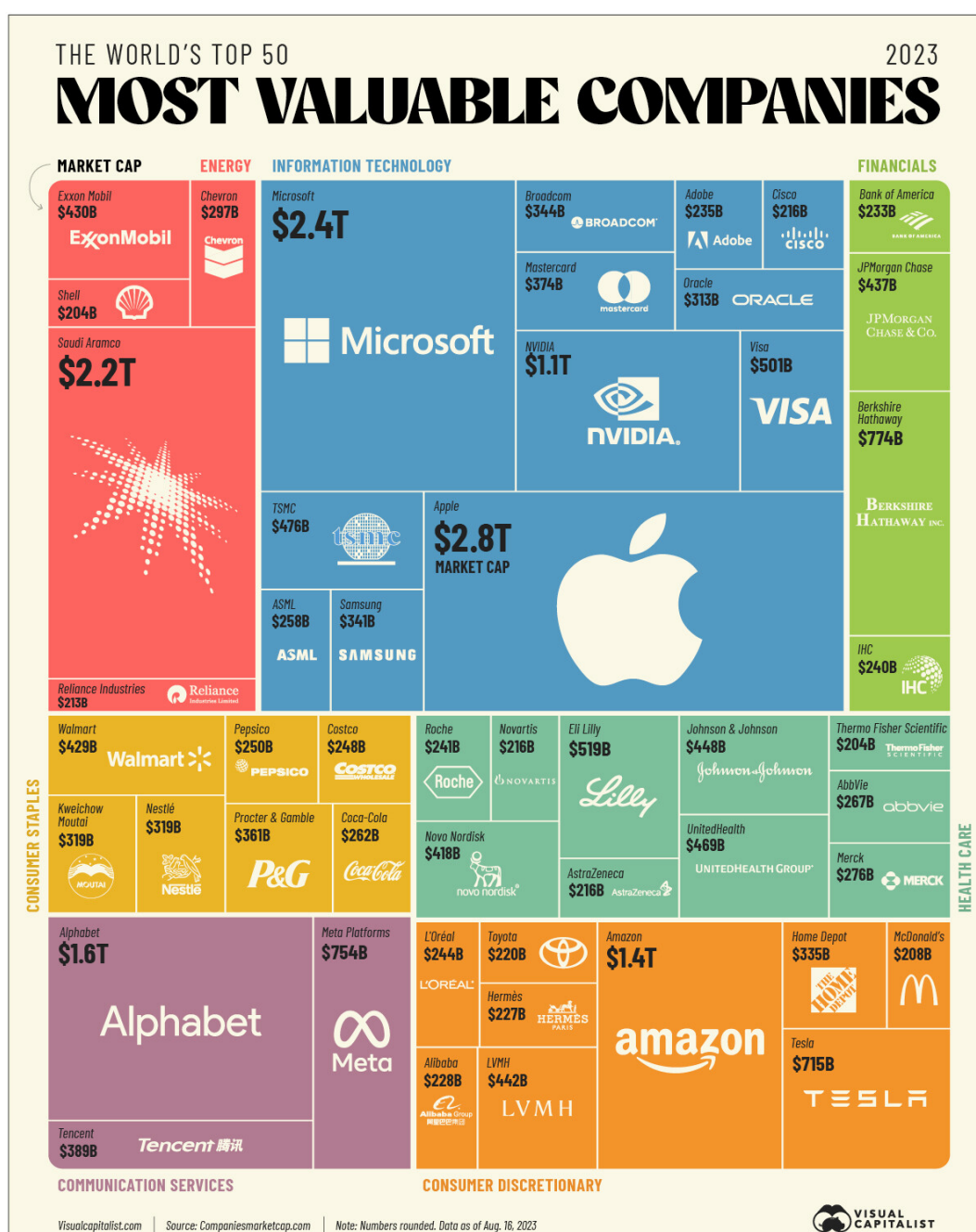
Una muestra del fenómeno que se presenta con esas grandes empresas radica en que, en agosto de 2018, Apple Inc. se convirtió en la primera empresa en alcanzar una capitalización bursátil de 1 billón² de dólares estadounidenses. Posteriormente, en septiembre de 2018, Amazon.com Inc. logró el mismo hito. Microsoft Corporation superó esta marca en abril de 2019, seguida por Alphabet Inc. en enero de 2020. Saudi Aramco alcanzó dicha valoración en diciembre de 2019. Facebook Inc. (ahora Meta Platforms) lo hizo en junio de 2021, mientras que Tesla Inc. logró superar el billón de dólares en octubre de 2021. NVIDIA Corporation alcanzó esta capitalización en junio de 2023, y Berkshire Hathaway Inc. lo hizo en agosto de 2024.

Como se muestra a continuación, a partir de un gráfico basado en datos de agosto de 2023, se presentan las 50 principales empresas globales por capitalización de mercado,

² Es relevante señalar que, en español, la cifra “1 trillion dollars” se traduce como “1 billón de dólares, equivalente a un millón de millones (1.000.000.000.000).”

acumulando un valor conjunto de 26,5 billones de dólares. El sector tecnológico predomina, sumando una capitalización combinada de 9,3 billones de dólares combinados. Geográficamente, Estados Unidos destaca con la mayoría de las empresas en el top 20, mientras que solo cinco no son estadounidenses: Saudi Aramco, Taiwan Semiconductor Manufacturing, Novo Nordisk, LVMH y Tencent.

Figura 1 – Distribución sectorial de las 50 empresas más valiosas del mundo

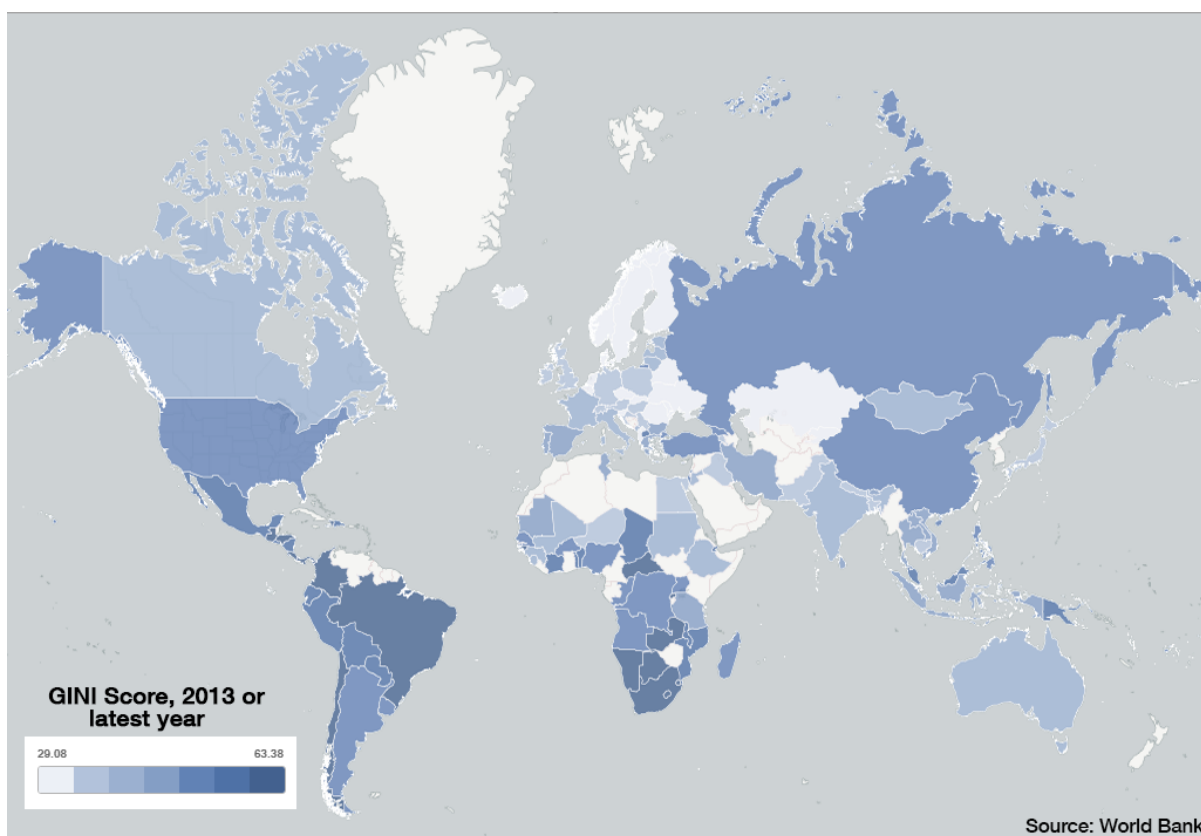


Fuente: XATAKA (2023)

Al tratar concretamente el tema de la desigualdad, el coeficiente de Gini funciona como una medida estadística que evalúa este parámetro en la distribución del ingreso dentro de una población. Este índice oscila entre 0 y 1, donde 0 representa una igualdad perfecta, es decir, todos los individuos poseen el mismo ingreso, mientras que 1 indica una desigualdad absoluta, donde una sola persona concentra todo el ingreso y el resto no posee ninguno.

El mapa presentado a continuación ilustra los países mediante tonalidades que reflejan sus respectivos coeficientes de Gini, un indicador clave de la desigualdad en la distribución del ingreso. Las tonalidades más oscuras e intensas representan coeficientes de Gini elevados, asociados a mayores niveles de desigualdad económica, mientras que las tonalidades más claras corresponden a coeficientes más bajos, lo que sugiere una distribución más equitativa del ingreso.

Figura 2 – Mapa Mundial de la Desigualdad de Ingresos medido por el índice Gini



Fuente: WORLD ECONOMIC FORUM (2016)

Esta representación visual permite comparar la disparidad económica entre naciones, evidenciando las desigualdades³ en la distribución de la riqueza a nivel global. Además, constituye una herramienta analítica para identificar regiones con altos niveles de desigualdad y orientar el análisis conforme con esas diferencias, contexto dentro del cual se hace importante hablar de América Latina y el Caribe .

Concretamente, América Latina y el Caribe se distingue por ser de las regiones con mayor desigualdad económica a nivel global. Según el BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (2024), el 10% más rico de la población en estas áreas percibe ingresos que, en promedio, son 12 veces superiores a los del 10% más pobre. Esta disparidad es significativamente mayor que en los países desarrollados miembros de la OCDE, donde esta proporción es de aproximadamente 4 a 1 (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2024).

Además de eso, en naciones como Colombia, Brasil, Chile y Uruguay, alrededor del 1% de la población controla entre el 37% y el 40% de la riqueza total, mientras que la mitad más pobre, posee solo una décima parte de la misma. Estos datos evidencian una concentración de ingresos y riqueza que supera la de otras regiones, subrayando la persistente inequidad en la distribución de recursos en América Latina y el Caribe (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2024).

América Latina y el Caribe se destacan como la región más desigual del mundo, con Colombia y Brasil liderando en niveles de desigualdad dentro de este contexto. Con todo, según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (2018), los bajos niveles de movilidad social son evidencia de un problema extendido por el mundo, que afecta a numerosos países, tanto de la organización como en economías emergentes, que reflejan desigualdades estructurales persistentes en ingresos, educación, salud y empleo.

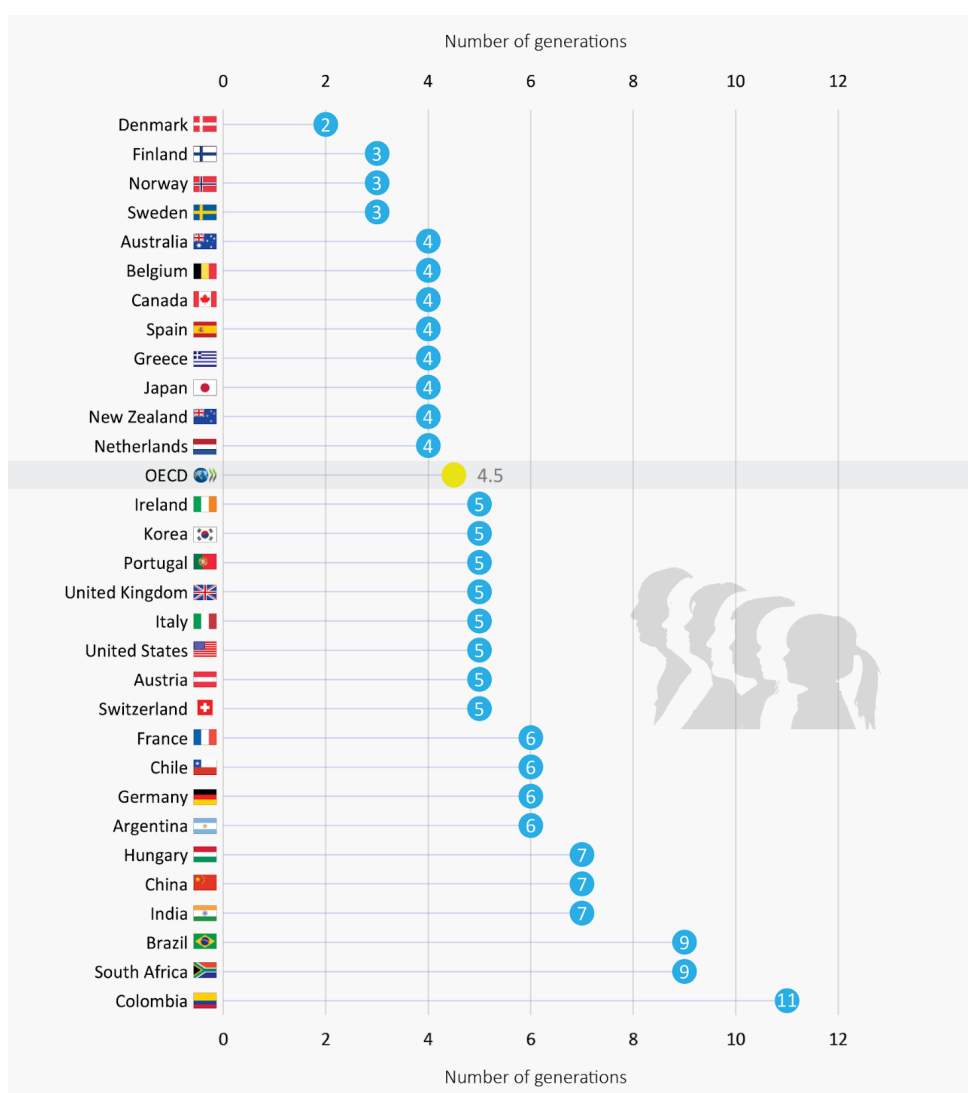
Estas disparidades estructurales restringen significativamente las oportunidades de ascenso social para los grupos socioeconómicamente desfavorecidos, al tiempo que consolidan las ventajas históricas de las élites. Según la OCDE (2018), estas dinámicas se

³ El coeficiente de Gini se calcula a partir de la curva de Lorenz, que representa la distribución acumulada de ingresos en una población. Para determinarlo, se compara el área entre la línea de igualdad perfecta (donde todos tienen el mismo ingreso) y la curva de Lorenz con el área total bajo la línea de igualdad. El coeficiente de Gini es el cociente entre estas dos áreas. Matemáticamente, también puede expresarse como la mitad de la media de las diferencias absolutas relativas entre todos los pares de ingresos en la población. Un valor de 0 indica igualdad perfecta, mientras que un valor de 1 refleja desigualdad máxima. ([Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_Gini?utm_source=chatgpt.com))

manifiestan en la forma de “pisos pegajosos”, que dificultan la movilidad ascendente desde los estratos más bajos, y “techos pegajosos”, que protegen la posición privilegiada de las élites en la cúspide de la distribución social.

Este fenómeno perpetúa las desigualdades intergeneracionales y constituye un obstáculo crítico para la promoción de un desarrollo económico inclusivo. Además, afecta negativamente la cohesión social y socava la confianza ciudadana en las instituciones democráticas, al reforzar la percepción de que las oportunidades no están equitativamente distribuidas.

Gráfico 2 – Comparación del número de generaciones de movilidad social y desigualdad



Fuente: OCDE (2018)

Como se explica, Colombia y Brasil se caracterizan por tener altos niveles de desigualdad en ingresos, educación y ocupación. Esta desigualdad a nivel estructural limita significativamente la movilidad social, tanto intergeneracional como intrageneracional. De acuerdo con la OCDE (2018), en estos países, la persistencia intergeneracional de ingresos es extremadamente alta, con elasticidades que superan el 70%.

Esto significa que la situación socioeconómica de los padres tiene una influencia muy fuerte en los ingresos y oportunidades de los hijos, evidenciando bajos niveles de movilidad social relativa. De este modo, la organización estima que, en países como Colombia, toma al menos 11 generaciones (aproximadamente 400 años) para que los hijos de una familia en el decil más bajo de ingresos alcancen el ingreso promedio de la sociedad. Un tiempo que es mucho mayor que en países nórdicos, donde se estima en 2-3 generaciones.

Al analizar las causas de este marcado desequilibrio en la distribución de recursos dentro de la sociedad, emergen diversas explicaciones. Un amplio estudio, elaborado por XIAO et al., (2024) publicado en la revista *Science*, que abarcó 31 países desarrollados y 28 en desarrollo entre 1995 y 2020, revela un impacto ambivalente de la innovación tecnológica. Si bien esta ha contribuido significativamente a reducir brechas operativas y comunicativas, también ha tendido a exacerbar la desigualdad de ingresos, especialmente en economías desarrolladas.

Este fenómeno se atribuye a la concentración de beneficios económicos en sectores altamente tecnificados, que privilegian a trabajadores calificados y a grandes corporaciones, mientras desplazan a trabajadores menos especializados y profundizan las disparidades existentes en el mercado laboral.

Según el estudio (XIAO et al., 2024), aunque la innovación científica y tecnológica parece, en principio, tener un efecto más positivo en la reducción de la desigualdad en países en desarrollo, estos beneficios se ven moderados negativamente al interactuar con otras variables como el crecimiento económico, la globalización y el comercio de exportación. Aunque varias investigaciones respaldan la tesis schumpeteriana al demostrar que la innovación puede impulsar el crecimiento económico, el mismo estudio señala que sus efectos no son uniformes ni universalmente beneficiosos.

Una de las tesis centrales de SCHUMPETER (2012) en este aspecto es que el desarrollo económico en un sistema capitalista es un proceso intrínsecamente dinámico y cíclico, impulsado por la innovación, que reconfiguran continuamente la estructura económica

a través de un mecanismo de “destrucción creativa”. Schumpeter sostiene que el motor fundamental de este desarrollo es la acción de los emprendedores, quienes introducen innovaciones disruptivas al sistema económico, transformando mercados y desplazando equilibrios previos. Este proceso genera un avance sostenido en la productividad y el crecimiento, pero también conlleva inevitables fluctuaciones cíclicas, incluyendo períodos de auge y crisis.

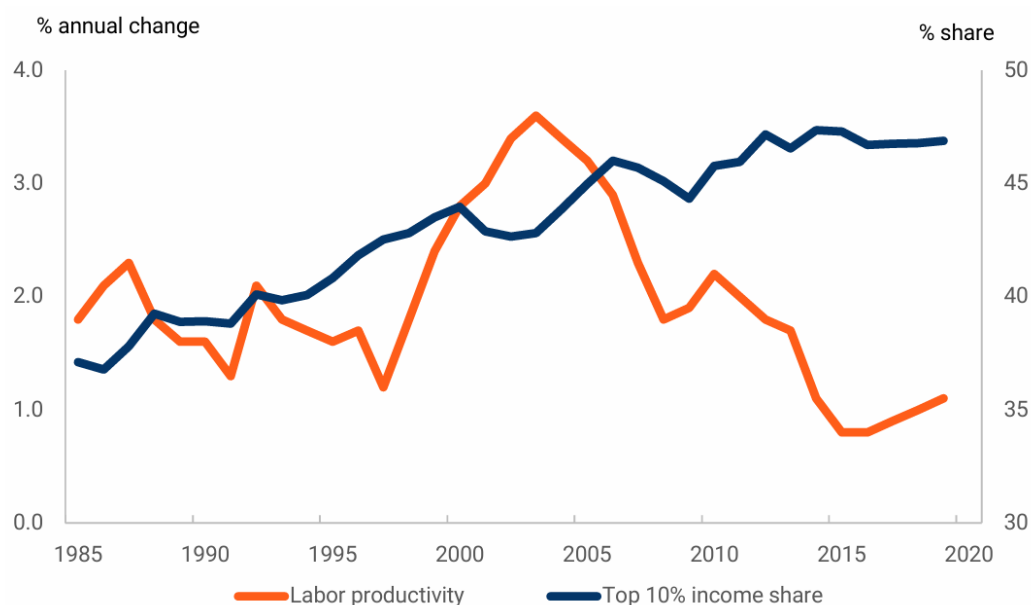
Por esto, XIAO et al., (2024) sostienen que de manera consistente, la evidencia indica que la innovación también tiende a ampliar las brechas de ingresos, ya que los beneficios económicos derivados de avances científicos y tecnológicos suelen concentrarse en sectores o grupos específicos, profundizando las desigualdades preexistentes y limitando la equidad en la distribución de los recursos.

Como explican los investigadores, la innovación tecnológica tiene un efecto dual o de “*doble filo*” sobre los ingresos: mientras que puede impulsar el crecimiento económico y la productividad, también tiende a aumentar las disparidades de ingresos, especialmente en países con mayor desarrollo (XIAO et al., 2024).

En consecuencia, el estudio destaca la importancia de implementar políticas públicas integrales orientadas a garantizar una difusión inclusiva de la tecnología. Al adoptar esta postura, se busca no solo mitigar las desigualdades derivadas de la innovación tecnológica, sino también promover un desarrollo económico y social que sea sostenible, equitativo y capaz de generar oportunidades reales de ascenso social en el largo plazo.

Una perspectiva similar fue la asumida por QURESHI (2021), publicada por la Brookings Institution, en donde se ilustra dos dinámicas clave en la economía estadounidense entre 1985 y 2019: la disminución del crecimiento de la productividad laboral y el aumento de la concentración del ingreso en el 10 % superior de la distribución económica. Estas tendencias se relacionan directamente con los cambios impulsados por las tecnologías digitales y la transformación estructural de los mercados.

Gráfico 3 – Productividad laboral y concentración del ingreso en la economía digital



Fuente: QURESHI (2021)

En primer lugar, la disminución del crecimiento de la productividad laboral, representada en la gráfica por la línea naranja, refleja una caída significativa en la tasa de cambio anual de productividad y ocupación. Este descenso, que se acentuó a partir de la década de 2000, contrasta con los avances tecnológicos que han caracterizado esta era digital.

Como se observa, a pesar de las expectativas de que las innovaciones digitales impulsarían el crecimiento económico a través de una mayor productividad, esta relación no se ha materializado de manera uniforme en el nivel agregado. Este fenómeno, conocido como “la paradoja de la productividad” (QURESHI, 2021), resalta la desconexión entre la implementación de tecnologías avanzadas y los resultados económicos generales, debido a que los beneficios de estas tecnologías no han sido ampliamente difundidos entre las empresas y sectores económicos.

En segundo lugar, el aumento de la concentración del ingreso en el 10 % superior de la población, indicado por la línea azul, destaca la tendencia de creciente desigualdad económica. Desde la década de 1980, una porción cada vez mayor de los ingresos nacionales ha sido capturada por este segmento de la población, alcanzando niveles históricos hacia 2019. Este fenómeno está asociado con dinámicas como la concentración del mercado, el

poder desproporcionado de las empresas tecnológicas líderes y los cambios en la distribución de los ingresos laborales y del capital.

La conexión entre estas dos tendencias es fundamental en el análisis de QURESHI (2021). La desaceleración de la productividad se vincula con una distribución desigual de los beneficios tecnológicos, que han sido acaparados en gran medida por un número reducido de empresas dominantes, denominadas “*superstar firms*”. Estas empresas han maximizado su rentabilidad gracias a economías de escala, ventajas de ser las primeras en el mercado y el uso intensivo de datos. No obstante, como se sostiene, estas dinámicas han ampliado las brechas de productividad y rentabilidad entre empresas, lo que a su vez ha exacerbado la desigualdad salarial y económica en general.

Esto pone de manifiesto cómo el crecimiento económico en la era digital ha sido menos inclusivo, beneficiando principalmente a sectores limitados de la población y del mercado laboral, generando un efecto regresivo. Para abordar estas desigualdades, el autor enfatiza la necesidad de políticas públicas que promuevan un acceso más equitativo a las oportunidades tecnológicas, fortalezcan la competencia en los mercados y fomenten una distribución más justa de los beneficios económicos derivados de la innovación. Estas acciones son fundamentales para lograr un crecimiento económico más inclusivo y sostenible en un contexto de transformación digital acelerada.

En consonancia con estos argumentos, AMNESTY INTERNATIONAL USA (2024) examina cómo las tecnologías emergentes, en particular la inteligencia artificial, pueden profundizar las desigualdades sociales, raciales y económicas existentes. La institución subraya que estas tecnologías, lejos de ser intrínsecamente neutrales, a menudo reproducen e intensifican prejuicios históricos. La desigualdad en el acceso a estas herramientas tiene el potencial de ampliar brechas en sectores clave como la salud, la educación, la vivienda y el empleo, comprometiendo derechos fundamentales como la igualdad, la privacidad y las condiciones laborales dignas. Asimismo, la implementación de sistemas automatizados en programas de protección social y bienestar puede introducir sesgos que limitan el acceso a servicios esenciales para poblaciones vulnerables, exacerbando su exclusión y marginación (AMNESTY INTERNATIONAL USA, 2024).

Algo similar explica el INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF) (JAUMONETTE; LALL; PAPAGEORGIOU, 2007), al señalar el impacto de los avances tecnológicos y la globalización en la desigualdad de ingresos a nivel mundial. Utilizando

datos recientes, el estudio revela que, en las últimas dos décadas, la desigualdad ha aumentado en la mayoría de las regiones, incluyendo el Asia en desarrollo, la Europa emergente, América Latina, las economías asiáticas recientemente industrializadas y las economías avanzadas. Sin embargo, en términos absolutos, los ingresos per cápita han incrementado para todos los segmentos de la población en casi todas las regiones, beneficiando también a los más pobres (JAUMONETTE; LALL; PAPAGEORGIOU, 2007).

El análisis identifica que el principal factor detrás del aumento de la desigualdad es el progreso tecnológico, que ha incrementado la demanda de mano de obra calificada, ampliando así la brecha salarial entre trabajadores calificados y no calificados. Por otro lado, la globalización comercial ha contribuido a reducir la desigualdad, especialmente a través de las exportaciones agrícolas en países en desarrollo. En contraste, la globalización financiera, particularmente la inversión extranjera directa, ha tendido a aumentar la desigualdad al elevar la demanda de trabajadores calificados en países en desarrollo y reducir la demanda de trabajadores menos calificados en economías avanzadas (JAUMONETTE; LALL; PAPAGEORGIOU, 2007).

En otra publicación, el INTERNATIONAL MONETARY FOUND(2020) analizó cómo la tecnología puede actuar como un factor de resiliencia económica o, por el contrario, acentuar la exclusión y la desigualdad, dependiendo del acceso y la capacidad de utilización que se tenga de ella. Concretamente la entidad focaliza su análisis en la pandemia de COVID-19, en la que observó que aproximadamente la mitad de la fuerza laboral en Estados Unidos pasó a trabajar desde casa, en contraste con el 15% previo a la crisis. Sin embargo, en países en desarrollo, menos de la mitad de la población tiene acceso a internet, lo que limita su capacidad para teletrabajar y perpetúa las desigualdades existentes (INTERNATIONAL MONETARY FOUND, 2020)

Según el IMF, la automatización y el avance de la inteligencia artificial han acelerado la capacidad de las máquinas para superar a los humanos en diversas tareas, lo que podría reducir la cantidad y calidad de empleos disponibles. Por ejemplo, robots en el sector salud pueden realizar pruebas de COVID-19 de manera más rápida y precisa que los humanos, lo que, aunque complementa el trabajo de los profesionales, también puede hacer redundantes ciertos roles.

Así, profesiones que requerían interacción social y habilidades interpersonales habían mostrado crecimiento en el pasado, pero la pandemia puso en riesgo estos empleos debido a

las restricciones de distanciamiento social. Además, la rápida adopción de la telemedicina, que pasó de representar el 1% de las consultas en el Reino Unido antes de la pandemia al 90% durante la crisis, evidencia cómo la tecnología puede transformar sectores enteros, dejando atrás a aquellos sin acceso o habilidades digitales.

El artículo concluye que, aunque la tecnología durante la pandemia del COVID-19 mantuvo en funcionamiento a la economía global, también ha exacerbado las divisiones sociales y económicas. Para abordar este dilema, se requiere una inversión significativa en educación y en la expansión del acceso a internet, especialmente en economías emergentes. Por ello, considera esencial que los gobiernos prioricen la inclusión digital para traducirla en inclusión económica y asegurar que la tecnología beneficie a toda la sociedad (INTERNATIONAL MONETARY FOUND, 2020).

1.3 EN TÉRMINOS CIENTÍFICOS

Dentro de ese contexto, BRYNJOLFSSON y MCAFEE (2016) consideran que la humanidad se encuentra en un punto de inflexión histórico debido al progreso exponencial de las tecnologías digitales, lo que presenta tanto oportunidades extraordinarias como desafíos significativos. Para ellos, la humanidad está entrando en una nueva era, denominada la *“segunda era de las máquinas”*, impulsada por el progreso exponencial de las tecnologías digitales.

Esta transformación, comparable con el impacto de la Revolución Industrial, se caracteriza por el poder de las tecnologías digitales para amplificar la capacidad cognitiva humana, cambiar estructuras económicas y sociales, y reconfigurar los paradigmas de la productividad y el trabajo. Según lo explican, estos cambios tienen el potencial de transformar profundamente la economía y la sociedad mediante la ampliación de las capacidades humanas, la creación de riqueza y la mejora de la calidad de vida (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2016).

En una palabra, los autores interpretan que la humanidad enfrenta una transición fundamental debido al progreso exponencial de las tecnologías digitales. Pese a ello, este cambio advierte una posible exacerbación de las desigualdades económicas y sociales debido a la creciente concentración de beneficios entre los individuos y empresas con acceso a habilidades avanzadas y recursos tecnológicos (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2016).

De forma similar, en sus estudios FREY (2019) enfatiza que el impacto de las tecnologías que reemplazan a la mano de obra influye en la distribución del ingreso y la estabilidad social. Según él, a lo largo de la historia, el progreso tecnológico ha traído enormes beneficios a largo plazo, pero sus efectos inmediatos han sido dispares, desplazando a grandes segmentos de la población laboral y generando oposición social. Por eso argumenta que la aceptación y la resistencia hacia las tecnologías dependen de quiénes se benefician y quiénes pierden, así como del poder político de los grupos afectados.

En este sentido, el autor establece paralelismos entre las revoluciones industriales del pasado y la actual era de la automatización, destacando que, aunque las innovaciones tecnológicas han aumentado la productividad y los ingresos globales, también han exacerbado las inequidades y la polarización política, especialmente en ausencia de políticas que mitiguen sus efectos adversos en el corto plazo (FREY, 2019).

Según el autor, el progreso científico y tecnológico, especialmente en sus formas que sustituyen la mano de obra, no constituye un proceso neutral ni genera beneficios universales en todos los contextos. Su adopción produce transformaciones significativas en los ámbitos económico, social y político, con efectos inmediatos como la polarización del mercado laboral, el desplazamiento de trabajadores y el incremento de las desigualdades (FREY, 2019).

Por eso FREY (2019) concluye que los beneficios del progreso tecnológico se concentran en el largo plazo, pero los costos en el corto plazo, que recaen principalmente sobre los trabajadores desplazados, pueden generar oposición social y ralentizar la adopción de tecnologías. De allí la necesidad de intervenciones políticas que distribuyan equitativamente los beneficios del progreso tecnológico y reduzcan sus impactos adversos, evitando así ciclos históricos de resistencia al cambio y tensiones sociales derivadas de la exclusión económica.

Frente a ello, MAZZUCATO (2014), cuestiona la visión neoliberal que minimiza el papel del Estado en la economía. Sobre lo que sostiene que las políticas de redistribución progresiva son sustanciales para garantizar resultados justos de crecimiento económico; Sin embargo, las políticas de redistribución del ingreso por sí solas no generan crecimiento económico, a pesar de que la desigualdad es perjudicial para el desarrollo.

En ese sentido, propone un marco en el que el Estado participe más activamente en la configuración de los mercados, asegurando que las ganancias de la inversión pública sean distribuidas equitativamente entre los diferentes actores económicos. Esto implica que el

sector público no debe limitarse a corregir fallas del mercado, sino que debe ser un creador y configurador de mercados, asumiendo riesgos y liderando inversiones estratégicas en sectores clave (MAZZUCATO, 2014).

Eso con el propósito de generar conocimiento, no solamente a través de infraestructura física, sino también de movilizar recursos para difundir ese conocimiento y la innovación en todos los sectores económicos, lo que incluye promover el desarrollo de nuevos ecosistemas innovadores. En síntesis MAZZUCATO (2014), defiende que para lograr un crecimiento económico sostenible, inclusivo y basado en la innovación, es imprescindible reconocer y fortalecer el papel del Estado como un actor emprendedor.

En este contexto, resulta fundamental considerar las contribuciones de autores como Francis Bacon⁴ y René Descartes⁵, quienes transformaron profundamente la filosofía, la ciencia y la historia del pensamiento occidental. Ambos pensadores desarrollaron métodos sistemáticos que integraban la observación empírica y la razón, estableciendo los fundamentos del empirismo y el racionalismo, respectivamente, como corrientes filosóficas esenciales.

Las propuestas metodológicas de Bacon, orientadas a la inducción y la experiencia, y de Descartes, centradas en la deducción y el análisis racional, sentaron las bases del conocimiento científico moderno y marcaron un punto de inflexión en la manera de abordar la búsqueda de la verdad.

A partir de esta perspectiva filosófica, se plantea la necesidad de abordar algunos conceptos fundamentales para esta investigación. En primer lugar, se definirán los conceptos de ciencia, progreso científico y desigualdad científica y tecnológica, que constituyen pilares teóricos esenciales para el análisis. Por su parte, otras nociones relevantes como la de la conceptualización del derecho humano a la ciencia, gobernanza y la responsabilidad científica

⁴ Bacon, en su obra "*Novum Organum*", destacó la importancia de la observación empírica y el método inductivo. Propuso abandonar la lógica aristotélica basada en el silogismo, que consideraba incapaz de generar nuevos conocimientos, y desarrollar un método que partiera de hechos particulares para alcanzar principios generales, enfatizando la experiencia metódica como clave para descubrir las leyes de la naturaleza. Su metodología aspiraba a un conocimiento aplicado, con el objetivo de dominar la naturaleza para el beneficio humano.

⁵ Por su parte, Descartes, en *El Discurso del Método*, buscó establecer un fundamento seguro para el conocimiento a través del pensamiento racional. Introdujo la duda metódica como herramienta para identificar verdades evidentes, sustentando su epistemología en ideas claras y distintas. Su enfoque racionalista, basado en el paradigma matemático, buscaba deducir verdades universales a partir de principios ciertos, estableciendo una base firme para el desarrollo de la ciencia moderna.

serán exploradas en mayor profundidad en etapas posteriores de esta investigación, en donde se realizará una discusión más profunda sobre el tema.

Es fundamental señalar, en primer lugar, que definir el concepto de ciencia es una tarea compleja, y difícilmente alguien podría afirmar haber alcanzado una conceptualización definitiva. No obstante, existen instrumentos jurídicos internacionales que ofrecen un marco normativo que puede servir como base sólida para esta reflexión. En este sentido, la “Recomendación sobre la Ciencia y los Investigadores Científicos” adoptada por la UNESCO en 2017. Específicamente, sección I, párrafo 1(a)(i), donde se define el término “ciencia”:

La empresa mediante la cual la humanidad, actuando individualmente o en grupos pequeños o grandes, realiza un intento organizado, mediante el estudio objetivo de los fenómenos observados y su validación mediante el intercambio de hallazgos y datos y mediante la revisión por pares, para descubrir y dominar la cadena de causalidades, relaciones o interacciones; reúne en forma coordinada subsistemas de conocimiento mediante la reflexión sistemática y la conceptualización; y de ese modo se proporciona la oportunidad de utilizar, para su propio beneficio, la comprensión de los procesos y fenómenos que ocurren en la naturaleza y la sociedad (UNESCO, 2017, traducción propia⁶).

En este sentido, el mismo instrumento internacional establece que la ciencia funciona como:

... un complejo de conocimientos, hechos e hipótesis, en el que el elemento teórico es susceptible de ser validado a corto o largo plazo, y en esa medida incluye las ciencias que se ocupan de los hechos y fenómenos sociales (UNESCO, 2017, traducción propia (UNESCO, 2017, traducción propia⁷).

Por su parte, el Comentario General N° 25 (2020) sobre la ciencia y los derechos económicos, sociales y culturales del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas. Específicamente, se encuentra en el párrafo 8, donde se define el concepto de ciencia:

⁶ The enterprise whereby humankind, acting individually or in small or large groups, makes an organized attempt, by means of the objective study of observed phenomena and its validation through sharing of findings and data and through peer review, to discover and master the chain of casualties, relations or interactions; brings together in a coordinated form subsystems of knowledge by means of systematic reflection and conceptualization; and thereby furnishes itself with the opportunity of using, to its own advantage, understanding of the processes and phenomena occurring in nature and society.

⁷ ... a complex of knowledge, fact and hypothesis, in which the theoretical element is capable of being validated in the short or long term, and to that extent includes the sciences concerned with social facts and phenomena.

Así, la ciencia, que abarca las ciencias naturales y sociales, se refiere tanto a un proceso que sigue una determinada metodología (“hacer ciencia”) como a los resultados de ese proceso (conocimiento y aplicaciones). Aunque se puede reclamar la protección y promoción como derecho cultural para otras formas de conocimiento, el conocimiento debe considerarse ciencia sólo si se basa en la investigación crítica y es susceptible de ser falsado y verificado. El conocimiento que se basa únicamente en la tradición, la revelación o la autoridad, sin el posible contraste con la razón y la experiencia, o que es inmune a toda falsabilidad o verificación intersubjetiva, no puede considerarse ciencia (UNESCO, 2017, traducción propia⁸).

Finalmente, la ciencia, definida como la capacidad para adquirir conocimiento susceptible de verificación y refutación, posibilita la revisión y el rechazo de teorías y concepciones previas (BIDAULT, 2022) Dada su significativa relevancia, es imperativo que esta categoría sea protegida y garantizada adecuadamente.

A partir de ese conjunto de definiciones, ROMANO y BOGGIO (2024), encuentran unos rasgos que resultan comunes dentro del campo científico, entre estos enuncia:

1. **Acceso al conocimiento científico:** La accesibilidad a la ciencia es un derecho fundamental reconocido en instrumentos normativos internacionales. Su garantía implica la eliminación de barreras económicas, tecnológicas y políticas que restringen la disponibilidad de información científica, especialmente aquella financiada con recursos públicos. Los Estados tienen la obligación de fomentar el acceso abierto y equitativo al conocimiento, asegurando la inclusión de comunidades marginadas y promoviendo su distribución en formatos accesibles y multilingües
2. **Revisión por pares como mecanismo de validación científica:** La revisión por pares es el estándar metodológico que certifica la calidad, rigurosidad y fiabilidad de la producción científica. Este proceso, llevado a cabo por expertos del mismo campo,

⁸ Thus, science, which encompasses natural and social sciences, refers both to a process following a certain methodology (“doing science”) and to the results of this process (knowledge and applications). Although protection and promotion as a cultural right may be claimed for other forms of knowledge, knowledge should be considered as science only if it is based on critical inquiry and is open to falsifiability and testability. Knowledge which is based solely on tradition, revelation or authority, without the possible contrast with reason and experience, or which is immune to any falsifiability or intersubjective verification, cannot be considered science. Thus, science, which encompasses natural and social sciences, refers both to a process following a certain methodology (“doing science”) and to the results of this process (knowledge and applications). Although protection and promotion as a cultural right may be claimed for other forms of knowledge, knowledge should be considered as science only if it is based on critical inquiry and is open to falsifiability and testability. Knowledge which is based solely on tradition, revelation or authority, without the possible contrast with reason and experience, or which is immune to any falsifiability or intersubjective verification, cannot be considered science.

permite evaluar la solidez teórica, la adecuación metodológica y la validez de los resultados, garantizando que el conocimiento generado cumpla con los principios de replicabilidad y falsabilidad, fundamentales para el avance del saber científico.

3. **Difusión del conocimiento científico:** La difusión del conocimiento es un pilar esencial de la actividad científica, asegurando que los hallazgos y avances sean accesibles tanto para la comunidad académica como para la sociedad en general. Este proceso incluye la publicación en revistas indexadas, la promoción del acceso abierto, la divulgación científica y la educación. La UNESCO y organismos internacionales han establecido que los Estados deben garantizar una distribución amplia y equitativa del conocimiento, minimizando restricciones económicas y promoviendo estrategias que permitan su apropiación y aplicación en contextos diversos.

Adicionalmente, esta definición incluye a las ciencias naturales y sociales y enfatiza que el conocimiento sólo puede ser considerado científico si está basado en una indagación crítica y es abierto a la falsabilidad y verificabilidad. Por tanto, cualquier conocimiento fundamentado exclusivamente en tradición, revelación o autoridad, y que sea inmune a la falsación o la verificación intersubjetiva, no puede ser considerado ciencia.

A su vez, un concepto clave a considerar en este análisis es el de “progreso”. Según los autores tomados como referencia central para definir el marco conceptual sobre el derecho a la ciencia en esta investigación, resulta esencial diferenciar las diversas acepciones del término dentro del ámbito de estudio. En particular, destacan que el progreso técnico, aunque relevante, no conlleva de manera inherente mejoras en la seguridad o el bienestar de la población, evidenciando la necesidad de analizar su impacto en términos sociales y éticos.

Pese a ello, no todas las actividades científicas, incluso aquellas realizadas conforme a rigurosos métodos científicos, se enmarcan dentro de la definición de ciencia establecida por la UNESCO, lo que condiciona su protección bajo el derecho a la ciencia. Este derecho exige que el conocimiento científico sea accesible y compartido con la comunidad global. En consecuencia, la investigación llevada a cabo en secreto por el sector militar, aunque científicamente válida, queda excluida por su falta de difusión. De igual forma, la investigación empresarial protegida por secreto comercial no es reconocida como “ciencia” bajo este marco, pues restringe el acceso y el beneficio colectivo del conocimiento generado, sin embargo, en el tercer capítulo de esta investigación se profundizará en ese tema.

A su vez, ROMANO y BOGGIO (2024) proponen una diferenciación conceptual importante, que resulta estrechamente ligada con este último tema, y es la relación entre “progreso científico”, “progreso tecnológico” y “progreso social”. Esta distinción permite analizar de manera más precisa las interacciones y posibles tensiones entre los avances técnicos y científicos y su impacto en el desarrollo social y humano:

1. **Progreso científico:** Este término se refiere al avance en la producción de conocimiento a través de actividades científicas adecuadas, las cuales deben cumplir con normas éticas y metodológicas establecidas. Según la UNESCO y la Observación General 25 del CESCR, el progreso científico ocurre cuando se generan y conectan sistemáticamente nuevos conocimientos al cuerpo existente de conocimiento científico. Aunque puede incluir la refutación de conocimientos previos, esto también contribuye al progreso al clarificar y refinar la comprensión científica.
2. **Progreso tecnológico:** Está estrechamente vinculado al progreso científico pero se distingue porque su objetivo principal es el desarrollo de nuevas herramientas, técnicas y la mejora de las ya existentes. No busca directamente la producción de conocimiento, aunque en algunos casos los desarrollos tecnológicos pueden fomentar investigaciones aplicadas, las cuales son consideradas ciencia.
3. **Progreso social:** Este término implica la mejora de la condición humana y está relacionado con la capacidad de la sociedad para utilizar los avances científicos y tecnológicos para este propósito. A diferencia del progreso científico, el cual tiene como objetivo principal generar conocimiento, el progreso social depende de cómo este conocimiento es aplicado para el beneficio de las personas y la sociedad en general, enmarcado dentro de los principios de derechos humanos y bienestar.

De esta forma, existe una diferenciación conceptual entre progreso científico, tecnológico y social, que permite analizar de forma precisa las interacciones y tensiones entre los avances técnicos, científicos y su impacto en el desarrollo humano. Puesto que, mientras el progreso científico se centra en la generación de conocimiento bajo principios éticos y metodológicos, el progreso tecnológico se orienta al desarrollo y mejora de herramientas y técnicas, en ocasiones promoviendo investigaciones aplicadas (ROMANO; BOGGIO, 2024).

Por su parte, el progreso social se vincula al uso de estos avances para mejorar la condición humana, guiado por principios de derechos humanos y bienestar. Esta distinción facilita una comprensión integral de los avances y sus implicaciones en el contexto del desarrollo social y democrático (ROMANO; BOGGIO, 2024).

A continuación se presenta un cuadro en el cual se relacionan estas figuras:

Cuadro 1 – Progreso científico, tecnológico y social

Concepto	Definición	Manifestaciones
Progreso Científico	Avance acumulativo en el conocimiento y comprensión de fenómenos naturales y sociales, logrado mediante la aplicación sistemática del método científico.	Formulación de teorías, descubrimiento de leyes y desarrollo de modelos que explican y predicen comportamientos observables en el universo.
Progreso Tecnológico	Mejora continua en la creación y aplicación de herramientas, máquinas, sistemas y procesos que aumentan la eficiencia y capacidad humanas para transformar el entorno y satisfacer necesidades específicas.	Innovaciones que optimizan la producción, comunicación, transporte y otros aspectos fundamentales de la actividad humana.
Progreso Social	Desarrollo y evolución de las estructuras, instituciones y relaciones dentro de una sociedad, orientados hacia mayores niveles de bienestar, equidad y justicia para sus miembros.	Mejoras en indicadores como salud pública, educación, derechos humanos y cohesión social, promoviendo una calidad de vida más alta y una convivencia armónica.

Elaboración propia. Fuente: ONU (1975)

Finalmente, el término “desigualdad tecnológica” puede definirse como la brecha en el acceso, uso y beneficio de las innovaciones tecnológicas entre individuos, grupos o países. Surge de diferencias en infraestructura, educación digital, capacidad de adaptación y acceso a

herramientas avanzadas. Esta disparidad impacta la productividad, la empleabilidad y la competitividad, amplificando exclusiones socioeconómicas preexistentes.

Su origen radica en factores estructurales, como la inversión en investigación y desarrollo, la digitalización y la automatización del trabajo. La desigualdad tecnológica puede reforzar asimetrías de poder y generar dependencia económica. Su estudio requiere enfoques interdisciplinarios para mitigar sus efectos y promover inclusión digital.

Este término se enmarca dentro de la teoría del “capitalismo cognitivo”, un modelo de acumulación en el que el conocimiento, la creatividad y la atención constituyen las principales fuerzas productivas. Según WARREN y otros autores (2013) de *The Psychopathologies of Cognitive Capitalism: The Cognitive Turn Part 2*, este régimen sucede al fordismo y se fundamenta en la explotación de la plasticidad neuronal, la digitalización y la flexibilización laboral, configurando un sistema en el que la economía se articula en torno a la producción y valorización de lo inmaterial.

Según esta perspectiva, a través de plataformas digitales y tecnologías de la información, se captura la subjetividad y el trabajo inmaterial, generando nuevas formas de alienación y patologización de la vida psíquica. Este sistema reorganiza la relación entre capital y trabajo, extendiendo su control sobre la mente y la vida cotidiana.

Una vez llegados a este punto, se puede decir que este capítulo ha logrado establecer y contextualizar las bases conceptuales del derecho humano a la ciencia, destacando su interdependencia con otros derechos fundamentales. En particular, se ha analizado cómo este derecho opera en el marco de los desafíos contemporáneos asociados al desarrollo científico, con énfasis en las desigualdades estructurales que condicionan su acceso y disfrute.

Este enfoque permite evidenciar que el ejercicio pleno del derecho a la ciencia no solo requiere avances científicos, sino también políticas inclusivas que garanticen su distribución equitativa, consolidando su papel como un mecanismo clave para la promoción de la justicia social y el bienestar humano.

El análisis se centra en cómo la ciencia, lejos de ser intrínsecamente neutral, puede perpetuar o incluso agravar desigualdades si no se gestiona de manera adecuada. Para ilustrar estas dinámicas, se utilizaron datos empíricos tanto globales como específicos de América Latina, revelando coincidencias de exclusión y disparidad en el acceso y los beneficios del progreso científico.

Asimismo, se fueron examinadas las implicaciones del uso de la ciencia, como la exacerbación de brechas sociales o éticas, y se incorporan teorías jurídicas que ofrecen un marco analítico para comprender y abordar estas problemáticas. Este enfoque permite vincular el desarrollo científico con la justicia social, enfatizando la necesidad de políticas inclusivas y éticamente fundamentadas en la responsabilidad científica, tema central abordado en el siguiente capítulo.

2 LA RESPONSABILIDAD EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO

Como se muestra, la técnica ha constituido un eje vertebral del progreso humano, impulsando transformaciones estructurales en las sociedades y redefiniendo las dinámicas económicas, medioambientales, políticas y culturales. Su impacto trasciende la generación de conocimiento, al ampliar las capacidades individuales y colectivas para abordar desafíos complejos, desde la sostenibilidad ambiental hasta la gobernanza global. En este sentido, la ciencia y la tecnología no solo facilitan el desarrollo, sino que también configuran nuevas estructuras de poder y reconfiguran la relación entre el Estado, el mercado y la ciudadanía.

Con todo, como se ha mostrado, el impacto de estos avances no es unidimensional ni exento de controversias, pues su potencial disruptivo genera dilemas éticos, sociales, medioambientales y políticos de gran envergadura. En este contexto, el presente capítulo se centra en la problemática de la responsabilidad científica dentro del marco del derecho humano a la ciencia, con especial énfasis en su aplicación en Colombia. Este análisis resulta fundamental para la configuración del derecho a la ciencia y tecnología, así como para la comprensión de sus implicaciones en la gobernanza de la innovación y en la garantía de los derechos humanos.

Este capítulo responde por tanto, al segundo objetivo específico planteado. Para ello, se traza una línea histórica de la evolución del derecho humano a la ciencia, abordando su reconocimiento en el derecho internacional y su progresiva consolidación normativa. A partir de esta base, se examinan los fundamentos de la responsabilidad científica, sus dimensiones filosóficas y jurídicas, y su aplicación en el contexto colombiano, con el fin de identificar los desafíos y oportunidades que enfrenta la regulación de las tecnologías emergentes en el país.

Así, el capítulo se inscribe dentro de la estructura general de la investigación, aportando elementos esenciales para la comprensión de la responsabilidad científica, la cual, según se observa, constituye un pilar central para analizar la forma en la que las innovaciones tecnológicas deberían ser canalizadas hacia un desarrollo equitativo y sustentable, minimizando sus impactos negativos y maximizando sus beneficios para la sociedad.

De esta forma, el capítulo se articula y desarrolla en torno a tres secciones principales. En primer lugar, se explora la historia del derecho humano a la ciencia, estableciendo un marco teórico para comprender su evolución y sus implicaciones normativas. Posteriormente, se analiza la relación entre técnica, economía y poder, con el fin de evidenciar las estructuras que determinan el acceso y control del conocimiento científico en el mundo contemporáneo.

Finalmente, se aborda la relación entre el derecho a la ciencia y la responsabilidad científica, desglosando sus distintas dimensiones: el derecho al progreso científico y a la libertad científica, el derecho al progreso científico responsable, el derecho a participar en el progreso científico y el derecho a beneficiarse de él.

Desde una perspectiva metodológica, este capítulo emplea un enfoque cualitativo sustentado en un análisis normativo y doctrinal de la responsabilidad científica, complementado con una revisión histórica y contextual del marco regulatorio. La integración de estos elementos permite una aproximación crítica a los principios jurídicos que rigen la gobernanza de la ciencia y la tecnología, identificando patrones normativos y prácticas establecidas. Este enfoque proporciona herramientas analíticas y exploratorias para fortalecer el diseño de estrategias regulatorias que armonicen el desarrollo científico con los principios de responsabilidad y derechos humanos.

De este modo, este capítulo establece las bases conceptuales y normativas para la comprensión de la responsabilidad científica en el desarrollo tecnológico, proporcionando un marco analítico que permitirá, más adelante, examinar su aplicación en Colombia a través del estudio de caso. Con ello, se busca la exploración e identificación de un marco regulatorio que garantice el uso ético y responsable de la ciencia y la tecnología, en armonía con los principios fundamentales de los derechos humanos.

El avance científico y tecnológico conlleva una responsabilidad inherente: garantizar que sus beneficios se distribuyan equitativamente y minimizar sus impactos adversos. Por ello, este capítulo examina la evolución histórica del derecho humano a la ciencia, abordando los marcos normativos que buscan equilibrar el progreso con la ética y la justicia social.

A través del análisis de la responsabilidad científica, se discuten sus implicaciones en la regulación de tecnologías emergentes, destacando casos paradigmáticos que han moldeado la relación entre innovación y derechos humanos. Se examinan, además, las tensiones entre la autonomía de la ciencia y las estructuras de poder que influyen en su desarrollo y aplicación. Este estudio permite comprender cómo la gobernanza científica puede ser un instrumento para mitigar desigualdades y fomentar un desarrollo tecnológico inclusivo y sostenible.

2.1 HISTORIA DEL DERECHO HUMANO A LA CIENCIA

Es sabido que durante la Segunda Guerra Mundial, se sentaron las bases del marco contemporáneo de derechos humanos internacionales. En su discurso de las “Cuatro

Libertades” en 1941, Franklin D. Roosevelt defendió principios esenciales para una democracia sana, como la libertad de expresión, de culto, la ausencia de carencias económicas y de temores frente a agresiones.

Estos ideales, plasmados en la Carta del Atlántico de 1941, promovieron la cooperación económica global y el bienestar social, consolidando la relevancia de los derechos humanos en el orden internacional posbélico. Aunque los Aliados adoptaron el lenguaje de los derechos humanos en su retórica, enfrentaron tensiones internas sobre su inclusión en el nuevo orden mundial, principalmente en el diseño de la Carta de las Naciones Unidas. La influencia de los Estados latinoamericanos fue crucial para garantizar que los derechos humanos se incluyeran como un componente esencial en el sistema internacional emergente.

El derecho a la ciencia tuvo su origen en el contexto de la Organización de los Estados Americanos (OEA), específicamente en los trabajos del Comité Jurídico Interamericano. En 1945, este organismo elaboró un anteproyecto titulado “Declaración de los Derechos y Deberes Internacionales del Hombre”, que incluyó por primera vez el derecho a compartir los beneficios de los descubrimientos científicos.

Este documento reflejó influencias tanto de la tradición occidental, desde la Ilustración, como de corrientes intelectuales latinoamericanas. Aunque se inspiró en varias declaraciones previas de derechos humanos, ninguna de estas había abordado explícitamente la ciencia y la tecnología. El texto inicial reconoció la necesidad de equilibrar los intereses de los creadores con el acceso universal, subrayando el deber del Estado de promover la ciencia y proteger a la sociedad de su uso perjudicial. Estos conceptos evolucionaron y sirvieron como base para los debates en el ámbito internacional, influyendo posteriormente en la Declaración Universal de los Derechos Humanos.

Así pues, en el período de posguerra, el Comité Jurídico Interamericano desempeñó un papel crucial en el desarrollo de la Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre, bajo el marco de la creación de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Este Comité se basó en principios de derechos humanos previos, adaptándose a las necesidades de los Estados del continente americano.

Durante la Novena Conferencia Internacional Americana, en Bogotá (1948), se adoptó la Declaración como un instrumento no vinculante, pero con un impacto simbólico y normativo significativo. La Declaración incluyó derechos civiles, políticos, económicos,

sociales y culturales, reflejando tensiones y debates, como el equilibrio entre soberanía estatal y supervisión internacional. Este documento marcó un precedente para sistemas regionales de derechos humanos y el desarrollo de la Declaración Universal de los Derechos Humanos en el ámbito global.

La creación de las Naciones Unidas se formalizó en la Conferencia de San Francisco en abril de 1945, tras el colapso del régimen nazi. Representantes de 50 estados, entre ellos 20 latinoamericanos, participaron en la revisión de los planes de Dumbarton Oaks para diseñar la nueva organización internacional. Los Estados latinoamericanos, junto a países recientemente independizados y diversas organizaciones cívicas, jugaron un papel clave al impulsar la inclusión de los derechos humanos en la Carta de las Naciones Unidas.

Aunque inicialmente estos temas no estaban destacados en los borradores, los esfuerzos diplomáticos lograron incorporar artículos que promueven la cooperación internacional y el respeto por los derechos fundamentales. El 26 de junio de 1945, la Carta fue adoptada, estableciendo formalmente las bases para la organización global y marcando un avance significativo en el reconocimiento de los derechos humanos como principios universales.

El reconocimiento del derecho humano a la ciencia en el sistema interamericano de derechos humanos se remonta a los trabajos del Comité Jurídico Interamericano, un grupo de juristas independientes con sede en Río de Janeiro. Este comité comenzó su labor en 1945, meses antes del final de la Segunda Guerra Mundial, y en menos de un año formuló el Anteproyecto de declaración de los derechos y deberes internacionales del hombre, adoptado el 31 de diciembre de 1945.

El proceso de redacción de este anteproyecto y su evolución en la Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre estuvo significativamente influenciado por las contribuciones de los países de América Latina. El Comité Jurídico Interamericano se inspiró en una tradición regional de protección de derechos humanos, reforzada por antecedentes como la Declaración de México de 1945 y diversas iniciativas promovidas por juristas e intelectuales latinoamericanos. En este contexto, el derecho a la ciencia emergió como parte de un esfuerzo más amplio por definir los derechos y deberes fundamentales en la región.

Los países latinoamericanos desempeñaron un papel crucial en la formulación del derecho a la ciencia, enmarcándolo no solo como un derecho individual, sino también como

una responsabilidad estatal (ROMANO Y BOGGIO, 2024). La primera versión del anteproyecto incluyó el derecho a compartir los beneficios de la ciencia, destacando la obligación estatal de garantizar el acceso equitativo al conocimiento científico y sus aplicaciones. Además, se enfatizó la necesidad de evitar monopolios en el ámbito de las patentes y los derechos de propiedad intelectual, una preocupación recurrente de los países latinoamericanos debido a la influencia de las grandes potencias en estos asuntos.

El anteproyecto inicial reconocía explícitamente que el Estado tenía el deber de fomentar el desarrollo de la ciencia y las artes, pero también de proteger a la ciudadanía del uso indebido de los descubrimientos científicos para generar temor o inestabilidad social (ROMANO Y BOGGIO, 2024). Esta formulación reflejaba las preocupaciones de la época, en particular el uso de la ciencia en la guerra y el temor a que la tecnología fuese utilizada con fines destructivos.

A pesar de la sólida fundamentación inicial del derecho a la ciencia en los primeros borradores, su formulación sufrió modificaciones significativas durante la redacción final de la Declaración Americana de 1948. En la versión definitiva, el derecho a la ciencia quedó subsumido dentro del derecho a la cultura, perdiendo su autonomía conceptual. Así, el artículo XIII de la Declaración estableció que toda persona tiene derecho a participar en la vida cultural de la comunidad, disfrutar de las artes y participar en los beneficios que resulten del progreso intelectual, especialmente los descubrimientos científicos (ROMANO Y BOGGIO, 2024).

Esta modificación fue en parte resultado de las negociaciones diplomáticas entre los países americanos, donde primó una visión más generalista de los derechos culturales, en detrimento de una formulación específica para la ciencia. No obstante, la influencia de los Estados latinoamericanos logró conservar el reconocimiento de la importancia de la ciencia dentro del marco de derechos humanos, lo que posteriormente influyó en su inclusión en la Declaración Universal de Derechos Humanos y, décadas más tarde, en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.

De este modo, el proceso de formulación del derecho a la ciencia en la Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre representa un hito en la historia del reconocimiento de los derechos humanos. Y como lo señalan claramente ROMANO y BOGGIO (2024), la participación activa de los países de América Latina fue determinante en

la consagración inicial de este derecho, subrayando la importancia de la ciencia como un bien público y un derecho humano.

Aunque la versión final de la Declaración no otorgó a la ciencia la autonomía que tenía en los primeros borradores, los principios fundamentales defendidos por los países latinoamericanos continuaron influyendo en la evolución del derecho a la ciencia en el derecho internacional.

Así, en 1946, el Consejo Económico y Social (ECOSOC) estableció la Comisión de Derechos Humanos, encargada de elaborar un borrador de la declaración. Liderada por Eleanor Roosevelt, esta comisión abordó tensiones filosóficas y políticas, y en su primera sesión se formó un comité de redacción que incluía a representantes de diversas regiones.

En 1947, el borrador inicial destacó el derecho a participar en la vida cultural y a beneficiarse del progreso científico, elementos que se refinaron a lo largo de los debates. Finalmente, en 1948, la Asamblea General de la ONU adoptó la Declaración en París, estableciendo un marco de derechos universales no vinculantes, pero de profundo impacto normativo y moral.

La adopción de la Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH) marcó un hito en la arquitectura internacional de derechos humanos. El artículo 27 reconoció el derecho de toda persona a participar en la vida cultural, disfrutar de las artes y beneficiarse del progreso científico, además de proteger los derechos morales y materiales de los autores.

A pesar de objeciones iniciales de países como Estados Unidos, la inclusión del segundo párrafo sobre derechos de autor se mantuvo tras intensos debates. Aunque no vinculante, la DUDH se convirtió en un estándar internacional, influenciando constituciones nacionales, especialmente en países descolonizados, y estableciendo precedentes legales que evolucionaron hacia normas de derecho internacional consuetudinario. La Declaración ha sido fundamental en el marco del Examen Periódico Universal del Consejo de Derechos Humanos y sigue siendo la piedra angular de los derechos humanos globales.

Es así que, vale destacar que en el ámbito interamericano, si bien la Convención Americana sobre Derechos Humanos (CADH), también conocida como el Pacto de San José de Costa Rica (1969), no reconoce de forma expresa a la ciencia como un derecho humano, contiene disposiciones que permiten su incorporación mediante una interpretación extensiva y evolutiva. En virtud del principio pro homine y de la cláusula de interpretación progresiva

consagrada en el artículo 29 de la Convención, es posible articular este derecho a partir de otros ya protegidos, como los derechos a la salud, la educación, la igualdad y la libertad de pensamiento, esta última comprendida como la libertad de investigar y difundir conocimiento científico. Asimismo, el artículo 26 impone a los Estados la obligación de adoptar medidas para lograr progresivamente la plena efectividad de los derechos económicos, sociales y culturales, lo que puede interpretarse, en consonancia con el *corpus iuris* del derecho internacional de los derechos humanos, como una base jurídica para exigir políticas públicas orientadas a garantizar el acceso, la participación y el disfrute equitativo de los beneficios del desarrollo científico.

Por lo tanto, de acuerdo con el anterior contexto histórico, el derecho humano a la ciencia ha evolucionado como una respuesta a la necesidad de equilibrar el acceso equitativo al conocimiento con los intereses económicos y políticos que históricamente han condicionado su desarrollo. Desde su reconocimiento en los instrumentos internacionales de derechos humanos, este derecho ha sido moldeado por la interacción entre la técnica, la economía y el poder, evidenciando que el progreso científico no es un fenómeno neutral, sino que responde a estructuras de dominación y a dinámicas de mercado.

En este sentido, el análisis de la técnica como fuerza autónoma, propuesto por pensadores como Jacques Ellul y Langdon Winner, permite comprender cómo los avances tecnológicos han reforzado la concentración del capital y la centralización del conocimiento en manos de grandes corporaciones y Estados. Esto ha generado tensiones entre la necesidad de democratizar el acceso a la ciencia y las lógicas económicas que buscan maximizar su rentabilidad, dando lugar a un debate sobre la gobernanza del conocimiento y la responsabilidad científica en la reducción de desigualdades estructurales.

2.2 TÉCNICA, ECONOMÍA Y PODER

Una obra fundamental en este ámbito es *La pregunta por la técnica* de MARTIN HEIDEGGER (2013), donde se analiza críticamente cómo la técnica configura la percepción humana del mundo y las dinámicas sociales. Heidegger advierte que la preeminencia de la técnica en la modernidad no es neutral, sino que orienta la existencia hacia una relación instrumental con la realidad, lo que puede derivar en una progresiva deshumanización. Su reflexión enfatiza la necesidad de comprender la esencia de la técnica más allá de su simple

funcionalidad, promoviendo una relación más auténtica entre el ser humano, su entorno y la colectividad.

En esa investigación el autor identifica la naturaleza esencial de la técnica moderna, caracterizada como un modo de desvelamiento denominado “*Gestell*”. HEIDEGGER (2013) describe cómo este modo de desvelamiento configura el mundo, emplazando todo lo existente como un “fondo permanente” al servicio de la explotación técnica. Esto subraya que la técnica no es simplemente un conjunto de herramientas o un fenómeno neutral, sino una estructura ontológica que define las relaciones humanas con el ser.

Eso permite a HEIDEGGER (2013) desarrollar la dimensión crítica de su conclusión al advertir sobre el peligro inherente en la esencia de la técnica. Este peligro consiste en que la lógica técnica puede reducir al ser humano y al mundo natural a meros recursos explotables, anulando la posibilidad de experiencias más auténticas del ser. Aquí, el autor utiliza un enfoque fenomenológico para enfatizar la relación entre el dominio técnico y la pérdida de la libertad ontológica, articulando los riesgos existenciales y culturales de esta subordinación.

La conclusión incorpora un elemento redentor al argumentar que, en el núcleo de este peligro, reside también una posibilidad de salvación. Por ello, este autor introduce la noción de que reflexionar profundamente sobre la esencia de la técnica permite abrirse a un desvelamiento más auténtico del ser. Este último nivel destaca la ambigüedad de la técnica: aunque amenaza con instrumentalizar todo, también alberga la posibilidad de una relación más libre y esencial con la verdad (HEIDEGGER, 2013).

En síntesis, en la visión de HEIDEGGER (2013) se establecen las siguientes premisas fundamentales: (i) La técnica trasciende su carácter meramente instrumental, constituyéndose en un modo de desocultamiento que configura nuestra comprensión del mundo; (ii) Aunque es una actividad humana, su esencia no depende del hombre, desarrollándose más allá de su control y emplazándolo a una relación de provocación con la naturaleza y; (iii) La técnica representa el mayor peligro y a su vez oportunidad, ya que su esencia impositiva puede llevar a la deshumanización y al ocultamiento de otras formas de desocultamiento, limitando nuestra relación con el Ser, pero también a otras formas de desvelamiento.

De conformidad con investigaciones posteriores, la relación entre técnica y sociedad ha sido objeto de profundizaciones por parte de autores como Jacques Ellul y Langdon Winner, quienes exploran la forma en la que el desarrollo tecnológico influye en las estructuras económicas, políticas y sociales. Ambos autores coinciden en que la técnica

moderna posee una lógica autónoma, generando dinámicas de expansión y transformación que escapan al control humano consciente según se pasa a analizar a continuación.

En su obra *The Technological Society*, JACQUES ELLUL (2021), el autor rechaza la visión tradicional de que la técnica es una mera aplicación de la ciencia, argumentando que históricamente la técnica precedió a la ciencia y que ambas han evolucionado de forma interdependiente. De acuerdo con él, mientras que la técnica planteó problemas y desarrolló nociones generales, la ciencia proporcionó soluciones que permitieron su avance.

A su vez, cómo la distinción entre actividad técnica y científica es difusa, pues la investigación científica depende de un extenso aparato técnico y, a su vez, las innovaciones técnicas pueden impulsar descubrimientos científicos. Esta interrelación ha llevado a que la ciencia se convierta en un medio subordinado a la técnica, lo que dificulta distinguir entre ambas en muchos campos del conocimiento (ELLUL, 2021).

De este modo, analizó cómo, en las sociedades tradicionales, las técnicas estaban profundamente integradas en los contextos culturales, sociales y religiosos. Estas técnicas tradicionales eran empíricas, basadas en la experiencia acumulada y orientadas a satisfacer necesidades concretas dentro de un marco de estabilidad social (ELLUL, 2021).

Su desarrollo era lento, controlado por normas culturales y éticas que limitaban su expansión autónoma. ELLUL (2021) resalta que estas técnicas no buscaban optimización o eficiencia, sino que estaban diseñadas para cumplir un propósito práctico dentro de un contexto comunitario. Este enfoque contenía la expansión técnica y evitaba que se convirtiera en una fuerza independiente o transformadora.

Así, ELLUL (2021) destaca que en la modernidad, una vez que una técnica se desarrolla, su aplicación es inevitable, independientemente de las consideraciones éticas, sociales o culturales. Este automatismo responde a una lógica interna de la técnica, en la que la posibilidad técnica se traduce directamente en acción. En este contexto, la sociedad se adapta a las técnicas disponibles en lugar de decidir conscientemente sobre su implementación, lo que genera un progreso técnico continuo pero con frecuencia, descontrolado.

Por eso introduce el concepto de auto-aumentación para describir cómo las técnicas modernas generan nuevas necesidades técnicas. Cada innovación crea demandas adicionales que impulsan el desarrollo de más técnicas. Este proceso es cíclico y exponencial, y refuerza

el carácter autónomo de la técnica, alejándose aún más de la supervisión o el control humano consciente (ELLUL, 2021).

Dadas las circunstancias, la técnica moderna opera bajo un enfoque monista, donde cada problema tiene una única solución técnica, considerada la más eficiente. Este principio elimina otras perspectivas (éticas, culturales o espirituales) y prioriza exclusivamente la eficiencia. Esto permite a ELLUL (2021) argumentar que este monismo técnico reduce la diversidad de enfoques y opciones en la toma de decisiones humanas. Así, la técnica moderna opera bajo un enfoque, donde cada problema tiene una única solución técnica, considerada la más eficiente. Un principio que elimina otras perspectivas y prioriza exclusivamente el rendimiento.

De este modo, en la obra se analizó cómo las técnicas modernas son intrínsecamente interdependientes. Una técnica no puede desarrollarse o aplicarse sin otras técnicas que la respalden. Esto genera una red compleja donde cada avance técnico depende del desarrollo de otros, lo que refuerza la expansión técnica global y dificulta la desconexión o el aislamiento de cualquier técnica (ELLUL, 2021).

Por esto, este universalismo técnico describe la tendencia de las técnicas modernas a aplicarse de manera uniforme en todas las sociedades, independientemente de sus contextos culturales, históricos o geográficos. El autor sostiene que esta característica transforma las culturas locales en sistemas homogéneos, orientados hacia la eficiencia técnica, lo que resulta en una globalización de los valores técnicos (ELLUL, 2021).

Ese conjunto de elementos lo llevaron a inferir que la característica más distintiva de la técnica moderna es su autonomía. Una vez creada, la técnica sigue su propia lógica de desarrollo, independiente de las necesidades o intenciones humanas originales. Este fenómeno implica que la técnica se convierte en un fin en sí misma, regulada por su capacidad para optimizar y expandirse, más que por consideraciones humanas o éticas, con unas profundas consecuencias económicas (ELLUL, 2021).

Estas consideraciones permitieron a ELLUL (2021) analizar cómo la técnica ha transformado profundamente la estructura económica, introduciendo una lógica de eficiencia que domina los sistemas de producción, distribución y consumo. Además destacó que, en las economías modernas, la técnica no solo optimiza procesos preexistentes, sino que redefine los objetivos económicos al priorizar el crecimiento continuo y la maximización de recursos. Este fenómeno impulsa una dinámica de cambio constante, donde las técnicas económicas generan

nuevas oportunidades, pero también exigen una adaptación perpetua de las estructuras sociales y empresariales creando nuevas necesidades técnicas (ELLUL, 2021).

Asimismo, señala como la técnica también ha modificado la relación entre capital y trabajo. Si bien promueve un incremento en la productividad, ELLUL (2021) señala que esta dependencia técnica puede deshumanizar el trabajo, reduciendo al trabajador a un engranaje dentro de un sistema técnico. Además refuerza la centralización del capital, facilitando el control por parte de grandes corporaciones o Estados, lo que aumenta la desigualdad en la distribución de los recursos económicos.

En ese sentido, ELLUL (2021) examina las implicaciones de la expansión técnica sobre la economía global. Identifica dos grandes tendencias:

1. **Concentración económica:** La técnica favorece la acumulación de capital y recursos en manos de grandes entidades económicas, limitando la competencia y desplazando a los pequeños actores del mercado. Este fenómeno centralizador, aunque eficiente, introduce riesgos de monopolización y una reducción de la diversidad económica.
2. **Impacto en los mercados laborales:** La introducción de técnicas avanzadas reemplaza tareas humanas por procesos automatizados, generando desempleo estructural en algunos sectores y una demanda creciente de especialización en otros. Esto, a su vez, incrementa la segmentación y precarización laboral.

Esta perspectiva posibilitó a ELLUL (2021) comprender las herramientas y métodos desarrollados para observar, medir y analizar los fenómenos económicos en el contexto técnico moderno. Estas técnicas incluyen el uso de estadísticas, modelos matemáticos y métodos empíricos que permiten recopilar y procesar grandes cantidades de datos económicos. ELLUL (2021) destaca que estas técnicas son esenciales para comprender las dinámicas económicas, pero advierte que tienden a reducir los fenómenos complejos a variables cuantificables, ignorando aspectos cualitativos como las dimensiones humanas o éticas. Este enfoque genera una visión parcial de la economía, centrada exclusivamente en lo medible y optimizable.

Además, indica que estas técnicas de observación se utilizan principalmente para anticipar tendencias y diseñar estrategias económicas, pero no siempre consideran los efectos

sociales o ambientales a largo plazo. Esto refuerza una dependencia de la economía hacia los datos técnicos y reduce la capacidad de adaptación a escenarios no cuantificables.

Por ello, ELLUL (2021) aborda las técnicas utilizadas para intervenir activamente en los sistemas económicos. Estas incluyen políticas públicas, control de mercados, regulación monetaria y la implementación de tecnologías para aumentar la eficiencia productiva. Según el autor, estas técnicas no solo transforman los procesos económicos, sino también las relaciones sociales y laborales, al imponer una lógica técnica que prioriza la productividad y la eficacia sobre otras consideraciones.

Así, el autor resalta que las técnicas económicas de acción crean un ciclo que se auto-refuerza: las intervenciones generan nuevos problemas económicos que requieren soluciones técnicas adicionales. Este ciclo perpetúa la expansión de las técnicas económicas, alejando las decisiones económicas de un marco ético o político y subordinado su alcance a la lógica técnica (ELLUL, 2021).

Con ello nos aproximamos a un punto crucial de su análisis relacionado con la planificación económica centralizada y la libertad individual. Desde esta visión, el autor argumenta que la planificación técnica es una herramienta poderosa para lograr objetivos económicos a gran escala, como el crecimiento sostenido y la estabilidad financiera. Sin embargo, esta planificación requiere una alta centralización del control, lo que puede limitar la participación democrática y reducir la autonomía de los individuos y pequeñas organizaciones (ELLUL, 2021).

Esto lo llevó a encontrarse con una paradoja: mientras promete mayor eficiencia y bienestar, su aplicación tiende a restringir la libertad, al establecer sistemas rígidos y centralizados que responden únicamente a objetivos técnicos. La planificación económica, según él, no deja espacio para decisiones basadas en valores humanos o éticos, subordinando la libertad a la necesidad técnica (ELLUL, 2021).

Desde esta perspectiva, los sistemas económicos modernos, ya sean capitalistas o socialistas, se ven profundamente afectados por el avance de la técnica. Ambos sistemas han adoptado la técnica como herramienta central para resolver problemas económicos, lo que resulta en una convergencia funcional pese a sus diferencias ideológicas. Sin embargo, Ellul señala que esta dependencia técnica desvía los sistemas económicos de sus valores originales, subordinado su operatividad a una lógica de eficiencia, control y productividad técnica, por encima de preocupaciones humanas o sociales (ELLUL, 2021).

En razón a eso, ELLUL (2021) aborda el concepto de progreso, señalando que en las economías modernas se ha convertido en un imperativo técnico. Este progreso no se mide por el bienestar humano, sino por la capacidad de introducir y perfeccionar técnicas que optimicen los procesos económicos. El progreso técnico, aunque promete resolver problemas, crea nuevas dinámicas de dependencia y desigualdad, cuestionando la idea de que el progreso económico técnico sea inherentemente positivo o sostenible.

De ahí la importancia de explorar la forma en la que las técnicas han fomentado la centralización económica. La planificación y la gestión a gran escala requieren estructuras centralizadas para operar de manera eficiente. Sin embargo, esta centralización, aunque técnica y económicamente eficaz, limita la flexibilidad y la participación democrática. Según advierte, esta tendencia hacia la centralización técnica puede deshumanizar las decisiones económicas y concentrar el poder en manos de pocos actores, ya sean corporaciones o Estados (ELLUL, 2021).

Éste análisis le permitió considerar que la técnica, puede favorecer un modelo económico autoritario. Esto se debe a que la gestión técnica requiere decisiones rápidas y eficientes que no siempre son compatibles con procesos deliberativos o democráticos. Este fenómeno lleva a que las economías modernas adopten características autoritarias, con un control más estricto sobre los recursos, la producción y las decisiones, dejando menos espacio para la autonomía individual o la participación colectiva, la cual se inclina incluso al totalitarismo en razón de la capacidad de centralización de la técnica.

En vista de eso, ELLUL (2014) argumenta que la técnica mina los fundamentos de la democracia económica. Las decisiones técnicas son tomadas por especialistas y expertos, excluyendo al ciudadano común de los procesos de decisión. Además, los intereses económicos vinculados a las técnicas suelen priorizar la eficiencia sobre la equidad, lo que profundiza la desigualdad y reduce la capacidad de las sociedades para operar democráticamente en el ámbito económico.

En concordancia con Jacques Ellul, el autor Langdon Winner en su obra *“The Whale and the Reactor: A Search for Limits in an Age of High Technology”* (WINNER, 2001) analiza la relación entre la tecnología y la política, argumentando que los artefactos técnicos pueden poseer propiedades políticas inherentes. WINNER (2001) distingue dos formas en que la tecnología influye en la estructura del poder: primero, cuando el diseño o la disposición de

un artefacto resuelve deliberadamente una cuestión política, y segundo, cuando ciertas tecnologías requieren inevitablemente estructuras jerárquicas específicas.

El autor ejemplifica su tesis con casos históricos. Menciona los puentes bajos construidos por Robert Moses en Nueva York, diseñados para impedir el acceso de autobuses a ciertas zonas, limitando así la movilidad de personas de bajos recursos y minorías raciales. Asimismo, analiza el uso de máquinas de moldeo en la fábrica McCormick, que no solo eran ineficientes sino que también fueron introducidas con el propósito de debilitar el sindicato de trabajadores (un fenómeno que puede observarse en otros sistemas complejos, como las armas, rascacielos, redes de energía, comunicaciones, etc.) (WINNER, 2001).

WINNER (2001) rechaza la idea de que la tecnología sea neutral y subraya que su diseño y despliegue pueden estar políticamente orientados, incluso cuando no hay una intención explícita de ello. De esa forma, algunas tecnologías, como las centrales nucleares, exigen una centralización extrema del poder, mientras que otras, como la energía solar, permiten una organización más descentralizada y democrática. En este sentido, el autor señalaría:

En el argumento de Engels, y en otros similares, la justificación de la autoridad ya no se hace con la analogía clásica de Platón, sino más bien con referencia directa a la tecnología misma. Si el argumento básico es tan convincente como Engels creía que era, uno esperaría que a medida que una sociedad adoptase sistemas técnicos cada vez más complicados como base material, las perspectivas de formas de vida autoritarias aumentarían considerablemente. El control central por parte de personas conocedoras que actúen en la cima de una jerarquía social rígida parecería cada vez más prudente. En este sentido, su postura en "Sobre la autoridad" parece estar en desacuerdo con la posición de Karl Marx en el Volumen I de *El Capital*. Marx intenta demostrar que la creciente mecanización hará obsoletas la división jerárquica del trabajo y las relaciones de subordinación que, en su opinión, eran necesarias durante las primeras etapas de la manufactura moderna. "La industria moderna", escribe, "barre por medios técnicos" la "división manufacturera del trabajo", según la cual cada hombre está atado de pies y manos de por vida a una única operación de detalle. Al mismo tiempo, la forma capitalista de esa industria reproduce esta misma división del trabajo en una forma aún más monstruosa: en la fábrica propiamente dicha, convirtiendo al trabajador en un apéndice viviente de la máquina".¹⁹ En opinión de Marx, las condiciones que eventualmente disolverán la división capitalista del trabajo y facilitarán la revolución proletaria son condiciones latentes en la propia tecnología industrial. Las diferencias entre la posición de Marx en *El Capital* y la de Engels en su ensayo plantean una pregunta importante para el socialismo: después de todo, ¿qué hace posible o necesario la tecnología moderna en la vida política? La tensión teórica que vemos aquí refleja muchos problemas en la práctica de la libertad y la autoridad que habían enturbiado las huellas de la revolución socialista (WINNER, 2021, traducción propia).

Por ese motivo explica que la organización tecnológica moderna no es políticamente neutral, ya que determina estructuras de poder y control. Conceptos como eficiencia y productividad han desplazado deliberaciones políticas fundamentales, consolidando regímenes tecno-políticos que influyen en la distribución del poder y en la toma de decisiones sociales. En este contexto, la democracia enfrenta el desafío de integrar la evaluación política en las elecciones tecnológicas, en lugar de aceptar de manera acrítica las innovaciones basadas únicamente en su viabilidad técnica o económica (WINNER, 2001).

El autor concluye que las decisiones tecnológicas no deben evaluarse únicamente en términos de eficiencia o funcionalidad, sino también en cuanto a sus implicaciones éticas, sociales y políticas. Por eso, WINNER (2001) sostiene que, al adoptar una tecnología, las sociedades configuran simultáneamente un orden político y social que puede consolidar desigualdades existentes o fomentar nuevas formas de orden.

Por ese motivo, aboga por que las decisiones tecnológicas deben ser objeto de debate democrático, evaluando sus implicaciones en términos de justicia, equidad y sostenibilidad. WINNER (2021) aboga por un enfoque consciente y deliberado en la adopción de nuevas tecnologías, asegurando que estas sean compatibles con los valores democráticos y los derechos ciudadanos.

Concretamente frente al tema de los sistemas técnicos y la bomba, el autor menciona:

Si examinamos los patrones sociales que caracterizan los entornos de los sistemas técnicos, encontramos que ciertos dispositivos y sistemas están casi invariablemente vinculados a formas específicas de organizar el poder y la autoridad. La pregunta importante es: ¿este estado de cosas deriva de una respuesta social inevitable a propiedades insolubles de las cosas mismas o es, en cambio, un patrón impuesto independientemente por un organismo gobernante, una clase dominante o alguna otra institución social o cultural para promover sus propios fines?

Tomando el ejemplo más obvio, la bomba atómica es un artefacto inherentemente político. Mientras exista, sus propiedades letales exigen que sea controlada por una cadena de mando centralizada y rígidamente jerárquica, cerrada a todas las influencias que puedan hacer impredecibles sus mecanismos. El sistema social interno de la bomba debe ser autoritario; no hay otra manera. La situación se presenta como una necesidad práctica independiente de cualquier sistema político más amplio en el que esté inserta la bomba, independientemente del tipo de régimen o del carácter de sus gobernantes. De hecho, los estados democráticos deben tratar de encontrar formas de asegurar que las estructuras sociales y la mentalidad que caracterizan la gestión de las armas nucleares no se "desvíen" o "se extiendan" a la política en su conjunto.

La bomba es, por supuesto, un caso especial. Las razones por las que se necesitan relaciones de autoridad muy rígidas en su presencia inmediata deberían resultar claras para cualquiera. Sin embargo, si buscamos otros casos en los que se considere

ampliamente que determinadas variedades de tecnología necesitan el mantenimiento de un patrón especial de poder y autoridad, la historia técnica moderna contiene una gran cantidad de ejemplos (WINNER, 2021, traducción propia).

Otra investigación de Langdon Winner que resulta relevante es *“Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought”* (2001). En ella, el autor señala que la autonomía tecnológica representa un desafío fundamental para las concepciones tradicionales de poder y control. Esta autonomía no sólo cuestiona la capacidad humana para dirigir las consecuencias de sus creaciones, sino que también introduce dinámicas sociales y políticas nuevas, donde las tecnologías mismas se convierten en actores clave. Esta obra establece la necesidad de replantear las interacciones entre humanidad y técnica, no desde una perspectiva de dominio absoluto, sino reconociendo las limitaciones inherentes al control humano.

A partir de allí, sienta las bases teóricas para el análisis crítico del impacto de la tecnología en la sociedad moderna. Por ello, indica que la tecnología no puede entenderse únicamente como una herramienta neutral al servicio de los seres humanos. En cambio, actúa como un motor autónomo de cambio, cuyo impacto social y político a menudo excede las intenciones humanas. Esta autonomía tecnológica, reforzada por la deriva y el imperativo tecnológico, plantea desafíos significativos para la planificación, la regulación y el control social en las sociedades modernas (WINNER, 1977).

Asimismo que los sistemas tecnológicos modernos no son neutrales ni pasivos; actúan como agentes activos que estructuran y transforman el orden social. La disciplina y el control que introducen generan nuevas dinámicas de poder y dependencia, mientras que la adaptación inversa⁹ refuerza su autonomía. Este proceso perpetúa la opacidad y complejidad de los sistemas técnicos, lo que dificulta la capacidad de los actores sociales para comprender y controlar plenamente las tecnologías que moldean sus vidas (WINNER, 1977).

Desde esa perspectiva, la complejidad tecnológica no solo dificulta la comprensión y el control de los sistemas técnicos, sino que también erosiona la agencia humana en un sentido más amplio. Esta pérdida de agencia refuerza la autonomía de las tecnologías, creando dinámicas en las que las personas y las instituciones deben adaptarse a los sistemas técnicos,

⁹ De acuerdo con Winner, este término se refiere al proceso mediante el cual los seres humanos, sus instituciones y valores se ajustan a las exigencias funcionales de los sistemas técnicos, en lugar de que la tecnología se adapte a las necesidades humanas. Esta inversión reconfigura prioridades sociales y políticas, subordinando la deliberación democrática a los imperativos operativos del artificio técnico.

en lugar de dirigirlos. Esto resalta la necesidad de desarrollar enfoques críticos y accesibles que permitan una mayor participación y control social sobre las tecnologías que configuran la vida contemporánea (WINNER, 1977).

Para WINNER, (1977), la metáfora de Frankenstein encapsula los desafíos éticos y políticos de la autonomía tecnológica. Las tecnologías modernas, al operar como sistemas autónomos, redefinen las estructuras de poder y la responsabilidad social, generando nuevas formas de dependencia y vulnerabilidad. Para enfrentar estos desafíos, considera esencial adoptar una postura crítica que permita reevaluar el papel de la tecnología y fomentar prácticas que promuevan una mayor agencia y responsabilidad colectiva.

Este análisis revela que el desarrollo científico y tecnológico no ocurre en un vacío neutral, sino que responde a intereses económicos y políticos que condicionan su acceso y distribución. La lógica autónoma de la técnica, según Ellul y Winner, ha generado una concentración del conocimiento en actores dominantes, profundizando desigualdades estructurales.

En este contexto, el reconocimiento del derecho a la ciencia surge como un mecanismo normativo útil para democratizar el acceso al conocimiento y mitigar los efectos excluyentes de la innovación tecnológica. Sin embargo, su implementación efectiva requiere asumir la responsabilidad científica como un principio regulador que garantice que el progreso beneficie a la sociedad en su conjunto, evitando que la ciencia sea instrumentalizada en función de intereses hegemónicos. Así, el vínculo entre técnica, economía y poder exige una gobernanza científica que priorice la equidad y la justicia social.

2.3 EL DERECHO A LA CIENCIA Y LA RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA

El derecho humano a la ciencia representa un pilar fundamental en la promoción del conocimiento como un bien público, garantizando el acceso equitativo a sus beneficios y la participación en su desarrollo. No obstante, su ejercicio efectivo enfrenta desafíos derivados de la concentración del conocimiento, la desigualdad en la distribución de sus avances y la instrumentalización de la ciencia con fines económicos y políticos.

En este sentido, se hace relevante enmarcar las definiciones adoptadas por la academia del derecho humano a la ciencia, de tal forma que podamos establecer un concepto general que sirva de base para el análisis de esta investigación.

Es así como PORSDAM y PORSDAM (2022) en su libro *The Right to Science Then and Now*, desarrolla el derecho a la ciencia como un derecho multifacético que abarca tanto la libertad para realizar ciencia como el derecho a disfrutar de sus beneficios, promoviendo la equidad, la inclusión y la participación democrática en el desarrollo del conocimiento.

El derecho a la ciencia para los autores no se limita a sus efectos instrumentales en otros derechos humanos (como la salud o la alimentación), sino que debe ser considerado un derecho cultural en sí mismo, equiparable a otros derechos humanos. Esto implica que la ciencia no solo debe ser vista como una herramienta para el progreso material, sino también como un componente esencial de la dignidad humana.

De otro lado, MANCISIDOR (2017) define el derecho humano a la ciencia como un derecho cultural que implica tanto la participación activa en la creación y desarrollo del conocimiento científico como el acceso a sus beneficios. Señala al igual que el autor CARRASCOSA (2018), que el derecho a la ciencia se puede considerar como fundamental basado el artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos y el artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, es un derecho humano que no solo garantiza la distribución equitativa de los avances científicos, sino también la libertad de investigación y la cooperación internacional.

Además, MANCISIDOR (2021) destaca que el derecho a la ciencia debe comprenderse de manera amplia, incluyendo la divulgación del conocimiento, la participación ciudadana en políticas científicas y la responsabilidad en la gestión de riesgos tecnológicos. Asimismo, en su interpretación normativa establece obligaciones para los Estados, incluyendo la promoción de la conservación, desarrollo y difusión de la ciencia, así como la protección de la libertad de investigación.

Adiciona en su obra PORSDAM (2022), que el derecho a la ciencia como un derecho humano cultural que abarca tanto el acceso a los beneficios del progreso científico como la participación en la toma de decisiones sobre su dirección. La ciencia para la autora se considera como un bien público, basado en la investigación crítica y la falsabilidad.

En este sentido, el derecho a la ciencia, no solo implica la distribución de sus aplicaciones materiales, sino también el acceso al conocimiento y la promoción de ciudadanos críticos en sociedades democráticas. Además es un derecho que se interrelaciona con otros como la cultura y la educación y que resulta altamente importante para la toma de decisiones basadas en evidencia científica.

De otro lado la aplicación de este derecho según los tratados y normatividad internacional conlleva a que los Estados tengan la obligación de garantizar que los actores no estatales no violen este derecho a la ciencia, adoptando además medidas gubernamentales que promuevan y garanticen el acceso al derecho a la ciencia, medidas tales como políticas públicas y legislación, así como también crear un presupuesto propio para el desarrollo de este campo.

El Estado debe garantizar el acceso a la ciencia de manera igualitaria, sin discriminación, promoviendo la participación pública, la responsabilidad social y ética de la producción científica y la cooperación internacional (NACIONES UNIDAS, 2020) convirtiéndose el derecho humano a la ciencia, una prerrogativa fundamental para el desarrollo humano y la garantía de otros derechos. Aunque la doctrina ha tendido a relegarlo a un plano accesorio, debe reconocerse como un derecho autónomo e integral. Su ejercicio no solo fortalece otras esferas del orden jurídico y social, sino que lo hace sin menoscabar su individualidad ni su carácter primario. Como derecho esencial, posee una capacidad irradiadora que contribuye a la transformación y evolución de distintos ámbitos sin depender de su subordinación a otros derechos.

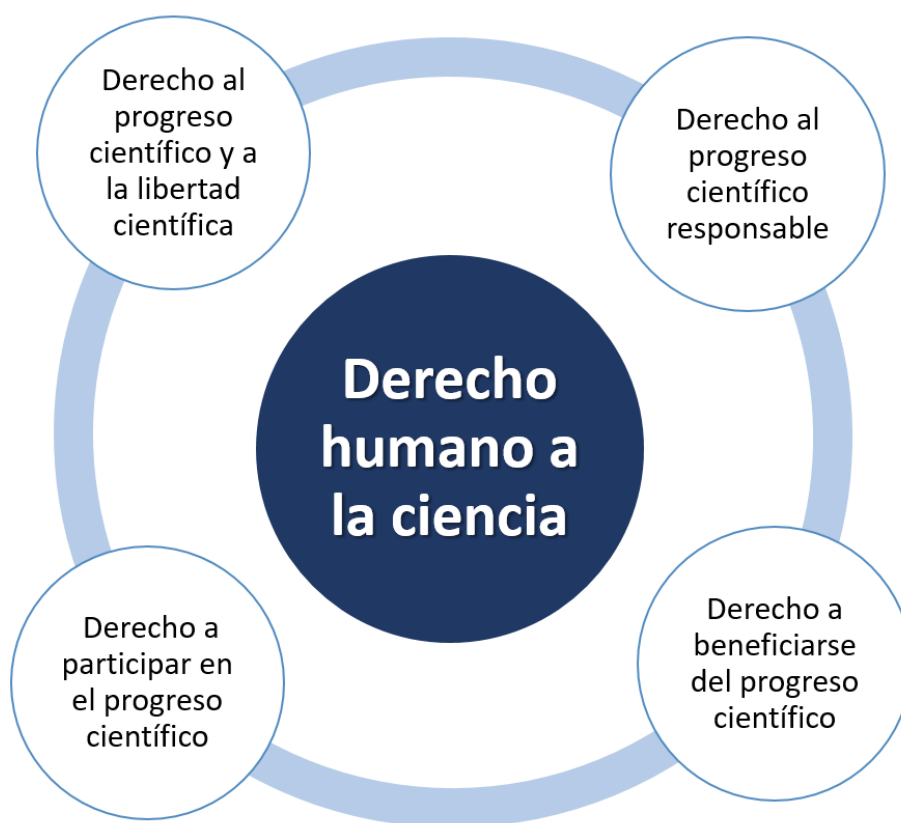
Por otra parte, es importante aclarar el concepto de responsabilidad científica el cual surge en el marco del derecho humano a la ciencia, como un mecanismo normativo y ético que busca garantizar que el desarrollo y la aplicación del conocimiento científico contribuyan al bienestar social, minimizando riesgos y desigualdades. Esta noción se fundamenta en la necesidad de equilibrar la libertad de investigación con principios de equidad, seguridad y sostenibilidad, estableciendo obligaciones tanto para los actores científicos como para los Estados en la promoción de un progreso tecnológico responsable y accesible.

En este contexto, la responsabilidad científica emerge como un principio esencial para orientar la producción y aplicación del conocimiento hacia el bienestar social y el respeto a los derechos humanos. Esta sección explora la interrelación entre ambos conceptos, analizando cómo la regulación y la ética pueden garantizar que el progreso científico no reproduzca desigualdades, sino que contribuya a una sociedad más justa e inclusiva.

Desde el diseño inicial de la investigación, y en particular en la construcción del marco teórico, se estableció que la noción de responsabilidad científica y el derecho humano a la ciencia se inscriben en el marco internacional de los derechos humanos. Sin embargo, dado que se trata de un derecho aún poco explorado y en fase incipiente de desarrollo, esta

investigación adopta como principal referencia la perspectiva teórica de ROMANO y BOGGIO.

Figura 3 – Estructura y componentes del derecho humano a la ciencia



Fuente: Elaboración propia con información tomada de ROMANO y BOGGIO (2024)

Como se presenta en la imagen, los autores consideran el derecho a la ciencia como un derecho complejo, o un “supercluster” de derechos, compuesto por múltiples derechos interrelacionados. Para su análisis, desglosan este derecho en cuatro grupos principales: (i) derecho al progreso científico y libertad científica, (ii) derecho a un progreso científico responsable, (iii) derecho a participar en el progreso científico y (iv) derecho a beneficiarse del progreso científico.

Cada grupo abarca derechos específicos como la libertad de pensamiento científico, la integridad científica, el acceso a la educación científica y la difusión del conocimiento. Esta clasificación no solo facilita su interpretación normativa, sino que también resalta la

interconexión entre estos derechos y su relación con otras garantías fundamentales, según se detalla a continuación, tomando como fundamento integralmente en el trabajo de ROMANO y BOGGIO (2024).

Aunado a lo anterior, vale resaltar en este punto e la ciencia abierta¹⁰ en el marco del derecho humano a la ciencia, traído principalmente por el desarrollo teórico y jurídico internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO- y específicamente con la Recomendación de la UNESCO sobre la Ciencia Abierta, adoptada en noviembre de 2021, la cual, se estructura bajo un paradigma científico inclusivo, colaborativo y accesible que busca democratizar el conocimiento, reconociéndolo como un bien común global. Esta recomendación proporciona un marco internacional para las políticas y prácticas de ciencia abierta para los diferentes países, basándose en principios de acceso abierto, datos abiertos, infraestructuras compartidas, colaboración transdisciplinaria y participación ciudadana en la producción científica. Su propósito es garantizar el acceso equitativo a los resultados de la investigación, fomentar la diversidad epistémica, mejorar la transparencia y calidad de la ciencia, y maximizar su impacto social. La ciencia abierta promueve una transformación estructural de los sistemas de conocimiento hacia modelos más justos, sostenibles y responsables (UNESCO, 2021).

Con todo, a continuación serán desarrollados los cuatro grupos principales que componen el derecho a la ciencia según la doctrina estudiada por los autores ROMANO y BOGGIO.

2.3.1 Derecho al Progreso Científico y a la Libertad Científica

El derecho a beneficiarse del progreso científico constituye un pilar fundamental en la intersección entre ciencia y derechos humanos, garantizando que los avances científicos estén al servicio de la humanidad. Este derecho, establecido en marcos normativos internacionales como el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) y la Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH), se enfoca en proporcionar acceso

¹⁰ La ciencia abierta se refiere a un modelo de producción y difusión del conocimiento científico que promueve la transparencia, la accesibilidad, la colaboración y la reutilización de los resultados de investigación en todas las etapas del proceso científico. Este paradigma incluye el acceso libre a publicaciones, datos, *software* y metodologías, así como la participación ciudadana en la generación de conocimiento. Su finalidad es democratizar la ciencia, acelerar la innovación y maximizar el impacto social del conocimiento, en consonancia con los principios del derecho humano a la ciencia y los compromisos internacionales en materia de equidad epistémica.

equitativo al conocimiento científico y a sus aplicaciones, y en asegurar que sus beneficios sean compartidos de manera justa y sostenible.

La conceptualización de los beneficios del progreso científico se enmarca en el reconocimiento del conocimiento y sus aplicaciones como bienes públicos. Los beneficios incluyen el acceso al conocimiento derivado de la investigación científica, la disponibilidad de tecnologías e innovaciones, y la formación de ciudadanos informados que puedan tomar decisiones críticas y participar activamente en la sociedad democrática. Este derecho no solo se limita a los resultados tangibles, sino que también abarca el impacto transformador del conocimiento en la calidad de vida y en la construcción de sociedades inclusivas y resilientes.

En términos de fundamentos normativos, el Artículo 15.1.b del PIDESC establece que los Estados deben garantizar el derecho de toda persona a disfrutar de los beneficios del progreso científico y sus aplicaciones. Este compromiso incluye la obligación de desarrollar políticas que promuevan la difusión del conocimiento y la eliminación de barreras al acceso, como restricciones económicas, sociales o legales. La anticipación de los impactos de las aplicaciones científicas también es un principio central, asegurando que los riesgos sean mitigados y los beneficios sean maximizados para todos.

El acceso al conocimiento científico implica la eliminación de barreras injustificables que limiten el disfrute de este derecho. Esto abarca desde la promoción de la alfabetización científica hasta el acceso abierto a publicaciones científicas y recursos tecnológicos. Asimismo, se subraya la necesidad de monitorear los impactos éticos, sociales y ambientales de las aplicaciones científicas, implementando estrategias de mitigación cuando sea necesario.

La difusión y el desarrollo de aplicaciones científicas requieren que los avances tecnológicos estén disponibles y sean asequibles para toda la población. Esto incluye la promoción de modelos de comercialización responsables y políticas públicas que garanticen el acceso equitativo a las innovaciones. La implementación de este aspecto debe equilibrar los derechos de los inventores, como la protección de la propiedad intelectual, con la obligación de maximizar el acceso público.

El impacto de las políticas públicas basadas en evidencia científica es un aspecto crucial de este derecho. Los Estados deben garantizar que las decisiones gubernamentales estén alineadas con datos científicos verificables, promoviendo así la sostenibilidad, la justicia social y el desarrollo económico inclusivo.

Así, el derecho al progreso científico no solo aboga por la distribución equitativa de los resultados científicos, sino también por el establecimiento de un marco ético y social que maximice su impacto positivo en la humanidad. Este enfoque integra principios de justicia, inclusión y sostenibilidad, consolidando su importancia como componente integral de los derechos humanos universales.

2.3.2 Derecho al Progreso Científico Responsable

El derecho al progreso científico responsable se presenta como un elemento fundamental dentro del marco de derechos humanos relacionados con la ciencia. Este derecho complementa la libertad científica al establecer un equilibrio entre el desarrollo del conocimiento y las consideraciones éticas, sociales y ambientales, asegurando que el progreso científico genere beneficios y minimice posibles daños. Este enfoque establece un marco normativo que refuerza la necesidad de un uso ético y sostenible del conocimiento científico.

La conceptualización de la responsabilidad científica enfatiza las obligaciones que los científicos tienen hacia la sociedad y el entorno. Estas responsabilidades no solo implica adherirse a altos estándares éticos, sino también considerar las posibles consecuencias de sus investigaciones. Un concepto clave en este contexto es la “anticipación responsable”, que subraya la importancia de prever y mitigar los posibles impactos negativos, tanto a corto como a largo plazo, de las actividades científicas. Este enfoque ético asegura que los avances tecnológicos y científicos sean compatibles con los principios fundamentales de los derechos humanos.

El contenido normativo del derecho al progreso científico responsable se estructura en dos componentes principales. El primero es la *integridad científica*, que exige que los científicos mantengan prácticas éticas y de calidad en sus investigaciones, actuando con responsabilidad dentro de la comunidad científica. El segundo es la *anticipación responsable*, que obliga tanto a científicos como a Estados a considerar los impactos potenciales de sus actividades, desde los efectos en el medio ambiente hasta los derechos fundamentales, con el fin de maximizar los beneficios sociales.

En cuanto a las obligaciones de los Estados, estas se dividen en tres dimensiones. La obligación de *respetar* requiere que los gobiernos permitan la autorregulación científica, garantizando la autonomía de los investigadores. La obligación de *proteger* implica que los

Estados salvaguarden los mecanismos éticos y de integridad científica frente a posibles interferencias externas. Finalmente, la obligación de *cumplir* establece que los Estados deben implementar políticas públicas que refuercen la práctica de la ciencia responsable y promuevan su supervisión y evaluación continua.

Para evaluar la implementación de este derecho, se utilizan indicadores específicos que miden aspectos clave, como el cumplimiento de estándares de integridad científica, la protección de los participantes en investigaciones y la eficacia de las estrategias de anticipación responsable. Estos indicadores ofrecen una base sólida para monitorear el progreso y garantizar que las actividades científicas estén alineadas con los objetivos éticos y sociales.

En suma, el derecho al progreso científico responsable refuerza la conexión entre la libertad científica y las responsabilidades éticas. Al establecer un marco normativo que equilibra el desarrollo del conocimiento con las preocupaciones sociales, ambientales y éticas, este derecho promueve un modelo de progreso científico que no solo respalda la innovación, sino que también garantiza su contribución al bienestar global y al respeto por los derechos humanos.

En la perspectiva de los autores, el concepto de “responsabilidad científica” se define como una obligación de los científicos y de la comunidad científica en su conjunto para realizar actividades científicas de manera ética y responsable, teniendo en cuenta los impactos que estas actividades puedan generar en la sociedad, las generaciones futuras y el medio ambiente. La responsabilidad científica incluye:

1. Obligaciones internas: Estas están relacionadas con los valores y normas que guían la práctica científica. Incluyen el deber de respetar la integridad científica, que abarca la validez, confiabilidad y honestidad en los resultados, y la integridad en la comunidad científica, que se refiere al comportamiento ético entre colegas, como el respeto por la autoría, la revisión por pares y la propiedad intelectual.
2. Obligaciones externas (anticipación responsable): Se refieren a considerar los impactos de la investigación científica más allá de la comunidad científica, incluyendo efectos sociales, ambientales y éticos. Según la Declaración de la UNESCO sobre la Ciencia y el Uso del Conocimiento Científico, estas actividades deben orientarse hacia el bienestar de la humanidad, respetar la dignidad y los derechos humanos, y tener en cuenta las responsabilidades hacia las generaciones presentes y futuras.

En un marco de derechos humanos, la responsabilidad científica exige actuar conforme a los valores reconocidos por la comunidad científica, anticipar, monitorear y gestionar los impactos potenciales del progreso científico y fomentar la participación de la sociedad en los procesos científicos. Esto incluye tanto la autorregulación por parte de la comunidad científica como la creación de entornos habilitantes por parte de los Estados para asegurar que la ciencia sea conducida de manera responsable.

2.3.3 Derecho a Participar en el Progreso Científico

El derecho a participar en el progreso científico es un componente fundamental dentro del marco de los derechos humanos, consagrado en el Artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC). Este derecho garantiza no solo el acceso a los beneficios derivados de los avances científicos, sino también la participación activa en su desarrollo, reconociendo el papel tanto de los científicos profesionales como de los ciudadanos. La inclusión de este derecho en los marcos normativos internacionales lo define como un derecho cultural e inclusivo, esencial para promover sociedades democráticas e informadas.

Un fundamento clave de este derecho es la alfabetización científica, que permite a los individuos adquirir el conocimiento necesario para comprender y participar en procesos científicos. La alfabetización científica no solo contribuye a combatir la desinformación, sino que también fomenta la capacidad crítica de los ciudadanos para tomar decisiones informadas. Este aspecto se convierte en un prerrequisito para la participación efectiva en asuntos científicos, fortaleciendo la gobernanza inclusiva y el compromiso democrático.

Otro elemento central es el acceso a las profesiones científicas, que busca eliminar barreras estructurales y socioeconómicas que limitan la entrada a estas disciplinas. Este aspecto se encuentra intrínsecamente relacionado con el derecho a la educación y la libertad cultural, garantizando que cualquier persona tenga la oportunidad de convertirse en científico profesional. Las políticas públicas deben enfocarse en fomentar programas educativos que promuevan la equidad y la diversidad en las disciplinas científicas, contribuyendo a la formación de comunidades científicas representativas y equitativas.

La participación en la investigación científica amplía el alcance de este derecho al incluir roles tanto de ciudadanos científicos como de sujetos de estudio. Los ciudadanos

pueden involucrarse activamente en proyectos científicos a través de programas de ciencia ciudadana, donde su colaboración aporta datos y perspectivas valiosas. Asimismo, la inclusión de ciudadanos como sujetos de investigación debe regirse por principios éticos que respeten la dignidad humana y garanticen la protección de sus derechos.

De igual forma, este derecho promueve la participación en los asuntos científicos, lo que incluye la posibilidad de influir en políticas y decisiones relacionadas con la investigación y el desarrollo tecnológico. Este aspecto resalta la importancia de que las voces de la sociedad civil, incluidos grupos marginados, sean consideradas en la toma de decisiones científicas, asegurando que los beneficios del progreso científico sean compartidos equitativamente.

En conjunto, el derecho a participar en el progreso científico no solo refuerza la dimensión democrática de la ciencia, sino que también garantiza que su desarrollo esté alineado con los principios de justicia social, equidad y sostenibilidad. Al integrar estos principios en las políticas y prácticas científicas, se fortalece el papel de la ciencia como motor del desarrollo humano y del bienestar colectivo.

2.3.4 Derecho a Beneficiarse del Progreso Científico

El derecho a beneficiarse del progreso científico es un componente esencial de los derechos humanos que garantiza un acceso equitativo a los beneficios derivados de la ciencia y la tecnología. Este derecho se estructura en torno a principios normativos que abordan desde el acceso al conocimiento hasta la implementación de políticas públicas basadas en evidencia, destacando su papel central en la promoción de sociedades inclusivas y sostenibles.

En primer lugar, el acceso al conocimiento científico se posiciona como un derecho fundamental que permite a los individuos comprender, aprovechar y participar en los avances científicos. Este principio subraya la importancia de eliminar barreras injustificadas, como las limitaciones económicas o sociales, y promover la alfabetización científica como un medio para empoderar a las personas y fomentar su participación activa en la sociedad. Al garantizar un acceso inclusivo, se facilita la democratización del conocimiento y su contribución al bienestar colectivo.

La anticipación y el monitoreo de los impactos científicos constituyen un aspecto clave de este derecho. Los avances científicos y tecnológicos pueden generar tanto beneficios como riesgos, por lo que es esencial prever sus consecuencias a corto y largo plazo. Este

enfoque permite minimizar los impactos negativos y maximizar los beneficios para la sociedad, asegurando que las aplicaciones científicas estén alineadas con estándares éticos y principios de sostenibilidad.

El desarrollo de aplicaciones beneficiosas del progreso científico no se limita a la creación de innovaciones, sino que incluye la provisión de acceso equitativo a estas. Las políticas públicas deben garantizar que las tecnologías y descubrimientos científicos estén disponibles para toda la población, promoviendo su implementación de manera responsable y eliminando obstáculos como costos excesivos o restricciones legales. Este principio refuerza la idea de que la ciencia es un bien público que debe beneficiar a todos.

La difusión de las aplicaciones científicas es igualmente crucial. Los avances tecnológicos deben ser accesibles de manera equitativa, fomentando su uso en diversos contextos para resolver problemas sociales y mejorar la calidad de vida. Para ello, es fundamental que los Estados desarrollen mecanismos que faciliten la distribución y el uso eficiente de estas innovaciones, asegurando que nadie quede excluido de sus beneficios.

Asimismo, las políticas públicas basadas en evidencia científica son esenciales para alinear las decisiones gubernamentales con los avances científicos. Estas políticas deben estar orientadas hacia la justicia social, la equidad y la sostenibilidad, utilizando datos verificables para guiar las acciones estatales en áreas como la salud, el medio ambiente y la educación. De esta forma, se asegura que las decisiones reflejen los intereses de la población y contribuyan al desarrollo integral de las comunidades.

En conclusión, el derecho a beneficiarse del progreso científico no solo busca garantizar que los frutos de la ciencia estén al alcance de todos, sino que también promueve un modelo ético y justo de desarrollo científico. Al integrar principios de acceso universal, justicia y sostenibilidad, este derecho refuerza su papel como un motor esencial para el bienestar global y el fortalecimiento de las sociedades democráticas.

Con todo, este capítulo ha abordado la evolución histórica del derecho humano a la ciencia, con especial énfasis en el papel de América Latina en su consolidación. Se han examinado los fundamentos teóricos de la responsabilidad en el desarrollo científico, estableciendo sus implicaciones éticas, jurídicas y sociales. Este análisis permite comprender cómo la producción y aplicación del conocimiento deben articularse con principios de

equidad, sostenibilidad y acceso universal, orientando el ejercicio científico hacia el bienestar colectivo.

De igual forma, se examinó el derecho humano a la ciencia como un derecho complejo, compuesto por diversas dimensiones interdependientes. Se analizaron algunas de sus principales vertientes. Esta aproximación permitió comprender su naturaleza integradora y su vínculo con otros derechos fundamentales, consolidando un marco teórico que resalta la responsabilidad de los actores científicos en la promoción de una ciencia inclusiva, ética y socialmente comprometida.

Por lo tanto, esta sección se centró en la delimitación del marco filosófico y jurídico que sustenta la investigación, estableciendo sus principios rectores y su relación con el desarrollo social. Es así que, a través del análisis de enfoques normativos y epistemológicos, se evidenció cómo la ciencia no sólo responde a exigencias metodológicas, sino también a obligaciones éticas y jurídicas.

Esta perspectiva facilita la comprensión de la responsabilidad intrínseca a la producción del conocimiento y su impacto en la garantía de los derechos fundamentales y el bienestar colectivo. Al articular los marcos filosóficos y jurídicos del desarrollo científico, se establecen las bases para el siguiente capítulo, donde se expone la aplicación empírica de la investigación.

3 COLOMBIA Y LA RESPONSABILIDAD DE LA CIENCIA

Este capítulo se adentra en el estudio del caso colombiano como escenario empírico para examinar la relación entre el progreso científico, la regulación jurídica y la responsabilidad científica en el contexto del derecho humano a la ciencia. Colombia, como país caracterizado por una alta biodiversidad, profundas desigualdades estructurales y un marco normativo en evolución, ofrece un terreno idóneo para analizar cómo las tecnologías emergentes interactúan con los derechos fundamentales, particularmente en escenarios marcados por tensiones económicas y sociales.

A partir de un enfoque jurídico-contextual, el capítulo explora tanto el marco normativo nacional, la estructura administrativa del sector de ciencia y tecnología en Colombia, así como la decisión judicial T-622 de 2016 de la Corte Constitucional de Colombia, utilizada para delinear la doctrina sobre la responsabilidad científica. Este análisis permitió identificar los límites y alcances del sistema jurídico colombiano frente al desafío de incorporar una perspectiva de gobernanza ética de la ciencia y la tecnología.

La presentación del estudio de caso, metodológicamente se edifica con el objetivo de establecer los elementos sustantivos de la decisión judicial seleccionada, analizar los argumentos jurídicos de mayor relevancia, y destacar cómo estos contribuyen a configurar un enfoque de responsabilidad científica que reconoce la interdependencia entre conocimiento, justicia social y sostenibilidad científica en el contexto de la doctrina constitucional colombiana. En este marco, se abordan también las implicaciones de dicha jurisprudencia para la garantía de derechos bioculturales y la protección de comunidades étnicas, proyectando una lectura del derecho a la ciencia desde una perspectiva situada y plural, pasando primero por una breve contextualización de la situación técnica contemporánea.

Desde esta mirada, y en diálogo con el resto de la investigación, vale resaltar el papel que ha tenido OpenAI en el desarrollo de la tecnología de frontera. Esta entidad ha sido un actor clave en el desarrollo de la inteligencia artificial, impulsando avances significativos en el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural. Como ya se ha mostrado, su trabajo ha permitido la creación de modelos, que han redefinido la relación de las personas con la tecnología. Con ello, la organización ha promovido la accesibilidad y democratización de estas tecnologías, facilitando su integración en diversos sectores.

Desde el punto de vista orgánico, OpenAI es una organización estadounidense dedicada a la investigación y desarrollo en el campo de la inteligencia artificial (IA). Fundada

en diciembre de 2015 por Elon Musk, Sam Altman, Greg Brockman, Ilya Sutskever, John Schulman y Wojciech Zaremba, la organización se estableció con la misión de garantizar que la IA se desarrolle y utilice para el beneficio de la humanidad, evitando riesgos y usos indebidos.

La entidad fue fundada en diciembre de 2015 como una organización sin fines de lucro dedicada a la investigación en inteligencia artificial. No obstante, en 2019, la entidad adoptó una estructura híbrida, que combina una entidad sin fines de lucro con una subsidiaria con fines de lucro¹¹, con el objetivo de, según la compañía, equilibrar su misión de desarrollar una inteligencia artificial general (*Artificial General Intelligence* –AGI–) segura y beneficiosa para toda la humanidad, al tiempo que atrae inversiones y talento de alto nivel (OPENAI, [s.d.]).

Esta organización actúa como la organización matriz y mantiene el control general sobre las actividades de OpenAI. Su junta directiva es responsable de supervisar el desarrollo de la AGI y garantizar que todas las operaciones estén alineadas con la misión fundacional de la organización. Es relevante destacar que los directores independientes en la junta no poseen participaciones en la subsidiaria con fines de lucro, lo que refuerza su enfoque en el beneficio público.

La empresa ha desarrollado modelos de lenguaje avanzados, como GPT (Generative Pre-trained Transformer), que han demostrado capacidades en procesamiento del lenguaje natural, generación de texto y comprensión contextual. Como se indica, su producto más destacado a nivel de usuario es ChatGPT, un modelo de lenguaje que interactúa de manera conversacional, proporcionando respuestas coherentes y contextualmente relevantes.

Además, OpenAI ha incursionado en la generación de imágenes mediante modelos como DALL-E y Sora, capaces de crear representaciones visuales a partir de descripciones textuales, y en el reconocimiento de voz con modelos como Whisper, que transcriben y traducen el habla en múltiples idiomas.

¹¹ Esta entidad se estableció para facilitar la recaudación de capital y la contratación de talento de clase mundial. Aunque opera con fines de lucro, está legalmente obligada a perseguir la misión de la entidad sin fines de lucro. Sus actividades incluyen investigación, desarrollo y comercialización de tecnologías de inteligencia artificial. La estructura de capital de OpenAI LP impone un límite en los rendimientos financieros para inversores y empleados. Una vez alcanzado este tope, cualquier valor residual generado se destina a la entidad sin fines de lucro para el beneficio de la humanidad. Este enfoque busca equilibrar la necesidad de atraer inversiones con el compromiso de la organización hacia su misión principal.

Como ya se había mencionado, el objetivo final de OpenAI es desarrollar una Inteligencia Artificial General (Artificial General Intelligence -AGI-), es decir, una inteligencia que iguale o supere a la humana en una amplia variedad de tareas. Este objetivo implica desafíos significativos en términos de seguridad, ética y gobernanza¹², áreas en las que OpenAI se ha comprometido a trabajar para asegurar que el desarrollo de la AGI sea beneficioso para toda la humanidad.

En noviembre de 2023, OpenAI enfrentó una crisis de gobernanza cuando el CEO Sam Altman fue destituido y posteriormente reinstalado, lo que puso de manifiesto tensiones inherentes en su estructura híbrida. La remoción de Sam Altman de su cargo como CEO de OpenAI se dió por decisión de la junta directiva, la cual alegó una falta de transparencia en sus comunicaciones (CHAFKIN; METZ, 2023).

Esta medida generó una reacción significativa por parte de empleados e inversores, incluyendo a Microsoft, que expresaron su descontento con la decisión. Posteriormente, Altman fue reinstalado como CEO, y la junta directiva experimentó cambios en su composición. Un evento subrayó la importancia y la dificultad de una gobernanza clara y efectiva en organizaciones que buscan equilibrar misiones altruistas con operaciones comerciales.

En mayo de 2024, Helen Toner, exmiembro de la junta de OpenAI, explicó que la destitución de Altman se debió a que este había ocultado información crítica y proporcionado datos inexactos sobre los procesos de seguridad de la empresa (CHAFKIN; METZ, 2023). Por ejemplo, la junta no fue informada sobre el lanzamiento de ChatGPT y se enteró de su lanzamiento a través de Twitter. Además, Altman no reveló su propiedad del OpenAI Startup Fund, un fondo de capital de riesgo en el que tomaba decisiones de gestión, a pesar de afirmar ser un miembro independiente de la junta sin intereses financieros en la empresa. Toner también mencionó que dos ejecutivos de OpenAI reportaron a la junta casos de “abuso psicológico” por parte de Altman, proporcionando evidencia que respaldaba sus afirmaciones. Estas preocupaciones llevaron a la junta a cuestionar la transparencia y la integridad de Altman, lo que resultó en su destitución.

¹² En 2019, OpenAI formó una alianza estratégica con Microsoft, que incluyó una inversión significativa y una colaboración en supercomputación y servicios en la nube. Aunque Microsoft es un inversor destacado, OpenAI mantiene su independencia operativa y de gobernanza. Es importante destacar que las tecnologías relacionadas con la AGI están excluidas de los acuerdos comerciales y de licencias de propiedad intelectual con Microsoft, asegurando que el desarrollo de la AGI permanezca bajo la supervisión de la entidad sin fines de lucro.

Tras su reinstalación, Altman reconoció que el incidente reflejaba una “gran falla de gobernanza” y enfatizó en la importancia de una junta con perspectivas diversas y experiencia amplia para manejar desafíos complejos. Este episodio subraya la necesidad de una supervisión efectiva y transparente en organizaciones que desarrollan tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial.

Esos eventos contrastan con el hecho de que en marzo de 2023, personas como Elon Musk, Steve Wozniak, Yuval Noah Harari y más de 1.000 expertos firmaron una carta abierta solicitando una pausa de seis meses en el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial más avanzados que GPT-4. En su misiva, argumentaron que estos sistemas podrían representar riesgos significativos para la humanidad, incluyendo la difusión masiva de desinformación y la automatización de empleos. La carta enfatizaba la necesidad de establecer marcos regulatorios y protocolos de seguridad antes de continuar con el desarrollo de IA avanzada, para garantizar que sus efectos sean beneficiosos y manejables (PASCUAL, 2023).

3.1 COLOMBIA COMO CAMPO DE ESTUDIO

Delante de ese panorama de riesgo global, asociado al desarrollo científico-tecnológico, Colombia emerge como un importante campo de estudio, útil para analizar la configuración y los desafíos del derecho humano a la ciencia en América Latina. Esta relevancia se fundamenta en tres ejes principales: i) un marco constitucional y jurisprudencial avanzado en derechos humanos; ii) un carácter pluriétnico, ecológicamente diverso y portador de saberes tradicionales; y iii) un orden normativo en transformación que posibilita explorar nuevas formas de interpretación y exigibilidad de este derecho, como se detalla a continuación.

En primer lugar, Colombia se destaca por haber desarrollado un marco constitucional y jurisprudencial robusto en materia de derechos humanos, lo cual la posiciona como referente regional en la ampliación del contenido normativo del derecho a la ciencia. La consagración del Estado Social de Derecho, junto con el reconocimiento de derechos fundamentales, colectivos y culturales, permite abordar las tensiones entre actividad científica —como la minería, la biotecnología o la vigilancia tecnológica— y la protección de comunidades y ecosistemas.

En este sentido, la Corte Constitucional de Colombia ha promovido una interpretación expansiva de los derechos, integrando principios y teorías de vanguardia. A ello se suma la adhesión de Colombia a instrumentos internacionales como el PIDESC, la Declaración Americana de Derechos y Deberes del Hombre y el Protocolo de San Salvador, los cuales refuerzan el compromiso del Estado con el acceso equitativo al conocimiento y la gobernanza responsable de la ciencia en contextos democráticos.

Un segundo factor, es que Colombia como Estado Social de Derecho con reconocimiento constitucional de su carácter pluriétnico y multicultural, constituye un escenario privilegiado para el análisis del derecho humano a la ciencia desde una perspectiva intercultural. La coexistencia entre sistemas de conocimiento ancestrales (propios de comunidades indígenas, afrodescendientes y campesinas) y saberes científicos formales permite articular enfoques epistémicamente plurales que enriquecen la comprensión del derecho a participar en el progreso científico.

En este sentido, la Constitución de 1991 y la jurisprudencia constitucional han otorgado un sólido respaldo normativo a los derechos culturales, territoriales y al acceso al conocimiento, reconociendo su valor en la gestión ambiental, la salud, la alimentación y la educación. Este marco posibilita una lectura inclusiva del derecho a la ciencia, donde la participación se extiende más allá de la academia y contempla formas de saber que históricamente han sido marginalizadas. Así, Colombia ofrece una base normativa y sociocultural única para repensar la gobernanza del conocimiento en clave de justicia cognitiva.

Por último, cabe agregar que, el derecho humano a la ciencia, reconocido en el Artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, aún carece de un desarrollo normativo consolidado en muchos ordenamientos jurídicos. En este contexto, Colombia ofrece un terreno particularmente fértil para su exploración, dada la naturaleza progresista de su Constitución y su activa participación en tratados internacionales de derechos humanos.

De este modo, la apertura del marco jurídico colombiano permite adoptar enfoques interpretativos innovadores y situados, que integren principios como la equidad, la participación y la diversidad cultural. Esta flexibilidad normativa facilita la exploración de ideas más innovadoras, así como la exploración de posibles alternativas que lo articulen con otros derechos fundamentales. Por ello, Colombia se configura en una suerte de laboratorio

normativo idóneo para avanzar en la concreción práctica de este derecho emergente en contextos democráticos y plurinacionales.

3.2 MARCO JURÍDICO

A continuación, se enuncian algunas de las principales disposiciones normativas configuran el ecosistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en Colombia, incluyendo leyes, decretos y políticas que, tanto a nivel nacional como internacional. Estas normas constituyen el marco estructural para el reconocimiento y desarrollo del derecho humano a la ciencia. En el plano internacional, se destaca la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, cuyo artículo 27 consagra el derecho de toda persona a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten.

1. Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten.
2. Toda persona tiene derecho a la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora (NACIONES UNIDAS, 1948).

De la misma forma, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales - PIDESC de 1966, a través de su artículo 15 instituye a nivel internacional la ciencia como un derecho humano de obligatoria protección, garantía y promoción así:

1. Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a:
 - a) Participar en la vida cultural;
 - b) Gozar de los beneficios del progreso científico y de sus aplicaciones;
 - c) Beneficiarse de la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora.
2. Entre las medidas que los Estados Partes en el presente Pacto deberán adoptar para asegurar el pleno ejercicio de este derecho, figurarán las necesarias para la conservación, el desarrollo y la difusión de la ciencia y de la cultura.
3. Los Estados Partes en el presente Pacto se comprometen a respetar la indispensable libertad para la investigación científica y para la actividad creadora.
4. Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen los beneficios que derivan del fomento y desarrollo de la cooperación y de las relaciones internacionales en cuestiones científicas y culturales (NACIONES UNIDAS, 1966).

Igualmente es de señalar que otros instrumentos internacionales que desarrollan el derecho humano a la ciencia, es la Declaración sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico (1999), adoptada en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Esta declaración enfatiza la responsabilidad que tiene la comunidad científica de evaluar las implicaciones éticas y sociales del trabajo científico, subrayando asimismo la imperiosa necesidad de que los avances y conocimientos científicos sean accesibles para toda la sociedad.

A su vez, la Declaración de los Derechos Humanos en la Era Digital de 2014 aprobada por la UNESCO, que se centra en cómo los avances tecnológicos y la ciencia impactan los derechos humanos, resaltando la importancia de la accesibilidad y la participación en el desarrollo tecnológico y científico.

Por su parte, la Declaración de Venecia sobre el Derecho a la Ciencia de 2019, destaca la trascendencia del acceso público a la ciencia, considerándolo un elemento fundamental en la estructura de la sociedad contemporánea. Esta declaración refuerza la implementación y el respeto del derecho a beneficiarse del progreso científico.

Asimismo, en el ámbito normativo internacional, resultan relevantes diversos instrumentos de políticas y directrices emitidos por organismos multilaterales. Entre ellos, se destacan la Observación General N.º 25 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CESCR), la Recomendación de 2017 sobre la Ciencia y los Investigadores Científicos de la UNESCO, y el informe de 2012 de la entonces Relatora Especial de Naciones Unidas sobre derechos culturales, Farida Shaheed, relativo al derecho a disfrutar de los beneficios del progreso científico y sus aplicaciones.

Entre otras directrices de la UNESCO y de la OCDE sobre ciencia y tecnología que ofrecen marcos para el desarrollo y aplicación del derecho a la ciencia, así como también para la cooperación internacional en ciencia y tecnología, promoviendo el acceso y la participación equitativa en estos campos.

La Observación General N.º 25 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CESCR) desarrolla elementos fundamentales para la implementación y garantía del derecho humano a la ciencia. En ella se define su contenido normativo, los componentes esenciales del derecho, sus posibles limitaciones, y las obligaciones que impone a los Estados. Asimismo, destaca la interdependencia con otros derechos humanos, los desafíos y

oportunidades que plantean las tecnologías emergentes, y la importancia de la cooperación internacional para su aplicación efectiva (NACIONES UNIDAS, 2020).

De esta forma, a través del tiempo la ciencia ha adquirido un carácter jurídico de protección internacional, siendo que la ciencia según la UNESCO (2020) es un elemento trascendental para mejorar la calidad de vida, fomentar el desarrollo sostenible y promover la cooperación internacional.

En lo que respecta a la normativa nacional, en virtud del artículo 93 de la Constitución colombiana, los tratados internacionales de derechos humanos ratificados por el Estado integran el denominado Bloque de Constitucionalidad, otorgándoles jerarquía constitucional. Así, al suscribir instrumentos como el PIDESC y el Protocolo de San Salvador, Colombia ha asumido la obligación jurídica de garantizar el derecho humano a la ciencia, aun cuando no exista una disposición explícita en su texto constitucional. Esta incorporación normativa implica su exigibilidad plena y refuerza el deber estatal de adoptar medidas para su promoción, protección y realización efectiva en beneficio de todos los ciudadanos.

Ante ello, vale advertir que si bien la Constitución colombiana no consagra un artículo exclusivo sobre el derecho a la ciencia, este se encuentra implícito en las disposiciones relativas a los derechos a la educación, la cultura y el acceso al conocimiento, enmarcados como derechos fundamentales de contenido progresivo.

Dentro del marco constitucional y jurídico del derecho a la ciencia y tecnología en el país, es de mencionar en primer lugar que en la Constitución Política de Colombia de 1991, específicamente los artículos 26, 27, 67, 69, 70 y 71, desarrolla el derecho de los ciudadanos acceder al conocimiento científico y tecnológico y establece el deber del Estado de fomentar esta materia, promover y estimular a que las personas puedan participar y apropiarse del saber científico.

Aunque en el país no se determine como tal un artículo solo para el derecho a la ciencia, si lo establece cuando se trata de los derechos humanos a la cultura y educación.

El artículo 70, 71 y 27 del texto constitucional colombiano aduce lo siguiente:

ARTÍCULO 27. El Estado garantiza las libertades de enseñanza, aprendizaje, investigación y cátedra.
[...]

ARTÍCULO 70. El Estado tiene el deber de promover y fomentar el acceso a la cultura de todos los colombianos en igualdad de oportunidades, por medio de la

educación permanente y la enseñanza científica, técnica, artística y profesional en todas las etapas del proceso de creación de la identidad nacional.

La cultura en sus diversas manifestaciones es fundamento de la nacionalidad. El Estado reconoce la igualdad y dignidad de todas las que conviven en el país. El Estado promoverá la investigación, la ciencia, el desarrollo y la difusión de los valores culturales de la Nación.

ARTÍCULO 71. La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y las demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades (COLOMBIA, 1991).

Después de haber revisado el contexto internacional, es pertinente destacar que Colombia dispone de un conjunto normativo significativo en el ámbito legislativo y administrativo en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). A continuación, se expone un recuento cronológico de las disposiciones más relevantes que han configurado y dinamizado el ecosistema nacional de CTI. Posteriormente, se profundizará en aquellas normas que revisten particular importancia para la consolidación del marco jurídico y político del país en este sector estratégico.

Cuadro 2 – Principales leyes y decretos de CTI en Colombia

AÑO	IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN
2022	Decreto 1557	Reglamenta los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI).
2022	Decreto 1556	Reglamenta la Ley 1838 de 2017 sobre la creación y organización de empresas de base tecnológica (Spin-off) en IES.
2022	Decreto 1450	Suprime la planta de personal del Departamento Administrativo de CTI y adopta la del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
2022	Decreto 1449	Adopta la estructura del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
2022	Decreto 961	Designa a los miembros del Consejo Científico Nacional.
2022	Decreto 081	Designa miembros del Consejo Nacional de Bioética.
2021	Ley 2107	Ratifica tratado sobre el uso del espacio ultraterrestre, suscrito en 1967 en Washington, Londres y Moscú.
2021	Decreto 1666	Modifica el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).
2021	Ley 2162	Crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y dicta otras disposiciones.
2019	Ley 1955	Expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022: Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad.

2019	Decreto 2226	Establece la estructura del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
2019	Decreto 2227	Establece la planta de personal del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
2019	Ley 1951	Crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y fortalece el SNCTI. (Ley declarada inexecutable por la Corte Constitucional - Sentencia C-047 de 2021)
2017	Ley 1838	Dicta normas para fomentar la CT+I mediante creación de empresas de base tecnológica (Spin-off).
2009	Decreto 1904	Modifica la estructura del Departamento Administrativo de CTI (Colciencias).
2009	Ley 1286	Renombra el sistema como SNCTI y promueve la integración de academia, Estado y empresas.
1991	Decreto 2926	Aprueba el Acuerdo 34 de 1991 que establece la estructura de Colciencias.
1991	Decreto 393	Establece normas sobre asociaciones para actividades científicas, tecnológicas y proyectos de investigación.
1991	Decreto 585	Define el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología -SNCT- y sus funciones, organización y órganos de dirección y coordinación.
1990	Ley 29	Establece disposiciones para el fomento de la investigación científica.
1968	Decreto 2869	Crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Fondo de Investigaciones Científicas Francisco José de Caldas.

Fuente: (CRISTANCHO *et al.*, 2022)

El Decreto 2869 de 1968 constituyó el hito fundacional del sistema moderno de ciencia en Colombia, al establecer el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas. Esta disposición sentó las bases para la formulación de políticas científicas nacionales y la financiación estructurada de proyectos de investigación. Asimismo, dió origen a Colciencias como entidad rectora del desarrollo científico, configurando un modelo institucional pionero que permitió articular esfuerzos estatales, académicos y técnicos en torno a la producción de conocimiento estratégico para el país.

A su vez, el Decreto 585 de 1991, originado en el mismo año de expedición de la actual carta constitucional colombiana, estableció la base normativa fundacional del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en Colombia, al definir su estructura organizativa, órganos de dirección y lineamientos programáticos. Esta disposición permitió articular los diversos

actores del sistema bajo una lógica de planificación estratégica, orientada a fortalecer la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la toma de decisiones basadas en conocimiento. Su promulgación representó un avance significativo en la institucionalización de la política científica nacional, sentando las condiciones para una gobernanza más coherente, eficiente y orientada al interés público en materia de CTI.

Por su parte, la Ley 1286 de 2009 constituye un punto de inflexión en la política científica colombiana al redefinir el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología como Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), integrando de manera estratégica a la academia, el Estado y el sector productivo. Esta norma amplía el alcance del sistema, pasando de un enfoque tradicional centrado en la generación de conocimiento, a una visión sistémica que posiciona la innovación como motor del desarrollo social y económico. Al hacerlo, fortalece la articulación interinstitucional y promueve una gobernanza más eficiente del ecosistema de CTI en Colombia.

La Ley 1951 de 2019 marca un hito en la arquitectura institucional del ecosistema de CTI en Colombia, al elevar a rango ministerial las funciones antes ejercidas por Colciencias. Esta transformación no solo representa un fortalecimiento jerárquico, sino que permite dotar al sector de mayor capacidad de incidencia en la formulación de políticas públicas, asignación de recursos y coordinación intersectorial. Al consolidar el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se promueve una gobernanza más robusta, con mayor visibilidad política y una estructura administrativa adecuada para responder a los desafíos del desarrollo científico, tecnológico y productivo del país.

Por último, la Ley 2162 de 2021, reemplaza, complementa y profundiza el marco normativo establecido por la Ley 1951 de 2019, que fue declarada inexecutable por la Corte Constitucional de Colombia; a través de la cual se regulan aspectos esenciales para el funcionamiento y consolidación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Esta norma afianzó la estructura institucional del ecosistema de CTI, facilitando su articulación con otros sectores del Estado y promoviendo una gestión más eficiente y estratégica de las políticas públicas en la materia. Además, reforzó el papel del Ministerio como ente rector, con competencias claras y recursos orientados a fortalecer la investigación, la innovación y la transformación productiva del país.

En cuanto a la gobernanza de la ciencia y la tecnología en el país, esta puede ser comprendida, conforme a la propuesta de Aguilar (2006), desde una doble dimensión: una

descriptiva, orientada al análisis empírico de las estructuras y procesos institucionales existentes, y otra normativa, centrada en los principios, valores y finalidades que deberían guiar dicha gobernanza en un Estado democrático de derecho.

La dimensión descriptiva se refiere a la aceptación y formalización legal de la participación de organizaciones sociales y privadas en la formulación, implementación y gestión de políticas públicas y servicios, sin la necesidad de una intervención directa del Estado. Este enfoque reconoce la capacidad de estos actores para contribuir activamente al bienestar colectivo, promoviendo una administración pública más inclusiva y colaborativa.

Desde una perspectiva normativa el autor indica que, la gobernanza se fundamenta en la premisa de que existen formas apropiadas, eficaces y legítimas de dirigir y administrar una sociedad específica. Este concepto se asocia con la noción de “buen gobierno”, que implica la adopción de prácticas institucionales orientadas a la transparencia, la rendición de cuentas, la participación ciudadana y la equidad (AGUILAR, 2006). De este modo, la gobernanza no solo describe una realidad administrativa, sino que también prescribe principios y estándares que buscan mejorar la calidad de la gestión pública y fortalecer la confianza en las instituciones.

Bajo una perspectiva integral, la gobernanza de la ciencia y la tecnología se concibe como un proceso político-institucional caracterizado por la interacción de múltiples actores —Estado, sector privado, sociedad civil, academia y organismos internacionales— en la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas orientadas al desarrollo científico y tecnológico. Esta gobernanza se sustenta en una lógica relacional y colaborativa, guiada por principios de responsabilidad social, participación democrática, sostenibilidad ambiental y eficiencia institucional. Se promueve, además, la articulación entre universidades, centros de desarrollo tecnológico, empresas y el Estado, a través de sistemas nacionales de CTI y marcos normativos adaptados a las necesidades sociales y territoriales, trascendiendo visiones meramente tecnocráticas o productivistas (BRUNNER, 2011).

Así, la gobernanza científica debe interpretarse como un conjunto de prácticas y relaciones que configuran cómo se produce, valida y aplica el conocimiento científico en la sociedad. Resaltando la importancia de las dimensiones sociales, políticas y culturales en la producción científica, reconociendo que la ciencia no opera en un vacío, sino que está intrínsecamente ligada a los valores y estructuras sociales (IRWIN, 2008)

La gobernanza científica debe promover una ciencia y tecnología más democrática y transparente, que fomente la cultura de responsabilidad y autoevaluación, y que sea capaz y de responder a los desafíos actuales de la ciencia y tecnología en la sociedad, teniendo como finalidad la democratización del acceso y de los beneficios del desarrollo científico, en un marco de justicia social y equidad territorial.

En Colombia, el concepto de gobernanza científica y tecnológica se basa en el engranaje normativo, político y social, que se adopta a través de las directrices legislativas y ejecutivas inspiradas en el desarrollo internacional del derecho a la ciencia y tecnología, para el desarrollo del sector CTI en el país. Con fundamento en los preceptos normativos creados y expuestos con anterioridad, en Colombia, el campo CTI, está conformado por diferentes actores, de naturaleza pública, privada o mixta.

Según el documento CONPES 4069 (2021), emitido por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) quien es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país, formuló la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con una visión de largo plazo del año 2022 al año 2031. Este documento orienta la acción estatal hacia la consolidación de una sociedad del conocimiento, centrada en el uso estratégico de la CTI para impulsar el desarrollo sostenible, la equidad y la competitividad.

Dentro de los actores involucrados en el sector CTI en el país, se encuentran: El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, como organismo para la gestión de la administración pública, rector del sector y del Sistema Nacional Ciencia, Tecnología e innovación (SNCTI); los Ministerios y Departamentos Administrativos, entidades e instancias de orden nacional, regional, departamental, distrital y municipal que formulan e implementan políticas relacionadas con ciencia, tecnología e innovación; los organismos de financiamiento y de fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación, nacionales e internacionales, tales como el Fondo de ciencia, Tecnología e Innovación – FCTeI y el Fondo Francisco Jose de Caldas; los centros de desarrollo tecnológico, centros de innovación y productividad, centros de ciencia, oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación reconocidos por el MCTI; el sector productivo, las empresas, las unidades de producción de todos los tamaños del sector público, privado o mixto tales como, Unidades de I+D+i de Empresa, Empresas Altamente Innovadoras - EAI, Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica - IEBT; las instituciones de Educación Superior (IES) públicas y privadas, reconocidas por el Ministerio

de Educación Nacional; los establecimientos públicos y privados de educación básica y media; las academias y las organizaciones de la sociedad civil que promuevan y desarrollen actividades de CTI; las personas naturales o jurídicas y los grupos de investigación, los investigadores y estudiantes que fomenten el desarrollo del sector CTI; las organizaciones internacionales con sede en Colombia que impulsen y apoyen la ciencia, la tecnología y la innovación; y finalmente todos aquellos organismos e instancias naturaleza privada o mixta que se vinculen con el diseño, formulación, implementación y evaluación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación y sean reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación del país.

Una vez establecido el grupo de actores que integran el sector CTI en Colombia, se hace necesario contextualizar como se esquematiza el Ecosistema de CTI en el país, desarrollado especialmente por la política pública actual de Ciencia, tecnología e Innovación (CONPES, 2021), tal como se presenta en la siguiente figura.

Figura 4 – Ecosistema de CTI en Colombia



Fuente: (CONPES, 2021)

Como se observa en la figura 4, según el ecosistema del sector, la política pública incluyó un diagnóstico crítico que reconoce el limitado impacto de la CTI en el desarrollo social, económico y ambiental del país, debido a deficiencias estructurales en formación de

talento, infraestructura, financiación y apropiación social del conocimiento. Asimismo, definió ejes estratégicos, metas específicas y mecanismos de articulación institucional, priorizando la inversión en capacidades científicas, el fortalecimiento del talento humano y la integración de la CTI en los territorios.

El documento de política pública, inspirado en la Misión Internacional de Sabios¹³ (2019) y en enfoques contemporáneos como la innovación transformativa y las políticas orientadas por misiones, así como también en la normativa internacional del derecho a la ciencia y derechos humanos, plantea siete ejes estratégicos intersectoriales. Estos abarcan desde el fomento del talento humano hasta la gobernanza, con un enfoque diferencial, territorial y participativo, donde se aproveche la diversidad natural y cultural, se promueva la Ciencia, Tecnología e Innovación para la productividad y la competitividad; así como también, la ética de la investigación y la integridad científica, para reducir la desigualdad social y la pobreza multidimensional. Su meta central es aumentar la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) al 1 % del PIB al 2031 y dinamizar el Sistema Nacional de CTI (SNCTI), como motor de equidad, sostenibilidad e innovación.

Así las cosas, el sector de Ciencia y Tecnología de Colombia se encuentra enfocado especialmente en el impulso por la descentralización de la ciencia y el fortalecimiento de las capacidades regionales de la I+D+i, con el fin de disminuir las brechas de la desigualdad en el país, también se centra en implementar estrategias para que la ciudadanía participe de la ciencia y la cultura científica, adoptando políticas específicas para el desarrollo de la ciencia abierta, tal como la establecida en la resolución por medio de la cual el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, adopta la Política Nacional de Ciencia Abierta para el periodo de 2022 a 2031, inspirada en las recomendaciones de la UNESCO.

De igual manera, cabe indicar que dentro del campo administrativo el sector de CTI, está dirigiendo sus esfuerzos para alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible y la agenda 2030, con el fin de promover la innovación social, justicia ambiental, bioeconomía y transición energética. Igualmente, busca participar en redes, programas y convocatorias de cooperación científica regional y global con el fin de que el derecho a la ciencia en el país, y en general el sector avance.

¹³ La Misión Internacional de Sabios (2019) fue una iniciativa del Gobierno colombiano conformada por 47 expertos nacionales e internacionales, cuyo objetivo fue formular recomendaciones estratégicas en educación, ciencia, tecnología e innovación (CTI) para orientar el desarrollo del país hacia 2030. La misión definió tres retos, cinco misiones emblemáticas y ocho áreas del conocimiento, promoviendo un modelo de desarrollo basado en la bioeconomía, la equidad, la sostenibilidad y la transformación productiva.

De este modo, el SNCTI en Colombia trabaja, proyectos, programas y políticas especiales sobre temas que involucren a los diversos actores en asuntos como la vocación científica, la apropiación social de la CTI, la cultura ciudadana y democrática en CTI para niños y jóvenes, la innovación empresarial, la biodiversidad para el diseño e implementación de estrategias para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, el bio-turismo científico de Naturaleza, la formación de capital humano de alto nivel, entre otros (CONPES, 2021).

Es de destacar que en Colombia el sistema de SNCTI se basa y mide sus resultados a través de datos expedidos por diferentes organizaciones o por los mismos encargados del desarrollo de cada programa o proyecto, de acuerdo a su estructura y organización especial. Actualmente se pueden encontrar algunos datos diseminados en diferentes bases de datos principalmente en las del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), siendo esta última una entidad mixta sin ánimo de lucro, encargada de generar información sobre el comportamiento del sector.

Según se expone, los principales indicadores y datos estadísticos publicados por dichas entidades, se enfocan en determinar datos como el presupuesto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, la medición de producción y clasificación general de Grupos de investigación, investigadores, la producción científica del país, las revistas científicas indexadas, los proyectos de I+D+i financiados por Minciencias, los apoyos económicos a través de créditos condonables para la formación de alto nivel, los actores reconocidos del sector, el volumen de producción bibliográfica, el promedio anual de citas y su origen, la distribución de la producción bibliográfica por área OCDE, el tipo de autoría por producción bibliográfica, la inversión total en Investigación y Desarrollo I+D, todo esto a nivel nacional y departamental.

Finalmente, es de destacar que aunque actualmente la inversión en el sector CTI en Colombia se sitúa en un punto medio-bajo de inversión con relación a los demás países de Latinoamérica invirtiendo el 0.29% de su PIB, siendo que este porcentaje varía mucho de acuerdo a las necesidades del gobierno electo (ÁLVAREZ, 2023), el país está comprometido y ha comprendido la importancia de la inversión y desarrollo del sector, por lo que está trabajando en la consolidación de un marco institucional moderno y participativo de la ciencia, tecnología e innovación, que promueva el derecho a la ciencia, como un derecho fundamental interligado a otros derechos como el medio ambiente sano, la dignidad humana,

la cultura, la salud, la educación, entre otros, enfrentados a los grandes desafíos en materia de inversión, descentralización y articulación efectiva entre ciencia y desarrollo, especialmente en contextos de desigualdad estructural y diversidad y pluralidad en los territorios.

En coherencia con lo anteriormente expuesto sobre la configuración normativa, constitucional y administrativa del sector de ciencia y tecnología en Colombia, el siguiente apartado retoma las teorías abordadas en el marco teórico con el fin de contextualizar el caso de estudio. Asimismo, se expondrá la estrategia metodológica adoptada, la cual ha sido diseñada para responder de manera rigurosa a los objetivos de la investigación y permitir un análisis integral del fenómeno examinado.

3.3 DOMINIO Y CONTROL SOBRE LA NATURALEZA Y SUS FUERZAS

Como ya se ha mostrado en el marco teórico de esta investigación, Langdon Winner y Jacques Ellul sostienen que un problema esencial de la técnica es su autonomía, fenómeno mediante el cual las tecnologías adquieren dinámicas propias, desvinculándose del control humano y sometiendo la sociedad en lugar de servirla. Un proceso inicialmente basado en la liberación y canalización de las fuerzas naturales, con el objetivo de atarlas a un control técnico sistemático y orientado a fines humanos específicos, pero que conlleva profundas consecuencias.

Conforme a los autores, la autonomía tecnológica puede explicarse debido a varios factores, entre los que podría enunciarse: primero, la complejidad inherente a los sistemas técnicos modernos, cuya gestión sobrepasa las capacidades humanas individuales; segundo, la lógica determinista de la técnica, que impone cambios irreversibles e imprevisibles en la estructura social; tercero, la dependencia creciente de los individuos respecto a sistemas tecnológicos complejos que ellos mismos no pueden comprender completamente. Por último, así como la subordinación progresiva de objetivos humanos a criterios exclusivamente técnicos de eficiencia y productividad, con lo cual se diluyen las decisiones éticas y políticas frente al avance tecnológico.

El fenómeno de la automatización configura así, una pérdida progresiva del control por parte de las sociedades. Según se explica, la autonomía tecnológica emerge debido a la creciente complejidad y especialización de los sistemas técnicos, que dificulta una comprensión cabal y una intervención efectiva por parte de los individuos.

Tal condición conduce inevitablemente a una subordinación de los fines humanos ante criterios técnicos abstractos como la eficiencia y la productividad, desplazando así las decisiones éticas y políticas del ámbito público, hacia ámbitos más tecnocráticos. Como consecuencia, se genera una erosión significativa de la libertad individual y colectiva, puesto que las opciones disponibles se encuentran condicionadas o determinadas previamente por los requerimientos y condicionamientos del aparato técnico, limitando sustancialmente la capacidad de agencia, elección y autonomía humanas.

Como se ha mostrado anteriormente, desde Bacon (*Novum Organum*) en el proyecto moderno ya se instituía la técnica como el principal medio para intervenir y reconfigurar activamente los procesos de la naturaleza. En este marco, la técnica no fue concebida como una simple herramienta auxiliar, sino como un sistema racional de dominación, orientado a descomponer, cuantificar y reorganizar las fuerzas naturales con fines utilitarios y productivos. La naturaleza, en esta visión, es representada como una entidad inerte, carente de agencia propia, que debe ser conquistada, manipulada y optimizada conforme a los fines humanos.

Este paradigma se estructuró bajo una racionalidad instrumental, donde el conocimiento científico se articula directamente con la técnica para maximizar la eficiencia, la previsibilidad y el control sobre el entorno. En consecuencia, se instaura una relación jerárquica entre humanidad y naturaleza, análoga a una estructura de soberanía política, en la que el ser humano asume un rol soberano que impone sus fines, mientras que la naturaleza queda reducida a objeto de gestión, privado de autonomía ontológica o valor intrínseco.

Esta concepción inaugura una forma particular de racionalidad técnica que, lejos de limitarse a satisfacer necesidades inmediatas, tiende a reproducirse de manera expansiva, siguiendo su propia lógica de desarrollo. La técnica deja así de ser un medio subordinado a fines deliberadamente humanos, para convertirse en una matriz autónoma de poder que redefine los vínculos entre sociedad y medio natural, imponiendo una nueva ecología artificial, regida por los imperativos de eficiencia, rentabilidad y rendimiento.

Desde esta perspectiva, la técnica puede ser comprendida como un sistema de mediación estructurada mediante el cual las fuerzas productivas de la naturaleza —como las físicas, químicas y biológicas— son progresivamente identificadas, cuantificadas y canalizadas para su explotación permanente, como ocurre con los medios de producción. Estas lógicas no responden ya al equilibrio ecosistémico ni a consideraciones éticas o

sociales, sino a criterios funcionales como la eficiencia operativa, la rentabilidad económica y la escalabilidad replicativa.

Así, en su fase inicial, la técnica representa una forma de emancipación relativa frente a los condicionamientos naturales, mediante la conversión del saber en capacidad operativa. En esa medida, los sistemas técnicos se fueron complejizando y se articularon en redes interdependientes, la técnica puede haber dejado de ser una herramienta subordinada a fines humanos explícitos y se transformó en una estructura autopoiética, es decir, en un sistema que se reproduce, optimiza y expande en función de sus propias lógicas internas.

Este desplazamiento genera una ruptura progresiva en la relación entre humanidad y naturaleza. Una apropiación técnica de las energías naturales que deja de ser un acto consciente de mediación para devenir un proceso de extracción continua, que desconoce los ritmos, límites y ciclos propios de los sistemas naturales. La naturaleza, por ende, se convierte así en un reservorio indiferenciado de insumos y externalidades, despojado de valor intrínseco, agencia y singularidad ecológica.

La consecuencia es una doble forma de alienación: por un lado, la naturaleza queda reificada, instrumentalizada y fragmentada en función de su utilidad técnica; por otro, el ser humano pierde capacidad de agencia, al quedar sus decisiones condicionadas por exigencias impuestas desde el entorno técnico, más que por juicios normativos autónomos.

En suma de la técnica, concebida originalmente como un medio de liberación, deviene una forma de subordinación tanto de la naturaleza como del sujeto humano, al establecer un orden funcional donde la acción racional se encuentra absorbida por imperativos sistémicos ajenos a la deliberación ética o política. Cómo lo explicaría WINNER (2001) con gran claridad:

Si hay una conclusión central compartida por los críticos de la sociedad tecnológica, es que el hombre supera su esclavitud a la necesidad económica solo sometiéndose a una esclavitud de un tipo diferente, pero igualmente poderosa. La conquista de la naturaleza se logra a un precio considerable: una conquista aún más completa de todas las posibilidades humanas y sociales. El sueño de la técnica científica promete una bendición que durante mucho tiempo se creyó imposible: riquezas inagotables combinadas con la liberación del trabajo. Ellul compara este sueño con la leyenda de Fausto y concluye que, en su contrato con la técnica, el hombre no leyó la letra pequeña. «El hombre nunca se pregunta cuánto tendrá que pagar por su poder», observa. «Esta es la pregunta que deberíamos hacernos». La respuesta, como Ellul deja claro en cada página, es clara. El verdadero precio es la pérdida de libertad.

Marcuse, de forma similar, vuelve una y otra vez a la pregunta: ¿Por qué se ha pospuesto tanto la liberación humana? El dominio técnico en la forma suprema de automatización debería haber invertido «la relación entre el tiempo libre y el tiempo de trabajo en la que se basa la civilización establecida: la posibilidad de que el tiempo de trabajo se vuelva marginal y el tiempo libre se convierta en tiempo completo». Pero esta posibilidad nunca se ha materializado. Paradójicamente, los propios medios de emancipación han instituido una nueva condición de servidumbre. «Los modos de dominación han cambiado: se han vuelto cada vez más tecnológicos, productivos e incluso beneficiosos; en consecuencia, en las zonas más avanzadas de la sociedad industrial, las personas se han coordinado y reconciliado con el sistema de dominación en un grado sin precedentes».

Quizás sea solo una coincidencia que, al mismo tiempo que el esclavo artificial se convirtió en una posibilidad clara, los filósofos occidentales comenzaron a dudar de la estabilidad de la institución de la esclavitud. En el famoso pasaje sobre el "Amo y Esclavo" de la Fenomenología de Hegel, descubrimos que el modo de dominio absoluto es ambiguo y, en última instancia, auto-subversivo. El enfoque de Hegel considera la esclavitud como un momento en el progreso del Espíritu hacia la plena autoconciencia. El amo intenta obtener el reconocimiento de sí mismo imponiendo totalmente su voluntad a otro sujeto. Pero el intento fracasa. Justo cuando el amo ha alcanzado efectivamente el señorío, descubre realmente que ha surgido algo muy diferente de una conciencia independiente. No es una conciencia independiente, sino dependiente, la que ha alcanzado. Por lo tanto, no tiene la certeza de la autoexistencia como su verdad. Amo y esclavo se definen recíprocamente, pero, paradójicamente, el esclavo ha ganado la partida, pues la condición de la independencia del amo es una dependencia radical: la dependencia del propio esclavo. Pero la ironía dialéctica no termina aquí. El esclavo da un paso más allá de la circunstancia de su amo al trabajar en el mundo material. De esta manera, su identidad adquiere realidad y sustancia objetivas, algo de lo que el amo carece por completo. «Esta conciencia que trabaja y sirve, en consecuencia, alcanza por este medio la aprehensión directa de ese ser independiente como su yo» (WINNER, 2001, p. 187-188).

3.4 ABORDAJE METODOLÓGICO DEL CASO

Esta sección expone de manera concisa la aplicación de la metodología empleada en la investigación, abordando aspectos clave como la justificación para el estudio de caso único, la fuente empírica de los datos, el enfoque metodológico adoptado y el procedimiento de acceso al caso analizado. Del mismo modo, se detalla el proceso de recolección de la información empírica, las técnicas utilizadas para su análisis, así como las principales consideraciones éticas implementadas para intentar garantizar la integridad del proceso investigativo y el respeto por los sujetos involucrados.

De acuerdo con lo abordado en la parte inicial de este trabajo, el diseño de esta investigación se basa en un estudio de caso único y explicativo, siguiendo la estructura metodológica establecida por YIN (2018), de conformidad con la identificación y respectiva descripción del caso que se presenta posteriormente.

La elección de un estudio de caso único para esta investigación, se justifica en la medida en que este constituye una prueba crítica de la teoría formulada a lo largo del proceso investigativo, permitiendo su validación, refutación o reformulación, según se mostrará más adelante. Tal como lo plantea YIN (2018), este tipo de caso opera de manera análoga al experimento crucial en las ciencias naturales, al someter los postulados teóricos a un contexto empírico límite que exige mayor coherencia explicativa y profundidad. En consecuencia, el análisis del caso no solo evalúa la robustez de la teoría, sino que también aporta evidencia significativa para su desarrollo o transformación conceptual.

A su vez, la selección de un caso único se justifica por su carácter extremo o inusual (YIN, 2018), al representar una decisión judicial atípica que se aparta de los patrones jurisprudenciales dominantes, tanto en el contexto nacional como en la tradición jurídica latinoamericana. Esta excepcionalidad permite identificar, con mayor nitidez y precisión, dinámicas estructurales que en otros contextos permanecen ocultas o diluidas. El análisis de este caso, por contraste, no solo enriquece la comprensión teórica del fenómeno, sino que posibilita la formulación de nuevas hipótesis y la apertura de líneas de investigación empírica relevantes.

Como base principal de esta investigación se utilizó la jurisprudencia de la Corte Constitucional de Colombia, tribunal superior desde el punto de vista jerárquico en la interpretación y garantía de los derechos humanos en el país, constituyéndose en una fuente central para el análisis empírico y normativo propuesto.

Asimismo, se optó por una técnica de investigación documental, considerado idóneo para abordar fenómenos emergentes o escasamente explorados, al permitir una aproximación sistemática y rigurosa mediante el análisis de fuentes verificables y de fácil acceso. Este enfoque resulta eficiente en términos de recursos y adecuado cuando las variables clave no están claramente definidas o las teorías disponibles son limitadas. Como señala YIN (2018), su valor radica en la flexibilidad analítica que ofrece para identificar patrones y relaciones no previstos preliminarmente.

El acceso documental se logró mediante motores de búsqueda indexados y el sistema de consulta pública de la Relatoría de la Corte Constitucional de Colombia. En hipervínculo al texto se agregan el contenido íntegro de la [sentencia](https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm) judicial¹⁴ analizado para su consulta,

¹⁴ El enlace para acceder a la decisión judicial completa es el siguiente:
<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm>

así como el enlace de acceso a la página oficial de la [Relatoría](#) de la Corte Constitucional¹⁵ de Colombia.

Para acceder concretamente a la decisión que fue objeto de estudio, se utilizaron palabras clave de búsqueda como “ciencia”, “tecnología”, “ciencia y tecnología”, “derecho a la ciencia” y “responsabilidad científica”, no obstante, a través de esos términos no fueron hallados resultados que fueran lo suficientemente significativos, relevantes y representativos frente al tema en estudio. De ese modo, fueron explorados términos de consulta más amplios, utilizando expresiones como “técnica”, “cultura”, “cultural”, “derechos humanos” “responsabilidad” y “omisión”, lo que permitió alcanzar la providencia judicial seleccionada.

La recolección de información siguió un procedimiento sistemático-hermenéutico que incluyó búsqueda directa en la resolución judicial de temas que resultaron relevantes en virtud de los presupuestos teóricos, dichas manifestaciones discursivas fueron organizadas y estructuradas, congregadas por grupos y subgrupos, calificadas por criterios de pertinencia y relevancia y priorizadas.

La estrategia general de análisis de los datos recabados se estructuró a partir de definir claramente las proposiciones teóricas que orientaron la organización y sistematización de la evidencia, basada en la identificación de patrones para verificar coincidencias entre los datos observados y constantes teóricas previstas. Este proceso se complementa con la construcción de explicaciones causales, analizando las condiciones que dieron lugar a la decisión judicial estudiada.

Este estudio adoptó provisiones éticas orientadas a prevenir todo daño potencial, tanto físico como psicológico. Se garantizó el uso exclusivo de fuentes oficiales y públicas, respetando los derechos asociados y evitando el uso indebido de la información. Para reducir sesgos metodológicos, se implementó un protocolo de recolección de datos y un diario de campo, promoviendo una actitud crítica ante la evidencia y una postura basada en el escepticismo científico. Por consiguiente, se procuró observar estrictamente principios de profesionalismo, precisión e integridad académica, previniendo prácticas como la falsificación de datos o el plagio.

Al mismo tiempo, cabe indicar que este caso presenta implicaciones políticas, sociales y culturales de alta relevancia para Colombia, por ello se hace necesario adoptar medidas

¹⁵ El link para acceder a la Relatoría de la Corte Constitucional de Colombia es el siguiente: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/>

especiales al abordar temas sensibles vinculados con grupos vulnerables, minorías y colectivos específicos. En razón de ello, se adoptó un enfoque metodológico y un estilo de redacción neutral y objetivo, orientados a asegurar un análisis imparcial, respetuoso y científicamente fundamentado, procurando evitar juicios de valor o sesgos ideológicos.

3.5 JUSTIFICACIÓN DEL CASO

Dentro del sistema internacional de derechos humanos se ha presentado un proceso de transformación hacia una comprensión cada vez más integrada de los distintos derechos fundamentales. Esta evolución ha facilitado el reconocimiento de una relación sinérgica entre el derecho a gozar de los beneficios del progreso científico y el derecho a un medio ambiente sano, ambos reconocidos como componentes esenciales del desarrollo humano sostenible. Esta convergencia se articula a través del principio de interdependencia e indivisibilidad de los derechos humanos, el cual sostiene que ningún derecho puede garantizarse plenamente de manera aislada, sino que todos se condicionan mutuamente.

El principio de interdependencia implica que el ejercicio efectivo del derecho a la ciencia, consagrado en el artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC), se encuentra intrínsecamente vinculado con la garantía de un entorno ambiental adecuado. Diversas resoluciones de Naciones Unidas, opiniones consultivas de tribunales regionales y declaraciones multilaterales han respaldado esta tesis, al reconocer que la generación, aplicación y difusión del conocimiento científico debe estar alineada con los imperativos ecológicos que aseguren la preservación de la vida y la integridad de los ecosistemas.

De este modo, la ciencia se comprende no sólo como una actividad neutral de producción de conocimiento, sino como un proceso social con implicaciones materiales, ambientales y éticas profundas. Por tanto, la ciencia contemporánea, en la medida en que posee una capacidad sin precedentes para transformar la naturaleza —a través de tecnologías como la biotecnología, la inteligencia artificial, la nanotecnología o la ingeniería genética—, debe asumir una responsabilidad normativa explícita frente a las consecuencias ambientales de su ejercicio.

Esta responsabilidad se traduce en la necesidad de orientar la actividad científica hacia el respeto por los límites ecológicos del planeta, evitando prácticas que reproducen lógicas

extractivistas, antropocéntricas o de riesgo sistemático para las generaciones presentes y futuras. A partir de este enfoque, se derivan deberes positivos y diferenciados tanto para los Estados como para la comunidad científica y tecnológica.

En el caso de los Estados, la integración de estas responsabilidades exige el desarrollo de marcos regulatorios y políticas públicas que promuevan una ciencia orientada al bien común y al equilibrio ecológico. También conlleva la obligación de establecer mecanismos eficaces de evaluación de impacto ambiental y social antes de autorizar proyectos científicos o tecnológicos de gran escala. Además, demanda fomentar una educación científica que incorpore principios de ética ambiental, así como aplicar el principio de precaución ante situaciones de incertidumbre científica con riesgos potencialmente graves o irreversibles.

Por su parte, la comunidad científica y tecnológica está llamada a adoptar una ética de la corresponsabilidad en relación con los efectos de sus investigaciones. Esto implica una participación activa en los procesos de deliberación pública sobre los fines, usos y límites del conocimiento, así como un compromiso con la generación de soluciones tecnológicas que contribuyan a la mitigación del cambio climático, la restauración de ecosistemas degradados y el fortalecimiento de la justicia ambiental. En otras palabras, el rol del científico ya no puede ser entendido exclusivamente en términos de neutralidad epistémica, sino como un agente activo en la construcción de una sociedad ambientalmente justa y sosteniblemente organizada.

Esta articulación entre responsabilidad científica y responsabilidad ambiental se encuentra respaldada por instrumentos normativos y doctrinales del derecho internacional. Por ejemplo, la Observación General N.º 25 (2020) del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales establece que el desarrollo científico debe regirse por principios de justicia social y sostenibilidad ambiental.

Asimismo, la Opinión Consultiva OC-23/17 de la Corte Interamericana de Derechos Humanos ha establecido que los daños al medio ambiente pueden constituir violaciones directas a derechos fundamentales como la vida, la salud o la integridad personal, lo que exige una interacción normativa efectiva entre el conocimiento científico y los marcos de protección ambiental.

De esta forma, la relación entre responsabilidad científica y responsabilidad ambiental en el contexto del sistema internacional de derechos humanos no constituye una yuxtaposición de deberes independientes, sino una interrelación estructural que redefine la función social de la ciencia en la era contemporánea.

Como se muestra, esta integración responde a una necesidad imperante: asegurar que el conocimiento científico contribuya efectivamente a la protección de la vida, la sostenibilidad planetaria y la dignidad humana. En este sentido, el conocimiento científico debe ser concebido como un bien común transgeneracional, cuya legitimidad depende de su capacidad para promover un futuro justo, equitativo y ecológicamente viable, donde las personas pueden acceder al conocimiento, participar y beneficiarse de él.

Según lo plantea JAMISON (2001) es necesario considerar profundamente las condiciones bajo las cuales se produce el conocimiento ambiental y se orientan las políticas de sostenibilidad. La sostenibilidad no puede entenderse como un simple estándar técnico ni como una categoría normativa aislada. Por el contrario, constituye una transformación estructural de carácter cognitivo y cultural, que requiere revisar los fundamentos de la relación del ser humano con el entorno natural y con los sistemas de conocimiento que lo interpretan. Esta transformación implica articular saberes expertos y saberes situados, conocimientos técnicos y experiencias sociales, en una dinámica dialógica que permita la construcción de nuevos sentidos y prácticas en torno al desarrollo, la tecnología y la vida colectiva.

Desde esta perspectiva, KIMMERER (2013) explica que existe una relación epistémica que no se basa en la fusión ni en la subordinación entre la ciencia occidental y el conocimiento indígena o ancestral, sino en una complementariedad crítica. Una idea que parte de reconocer que cada sistema epistémico tiene su propia lógica, valor y utilidad, y que el potencial transformador se encuentra en su diálogo respetuoso.

La autora destaca que ambos modos de conocer pueden contribuir a una comprensión más amplia del mundo natural y a la formulación de respuestas éticas y sostenibles frente a las crisis contemporáneas. Esta complementariedad no busca homogeneizar las epistemologías, sino establecer relaciones de reciprocidad que fortalezcan su potencia explicativa y su aplicabilidad contextual.

Desde esta perspectiva, la ciencia occidental es comprendida como un sistema basado en la observación empírica, la verificación experimental y la generalización sistemática. Su fortaleza radica en su capacidad para producir modelos predictivos y soluciones tecnológicas precisas. Sin embargo, KIMMERER (2013) señala que esta forma de conocimiento ha estado históricamente desvinculada de una ética relacional con el entorno, propiciando formas de objetivación y explotación de la naturaleza.

En contraste con eso, el conocimiento indígena se caracteriza por su dimensión holística, su orientación a la vida y su anclaje en la experiencia directa, la oralidad y la memoria colectiva. Este tipo de saber no separa el conocimiento del ser, ni la ciencia de la ética, ni al ser humano de la naturaleza. Se trata de una epistemología relacional, que surge de la cohabitación prolongada con los territorios y sus múltiples formas de vida.

Por eso, la autora propone que la verdadera innovación epistémica no emerge de la supremacía de un sistema sobre otro, sino de su entrelazamiento consciente. Es por ello, que se apoya en la metáfora del trenzado de la hierba dulce (*sweetgrass*)¹⁶ para sugerir que el conocimiento científico puede enriquecerse con el sentido ético, espiritual y relacional del saber ancestral, mientras que este último puede robustecerse en sus métodos sin renunciar a su cosmovisión. Este entrelazamiento propone una transformación de la ciencia, no sólo en términos técnicos o metodológicos, sino en su orientación axiológica y en su capacidad de generar vínculos y cuidado.

En este marco, la dimensión ética de la relación epistémica no es un añadido posterior, sino una condición constitutiva del conocer. Todo acto de conocimiento, según KIMMERER (2013), implica una postura ontológica —es decir, una forma de concebir lo que hay— y una consecuencia práctica —lo que se hace con lo conocido—. Así, conocer no es un proceso neutral ni instrumental: es siempre una forma de relación.

Así, la autora distingue entre formas extractivistas de conocer, que reducen al otro a objeto de estudio, y formas recíprocas de conocimiento, que reconocen al otro como sujeto, dotado de agencia y valor intrínseco. Esta distinción plantea una crítica directa al modelo hegemónico de la ciencia como dominio, y reivindica una ciencia situada, ética y vinculante.

El principio del *Honorable Harvest*¹⁷ sintetiza esta ética relacional del conocimiento. Se trata de un conjunto de normas ancestrales que regulan la recolección de lo que la

¹⁶ La metáfora del trenzado del *sweetgrass* (hierba dulce) representa la integración armónica de tres hebras epistémicas: el conocimiento indígena, el conocimiento científico occidental y la experiencia personal-narrativa. Cada hebra conserva su identidad, pero al entrelazarse genera un tejido más fuerte y significativo. Esta trenza simboliza una epistemología relacional, donde el saber se construye en reciprocidad y respeto, no como imposición, sino como colaboración. El acto de trenzar implica tensión, coordinación y cuidado, reflejando el esfuerzo necesario para unir mundos epistémicos distintos en un marco ético común orientado al sostenimiento de la vida.

¹⁷ El *Honorable Harvest* es un principio ético ancestral derivado del conocimiento indígena, especialmente de pueblos como los Potawatomi, que regula la interacción humana con el entorno natural. Su origen se encuentra en prácticas tradicionales de subsistencia basadas en la reciprocidad ecológica. Este principio establece que sólo debe tomarse lo necesario, nunca lo primero que se encuentra, se debe pedir permiso antes de tomar, utilizar lo recogido con responsabilidad, compartirlo y devolver algo a cambio. No es una norma instrumental, sino un marco moral que reconoce a los demás seres como sujetos con derechos ontológicos.

naturaleza ofrece, pero que también puede extrapolarse al ámbito epistémico. Tomar solo lo necesario, no tomar lo primero, devolver, usar bien y compartir, constituyen una guía ética que desnaturaliza la lógica de acumulación, consumo y apropiación unilateral del saber.

Este principio aplicado a la producción de conocimiento, implica investigar con responsabilidad, reconocer los saberes y territorios de los cuales se extrae información, y devolver algo significativo a las comunidades involucradas. Se trata de una ética ecológica del conocer, donde el saber circula en redes de cuidado, sostenibilidad y justicia inter-especies.

Una ética epistémica que tiene implicaciones estructurales en al menos cuatro niveles. En primer lugar, plantea la necesidad de una epistemología relacional, donde el conocimiento no se conciba como una abstracción objetiva, sino como una práctica encarnada en relaciones concretas con otros seres. Ello implica que la construcción del conocimiento debe incorporar deliberadamente dimensiones éticas, afectivas y comunitarias.

En segundo lugar, exige una reciprocidad inter-epistémica, que implica abandonar la pretensión de universalidad de la ciencia occidental, y abrirse a un diálogo real con otros sistemas de saber, reconociendo su legitimidad y su valor epistémico y moral. Este diálogo no debe ser extractivo ni colonial, sino basado en la escucha y el respeto mutuo.

En tercer lugar, la autora propone una deconstrucción del extractivismo cognitivo, es decir, la crítica a la práctica de recolectar conocimiento sin reconocimiento, consentimiento ni devolución. En su lugar, el conocimiento debe ser concebido como un acto de cuidado, reciprocidad y cohabitación con el mundo, donde el investigador no es un observador externo, sino un participante responsable.

Finalmente, se plantea la necesidad de la sujeción de la ciencia a fines éticos: en un modelo relacional, la ciencia no puede presentarse como neutral o políticamente inocente. Debe estar orientada al bien común, entendido no sólo en términos humanos, sino ecosistémicos. Esto redefine los fines y límites de la ciencia, subordinados a una ética de la vida compartida.

En suma, la autora defiende que la regeneración de los ecosistemas sólo será posible si se acompaña de una regeneración epistemológica. Para ello, es necesario entrelazar saberes desde una ética de la gratitud, el respeto y la responsabilidad. El conocimiento, en este modelo, no es poder sobre el mundo, sino un vínculo con él. La ciencia debe asumir su lugar

en una red de reciprocidad y cuidado, donde conocer es también una forma de sanar, tanto al ser humano como a la naturaleza.

Desde esta perspectiva se justifica la selección de la sentencia judicial objeto de estudio en la presente investigación. Vale indicar que aunque la decisión no aborda de manera directa la noción de responsabilidad científica, ofrece un importante desarrollo argumentativo desde el ámbito de la responsabilidad ambiental que incorpora dimensiones epistémicas, económicas, culturales, ancestrales y jurídicas altamente pertinentes para el análisis del derecho humano a la ciencia.

Estos elementos, interpretados a la luz de principios como la interdependencia, la progresividad y el desarrollo normativo de los derechos humanos, permiten establecer analogías sustantivas que contribuyen a una comprensión ampliada y sistemática de la responsabilidad científica en contextos democráticos, desde una perspectiva de interdisciplinariedad jurídica.

3.6 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

En el contexto de esta investigación, las siguientes categorías de análisis permiten desentrañar las tensiones entre conocimiento, poder y sostenibilidad. Estas categorías ofrecen un marco crítico para examinar cómo la ciencia interactúa con órdenes normativas, ecosistémicas y epistémicas en contextos de conflicto socioambiental y desigualdad estructural.

Figura 5 - Categorías de análisis del estudio de caso



Fuente: Elaboración propia

a. Extractivismo cognitivo y colonialismo del conocimiento

Esta hace referencia al análisis que examina las prácticas mediante las cuales el conocimiento, especialmente aquel originado en comunidades ancestrales o tradicionales, es sistemáticamente apropiado, descontextualizado y valorizado en función de intereses externos, sin mediación de consentimiento libre, previo e informado ni reconocimiento de los derechos de origen.

Estas dinámicas se articulan con formas contemporáneas de colonialismo epistémico, en las que la ciencia hegemónica reproduce estructuras de poder al invisibilizar saberes locales y validar únicamente aquellos conocimientos compatibles con su lógica tecnocrática y productivista. El extractivismo cognitivo se manifiesta en procesos como la bioprospección, la minería de datos genéticos o culturales, y la imposición de agendas de investigación sin participación comunitaria.

Esta categoría incorpora el enfoque biocultural, al reconocer que el saber está intrínsecamente ligado al territorio, a la identidad colectiva y a la biodiversidad, y que su expropiación constituye una violación a la Constitución Ecológica y la Constitución Cultural. Exige una transformación del derecho a la ciencia hacia un modelo justo, intercultural y respetuoso de la soberanía cognitiva de los pueblos.

b. Conexión estructural entre derechos humanos y diversidad cultural

Es una categoría de análisis que examina cómo el derecho a la ciencia se entrelaza con los derechos culturales, étnicos y colectivos reconocidos en contextos pluriétnicos y multiculturales. Esta perspectiva parte del reconocimiento de que los saberes ancestrales, las prácticas tradicionales y las formas propias de conocimiento de los pueblos indígenas y afrodescendientes constituyen sistemas epistémicos legítimos, históricamente marginados, bajo la premisa de lograr mayor justicia cognitiva.

En este sentido, la Constitución Cultural y el principio de pluralismo normativo exigen que el derecho a la ciencia se interprete de manera relacional, reconociendo las cosmovisiones, lenguas, rituales y formas organizativas propias de las comunidades. Esta categoría resalta que el acceso, participación y beneficio del conocimiento científico no puede limitarse a una etnia o cosmovisión, sino que debe garantizar la inclusión de epistemologías no occidentales y la protección de la identidad cultural como dimensión constitutiva de los derechos humanos.

Esta noción implica además obligaciones positivas del Estado para salvaguardar los derechos bioculturales, promover la consulta previa y asegurar condiciones para la autonomía cognitiva y cultural de los pueblos, su autodeterminación, y su relación ontológica con sus territorios.

c. Responsabilidad científica y Constitución Ecológica

Dicha categoría de análisis examina los deberes normativos, institucionales y éticos de la actividad científica frente a la protección del ambiente, la biodiversidad y los ecosistemas, en el marco del orden constitucional contemporáneo. Parte del reconocimiento de que la ciencia, en su dimensión aplicada, tiene capacidad de generar impactos ambientales irreversibles, lo que exige su revisión y, eventual sometimiento a principios como el de precaución, prevención, proporcionalidad e *in dubio pro natura*.

La Constitución Ecológica y la Constitución Verde —como desarrollos jurisprudenciales del bloque de constitucionalidad— configuran un marco jurídico robusto que impone obligaciones al conocimiento científico en contextos de riesgo, incertidumbre o daño ambiental potencial, considerando al ser humano como parte de su entorno. Esta categoría interpreta el derecho a la ciencia no sólo como libertad de investigación, sino como responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras, implicando que toda innovación o desarrollo tecnológico debe evaluarse desde su sostenibilidad ecológica.

Esta categoría supone, además, que el Estado y los actores científicos deben garantizar una gobernanza ambiental de la ciencia, basada en la justicia ecológica, la restauración del daño y la prioridad del interés ambiental sobre intereses económicos o extractivos.

En este punto, resulta esencial exponer los antecedentes y fundamentos teóricos que orientaron la construcción de las categorías de análisis de la investigación. Frente a lo que vale decir, las categorías analíticas adoptadas se sustentaron tanto en el marco normativo de los principales instrumentos internacionales de derechos humanos, como en el paradigma del pluralismo epistémico. Este último reconoce la validez de múltiples sistemas de conocimiento, en contraposición a la exclusividad epistémica del canon occidental, y promueve una comprensión intercultural y democrática del saber.

De ese modo, estas categorías se inscriben en un enfoque intercultural de los derechos humanos, como lo plantea STAVENHAGEN (1988) en su desarrollo del pluralismo jurídico, y como se consagra en el Convenio 169 de la OIT y la Declaración de las Naciones Unidas

sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (DNU DPI). Según las cuales se plantea que los sistemas epistémicos ancestrales —tales como los de comunidades indígenas y afrodescendientes— deben ser reconocidos como formas legítimas de producción de conocimiento, articulando así el derecho a la ciencia con los derechos culturales y bioculturales.

A su vez, la noción de derechos bioculturales, recogida por la Corte Constitucional colombiana (Sentencia T-622/16), permite comprender la relación indisoluble entre territorio, cultura y conocimiento. En esta línea, autores como Helle Porsdam y Farida Shaheed (citados en esta obra), han destacado la necesidad de que los Estados garanticen condiciones para la participación plena y equitativa en la vida científica desde una perspectiva multicultural y de justicia epistémica.

En consecuencia, estas categorías incorporan una visión ética y normativa de la ciencia, anclada en el principio de precaución ambiental (UNESCO, Declaración de Río) y en los desarrollos constitucionales colombianos sobre el derecho a un ambiente sano y otros derechos conexos dentro de la doctrina neoconstitucional y del Estado Social de Derecho.

Por este motivo, cabe señalar que, la Sentencia T-622/16 de la Corte Constitucional de Colombia es central desde una mirada dogmática y normativa, para reconocer cómo el derecho a la ciencia, como una forma por extensión del derecho al conocimiento, se articula con la justicia ecológica y cultural. Dentro de este marco, el abordaje de Cesare Romano y Andrea Boggio resultó necesario para sustentar la forma en la que el derecho a la ciencia debe implicar responsabilidades correlativas, especialmente en contextos de riesgo e incertidumbre.

De igual modo, es importante destacar la indiscutible influencia de autores como Boaventura de Sousa Santos y Aníbal Quijano para la construcción de estas categorías. Sus propuestas sobre la epistemología del Sur y la colonialidad del saber respectivamente, constituyen marcos teóricos robustos para problematizar la hegemonía epistémica impuesta por el pensamiento occidental moderno. Ambas corrientes permitieron visibilizar saberes subalternizados, promover la justicia cognitiva y reivindicar modelos alternativos de producción de conocimiento arraigados en contextos históricos, culturales y territoriales específicos.

Una muestra clara de eso, es que QUIJANO (2019) sostiene que el capitalismo moderno no puede comprenderse sin su origen colonial y sin la persistencia estructural de la colonialidad del poder. Esta se refiere a un patrón global de dominación que articula

jerárquicamente a la sociedad mediante la construcción social de la raza, como criterio de clasificación y de distribución desigual del trabajo, la autoridad política, el control de los cuerpos (sexo/género) y la producción del conocimiento. Por ello, aunque el colonialismo formal haya finalizado, la colonialidad persiste como lógica organizadora del orden mundial, legitimada por el eurocentrismo.

Una racionalidad hegemónica que impone una visión única de la modernidad, donde la visión europea se posiciona como cúspide civilizatoria, reubicando al resto del mundo en un tiempo pasado, primitivo e inferior. En consecuencia, descolonizar implica desmontar dichas jerarquías desde sus raíces epistémicas, para habilitar horizontes alternativos de poder, conocimiento y existencia, fundados en la pluralidad y en la justicia histórica.

3.7 EL RÍO, LA VIDA Y LA LEY

Como principal sustento empírico de la investigación, se tomó como eje de referencia una sentencia emblemática de la Corte Constitucional de Colombia. Esta decisión judicial implicó un abordaje exhaustivo del caso, que incluyó una inspección judicial en el territorio afectado, la realización de entrevistas con miembros de las comunidades locales, la convocatoria a una audiencia pública y la incorporación de expertos de diversas disciplinas. Tales acciones permitieron construir una comprensión integral de la problemática, incorporando múltiples dimensiones sociales, culturales y ecológicas del conflicto.

Frente a este tema, resulta importante indicar que la Corte Constitucional de Colombia es el órgano encargado de la guarda de la integridad y supremacía de la Constitución. Su función¹⁸ principal consiste en ejercer el control de constitucionalidad sobre las leyes, actos legislativos y tratados internacionales, garantizando que se ajusten a los principios y valores constitucionales. Asimismo, resuelve por medio de la instancia de revisión las acciones de tutela que involucren derechos fundamentales y conflictos de competencia entre entidades del Estado. Actúa como garante del Estado Social de Derecho y como intérprete último de la Carta Política. De ahí la importancia para el desarrollo y aplicación del derecho humano a la

¹⁸ Las sentencias de tutela (referenciadas con el acrónimo “T”), son decisiones judiciales mediante las cuales la Corte Constitucional resuelve casos concretos en los que se alega la vulneración de derechos fundamentales, con efectos inter partes y un enfoque de protección inmediata. En contraste, las sentencias de constitucionalidad (referenciadas con el acrónimo “C”) se pronuncian sobre la validez jurídica de normas con fuerza de ley frente a la Constitución, tienen efectos *erga omnes* y buscan preservar el orden normativo superior. De este modo, mientras las primeras protegen derechos en situaciones particulares, las segundas garantizan la coherencia del sistema jurídico con fundamento en la Constitución Política.

ciencia, reconocido por Colombia, pues a través de las sentencias expedidas por dicha corte, esta aplica e interpreta de forma holística los derechos humanos transgredidos o en peligro con el fin de protegerlos y darle una aplicación efectiva. Este órgano superior fue creado con la Constitución colombiana de 1991, con el fin primigenio de que los derechos fundamentales no fueran dejados en el papel y sin aplicación material, sino que fueran garantizados y aplicados para el beneficio de toda la población colombiana.

3.7.1 Contexto de la decisión

Como se profundizará más adelante, la extensión de la minería ilegal en Colombia es amplia y su control ha sobrepasado la capacidad de las autoridades hasta la fecha. Una significativa cantidad de los departamentos afectados y porcentajes altísimos de producción aurífera fuera de la legalidad, esta actividad se ha arraigado en la economía informal de varias regiones. Y su persistencia financia la continuidad de grupos armados y economías criminales, alimentando círculos de violencia.

Los estragos ambientales son sumamente graves: ríos contaminados con mercurio y sedimentos, miles de hectáreas de bosques talados, suelos degradados y ecosistemas enteros alterados. Con eso se compromete la biodiversidad y recursos hídricos vitales para futuras generaciones. Como se explica, la minería ilegal ha emergido como una de las principales causas de deforestación y degradación ecológica en Colombia.

Las afectaciones sociales son igualmente severas. Comunidades rurales y étnicas han visto minada su salud (por envenenamiento con metales pesados y destrucción de fuentes de alimento) y su seguridad (por amenazas, violencia y desplazamiento). La actividad ilegal explota mano de obra en condiciones indignas, las precariza y desplaza economías tradicionales sostenibles. Además de la presunta corrupción institucional que debilita la confianza de la ciudadanía en las autoridades locales y nacionales.

Desde la perspectiva jurídica aunque existen diferentes leyes y regulaciones, la implementación ha sido insuficiente. Las instituciones enfrentan profundos obstáculos internos (falta de recursos, corrupción, falta de coordinación) y externos (violencia armada, colusión criminal) que impiden la efectividad de las normas. Esto ha dejado una brecha entre la intención jurídica y la realidad, que es aprovechada por los grupos ilegales para continuar operando.

En este entramado complejo, la Corte Constitucional ha desempeñado un papel crucial al visibilizar la problemática estructural que afecta a las comunidades al propiciar mecanismos de articulación interinstitucional para enfrentar la crisis.

3.7.2 Resumen y Presentación de la Sentencia

La Sentencia T-622 de 2016 (COLOMBIA, 2016), proferida por la Corte Constitucional de Colombia, constituye un fallo paradigmático que reconoce al río Atrato, su cuenca y afluentes, como una entidad sujeto de derechos, y establece un precedente jurisprudencial en materia de justicia ambiental, derechos bioculturales y protección de comunidades étnicas.

Cuadro 3 – Identificación del caso de estudio

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Denominación de la Sentencia	Sentencia T-622 de 2016
Referencia del expediente	T-5.016.242
Fecha de fallo	10 de noviembre de 2016
Autoridad jurisdiccional	Corte Constitucional de Colombia
Sala de Revisión	Sala Sexta de Revisión
Magistrado Ponente	Jorge Iván Palacio Palacio
Composición de la Sala	Jorge Iván Palacio Palacio, Aquiles Arrieta Gómez (e), Alberto Rojas Ríos
Accionante	Centro de Estudios para la Justicia Social “Tierra Digna”
Representados (comunidades)	Consejo Comunitario Mayor de la Organización Popular Campesina del Alto Atrato (Cocomopoca); Consejo Comunitario Mayor de la Asociación Campesina Integral del Atrato (Cocomacia); Asociación de Consejos Comunitarios del Bajo Atrato (Asocoba); Foro Interétnico Solidaridad Chocó (FISCH) y otras comunidades étnicas
Demandados	Presidencia de la República; Ministerio del Interior; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Minas y Energía; Ministerio de Defensa Nacional; Ministerio de Salud y Protección Social; Ministerio de Agricultura; Ministerio de Vivienda; Ministerio de Educación; y otras entidades nacionales y territoriales
Lugar de los hechos	Cuenca del río Atrato, Departamento del Chocó (incluye afluentes y municipios en Chocó y Antioquia)
Mecanismo	Acción de tutela

constitucional	
Pretensión principal	Protección de los derechos fundamentales a la vida, salud, agua, seguridad alimentaria, medio ambiente sano, cultura y territorio de comunidades étnicas, afectados por la minería ilegal y la omisión estatal
Fecha de presentación de la tutela	27 de enero de 2015
Decisiones previas	Rechazada en primera y segunda instancia (Tribunal Administrativo de Cundinamarca y Consejo de Estado), pero seleccionada y fallada de fondo por la Corte Constitucional

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Enfoque Jurídico de la Decisión

La Corte desarrolló una doctrina constitucional ecocéntrica, que rompe con el antropocentrismo jurídico clásico, reconociendo los ecosistemas como sujetos con intereses propios y colectivos. Además, articuló un enfoque interseccional y biocultural de los derechos, que resalta la interdependencia entre biodiversidad, cultura y territorios étnicos.

3.7.4 Importancia Física y Simbólica del Río Atrato

De acuerdo con la Corte Constitucional el río Atrato posee una alta importancia estratégica, ecológica y sociocultural como eje vital del Chocó biogeográfico, una de las regiones con mayor biodiversidad del planeta. La cuenca del Atrato, que cubre más del 60% del departamento y se extiende por 40.000 km², alberga comunidades afrodescendientes e indígenas cuya subsistencia depende directamente del río a través de actividades tradicionales como la pesca, la agricultura y la minería artesanal.

El Atrato, con 750 km de longitud, es el río más caudaloso de Colombia y el tercero más navegable, y constituye una fuente crítica de agua, alimentos, movilidad y vida cultural. Su valor ecosistémico se refleja en su alta capacidad hídrica y su conexión con más de 300 quebradas y 15 ríos, lo que lo convierte en un sistema natural complejo y esencial para el equilibrio ambiental y biocultural.

La importancia simbólica del río Atrato para las comunidades tradicionales y ribereñas, radica en su carácter de eje vital y espiritual. Este río no solo constituye la base

material para la subsistencia —por ser fuente de agua, alimento, transporte y sustento económico mediante la pesca, la agricultura y la minería artesanal—, sino que representa el núcleo simbólico y cultural del territorio.

De este modo, el Atrato es concebido como un ser vivo, sagrado, con el que las comunidades mantienen una relación espiritual, ancestral e identitaria. Es en sus aguas y riberas donde se reproducen sus costumbres, sus saberes y su cosmovisión. Por ello, su degradación ecológica impacta directamente la supervivencia física, cultural y espiritual de estas comunidades, afectando de manera integral sus derechos bioculturales y su dignidad colectiva

3.7.5 Contexto Histórico

La Sentencia se inscribe en un contexto histórico marcado por una prolongada relación extractivista y de marginación estructural en el departamento del Chocó. Desde la colonia, el territorio fue centro de explotación aurífera, sustentado en el trabajo forzado de comunidades indígenas y el tráfico transatlántico de esclavos africanos. Tras la abolición de la esclavitud en el siglo XIX, las poblaciones afrodescendientes e indígenas continuaron desarrollando formas de minería artesanal como medio de subsistencia, manteniendo una relación sostenible con el entorno.

Pese a ello, el modelo de ocupación del Estado se mantuvo basado en estructuras excluyentes, sin integración institucional efectiva. Durante el siglo XX y XXI, el territorio fue afectado por la intensificación del conflicto armado, el desplazamiento forzado, y la expansión de la minería ilegal mecanizada, exacerbando la degradación ambiental y social. Esta sentencia reconoce la persistencia de un orden colonial de poder, y busca revertirlo mediante el reconocimiento de los derechos territoriales, culturales y ambientales de las comunidades ancestrales.

3.7.6 Problema Jurídico

El problema jurídico central de providencia consistió en determinar si la omisión prolongada y sistemática del Estado colombiano frente a la minería ilegal en la cuenca del río Atrato vulnera los derechos fundamentales a la vida, la salud, el agua potable, la seguridad

alimentaria, el ambiente sano, el territorio y la identidad cultural de las comunidades étnicas asentadas en dicha región.

De la misma forma, la Corte Constitucional debía resolver si, ante la grave afectación ambiental, social y sanitaria documentada, era procedente la acción de tutela como mecanismo de protección directa e inmediata de estos derechos. Además, el análisis se extendió a evaluar si el marco constitucional permitía reconocer al río Atrato como sujeto de derechos, como medida innovadora y necesaria para garantizar la restauración ecológica y la defensa biocultural del territorio, frente a la ineficacia de los instrumentos jurídicos y administrativos existentes.

3.7.7 Fundamentación Normativa

El fallo en estudio se fundamentó en un conjunto normativo robusto, tanto a nivel constitucional como legal e internacional, para justificar su decisión de reconocer al río Atrato como sujeto de derechos y garantizar la protección de los derechos fundamentales de las comunidades étnicas afectadas, como lo son:

1. Constitución Política de Colombia (1991):

- Artículo 1: Principios fundamentales del Estado Social de Derecho.
- Artículo 7: Reconocimiento y protección de la diversidad étnica y cultural.
- Artículo 8: Obligación del Estado de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
- Artículo 11: Derecho fundamental a la vida.
- Artículo 13: Derecho a la igualdad y protección de grupos marginados.
- Artículos 49 y 50: Derecho a la salud y protección a la niñez.
- Artículos 79 y 80: Derecho a gozar de un ambiente sano y deber estatal de protección del medio ambiente.
- Artículos 286 y 287: Régimen territorial y autonomía de las entidades territoriales.
- Artículos 330: Régimen especial de los territorios indígenas.

2. Ley 70 de 1993: Reconocimiento de los derechos territoriales, culturales, sociales y económicos de las comunidades negras, especialmente en relación con el manejo de los recursos naturales.

3. Convenio 169 de la OIT (Ley 21 de 1991): Instrumento internacional vinculante que reconoce los derechos de los pueblos indígenas y tribales sobre sus territorios, recursos y formas de vida, incluyendo el derecho a la consulta previa.
4. Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC): Protección de los derechos al agua, a la alimentación y a la salud (Artículos 11 y 12).
5. Convención Americana sobre Derechos Humanos (CADH): Reconocimiento del derecho a la vida y al medio ambiente sano como condición para el goce de los demás derechos.
6. Ley 99 de 1993: Creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y establecimiento de principios de precaución y prevención ambiental.
7. Ley 1333 de 2009: Régimen sancionatorio ambiental.
8. Decreto 2820 de 2010: Régimen de licencias ambientales.
9. Jurisprudencia constitucional previa: Sentencias T-129/11, T-080/17, T-880/06, SU-039/97, entre otras, sobre derechos étnico-territoriales, bioculturalidad y derechos de la naturaleza.
10. Principios internacionales del derecho ambiental: Como el principio de precaución, prevención, solidaridad intergeneracional y ecocentrismo.

3.7.8 Principales Consideraciones de la Decisión

Entre los principales argumentos de la decisión se pueden enunciar los que se consignan en el cuadro que se agrega a continuación:

Cuadro 4 – Principales consideraciones de la Corte para su decisión

ÍTEM	CONSIDERACIONES
a.- Respecto del vertimiento de mercurio y otras sustancias químicas tóxicas necesarias para la realización de actividades mineras ilegales en el río Atrato, sus afluentes y territorios aledaños.	La Corte estableció que el vertimiento de mercurio, cianuro y otros insumos tóxicos derivados de actividades mineras ilegales constituye un grave riesgo ambiental y una amenaza directa a los derechos fundamentales a la salud, al agua, a la vida y al medio ambiente sano. Se evidenció el uso de maquinaria pesada y procesos de amalgamación con mercurio que implican su dispersión en el entorno hídrico y atmosférico así como su distribución por diferentes cadenas tróficas. La Corte enfatizó que, dadas las incertidumbres científicas respecto a los efectos acumulativos de estos contaminantes, debía aplicarse el principio de precaución, imponiendo medidas urgentes para mitigar los daños potenciales, aún en ausencia de mayor certeza técnica.

b.- Acerca de la contaminación del río Atrato, sus afluentes, los bosques y las fuentes de alimento producida por el desarrollo de actividades de explotación minera ilegal en la región	En la providencia se concluyó que la contaminación generalizada del ecosistema fluvial del Atrato —que incluye sus ríos afluentes, humedales, ciénagas y bosques— ha generado una alteración significativa en la disponibilidad de recursos alimentarios y medicinales. La pérdida de peces, plantas comestibles y especies silvestres, así como el colapso de prácticas tradicionales de subsistencia, ha comprometido el derecho a la seguridad alimentaria y a la supervivencia cultural de las comunidades. La minería ilegal ha obstruido vías fluviales, sedimentado cuerpos de agua y destruido hábitats biodiversos, lo que implica una regresividad ambiental incompatible con el marco constitucional ecológico de Colombia.
c.- Acerca de la vulneración de los derechos fundamentales al territorio y a la cultura de las comunidades étnicas accionantes.	Tras el análisis constitucional se reconoció la existencia de derechos bioculturales, que suponen la interdependencia entre el entorno natural y la identidad cultural de los pueblos étnicos. Se constató que las actividades extractivas ilegales afectan directamente los territorios colectivos titulados y los sistemas simbólicos, económicos y sociales que sustentan sus formas de vida. La vulneración del entorno ecológico equivale, por tanto, a una agresión estructural contra la integridad cultural, la autonomía territorial y los modos de vida ancestrales. Esta afectación masiva y sistemática motivó el reconocimiento del río Atrato como sujeto de derechos, representado legalmente por guardianes institucionales y comunitarios, bajo un enfoque ecocéntrico y biocultural de protección.

Fuente: Elaboración propia

3.7.9 Principios y enfoques jurisprudenciales

Esta autoridad jurisdiccional adoptó un enfoque fundado en la Constitución Ecológica y Cultural, que reconoce el valor intrínseco de la naturaleza y la necesidad de protegerla como presupuesto para la vigencia de los derechos fundamentales. Introdujo el concepto de bioculturalidad, que articula la interdependencia entre biodiversidad y diversidad cultural, especialmente en territorios étnicos.

La Corporación también aplicó el principio de precaución ambiental, disponiendo que, ante la incertidumbre científica sobre los efectos de la contaminación, deben adoptarse medidas preventivas para evitar daños graves e irreversibles. Incorporó una visión de justicia ambiental, étnica y distributiva, que reconoce la carga desproporcionada que soportan comunidades históricamente marginadas frente a la degradación ambiental.

Finalmente, sostuvo que la protección de los derechos bioculturales de las comunidades étnicas constituye un mecanismo constitucional para garantizar su supervivencia

física, cultural y espiritual, en consonancia con el principio de pluralismo, el derecho al territorio y la dignidad humana

3.7.10 Acervo Probatorio

A partir de un robusto acervo probatorio, compuesto por múltiples fuentes directas e indirectas. El Tribunal se apoyó en informes técnicos de entidades estatales como la Defensoría del Pueblo, el Instituto Nacional de Salud y Codechocó, que documentaron la contaminación por mercurio y las afectaciones a la salud humana y ambiental.

Fueron incorporados también los resultados de una inspección judicial en terreno realizada en la cuenca del río Atrato, en la que se verificaron daños ecosistémicos, presencia de minería ilegal y deterioro de condiciones de vida. A ello se sumaron intervenciones de universidades, ONGs, organizaciones científicas y ambientales, tanto nacionales como internacionales, que aportaron evidencia sobre la pérdida de biodiversidad, el colapso de ecosistemas y el impacto sociocultural en las comunidades étnicas.

Además, se tuvo en cuenta el contexto histórico de exclusión estructural y las múltiples acciones judiciales previas que evidenciaban la ineficacia institucional. En conjunto, este material probatorio permitió establecer la afectación grave, continua y sistemática de derechos fundamentales y la urgencia de medidas estructurales de protección.

3.7.11 Verificación del Daño

En el curso del proceso se verificó una serie de daños graves, sistemáticos y persistentes en la cuenca del río Atrato. Confirmó la contaminación de las aguas por vertimiento de mercurio, cianuro y otros químicos tóxicos, tales como torio, uranio, plomo, cadmio, derivados de explotación minera ilegal, afectando directamente la salud humana, en especial de niños indígenas y afrodescendientes.

Se constató la degradación de los ecosistemas acuáticos y terrestres, incluida la deforestación, sedimentación de ríos y pérdida de biodiversidad. Se verificó la disminución drástica de fuentes de alimento y productos medicinales naturales, con efectos en la seguridad alimentaria y en las prácticas culturales.

También se evidenció la afectación de los modos de vida tradicionales y del tejido cultural y espiritual de las comunidades étnicas, así como la erosión de sus territorios

colectivos. Estos daños fueron considerados una vulneración múltiple y convergente de derechos fundamentales.

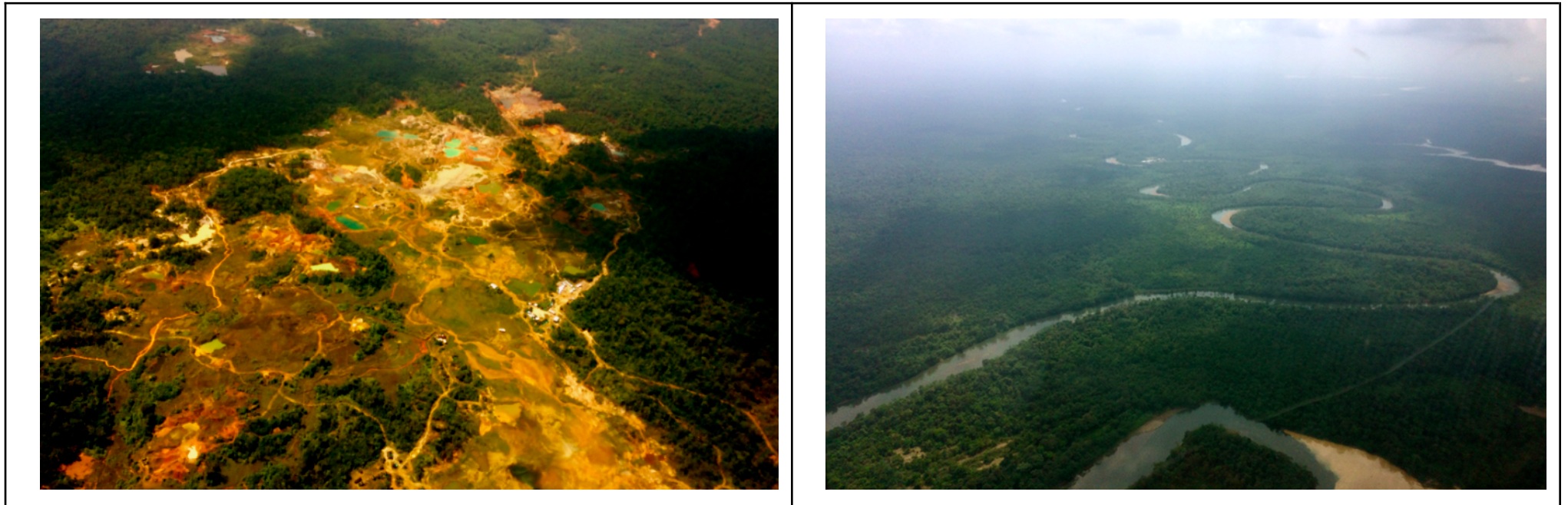
Conforme lo expuesto en la sentencia, aunque no se aportó prueba científica concluyente sobre la existencia de daño acumulativo, la Corte aplicó el principio de precaución como herramienta jurídica frente a la incertidumbre científica. Una decisión que tuvo como finalidad asegurar la protección integral de los derechos fundamentales de las comunidades étnicas y del equilibrio ecosistémico del río Atrato, en un contexto de riesgo ambiental significativo.

Figura 6 – Ciénaga del Río Atrato expuesta a minería ilegal (izquierda) y tramos del cauce no expuestos a minería (derecha)



Fuente: Sentencia T-622 del 2016 (COLOMBIA, 2016)

Figura 7 – Minería a cielo abierto y deforestación (izquierda) y la selva virgen (derecha)



Fuente: Sentencia T-622 del 2016 (COLOMBIA, 2016)

3.7.12 Decisión de la Corte Constitucional

Tras su estudio constitucional, La Corte a través de la Sentencia T-622 de 2016, declaró la responsabilidad por omisión de las autoridades públicas accionadas, y de forma emblemática reconoció al río Atrato como sujeto de derechos, dotado de protección jurídica propia orientada a su conservación, mantenimiento y restauración.

En consecuencia, la Corte ordenó la formulación e implementación de un plan de acción estructural, con efectos *inter comunis*, diseñado e implementado conjuntamente entre el Estado y las comunidades étnicas accionantes. Ese Alto Tribunal, referente en los numerales tercero y cuarto, proveyó las siguientes medidas:

TERCERO.- DECLARAR la existencia de una grave vulneración de los derechos fundamentales a la vida, a la salud, al agua, a la seguridad alimentaria, al medio ambiente sano, a la cultura y al territorio de las comunidades étnicas que habitan la cuenca del río Atrato y sus afluentes, imputable a las entidades del Estado colombiano accionadas (Presidencia de la República, Ministerio de Interior, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Agricultura, Departamento para la Prosperidad Social, Departamento Nacional de Planeación, Agencia Nacional de Minería, Agencia Nacional de Licencias Ambientales, Instituto Nacional de Salud, Departamentos de Chocó y Antioquia, Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó -Codechocó-, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá -Corpourabá-, Policía Nacional – Unidad contra la Minería Ilegal, y los municipios de Acandí, Bojayá, Lloró, Medio Atrato, Riosucio, Quibdó, Río Quito, Unguía, Carmen del Darién, Bagadó, Carmen de Atrato y Yuto -Chocó-, y Murindó, Vigía del Fuerte y Turbo -Antioquia-), **por su conducta omisiva** al no proveer una respuesta institucional idónea, articulada, coordinada y efectiva para enfrentar los múltiples problemas históricos, socioculturales, ambientales y humanitarios que aquejan a la región y que en los últimos años se han visto agravados por la realización de actividades intensivas de minería ilegal.

CUARTO.- RECONOCER al río Atrato, su cuenca y afluentes **como una entidad sujeto de derechos** a la protección, conservación, mantenimiento y restauración a cargo del Estado y las comunidades étnicas, conforme a lo señalado en la parte motiva de este proveído en los fundamentos 9.27 a 9.32.

En consecuencia, la Corte ordenará al Gobierno nacional que ejerza la tutoría y representación legal de los derechos del río (a través de la institución que el Presidente de la República designe, que bien podría ser el Ministerio de Ambiente) en conjunto con las comunidades étnicas que habitan en la cuenca del río Atrato en Chocó; de esta forma, el río Atrato y su cuenca -en adelante- estarán representados por un miembro de las comunidades accionantes y un delegado del Gobierno colombiano, quienes serán los guardianes del río. Con este propósito, el Gobierno, en cabeza del Presidente de la República, deberá realizar la designación de su representante dentro del mes siguiente a la notificación de esta sentencia. En ese mismo período de tiempo las comunidades accionantes deberán escoger a su representante.

Adicionalmente y con el propósito de asegurar la protección, recuperación y debida conservación del río, los representantes legales del mismo deberán diseñar y conformar, dentro de los tres (3) meses siguientes a la notificación de esta providencia una **comisión de guardianes del río Atrato**, integrada por los dos guardianes designados y un *equipo asesor* al que deberá invitarse al Instituto Humboldt y WWF

Colombia, quienes han desarrollado el proyecto de protección del río Bitá en Vichada y por tanto, cuentan con la experiencia necesaria para orientar las acciones a tomar. Dicho equipo asesor podrá estar conformado y recibir acompañamiento de todas las entidades públicas y privadas, universidades (regionales y nacionales), centros académicos y de investigación en recursos naturales y organizaciones ambientales (nacionales e internacionales), comunitarias y de la sociedad civil que deseen vincularse al proyecto de protección del río Atrato y su cuenca.

Sin perjuicio de lo anterior, el **panel de expertos** que se encargará de verificar el cumplimiento de las órdenes de la presente providencia (orden décima) también podrá supervisar, acompañar y asesorar las labores de los guardianes del río Atrato (COLOMBIA, 2016. p.163-164)

De forma general, la autoridad judicial determinó que este plan de acción estructural debe contemplar: (i) la detención definitiva de la minería ilegal; (ii) la descontaminación progresiva de la cuenca hidrográfica del río Atrato y sus afluentes; (iii) la restauración integral de los ecosistemas afectados; y (iv) la garantía de los derechos fundamentales a la salud, agua, alimentación, medio ambiente sano, cultura y territorio, aplicando un enfoque diferencial y de protección biocultural.

3.7.13 Impacto de la Decisión

Esta decisión constituyó un hito en el derecho ambiental colombiano al reconocer por primera vez a una entidad natural —el río Atrato— como sujeto de derechos, dotado de personalidad jurídica y legitimación procesal para su defensa. Esta decisión introdujo una transformación paradigmática al desplazar el antropocentrismo jurídico tradicional hacia una visión ecocéntrica, en la que la naturaleza es protegida por su valor intrínseco.

De la misma forma, consolidó el concepto de derechos bioculturales, articulando la protección ambiental con los derechos territoriales y culturales de las comunidades étnicas. La Corte articuló un enfoque diferencial, participativo y restaurativo, con implicaciones estructurales para la acción estatal. Una decisión valiosa por el reconocimiento de los derechos de la naturaleza y de los pueblos indígenas, configurando un precedente jurisprudencial de relevancia internacional por reconocer la intersección entre justicia ambiental y derechos humanos.

El análisis realizado en este capítulo ha permitido evidenciar que, si bien Colombia cuenta con un entramado jurídico y jurisprudencial que reconoce explícitamente la

interdependencia entre el conocimiento científico, los derechos humanos y la protección del medio ambiente, aún persisten importantes desafíos para consolidar un enfoque integral de responsabilidad científica, sin embargo, el estudio en este campo puede verse enriquecido por contextos donde convergen el intercambio interdisciplinario, la interdependencia de derechos y la progresividad y desarrollo normativo.

En suma, el contexto colombiano ofrece un campo jurídico y político que, por extensión, resulta valioso para explorar las condiciones necesarias para una gobernanza científica ética, democrática y contextualizada. Este capítulo sienta así las bases empíricas necesarias para el análisis integrado que se desarrollará en el capítulo siguiente, donde se articulan los hallazgos del caso con las teorías previamente expuestas, a fin de consolidar una propuesta crítica en torno a la responsabilidad científica en el siglo XXI.

4. RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA: un análisis sobre el extractivismo científico y posibilidades regulatorias

El presente capítulo tiene como propósito analizar críticamente la responsabilidad científica, particularmente bajo la óptica del fenómeno del extractivismo científico, destacando sus implicaciones éticas, jurídicas y epistémicas en contextos de desigualdad estructural.

A partir de una perspectiva interdisciplinaria, se examinan las dinámicas mediante las cuales el conocimiento producido por algunas comunidades, es apropiado, instrumentalizado o excluido sin mecanismos adecuados de reconocimiento, participación ni redistribución de beneficios. Esta problemática evidencia, por tanto, una forma de apropiación de saberes que replica lógicas coloniales y tecnocráticas, y que plantea desafíos urgentes para el diseño de marcos regulatorios inclusivos.

Asimismo, reflexiona sobre la responsabilidad científica como principio normativo emergente, que exige a los actores del ecosistema científico-tecnológico asumir obligaciones activas frente a los impactos de sus prácticas sobre los derechos humanos, el ambiente y los sistemas de conocimiento no hegemónicos. Por ello, se estudia la articulación entre responsabilidad, justicia epistémica y gobernanza científica, las cuales son analizadas en función de los posibles vacíos regulatorios existentes, proponiendo lineamientos que favorezcan una ciencia socialmente comprometida, ambientalmente sostenible y jurídicamente vinculante.

En consecuencia, este capítulo tiene como finalidad integrar las dimensiones teóricas, normativas y empíricas desarrolladas previamente, con el propósito de consolidar un marco analítico que permita proponer lineamientos regulatorios orientados a vislumbrar una gobernanza científica ética, inclusiva y contextualizada. Por ello, procuró contribuir al fortalecimiento de una ciencia comprometida con la equidad social, la sostenibilidad ambiental y el respeto a la diversidad epistémica en el contexto colombiano.

Como se ha mostrado, la minería ilegal en Colombia puede entenderse como la extracción de recursos minerales sin el cumplimiento de los requisitos legales establecidos o en áreas expresamente vedadas para dicha actividad. Este fenómeno, de alcance nacional, se ha visto intensificado por el alto precio internacional del oro y por la persistencia de

economías ilícitas en diversos territorios. Su expansión refleja dinámicas estructurales de informalidad, ausencia estatal y articulación con redes criminales, lo que agrava sus efectos socioambientales y debilita la gobernanza sobre los recursos naturales.

Según informes de la PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN (ÁMBITO JURÍDICO, 2024), en la última década se ha identificado actividad minera ilegal en al menos 29 de los 32 departamentos del país, con afectaciones en aproximadamente 340 municipios. Las regiones más impactadas incluyen Antioquia, Bolívar, Chocó, Santander, Caldas, Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Boyacá, Amazonas, Putumayo y Guainía. Esta distribución evidencia la extensión geográfica del fenómeno, que ha comprometido ambiental y socialmente a más de la mitad del territorio, configurando una crisis de alcance estructural y sostenido.

Asimismo, se ha documentado que la extracción ilícita de minerales constituye uno de los principales conflictos socioambientales en Colombia, con impactos que trascienden lo ambiental para incidir directamente en todo el ámbito social (ÁMBITO JURÍDICO, 2024). Esta actividad ha generado desplazamientos forzados, dinámicas de violencia, condiciones de explotación laboral y riesgos significativos para la salud pública, especialmente entre poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas, niños y comunidades ribereñas. La convergencia de estos factores refleja una crisis multidimensional con profundas implicaciones para los derechos humanos y la sostenibilidad territorial (ÁMBITO JURÍDICO, 2024).

De acuerdo con el informe de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) (TARAZONA, 2023), la minería de oro aluvial impacta más de 94.000 hectáreas en Colombia, de las cuales el 73 % corresponde a explotación ilícita. Esta situación intensifica procesos de deforestación y contaminación por mercurio, generando graves consecuencias ecológicas y sanitarias. Se estima que la mayor parte del oro extraído en el país proviene de actividades ilegales; de hecho, la UNODC advierte que aproximadamente el 85 % del oro exportado tiene origen ilícito, lo que evidencia la magnitud y sistematicidad de este fenómeno.

La extracción minera no regulada genera profundos cráteres, sedimenta cuerpos de agua y elimina extensas coberturas vegetales, reflejando con claridad el impacto ecológico de esta actividad (TARAZONA, 2023). Las variaciones cromáticas del terreno evidencian la remoción de horizontes de suelo fértil y la acumulación de sedimentos en quebradas y ríos adyacentes, lo que produce alteraciones hidromorfológicas y pérdida de funcionalidad

ecosistémica. Estos procesos transforman de manera irreversible el paisaje natural y comprometen la resiliencia ambiental de los territorios afectados.

Según HUMAN RIGHTS WATCH (2023), la minería ilegal en Colombia mantiene una estrecha vinculación con dinámicas de criminalidad organizada y violencia armada. Diversos actores ilegales, incluyendo guerrillas, estructuras post-desmovilización y grupos criminales organizados, ejercen control sobre enclaves mineros estratégicos, utilizando la explotación clandestina de oro como fuente de financiamiento. Esta articulación entre economías ilícitas y violencia territorial refuerza círculos de violencia, debilita la institucionalidad y perpetúa la vulnerabilidad de las comunidades locales.

Estas organizaciones criminales ejercen control en zonas de difícil acceso, imponiendo pagos extorsivos a los mineros (conocidos como “vacunas”) e incluso operando directamente minas ilegales. Existe, además, una clara convergencia con el narcotráfico: al menos el 44 % de los territorios con minería ilegal también presenta cultivos de coca, lo que evidencia una retroalimentación entre economías ilícitas (HUMAN RIGHTS WATCH, 2023). El oro, en este contexto, no solo financia estas redes, sino que también se utiliza para el lavado de activos y la adquisición de insumos. Este entramado delictivo, altamente organizado y armado, complejiza la erradicación de la minería ilegal, al exceder la informalidad para constituir un fenómeno estructural.

Desde una perspectiva social, la minería ilegal se concentra predominantemente en territorios habitados por comunidades vulnerables (rurales, afrodescendientes e indígenas) caracterizados por una débil presencia estatal y limitadas alternativas económicas. En estos contextos, la actividad minera representa, para muchos pobladores, una fuente inmediata de subsistencia ante la ausencia de empleo formal y políticas públicas efectivas (TARAZONA, 2023). Esta situación genera una tensión estructural entre la urgencia por satisfacer necesidades básicas y el cumplimiento de la legalidad, profundizando condiciones de exclusión y dependencia de economías informales.

Al desarrollarse fuera del marco legal, la minería ilegal opera sin ningún tipo de control ambiental, técnico ni laboral, lo que da lugar a múltiples impactos negativos. En términos generales, esta actividad se ha consolidado como uno de los principales conflictos socioambientales en Colombia, al erosionar el estado de derecho, fortalecer economías criminales y perpetuar la violencia. Sus consecuencias incluyen la degradación ecológica,

afectaciones graves a la salud pública y una desestructuración profunda del tejido social en las comunidades involucradas.

En vista de ello, se puede decir que la política minero-energética del país se encuentra en un punto de inflexión, donde las decisiones sobre regulación, justicia ambiental y transición justa definirán no solo el futuro del sector, sino también la sostenibilidad del desarrollo nacional.

Este entramado de complejas relaciones configura un terreno propicio para problematizar la responsabilidad científica, donde el progreso técnico no se traduce en justicia distributiva ni en equidad social. Las profundas asimetrías en el acceso a la educación científica, a la producción de conocimiento y a sus beneficios refuerzan brechas históricas que excluyen a vastos sectores de la población de los procesos de apropiación democrática del saber.

En este escenario, la ciencia emerge como un campo de disputa ética, epistémica y jurídica, en el que se tensionan los fundamentos del derecho humano a la ciencia. Esta disputa resulta clave para repensar las condiciones de acceso, participación y distribución de los beneficios del conocimiento científico en un escenario global caracterizado por desigualdades estructurales, concentración tecnológica y dilemas sobre la responsabilidad del desarrollo científico.

Desde este panorama global de la tecnología, las ideas de ZUBOFF (2019) resultan fundamentales para comprender las asimetrías de poder, las transformaciones en las relaciones de producción y los cambios económicos impulsados por las innovaciones digitales. Según la autora, estas nuevas dinámicas producen concentraciones inéditas de poder y conocimiento, instaurando formas de dominación que superan las relaciones clásicas de producción.

Así, se redefine la economía política contemporánea al subordinar los medios de producción tradicionales a mecanismos de modificación conductual basado en la recolección, producción y explotación de datos, estableciendo un nuevo orden jerárquico, que en última instancia captura y controla comportamientos, ampliando sustancialmente brechas de poder.

ZUBOFF (2019) define este fenómeno como “capitalismo de vigilancia”, un régimen económico emergente que transforma la experiencia humana en materia prima gratuita para la producción de datos de comportamiento, los cuales son analizados y procesados mediante sistemas de inteligencia artificial para generar lo que denomina “excedente conductual”

(*behavioral surplus*). Este excedente no se utiliza solo para mejorar productos o servicios, sino que se comercializa principalmente a través de mercados de futuros conductuales, donde se predicen y modelan las acciones futuras de los individuos para influir en ellas con fines comerciales.

Dicho sistema se sustenta en una nueva arquitectura de poder que ZUBOFF (2019) llamada “poder instrumental” (*instrumentarian power*), distinta del poder totalitario o estatal, y que permite la manipulación de la conducta a través de medios digitales, sin recurrir a la coerción física. Este poder reconfigura las relaciones sociales, políticas y epistemológicas al monopolizar el conocimiento sobre las personas sin su consentimiento y sin transparencia, erosionando principios fundamentales como la autonomía, la privacidad, y el derecho al futuro.

De acuerdo con la autora, la extracción de datos es un proceso mediante el cual se recolecta información generada por los individuos en el curso de su vida cotidiana, principalmente a través de dispositivos digitales, sin que en ocasiones esta recolección sea explícita, consentida o comprendida por los usuarios. Esta información no se limita a los datos proporcionados voluntariamente, sino que incluye un amplio espectro de señales, metadatos y rastros conductuales.

Este modelo no se limita a la observación pasiva, sino que incorpora mecanismos para modificar el comportamiento en tiempo real, optimizando la eficacia de las predicciones. A través de interfaces digitales, retroalimentación algorítmica, personalización persuasiva y entornos digitales diseñados para influir en decisiones, lo que genera una arquitectura de elección dirigida (ZUBOFF, 2019). En este contexto, la conducta humana se convierte simultáneamente en producto, medio y objetivo de un sistema de poder instrumental orientado al control anticipado del sujeto.

En este contexto cobra importancia el concepto de “colonialismo digital”. Esta expresión, según FAUSTINO y LIPPOLD (2023), es una forma contemporánea de dominación global estructurada por lógicas tecnológicas y económicas que reproducen jerarquías coloniales y capitalistas mediante la captura, extracción, clasificación y explotación masiva de datos y la subjetividad humana. De acuerdo con ellos, esta no se trata una simple metáfora, sino un proceso material y epistémico que se articula en torno a una nueva forma de imperialismo histórico, racismo estructural y acumulación de capital, establecido sobre un régimen de expropiación algorítmica.

Este tipo de colonialismo opera por medio de la datificación (*dataficação*) de la vida, es decir, la conversión de experiencias, cuerpos, emociones y relaciones en datos cuantificables, comerciables y utilizables por plataformas digitales para maximizar ganancias y reforzar sistemas de vigilancia y control (FAUSTINO; LIPPOLD, 2023).

Dicha captura no es neutral, ya que los algoritmos y sistemas de inteligencia artificial son entrenados con datos históricos que contienen sesgos raciales, de género y clase, reproduciendo y amplificando desigualdades estructurales a través de procesos de racialización digital (FAUSTINO; LIPPOLD, 2023).

Además, el colonialismo digital se fundamenta en una infraestructura física dependiente de la extracción de recursos naturales (como el coltán y el litio) y del trabajo precarizado en el Sur global, lo cual revela su carácter profundamente material, extrayendo materias primas que aumentan significativamente su valor económico tras su transformación. Para los autores, las grandes corporaciones tecnológicas, especialmente del Norte global, monopolizan los circuitos de producción, procesamiento y distribución de información, consolidando un régimen de subordinación epistémica y económica (FAUSTINO; LIPPOLD, 2023).

De esta forma, las grandes corporaciones tecnológicas actúan como potencias coloniales, trazando fronteras no geográficas, sino conductuales, donde el objetivo es capturar y monetizar cada aspecto de la experiencia humana. En este sentido, el espacio conductual —esto es, la totalidad de las acciones, decisiones, emociones y relaciones humanas mediadas digitalmente— se convierte en un nuevo “territorio” de explotación.

Este proceso constituye una nueva forma de acumulación privativa, no sólo de riqueza, sino también de conocimiento y poder sobre la cognición humana, mediante tecnologías que modelan el deseo, la atención y la conducta. Cómo lo explicarían en su obra, la explotación del “intelecto general” descrita por Marx, reformulada en clave digital, donde la subjetividad misma se convierte en recurso explotable (FAUSTINO; LIPPOLD, 2023).

En última instancia, la colonización del espacio conductual no sólo redefine los límites de la privacidad, sino que plantea desafíos existenciales a la agencia individual, la autonomía moral y los fundamentos democráticos. Desde esta perspectiva, el colonialismo digital opera como un sistema, al borde de los límites jurídicos y éticos que deberían garantizar los derechos humanos en la era digital.

Bajo esta perspectiva, es que se explora el concepto de extractivismo cognitivo, entendida como una forma sistemática de apropiación de conocimientos, saberes tradicionales, datos, recursos biológicos y prácticas culturales provenientes de comunidades locales, indígenas, tribales o, en general del Sur Global, realizada sin mediación ética ni consentimiento libre, previo e informado, y sin mecanismos equitativos de distribución de beneficios, basada en procesos materiales pero también digitales.

Esta dinámica se fundamenta en una lógica de dominación que reproduce esquemas coloniales y jerarquías epistémicas, donde los saberes subalternos son despojados de su autonomía y convertidos en insumos útiles para agendas científico-tecnológicas subordinadas a las diferentes presiones de los mercados y el capital.

De ese modo, lejos de constituir una interacción simétrica entre sistemas de conocimiento, el extractivismo cognitivo opera como una práctica instrumental que transforma la diversidad epistémica en mercancía, desarticulando su anclaje territorial, cultural y simbólico hasta extraer todo su valor omitiendo la responsabilidad o retribución sobre lo producido. La ciencia hegemónica, en este contexto, actúa como vehículo de captura y estandarización de saberes situados, insertándose en circuitos de valorización global, muchas veces sin reconocimiento ni reciprocidad hacia las comunidades generadoras.

Un fenómeno que se manifiesta en múltiples formas contemporáneas: bioprospección sin consulta, minería de datos personales o colectivos sin transparencia, uso de inteligencia artificial entrenada con información sensible o sesgada, o apropiación de conocimientos ancestrales para la creación de patentes o tecnologías privativas.

Dichas prácticas, aunque revestidas de neutralidad científica o innovación, constituyen mecanismos de desposesión cognitiva, que vulneran la soberanía epistémica, biocultural y tecnológica de los pueblos, reforzando estructuras de desigualdad en la producción y circulación del conocimiento.

A partir de esos fundamentos, a continuación, se expone el desarrollo analítico de las categorías empleadas frente a la evidencia empírica recabada. En concordancia con eso, se toma como referente primario la Sentencia T-622 de 2016, así como también, los principales elementos de prueba que evaluó la Corte en su consideración. Con fundamento en este acervo probatorio y su contraste con los marcos teóricos adoptados, seguidamente se presentan los resultados del análisis de los datos desarrollado en esta investigación.

4.1 EXTRACTIVISMO COGNITIVO Y COLONIALISMO DEL CONOCIMIENTO

En el contexto de las actividades extractivas (legales e ilegales), la Corte revisó cómo estas acciones generan un fuerte impacto social y ambiental, particularmente cuando perpetúan estructuras de subordinación y despojo que, reproducen una lógica geoestratégica de intercambio desigual entre un Norte Global industrializado y un Sur Global proveedor de materias primas, marcadamente atravesado por desigualdades históricas y epistémicas.

7.1. En el marco de este análisis, en donde la Sala ha precisado el ámbito especial de protección que nuestra Constitución le otorga al medio ambiente, a los recursos naturales y a las comunidades étnicas se hace necesario también examinar, de acuerdo al caso sometido a estudio de la Corte, los estándares constitucionales bajo los cuales se analiza y valora el impacto social, histórico y ambiental que la ejecución de actividades extractivas mineras legales e ilegales puedan llegar a tener sobre los mismos.

En efecto, la actividad minera -legal e ilegal- suscita importantes debates no solo a nivel nacional sino internacional por la profunda tensión constitucional que plantea, en términos generales, entre el derecho al desarrollo de los Estados y el respeto a los derechos fundamentales de las comunidades en donde se desarrollan tales proyectos. A este respecto, y desde una perspectiva global, el profesor Julio Fierro Morales ha señalado que en esta clase de análisis debe tenerse en cuenta la siguiente reflexión:

“La minería en Colombia debe analizarse desde la perspectiva geoestratégica, en la cual el mundo puede ser dividido en términos del mercado global en dos tipos de países: un Norte Global caracterizado por incluir países con altas tasas de crecimiento y necesidades inmediatas de materias primas para ser transformadas y usadas en mercados internos altamente especializados y exportadas con alto valor agregado, y un Sur Global al que pertenecen países pobres, generalmente con altas tasas de inequidad en la distribución del ingreso, los cuales suministran las materias primas en mercados predominantemente manejados por empresas pertenecientes al primer grupo de países.”

7.2. En este sentido, debe señalarse que si hay un proceso que está arraigado a la historia del desarrollo de Colombia es el de la extracción minera, que inició con el establecimiento de las colonias mineras españolas en tierra firme en América, la primera, en los campos auríferos de Veraguas (Panamá, 1507), y la segunda, que se llamó Santa María de la Antigua del Darién en el norte del Chocó, en 1510, a las que siguió la construcción de algunos puertos adicionales para facilitar el tráfico de esclavos y oro en Cumaná (1520), Santa Marta (1525) y Coro (1527). A partir de este momento, se comenzaron a organizar las más diversas expediciones desde Europa, primero con el fin místico de encontrar “El Dorado”, fundado en el imaginario medieval de las ciudades de oro del norte de los Andes, y posteriormente, con el propósito de explotar todos los recursos naturales y minerales posibles, especialmente de oro y platino de las minas halladas, reducir a los indígenas a sus intereses, e introducir la esclavitud mediante la trata de los pueblos y culturas africanas. En esta búsqueda también encontraron esmeraldas y sal, así como yacimientos de oro que si bien no se correspondían con esa fuente de riqueza infinita que tanto anhelaban los españoles, sí fueron suficientes para establecer una industria extractiva que define parte de la configuración socio-cultural de nuestro país con base en la mano de obra negra.

En este contexto, la Nueva Granada era el mayor productor de oro en el imperio español y fue el primero en el mundo hasta el descubrimiento de Minas de Gerais (Brasil) a fines del siglo XVI. La producción minera en la colonia estaba dominada por Nueva España (México) y Perú, con sus inconmensurables minas de plata y por la Nueva Granada y su gran producción de oro y, en menor medida, de plata. Tal era la importancia minera que cobraba nuestro país en aquella época que fue registrada junto

con los actuales Ecuador y Perú en el primer mapa impreso de la región del que se tenga noticia: el *Peruviae Auriferae Regionis Typus* de 1584, lo cual no deja de ser un registro revelador sobre la profunda identidad aurífera de Colombia. Un país rico en recursos naturales y minerales, que desde la más temprana etapa de la colonia, ya contaba con minas a lo largo y ancho de su territorio. En efecto, las minas de la Nueva Granada -tanto de veta como de aluvión- estaban ubicadas especialmente en los filones de las cordilleras Central y Occidental, en los placeres de los ríos que fluyen hacia el Pacífico (los ríos Atrato y San Juan), el Cauca (la cuenca del río Cauca) y el Magdalena (las regiones altas y medias del río Magdalena).

De estos territorios neogranadinos, uno en particular adquirió gran notoriedad como fuente de oro y de riqueza: el Chocó. De modo que fue inevitable que se contaran historias y se transmitieran mitos de generación en generación que cantaban los fabulosos tesoros que este territorio escondía en su tierra, en sus árboles, en sus montañas y en sus aguas (ríos), lo que lo hizo sumamente atractivo para múltiples intereses de la época y en los siglos por venir. Desde entonces, este departamento ha estado vinculado a la explotación minera, como si ambos hicieran parte de una misma unión indisoluble. Sobre este punto, el acápite dedicado a la minería en Chocó profundizará en diversos aspectos.

Sin embargo, el espectacular desarrollo de la minería en la época colonial fue puramente extractivo y no generó valor agregado alguno para el país o sus territorios. Dentro del esquema económico colonial, los metales preciosos se exportaban directamente a España. Diversas crónicas de la época, como las de Antonio Manso (1729), mariscal de campo y presidente de la Audiencia de Bogotá, así lo confirman: *“Considerando estos largos días, ha trabajado mi discurso en componer cómo se compadece tanta riqueza y abundancia en la tierra donde casi todos sus habitantes y vecinos son mendigos (...) Y, aunque parece contradicción haber dicho que del Chocó se saca a cargas el oro y que la gente es pobrísima, no hay ninguna, porque el oro que se saca del Chocó es parte de los dueños de las minas (...) los cuales lo envían a labrar a la Casa de la Moneda para mandarlo acuñado a España”*.

Así las cosas, la mayoría de las regiones mineras importantes de la Nueva Granada se descubrieron y desarrollaron durante el siglo XVI. La producción de oro, sin embargo, declinó en algunas zonas durante la segunda mitad del siglo XVII; por su parte, otros distritos mineros como el Chocó, vieron su mayor explotación en la última parte del período colonial.

Desde la época colonial, el oro constituyó el principal factor de colonización en el Pacífico. Como el interés estaba marcado por los territorios mineros, muchas zonas escaparon del dominio colonial. Para la explotación de este mineral se utilizó la mano de obra esclava a través de cuadrillas de negros. Durante la colonia, la minería descansó sobre la explotación de mano de obra esclava y dependía del control de las élites que habitaban la región andina. Este primer gran ciclo del oro llegó hasta mediados del siglo XIX, con la independencia y la abolición de la esclavitud. A partir de distintos procesos de manumisión, los negros libres se asentaron y dispersaron lejos de toda actividad minera del sistema colonizador. Siguiendo los cursos de los ríos, la línea costera y algunos caminos indígenas fueron ocupando el territorio. Así, el río Atrato y sus afluentes se poblaron paulatinamente por los afrodescendientes, más allá de los reales de minas asentados en la colonia. A partir de entonces, *“se desarrolló un modelo de apropiación territorial caracterizado por el asentamiento disperso de grupos parentales a lo largo de los ríos que ha estado acompañado de un proceso de nucleación lenta. En las zonas medias y bajas, los libres de dedicaron a la pesca y la agricultura. Paralelo a esta colonización los indígenas se replegaron hacia las zonas altas de los ríos”* (COLOMBIA, 2016, p.80 - 83).

En este sentido, vale decir que la minería de oro en el Chocó adopta múltiples modalidades, desde prácticas ancestrales de subsistencia hasta formas altamente mecanizadas

e industrializadas, cada una con distintos niveles de legalidad, impacto ambiental y control estatal. Dentro de ello, una preocupación particular genera la minería mecanizada ilegal, operada por actores armados, la cual, por su uso intensivo de mercurio y cianuro (entre otros componentes), su carácter depredador y su rol en el desplazamiento de comunidades étnicas, genera graves repercusiones. Por esos motivos, la institución judicial centró su análisis en la tipología de las actividades mineras.

7.22. Las formas y tipologías propias de la minería de oro (legal e ilegal) que se desarrolla en el Chocó son muy variadas, tanto de aluvión -río- como de veta -en tierra-, pero comprenden esencialmente cuatro categorías de ejecución: (i) minería artesanal o ancestral; (ii) minería semi-mecanizada; (iii) minería mecanizada y (iv) minería industrializada o megaminería. Por lo general, las tres primeras clases se realizan sin título minero ni licencia ambiental, la cuarta categoría sí se desarrolla cumpliendo con los requisitos legales.

En primer lugar, se entiende por *minería artesanal, ancestral o barequeo*, en la acepción más generalizada, que consiste en la explotación de depósitos minerales a pequeña escala, en la que se utilizan métodos manuales -transmitidos de generación en generación- o con ayuda de equipos muy sencillos, por lo general elaborados por los mismos mineros, para la extracción de los metales. Esta es la clase de minería -minería de subsistencia- que realizan las comunidades étnicas y los campesinos desde hace siglos.

En segundo lugar, la *minería semi-mecanizada* se considera como una suerte de “modernización o tecnificación” de la minería artesanal, en la cual se incluyen adaptaciones de pequeños equipos como motobombas, elevadores hidráulicos y pequeñas dragas de succión que mejoran las condiciones de trabajo y rendimiento en la remoción de material aluvial. Este tipo de minería permite a los trabajadores realizar sus labores en un menor tiempo y con mayor eficacia.

En tercer lugar, la *minería mecanizada*, se ejecuta con retroexcavadoras, dragas, buldóceres, motobombas de gran capacidad, mangueras, volquetas y sustancias químicas como el mercurio y el cianuro. Esta clase de minería se empezó a realizar en la década de los ochenta primero por actores foráneos y luego por grupos armados al margen de la ley, que son quienes hoy operan en la región objeto de los hechos del caso *sub examine*, desplazando a los mineros tradicionales e imponiendo nuevas formas de realizar la minería de forma ilegal, masiva e indiscriminada.

Por último, la *minería industrializada o megaminería* es una industria de gran escala y alcance que se desarrolla con base en estudios de ingeniería y ecología, grandes recursos humanos y técnicos, que en el caso de la minería de veta a cielo abierto hace necesario remover toneladas de tierra consumiendo grandes cantidades de agua y energía eléctrica, y alterando total e irreversiblemente las características de la zona donde se implementa. El ejemplo clásico de esta forma de explotación, es la minería de carbón, que en Colombia se desarrolla en las minas a cielo abierto de “El Cerrejón” en la Guajira. Por lo general son las grandes multinacionales mineras las que tienen los recursos para realizar esta clase de explotación de forma legal. Según datos aportados por la Agencia Nacional de Minería, esta clase de organizaciones son las que tienen la mayoría de títulos mineros disponibles en el Chocó.

7.23. En este acápite la Sala se concentrará, en particular, en examinar la forma en que se realiza la denominada *minería mecanizada*, que de acuerdo a lo planteado por los accionantes, es la que más daños está causando al medio ambiente y a las comunidades étnicas de la cuenca del río Atrato por su realización en un marco de completa

ilegalidad y con el uso de sustancias químicas tóxicas como el mercurio y el cianuro, entre otras (COLOMBIA, 2016, p.97-98).

La situación señalada ha desplazado la minería artesanal tradicional, generando una relación de subordinación hacia los propietarios de entables ilegales, donde las comunidades solo acceden precariamente al barequeo. La magnitud del fenómeno se refleja en la operación simultánea (al momento del fallo), de aproximadamente 800 dragas activas en el Chocó, según fuentes verificadas por el Tribunal.

También añaden los demandantes que esta clase de minería opera en todos los tipos de explotación: formal o legal, ilegal, tradicional, pequeños mineros, informales o de hecho. Dependiendo de la zona y del minero, en la minería mecanizada se utiliza mercurio, que es la sustancia acusada de causar graves impactos sociales y ambientales en el Chocó. La minería ilegal (mecanizada) ha desplazado poco a poco a la minería artesanal tal como la trabajaban ancestralmente las comunidades desde la colonia. Los habitantes son cada vez más dependientes de los entables mineros que hacen presencia en el territorio, y sobre todo del permiso de sus dueños para barequear en los grandes huecos ocasionados por las retroexcavadoras, en unas condiciones de trabajo muy inseguras y que se limitan a un día a la semana cuando tienen suerte. La dimensión del negocio es tan grande que hay diversas fuentes que afirman que “*en el departamento del Chocó hay actualmente en operación unas 800 dragas*” (COLOMBIA, 2016, p.88-89).

Algunos estudios toxicológicos y ambientales han alertado sobre niveles alarmantes de mercurio y otras sustancias químicas en las aguas del río Atrato, con impactos documentados en la salud humana —como malformaciones fetales, enfermedades cutáneas, y daño neurológico— degradando profundamente los ecosistemas y vulnerado el derecho fundamental a la salud y al ambiente sano de las comunidades étnicas. Según fue analizado, la ausencia de estudios epidemiológicos sistemáticos impide dimensionar plenamente la crisis, perpetuando una reprochable omisión estatal.

9.14. ***En materia de afectaciones a la salud***, los demandantes afirmaron que como consecuencia del uso del mercurio dentro de las actividades de explotación minera ilegal “*las afectaciones más graves a las comunidades -en términos de salud y degradación medio ambiental de ríos y bosques- se presentan en las zonas aledañas al río Atrato y sus afluentes, en los territorios de Río Quito, la Soledad, Villa Conto, San Isidro y Paimadó, entre otros; afectaciones que estiman ocurren en cerca del 84% del territorio colectivo de las comunidades. Explican que, de acuerdo a estudios del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico -IIAP-, se han reportado casos de abortos espontáneos, enfermedades vaginales, cutáneas y hongos producidos por la presencia de mercurio, metilmercurio y cianuro en las aguas del río*”.

En igual forma, señalaron que “*como consecuencia de la presencia de mercurio y otras sustancias químicas tóxicas en las aguas del río Atrato hay proliferación de nuevas enfermedades vaginales y cutáneas. Para estas comunidades, el río es el centro de su*

vida social y cultural: es allí donde se identifican como pueblo, donde lavan la ropa, se bañan, juegan, nadan, pescan y comparten actividades culturales y recreativas”.

Indicaron que “es alarmante el nivel de mercurio que ha encontrado el IIAP en las poblaciones y refiere estudio que fue practicado sobre 160 personas en la cuenca del río Atrato y sus afluentes (río Quito), según el cual, el nivel de mercurio encontrado en la sangre es de 60 puntos por millón, cuando el promedio mínimo mundial considerado aceptable es de 0.5 puntos por millón y en Colombia es de 1.0 por persona”.

También refirieron que “estudios recientes realizados por la WWF Colombia y la Universidad de Cartagena (Grupo de Toxicología) sobre 80 habitantes de Quibdó para determinar la presencia de metales pesados en la población, encontraron que en dos casos el porcentaje de mercurio en la sangre es de 116 puntos por millón. A lo anterior agrega que hace falta practicar ese mismo tipo de estudios en las comunidades negras que habitan las cuencas de los ríos Bebará y Bebaramá (en territorio de Cocomacia) y en el río Neguá, todos afluentes del Atrato”. Sin embargo, concluyen que frente a esta grave problemática “se requiere la realización de estudios epidemiológicos y eco-toxicológicos para determinar con claridad una línea base que permita entender la gravedad del problema y los efectos asociados del mercurio, que aún no se han realizado”.

En igual sentido, el profesor Jesús Olivero de la Universidad de Cartagena, especialista internacional en toxicología y que ha conducido numerosas investigaciones en materia de contaminación por mercurio y otras sustancias tóxicas, indicó en la inspección judicial realizada en Quibdó las siguientes consideraciones sobre la situación de las comunidades étnicas afectadas por la minería ilegal.

En términos generales, el profesor explicó los efectos que produce el mercurio cuando ingresa en seres vivientes: “señala que hay muchos trabajos que lo documentan. Afirma que los organismos sufren importantes afectaciones; una de ellas está relacionada con la pérdida de biodiversidad; y en los humanos el mercurio tiene efectos nocivos en diferentes áreas, el más grave de todos el efecto teratogénico, causante de malformaciones en niños. Señala que aunque no hay pruebas definitivas, sí hay evidencias de que algo está pasando en el río Atrato en relación con la contaminación de sus aguas con mercurio (metilmercurio) y cianuro”. A este respecto, citó el ejemplo de Minamata (Japón), una población cuya bahía fue contaminada con metilmercurio hace más de 60 años causando malformaciones y daño cerebral en los niños, hecho que obligó al Gobierno japonés a crear un hospital solo para estos casos que aún existe y trata pacientes.

En el caso concreto del río Atrato, “el profesor afirma que en un reciente estudio realizado con WWF Colombia se tomaron muestras aleatorias en 80 personas, habitantes de Quibdó, y que este análisis arrojó como resultado que en promedio estas personas tienen un nivel de mercurio de 13 partes por millón y que este alarmante nivel proviene del consumo del pescado contaminado con mercurio. Aclara que la actividad minera no se realiza en Quibdó, sino a varios kilómetros y que sin embargo sus efectos nocivos están presentes en los habitantes de toda la región, cuya principal fuente de alimento es el pescado del río”.

En este punto recomienda a la Corte no esperar más tiempo sino actuar ahora, dado que ya se conocen los efectos nocivos del mercurio y que existen instrumentos internacionales que restringen su uso en actividades mineras como la Convención de Minamata. En ese sentido, sugirió que: “aunque hay que prohibir el uso del mercurio en actividades mineras, la sustancia no es el único problema. Explica que en el desarrollo de la explotación minera, que destruye los bosques, se pueden encontrar otras sustancias tan nocivas y tan tóxicas como el mercurio y son los metales pesados: torio, uranio, plomo, cadmio. Llama la atención sobre la urgencia de realizar estudios serios de toxicología y epidemiología en toda la región para determinar la presencia de estas sustancias y para entender la dimensión del problema y saber como responder efectivamente ante él”.

Finalmente, reiteró que la falta de recursos y de capacidad institucional local, regional y nacional no pueden ser excusa para permitir que se “atente impunemente” contra el medio ambiente y no se realicen los controles que la ley ordena. A ese respecto, afirmó que **“la problemática que genera la minería es tan grave que no deben establecerse diferencias de tratamiento entre si la minería se hace de forma legal o ilegal, porque ambas no tienen controles efectivos por parte de las autoridades y contaminan aún con título y licencia ambiental, no solo en Chocó sino en todo el país.** Afirma que hay que tomar decisiones ya, y no esperar 5 o 10 años para actuar, porque no estamos frente a una zona cualquiera del país, estamos en una de las regiones más biodiversas del mundo que esta bajo gran amenaza como consecuencia de la minería y de un modelo extractivo que a cambio de regalías destruye el medio ambiente y no reinvierte socialmente. Advierte sobre la presencia de VIH en los entables mineros -sugiere se solicite estudio a MinSalud- y sobre cómo la minería está transformando los modos de vida tradicionales de las comunidades étnicas.” (Subrayado y negrilla fuera texto original)

En sentido complementario, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, conceptuó lo siguiente sobre las implicaciones que en la vida, la naturaleza y las poblaciones humanas que tiene el uso del mercurio en procesos mineros ilegales que se desarrollan en Chocó: *“la contaminación con cianuro y mercurio es un factor determinante sobre la pérdida de biodiversidad y sobre la salud de los ecosistemas acuáticos. El cianuro tiene un efecto muy intenso pero localmente sobre las especies de una comunidad de organismos acuáticos. El mercurio tiene un efecto más extendido sobre los ríos y las comunidades de organismos asociados. El mercurio queda depositado en los sedimentos de los ríos, y al tener un carácter residual, pasa de un organismo a otros, se va acumulando y se fija en las redes tróficas. **En este sentido, termina siendo acumulado por peces y plantas que son consumidas por los humanos y tiene efectos directos sobre la salud humana.**”*

Durante la inspección judicial, la Defensoría del Pueblo documentó diferentes clases de afectaciones en la salud humana como consecuencia de la exposición al mercurio, señalando que *“en la parte alta del río Atrato y del río Andágueda (municipios de Lloró y Bagadó) enfermedades como la malaria y el dengue han aumentado considerablemente debido a los empozamientos de agua generados por la minería ilegal, lo cual atrae a los mosquitos transmisores. Las infecciones urinarias y los cuadros de diarrea son comunes (...). Además los brotes de y otras infecciones dermatológicas causadas aparentemente al entrar en contacto directo con mercurio han llevado al abandono de las prácticas tradicionales como el baño en el río, lo que amenaza la relación de las comunidades étnicas con el río Atrato. Estas enfermedades afectan particularmente a mujeres embarazadas y a niños y niñas, frente a los cuales es necesario diagnosticar con estudios científicos si los diversos casos de malformación fetal es consecuencia directa del mercurio presente en el agua de los ríos y en los peces”.*

En sentido complementario, la Procuraduría General, señaló que dentro de la inspección judicial, pudo evidenciar y registrar numerosas denuncias de las comunidades étnicas relativas a enfermedades vinculadas con la contaminación por mercurio que se usa en actividades mineras ilegales en la cuenca del río Atrato. Al respecto señalan en su informe de acompañamiento a la inspección, que las enfermedades más comunes son *“graves infecciones vaginales, alergias cutáneas, pérdida de memoria, temblores y afectaciones neurológicas”.*

Finalmente, una de las grandes preocupaciones que encontró la Corte en su visita al Chocó está relacionada con la falta de estudios que puedan constatar o desvirtuar la presencia de mercurio u otras sustancias tóxicas en las comunidades étnicas por consumo de pescado o por circunstancias relacionadas con la contaminación ambiental que puedan orientar una respuesta institucional idónea y efectiva en la materia (COLOMBIA, 2016, p.117-120).

Conforme con la decisión, los derechos bioculturales emergen como respuesta a los impactos adversos del modelo occidental de desarrollo, cuyo enfoque tecnocrático y etnocéntrico ha desestructurado territorios, culturas y ecosistemas de comunidades étnicas. Como advirtió la sentencia, citando a Arturo Escobar, el desarrollo sostenible ha operado como un dispositivo colonial que convierte la naturaleza en capital y las culturas en objetos de intervención, reforzando lógicas de dominación. Frente a este fracaso, se abren caminos hacia modelos post-desarrollistas basados en autonomía, territorialidad y resistencia epistémica.

5.15. Adicionalmente, los derechos bioculturales han tenido también un origen histórico-social, en la medida en que surgieron, principalmente, como consecuencia de la implementación de los modelos occidentales de desarrollo y desarrollo sostenible, y sus efectos sociales, culturales y ecológicos en las comunidades étnicas en diferentes partes del mundo

A este respecto el profesor Arturo Escobar, por ejemplo, ha señalado que aunque el propósito principal de la “estrategia mundial para el desarrollo sostenible” se centró desde su lanzamiento en 1987 en la erradicación de la pobreza y la protección del medio ambiente, sus efectos no han sido los esperados. Puntualmente, estima que *“el concepto de desarrollo era -y continúa siendo en gran parte- una aproximación política centralista, jerárquica, etnocéntrica y tecnocrática que entiende a las poblaciones y a la cultura como objetos abstractos y como figuras estadísticas que deben acomodarse de acuerdo a las prioridades del progreso. Este modelo de desarrollo ha sido concebido no como un proceso cultural sino por el contrario como un sistema universal de intervenciones técnicas cuyo propósito es entregar recursos, bienes y servicios a los pueblos (que se juzguen dentro de este criterio) con mayores necesidades. Es por ello que no sorprende que el desarrollo se haya convertido en una fuerza tan destructiva para las culturas del llamado Tercer Mundo, irónicamente, en nombre de los mejores intereses de los pueblos”*.

A lo anterior, agrega que el desarrollo sostenible como estrategia global *“(…) es el último intento para articular modernidad y capitalismo. Implica la resignificación de la naturaleza como environment, la reinscripción de la Tierra como capital bajo la perspectiva de la ciencia, la reinterpretación de la pobreza como efecto de la destrucción del medio ambiente; y el desarrollo de nuevos modelos de contratos de administración y planeación a cargo de los Estados que fungen como árbitros entre la naturaleza y los pueblos. (…)* Este discurso del desarrollo ha sido el más efectivo operador de las políticas de representación e identidad en gran parte de Asia, África y América Latina desde la posguerra”.

En desarrollo de este mismo argumento, Escobar concluye que frente a lo que -a su juicio- ha caracterizado el fracaso del modelo del desarrollo existen otras alternativas: *“diversas experiencias a nivel mundial han demostrado que el modelo de desarrollo occidental (basado en la concepción del crecimiento económico) es la peor opción para las comunidades étnicas. Para acceder a modelos alternativos como el post-desarrollo las comunidades necesitan experimentar con estrategias alternativas de producción, y simultáneamente desarrollar una semiótica de resistencia a la reestructuración moderna de la naturaleza y de la sociedad”* (COLOMBIA, 2016, p.50-51).

Un precedente fundamental y que es retomado en este nuevo estudio de constitucionalidad, que denota un claro cambio en la apropiación epistémica del derecho en el país, es la Sentencia C-139 de 1996, a través de la cual la Corte declaró inconstitucional la

Ley 89 de 1890 al considerar que su lenguaje, al referirse a los pueblos indígenas como “salvajes” y sujetos de “civilización”, vulneraba el principio de dignidad humana y el mandato constitucional de reconocimiento de la diversidad étnica y cultural. Con ello, el Tribunal rechazó toda política integracionista que implique subordinación cultural, reafirmando el modelo pluralista y anticolonial de la Constitución de 1991.

5.29. En otra providencia, la **C-139 de 1996** se estudió la constitucionalidad de la ley 89 de 1890 que en algunos de sus artículos se refería a los indígenas como “salvajes” y objeto de “civilización”. En esta sentencia, la Corte consideró que la política integracionista de asimilación respecto de las comunidades étnicas contemplada en la norma demandada contradecía abiertamente la diversidad étnica y cultural establecida en la Constitución de 1991, en tanto:

“La terminología utilizada en el texto, que al referirse a “salvajes” y “reducción a la civilización” desconoce tanto la dignidad de los miembros de las comunidades indígenas como el valor fundamental de la diversidad étnica y cultural. Una concepción pluralista de las relaciones interculturales, como la adoptada por la Constitución de 1991, rechaza la idea de dominación implícita en las tendencias integracionistas” (COLOMBIA, 2016, p.58).

A su vez, en la Sentencia SU-510 de 1998, la Corte Constitucional reafirmó que el principio de diversidad étnica y cultural no es una consigna simbólica, sino una expresión jurídica del modelo democrático, participativo y pluralista de la Constitución. Este principio implica el reconocimiento legítimo de formas de vida, lenguas y cosmovisiones distintas de la tradición occidental, y exige aceptar la alteridad como fundamento de la convivencia intercultural.

5.30. Por su parte, en la sentencia **SU-510 de 1998**, la Corte sintetizó el principio de diversidad étnica y cultural indicando que es una consecuencia del carácter democrático, participativo y pluralista, y obedece a la aceptación de la multiplicidad de formas de vida, razas, lenguas, tradiciones y sistemas de comprensión del mundo diferentes a los de la cultura occidental. Es ese sentido señaló que *“para la Corte, el principio de diversidad e integridad personal no es simplemente una declaración retórica, sino que constituye una proyección, en el plano jurídico, del carácter democrático, participativo y pluralista de la república colombiana y obedece a ‘la aceptación de la alteridad ligada a la aceptación de la multiplicidad de formas de vida y sistemas de comprensión del mundo diferentes de los de la cultura occidental’”* (COLOMBIA, 2016, p.58).

Finalmente, en la Sentencia T-652 de 1998, la Corte reafirmó que la explotación de recursos naturales en territorios indígenas genera impactos estructurales en su modo de vida, por lo que el derecho a la consulta previa adquiere carácter esencial. Esta obligación busca equilibrar el desarrollo económico con la preservación de la integridad étnica y cultural de los pueblos, condición indispensable para su subsistencia colectiva y su autonomía territorial.

5.31. Ahora bien, en la sentencia **T-652 de 1998** que reiteró la **SU-039 de 1997** la Corte tuvo la oportunidad de examinar la relación entre los proyectos extractivos y de desarrollo y el deber de consulta previa a comunidades étnicas. En efecto, la Corporación encontró que la explotación de recursos naturales en los territorios tradicionalmente habitados por las comunidades indígenas origina fuertes impactos en su modo de vida, y por esa razón ratificó la doctrina constitucional de unificación relativa a la protección que debe el Estado a tales pueblos, y de manera muy especial consideró que en esos casos, su derecho a ser previamente consultados tiene carácter de fundamental:

“La explotación de los recursos naturales en los territorios indígenas hace necesario armonizar dos intereses contrapuestos: la necesidad de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales en los referidos territorios para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución (art. 80 C.P.), y la de asegurar la protección de la integridad étnica, cultural, social y económica de las comunidades indígenas que ocupan dichos territorios, es decir, de los elementos básicos que constituyen su cohesión como grupo social y que, por lo tanto, son el sustrato para su subsistencia. Es decir, que debe buscarse un equilibrio o balance entre el desarrollo económico del país que exige la explotación de dichos recursos y la preservación de dicha integridad que es condición para la subsistencia del grupo humano indígena.” (COLOMBIA, 2016, p.58-59).

Desde esta perspectiva, el extractivismo cognitivo y el colonialismo del conocimiento constituyen fenómenos estructurales que reproducen históricas relaciones de dominación epistémica, económica y territorial, especialmente en contextos marcados por desigualdades estructurales como el colombiano.

Estos procesos operan mediante la apropiación no consentida de saberes ancestrales, datos sensibles, biodiversidad y prácticas culturales, desarticulando sus vínculos bioculturales y despojando a las comunidades de su soberanía cognitiva y tecnológica.

Bajo una lógica tecnocrática de desarrollo, se consolidan mecanismos de exclusión en la producción, acceso y distribución del conocimiento, profundizando brechas ya existentes en el ejercicio efectivo del derecho humano a la ciencia.

En este escenario, la ciencia hegemónica se convierte en herramienta de subordinación cuando ignora los principios de interculturalidad, justicia epistémica y redistribución de beneficios. La persistencia de estructuras extractivas —materiales y epistémicas— revela la necesidad urgente de reconfigurar los marcos normativos y éticos hacia modelos de gobernanza científica responsables, plurales y reparativos.

Esto implica no solo dismantelar las lógicas coloniales que perviven en las prácticas de investigación e innovación, sino también avanzar hacia formas de co-producción de conocimiento que reconozcan la integralidad entre saber, territorio, cultura y vida, garantizando el acceso equitativo a los beneficios del progreso científico, tecnológico y social.

4.2 CONEXIÓN ESTRUCTURAL ENTRE DERECHOS HUMANOS Y DIVERSIDAD CULTURAL

De acuerdo con la Corte Constitucional de Colombia, los derechos bioculturales reconocen la relación entre biodiversidad y diversidad cultural, garantizando a los pueblos étnicos el control autónomo de sus territorios y recursos, conforme a sus sistemas normativos y cosmovisiones. Como lo muestra esa Corporación, esta categoría unifica los derechos al ambiente y a la cultura, en tanto expresión de una relación holística entre naturaleza y sociedad. Por tanto, su fundamento filosófico se articula desde una visión integradora, intergeneracional y universal, que reivindica la legitimidad epistémica y existencial de los pueblos indígenas y tribales.

5.11. A este respecto, lo primero que debe señalarse es que los denominados *derechos bioculturales*, en su definición más simple, hacen referencia a los derechos que tienen las comunidades étnicas a **administrar y a ejercer tutela** de manera autónoma sobre sus territorios -de acuerdo con sus propias leyes, costumbres- y los recursos naturales que conforman su hábitat, en donde se desarrolla su cultura, sus tradiciones y su *forma de vida* con base en la especial relación que tienen con el medio ambiente y la biodiversidad. En efecto, estos derechos resultan del reconocimiento de la profunda e intrínseca conexión que existe entre la naturaleza, sus recursos y la cultura de las comunidades étnicas e indígenas que los habitan, los cuales son interdependientes entre sí y no pueden comprenderse aisladamente.

Los elementos centrales de este enfoque establecen una vinculación intrínseca entre naturaleza y cultura, y la diversidad de la especie humana como parte de la naturaleza y manifestación de múltiples formas de vida. Desde esta perspectiva, **la conservación de la biodiversidad conlleva necesariamente a la preservación y protección de los modos de vida y culturas que interactúan con ella**. En un país tan rico en materia ambiental como Colombia que es considerado el quinto entre los diecisiete países más *megabiodiversos* del mundo, y que cuenta con bosques naturales y páramos en cerca del 53% de su territorio -que aportan agua al 70% de la población nacional- en los que habitan más de 54.871 especies animales y vegetales, existen 341 tipos de ecosistemas diferentes y 32 biomas terrestres, y que además entraña importantes culturas ancestrales, la protección y preservación de la diversidad cultural se convierte en un supuesto esencial para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica y viceversa.

5.12. Ahora bien, como concepto legal los derechos bioculturales buscan integrar en una misma cláusula de protección las disposiciones dispersas en materia de derechos a los recursos naturales y a la cultura de las comunidades étnicas, que en nuestra Constitución están presentes en los artículos 7°, 8°, 79, 80, 330 y 55 transitorio. En otras palabras, los derechos bioculturales no son nuevos derechos para las comunidades étnicas, en lugar de ello, son una categoría especial que unifica sus derechos a los recursos naturales y a la cultura, entendiéndolos integrados e interrelacionados. En este sentido, el autor indio Sanjay Kabir Bavikatte, uno de los más importantes teóricos mundiales en esta materia, ha resaltado que “*el concepto de derechos bioculturales es de vieja data. Ha sido ampliamente utilizado para indicar un modo de vida que se desarrolla dentro de una relación holística entre la naturaleza y la cultura. Los derechos bioculturales reafirman el profundo vínculo entre comunidades indígenas, étnicas, tribales y otro tipo de colectividades, con los recursos que comprenden su territorio, entre ellos flora y fauna*”.

5.13. Por su parte, el fundamento filosófico de los derechos bioculturales, se configura en una visión holística, caracterizada a partir de tres aproximaciones: (i) la primera, se materializa en la combinación de naturaleza con cultura: en donde la biodiversidad -entendida como un amplio catálogo de recursos biológicos- y la diversidad cultural -entendida como el conjunto de tradiciones, usos y costumbres culturales y espirituales de los pueblos- son consideradas elementos inescindibles e interdependientes; (ii) en la segunda, se analizan las experiencias concretas que las comunidades étnicas han vivido en el tiempo, con aciertos y errores, desde una perspectiva que valora el pasado y el presente y se proyecta hacia el futuro en función de establecer un diagnóstico del sistema actual -orientado exclusivamente a darle prioridad a los conceptos de desarrollo y desarrollo sostenible- con el objetivo de ayudarles a conservar su diversidad biocultural para las futuras generaciones; y finalmente, (iii) en la tercera, se resalta la singularidad y a la vez la universalidad que representa la existencia de los pueblos étnicos para la humanidad (COLOMBIA, 2016, p.48-49).

Por ese motivo, emprendió un importante recorrido jurisprudencial por el precedente de la entidad frente al tema. Bajo esa perspectiva, en la Sentencia C-519 de 1994, la institución declaró exequible la Ley 165 de 1994 y sostuvo que cualquier régimen de propiedad intelectual sobre diversidad biológica debe salvaguardar el conocimiento tradicional de las comunidades étnicas. Allí, subrayó que este conocimiento merece protección especial en virtud del deber estatal de preservar el patrimonio natural y cultural, conforme a los artículos 8º y 27 de la Constitución.

5.28. Posteriormente, la Corte examinó en la sentencia **C-519 de 1994** la constitucionalidad de la Ley 165 de 1994 aprobatoria del Convenio sobre la Diversidad Biológica suscrito por Colombia y al declararlo exequible, concluyó que la propiedad intelectual en materia de diversidad biológica no puede atentar ni desconocer el conocimiento tradicional de las comunidades étnicas. A este respecto, puntualizó que *“teniendo en consideración el enorme capital ecológico de nuestro país, reviste la mayor importancia que el Gobierno Nacional preste toda su atención al momento de deliberar en los foros internacionales, respecto a la conveniencia de establecer un régimen de propiedad intelectual en materia de diversidad biológica, pues en él debe gozar de protección especial el conocimiento tradicional de las comunidades indígenas, lo cual, por lo demás, tiene respaldo en el deber del Estado de proteger el patrimonio natural y ecológico de la Nación (artículos 8º y 27 C.P.)”* (COLOMBIA, 2016, p.57-58)

En esa misma dirección, en la Sentencia C-262 de 1996, la Corte Constitucional avaló la Ley 243 de 1995, subrayando la necesidad de proteger las prácticas tradicionales de las comunidades indígenas, negras y campesinas, dada su estrecha relación con los recursos naturales. A su turno, destacó que esta protección responde al deber constitucional de salvaguardar la diversidad biológica y cultural de la Nación.

5.54. De este modo, en la sentencia **C-262 de 1996**, en la que la Corte Constitucional revisó la Ley 243 de 1995 “Por medio de la cual se aprueba el Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales”. En esta providencia la Corte

consideró que era necesario proteger las prácticas tradicionales de producción de comunidades étnicas, como las indígenas, negras y campesinas, por la especial relación que existe entre ellas y los recursos naturales con los que ejercen su oficio, teniendo particular atención con el imperativo deber constitucional de resguardar y preservar la diversidad cultural y biológica de la Nación (COLOMBIA, 2016. p.72).

En esa misma dirección, en Sentencia T-574 de 1996, la Corte protegió los derechos de una comunidad afrocolombiana afectada por el vertimiento de petróleo en su zona de pesca, subrayando que el Estado debe garantizar su participación en decisiones ambientales que comprometan su subsistencia. Estableció que el desarrollo sostenible exige no solo la conservación ecológica, sino también la sostenibilidad social y cultural, asegurando el respeto por la identidad y los valores de las comunidades afectadas.

5.55. Otra decisión que tiene una especial relevancia es la sentencia **T-574 de 1996**, en la que conoció de una acción de tutela interpuesta por una comunidad afrocolombiana de pescadores de Salahonda (Nariño), que alegaban la vulneración de sus derechos a la libertad de oficio y a la ecología marítima, debido a las consecuencias perjudiciales que se generaron por el vertimiento de petróleo en las aguas donde desarrollaban su oficio de pesca, causado por la falta de mantenimiento de unas mangueras submarinas de propiedad de la empresa Ecopetrol S.A. En este caso, la Corte señaló que el Estado debía garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar el ambiente con el fin de proteger la diversidad e integridad ecológica y social y para planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

En esa medida, concluyó la Corte que el desarrollo sostenible es un proceso para mejorar las condiciones económicas, sociales y mantener los recursos naturales y la diversidad, que debe propender por garantizar la **sostenibilidad social** la cual “*pretende que el desarrollo eleve el control que la gente tiene sobre sus vidas y se mantenga la identidad de la comunidad*”; y la **sostenibilidad cultural**, que “*exige que el desarrollo sea compatible con la cultura y los valores de los pueblos afectados*” (COLOMBIA, 2016, p.73).

La Corte Constitucional ha reconocido que los pueblos indígenas, tribales y afrocolombianos conciben el territorio como una dimensión esencial de su existencia colectiva, no como un bien de apropiación individual, sino como un espacio vital interrelacionado con lo espiritual, político, social y ecológico. En consecuencia, su vínculo con la tierra trasciende el valor económico, configurándose como una condición de supervivencia cultural. De ahí la necesidad de proteger jurídicamente sus derechos colectivos sobre tierras y recursos ancestrales.

6.3. Como complemento de lo anterior debe agregarse que la Corte Constitucional, en reiterada jurisprudencia, ha reconocido que los pueblos indígenas, tribales y afrocolombianos tienen un concepto del territorio y de la naturaleza que resulta ajeno a los cánones jurídicos de la cultura occidental. Para estas comunidades, como se ha

visto, **el territorio -y sus recursos- está íntimamente ligado a su existencia y supervivencia desde el punto de vista religioso, político, social, económico e incluso hasta lúdico; por lo que no constituye un objeto de dominio sino un elemento esencial de los ecosistemas y de la biodiversidad con los que interactúan cotidianamente (v.gr. ríos y bosques).** Es por ello que para las comunidades étnicas el territorio no recae sobre un solo individuo -como se entiende bajo la concepción clásica del derecho privado- sino sobre todo el grupo humano que lo habita, de modo que adquiere un carácter eminentemente colectivo.

Por su parte, no puede dejar de observarse que para las comunidades étnicas los territorios -particularmente, en los que se han asentado ancestralmente- y los recursos naturales presentes en ellos no tienen una valoración o representación en términos económicos o de mercado; todo lo contrario, están íntimamente ligados a su existencia y supervivencia como grupos culturalmente diferenciados, desde el punto de vista religioso, político, social y económico. Por esta razón, el reconocimiento de los derechos a la propiedad, posesión y uso de las tierras y territorios ocupados ancestralmente de forma colectiva es fundamental para su permanencia y supervivencia (COLOMBIA, 2016, p.75-76).

En la Sentencia SU-383 de 2003, la entidad reafirmó que la concepción territorial de los pueblos indígenas y tribales integra dimensiones simbólicas, espirituales y sociales inseparables del entorno natural. Esta visión difiere radicalmente del ordenamiento espacial estatal, pues sus prácticas de manejo ambiental están ligadas a cosmovisiones que trascienden los marcos epistémicos de la ciencia occidental.

6.4. Así por ejemplo, en sentencia **SU-383 de 2003**, la Corte reiteró la importancia de la especial relación que tienen las comunidades étnicas con sus territorios, al indicar que la concepción territorial de los pueblos indígenas y tribales no concuerda con la visión de ordenamiento espacial que maneja el resto de la nación colombiana *“porque para el indígena, la territorialidad no se limita únicamente a una ocupación y apropiación del bosque y sus recursos, pues la trama de las relaciones sociales trasciende el nivel empírico y lleva a que las técnicas y estrategias de manejo del medio ambiente no se puedan entender sin los aspectos simbólicos a los que están asociadas y que se articulan con otras dimensiones que la ciencia occidental no reconoce”* (COLOMBIA, 2016, p.75-77).

En la Sentencia T-477 de 2012, la Corte protegió la identidad cultural de los pueblos étnicos frente a su uso comercial indebido, definiéndola como un conjunto de rasgos materiales, espirituales e intelectuales que generan sentido de pertenencia colectivo. Asimismo, en la C-1051 de 2012, sostuvo que cualquier normativa que afecte los territorios ancestrales y las prácticas agrícolas tradicionales sin participación efectiva de las comunidades vulnera el principio constitucional de diversidad étnica y cultural, al comprometer su supervivencia e identidad.

5.34. Por otra parte, la Corte también ha protegido la identidad e integridad cultural de las comunidades étnicas precisando su alcance teórico-conceptual, por ejemplo, para impedir el uso indebido o abuso de nombres propios y distintivos de la identidad indígena o étnica en productos occidentales con fines comerciales. En la sentencia **T-477 de 2012**, este Tribunal puntualizó que la identidad cultural *“es un conjunto de rasgos característicos (noción de identidad) de una sociedad o de un grupo social relacionados con su forma de vida, sus tradiciones y creencias en el ámbito espiritual, material, intelectual y afectivo que genera en sus integrantes un sentido de pertenencia a dicho colectivo social y que es producto de su interacción en un espacio social determinado (noción de cultura)”*.

5.35. Ahora bien, en la sentencia **C-1051 de 2012**, la Corte consideró que las normas del *Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales* al regular materias relacionadas con los recursos naturales y el territorio colectivo de pueblos ancestrales, que pueden terminar afectando a las comunidades étnicas colombianas al impedirles participar en la toma de decisiones sobre el manejo de sus usos, costumbres y actividades agrícolas resulta contrario a lo dispuesto por la Constitución en materia de diversidad étnica y cultural. En un sentido más amplio, esta Corporación estableció que **los grupos étnicos requieren para sobrevivir y para desarrollar su cultura del territorio en el cual están asentados**. A lo anterior, se agregó que *“desde ese punto de vista, el aprovechamiento de los recursos naturales que se encuentran en tales territorios, mediante el desarrollo de actividades comunes como la caza, la pesca y la agricultura, ‘es un asunto trascendental para la definición de la identidad particular y diversa de dichos pueblos’, lo que conlleva, entonces, el derecho de las comunidades a participar e intervenir en las decisiones que guarden relación con tales actividades”* (COLOMBIA, 2016, p.59 - 61).

De este modo, los derechos bioculturales garantizan que las comunidades conserven su herencia cultural distintiva, esencial para la preservación de la biodiversidad y la diversidad cultural global. No se trata de derechos patrimoniales bajo lógicas mercantiles, sino de derechos colectivos vinculados a formas tradicionales de gestión del entorno, basadas en ontologías indígenas que integran naturaleza, cultura y espiritualidad como un todo inseparable.

En efecto, estos derechos implican que las comunidades deben **mantener su herencia cultural distintiva**, que es esencial para el mantenimiento de la diversidad biológica y la diversidad cultural del planeta; estos derechos *“no son simplemente reclamaciones de propiedades en el sentido típico de la economía o del mercado, en el cual pueden ser un recurso alienable, commensurable y transables; más bien (...) los derechos bioculturales son los derechos colectivos de comunidades que llevan a cabo roles de administración tradicional de acuerdo con la naturaleza, tal como es concebido por las ontologías indígenas”* o tradicionales (COLOMBIA, 2016.p.50).

A partir de la óptica del fallo judicial en estudio, se puede indicar que el término “comunidad” define a una congregación étnica, ancestral o tradicional, como un sujeto colectivo conformado por pueblos indígenas, afrocolombianos o tribales, u otro grupo tradicional o ancestral, quienes comparten una identidad cultural propia, articulada a través de

formas tradicionales de vida, sistemas normativos propios, territorios colectivos y una relación histórica, espiritual y funcional con la naturaleza y sus recursos. Por ello, estas comunidades no solo tienen derechos individuales, sino también colectivos, y son titulares de derechos fundamentales diferenciados en razón de su vínculo profundo e interdependiente con el territorio, la biodiversidad y su cultura.

De ese modo, la bioculturalidad y los derechos bioculturales se fundamentan en la unidad estructural entre naturaleza y humanidad, reconociendo que la diversidad cultural es inseparable de la diversidad biológica. Esta interdependencia se manifiesta en modos de vida adaptativos, relaciones coevolutivas con el entorno, significados espirituales asociados a la naturaleza y prácticas ancestrales que enriquecen la biodiversidad. Por ello, las políticas y marcos normativos deben orientarse a la protección integral de la diversidad biocultural.

5.17. En resumen, se puede concluir que **la premisa central sobre la cual se cimienta la concepción de la bioculturalidad y los derechos bioculturales es la relación de profunda unidad entre naturaleza y especie humana**. Esta relación se expresa en otros elementos complementarios como: (i) los *múltiples modos de vida* expresados como diversidad cultural están íntimamente vinculados con la diversidad de ecosistemas y territorios; (ii) la riqueza expresada en la *diversidad de culturas, prácticas, creencias y lenguajes* es el producto de la interrelación coevolutiva de las comunidades humanas con sus ambientes y constituye una respuesta adaptativa a cambios ambientales; (iii) las relaciones de las diferentes culturas ancestrales con plantas, animales, microorganismos y el ambiente contribuyen activamente a la biodiversidad; (iv) *los significados espirituales y culturales* de los pueblos indígenas y de las comunidades locales sobre la naturaleza forman parte integral de la diversidad biocultural; y (v) la conservación de la diversidad cultural conduce a la conservación de la diversidad biológica, por lo que *el diseño de política, legislación y jurisprudencia debe enfocarse por la conservación de la bioculturalidad* (COLOMBIA, 2016. p.52).

En conclusión, la categoría este análisis permite evidenciar que el derecho a la ciencia no puede entenderse en abstracto, sino en profunda interrelación con los derechos culturales, étnicos y colectivos en el contexto pluriétnico y multicultural. Esta perspectiva exige reconocer la legitimidad epistémica de los saberes ancestrales como parte del pluralismo normativo y de la justicia cognitiva, superando visiones hegemónicas que históricamente han marginado otras formas de conocimiento.

En consonancia con los ejes estructurales de esta investigación, se concluye que la garantía del derecho humano a la ciencia debe considerar y, eventualmente, incorporar de forma efectiva las cosmovisiones indígenas, afrodescendientes y tradicionales, asegurando su acceso, autonomía y beneficio.

Así, se reafirma el deber del Estado de adoptar medidas diferenciadas que protejan los derechos bioculturales y territoriales como condiciones esenciales para la autodeterminación y la continuidad cultural de los pueblos, en un marco de progreso científico socialmente justo y ambientalmente sostenible.

De ese modo, permitir que las comunidades étnicas se les garantice la participación, el acceso y el beneficio del conocimiento científico implica implementar mecanismos jurídicos, institucionales y epistémicos que reconozcan sus sistemas propios de saber como legítimos y vinculantes. Eso podría significar, entre otras cosas, asegurar procesos de consulta previa e inclusión en la toma de decisiones, eliminar barreras estructurales que limiten su acceso (materiales, lingüísticas y educativas), y reconocer sus derechos colectivos sobre saberes y territorios.

4.3 RESPONSABILIDAD CIENTÍFICA Y CONSTITUCIÓN ECOLÓGICA

El Alto Tribunal ha sido claro en mostrar cómo la presencia del agua ha sido esencial para el surgimiento de la vida y las civilizaciones, constituyéndose en eje fundacional de las cosmogonías ancestrales. En Colombia, el río Atrato, uno de los más caudalosos del mundo, no solo representa una vía vital de comunicación y subsistencia, sino que configura un referente biocultural y territorial para las comunidades étnicas del Chocó, en donde sus pobladores han entrelazado su existencia, identidad y cultura con este ecosistema estratégico de altísima biodiversidad.

5.39. Tal es la importancia del agua en el planeta Tierra que sin su presencia no sería posible la vida como la conocemos. De hecho, todos los pueblos, culturas y tradiciones desde la más remota antigüedad en sus diferentes concepciones culturales, místicas o religiosas se asentaron a la orilla de grandes fuentes de agua, principalmente ríos, y encontraron en ellos un mito fundacional o de creación: sumerios, egipcios, hebreos, indios, chinos e incluso vikings por igual. Basta con comenzar por las civilizaciones asentadas en Mesopotamia, a orillas de los ríos Tigris y Éufrates, quienes imaginaron el universo -en su *Epopéya de Gilgamesh*, la obra literaria más antigua de la especie humana encontrada hasta el momento- como “una cúpula cerrada rodeada por un mar de agua salada primordial” que no era otra cosa que el origen mismo de la creación.

Para los egipcios que se desarrollaron gracias al río Nilo, “en el principio del tiempo tan solo existían inmensas masas de aguas turbias cubiertas por absolutas tinieblas” que constituían un océano infinito conocido por ellos como el océano primordial *Nun*, que contenía todos los elementos del cosmos.

Los hebreos escribieron en el libro del Génesis, el más antiguo de la Biblia, que los instantes previos a la creación se dieron cuando “la tierra estaba desordenada y vacía, y las tinieblas estaban sobre la faz del abismo, y el Espíritu de Dios se movía sobre la

faz de las aguas”. De igual forma, los indios, que se dispersaron a lo largo de los ríos Ganges e Indo, y los chinos a través del río Amarillo (Huang-He), también cantaron sus mitos de creación y sus gestas en relación a ellos.

Por su parte, los vikings -o tribus nórdicas, consideradas bárbaras por los romanos- explican el origen del mundo en un árbol llamado “*Yggdrassil, el gran fresno del mundo*” que nace de un pozo de agua donde se concentra toda la sabiduría del cosmos. Por último, la mayoría de cosmogonías fundacionales de nuestras tribus aborígenes explican el origen del universo a través de una íntima relación entre las lagunas y los ríos, la vegetación y los animales con un ser místico que procrea a la humanidad.

5.40. Ahora bien, descendiendo a una perspectiva nacional y al caso concreto sometido a la Corte, es necesario hacer referencia a uno de los ríos más importantes del país: el Atrato. Este, considerado como uno de los más caudalosos del mundo, nace en los Altos de la Concordia y los Farallones de Citará a una altura de 3.900 metros sobre el nivel del mar, en el cerro de Caramanta, jurisdicción del municipio de Carmen de Atrato, en el departamento de Chocó. El río Atrato, principal vía navegable del Chocó gracias al gran caudal de sus aguas, tiene 150 afluentes, algunos navegables; tiene 8 puertos y el principal es Quibdó. Navegable durante todo el año en sus 500 kilómetros para embarcaciones hasta de 200 toneladas, sirve de ruta al comercio del departamento, algunos municipios de Antioquia y el puerto de Cartagena. Este río no solo ha permitido la integración regional y cumple funciones de provisión de sustentos y comercio para el Chocó, sino que ha servido de referente de identidad cultural para las comunidades negras, mestizas e indígenas que han hecho de él y de sus afluentes su hábitat natural.

Con una superficie aproximada de 40.000 km², la cuenca del río Atrato se encuentra limitada por la Cordillera Occidental, la Serranía del Baudó y las prominencias del Istmo de San Pablo. Su cuenca hidrográfica no es tan grande en relación al volumen de agua que transporta, pero al encontrarse en la zona de mayor precipitación pluvial de América, denominada el Chocó biogeográfico, explica la razón de su inmenso caudal. Este territorio, de extraordinaria riqueza y complejidad es considerado como uno de los lugares con mayor biodiversidad del planeta. Su flora y fauna son inmensos y en buena parte aún están por conocer y valorar. Es rico en recursos minerales como el oro, platino, cobre, sal, roca fosfórica y en activos forestales. Las comunidades étnicas que habitan en él desde tiempos ancestrales, mayoritariamente negras, mestizas e indígenas, han hecho de esta cuenca, así como de todo el Pacífico, su territorio: el lugar en donde se reproduce la vida y se recrea su cultura (COLOMBIA, 2016. p.62-63).

Como se muestra, en el Chocó, la configuración histórica del poblamiento rural en torno a los ríos ha generado una organización socioespacial donde el río constituye el eje vital de la economía, la vida doméstica y la identidad cultural. Más que un recurso natural, el río es hogar, referencia simbólica y territorial, articulando prácticas cotidianas, vínculos sociales y sentidos de pertenencia profundamente arraigados en las comunidades locales.

6.2. En el caso del Chocó, la historia del poblamiento de las zonas rurales, principalmente durante el siglo XIX permite comprender el tipo de distribución dispersa sobre los ríos que caracterizan la región. Los asentamientos hacen del río un espacio central en todas las actividades económicas, domésticas y socioculturales de los pobladores locales. “*Incluso, el río constituye el principal factor de identidad cultural de esta región*”.

De acuerdo al informe en mención, las casas se han construido sobre pilotes en lo largo de los ríos, todo el transporte se basa en la movilidad por este mismo medio, mientras la pesca constituye una de las prácticas productivas más importantes para la

alimentación local además de ser fuente de ingresos. Las mujeres lavan la ropa y los utensilios de cocina en el río y de allí recogen el agua para consumir. Para los niños es el principal lugar de recreación y socialización: *“el río viene a ser el espacio social de las interacciones humanas cotidianas en tanto constituye la referencia simbólica de identidad de los individuos y de los grupos que viven a sus orillas”*. Asimismo el río constituye la más importante de las referencias geográficas. La procedencia de cada quien se señala por el río en el cual vive. Más que hacer referencia a un pueblo o vereda, lo que se menciona es el río. En efecto, existe una relación cercana e íntima entre el individuo y su río, lo que se observa en expresiones como *“no le gusta salir de su río o cuando yo vuelva a mi río”*. En esta configuración el río representa una noción de hogar, un fuerte sentimiento de pertenencia lleno de valores simbólicos, territoriales y culturales (COLOMBIA, 2016, p.75).

Pese a lo anterior, las actividades mineras ilegales en la cuenca del río Atrato han generado una degradación ambiental crítica, afectando ecosistemas acuáticos y terrestres mediante contaminación por mercurio y cianuro, deforestación masiva, alteración de cauces y pérdida de biodiversidad.

Una situación que representa una vulneración sistemática y estructural de derechos fundamentales de las comunidades étnicas y un riesgo ecológico de largo plazo cuya recuperación podría tomar décadas, exigiendo acciones urgentes de restauración, gobernanza ambiental y responsabilidad ambiental, cultural y científica.

9.15. ***En materia de afectaciones al medio ambiente*** (ríos, ciénagas y bosques), los representantes de las comunidades étnicas accionantes adujeron que los efectos nocivos del mercurio usado en actividades mineras ilegales, que concreta de la siguiente manera: *“(i) por contacto directo con la piel; (ii) por contaminación de la atmósfera cuando se quema la sustancia (al generar vapor y luego precipitaciones de lluvia ácida); (iii) por contaminación de las fuentes hídricas cuando el mercurio se vierte en los ríos se acumula en el agua, en las plantas y en los peces, que son la base del modo de vida y de las prácticas alimentarias de las comunidades étnicas. Añade que las comunidades étnicas que habitan en las márgenes del río Atrato (zonas alta, media y baja) sufren directamente los efectos de la contaminación por mercurio y cianuro en la medida en que todas sus actividades higiénicas, alimenticias, sociales y culturales se realizan en el río, a falta de infraestructura básica de acueducto y saneamiento básico”*.

En este sentido, agregaron que *“la contaminación por sustancias químicas también afecta los bosques y que a esto se suma la explotación forestal que se realiza desde hace años en la zona -en particular en la región del bajo Atrato- sin control estatal efectivo”*.

A lo anterior añadieron que *“esta degradación ambiental no solo responde a un problema de derechos colectivos sino a una violación sistemática de derechos fundamentales como la vida digna, salud, libertad de locomoción, al territorio, y a la autonomía. Advierte una profunda transformación de los modos tradicionales de vida de las comunidades (agricultura, pesca, caza) debido a la minería”*.

Respecto de los efectos principales de las actividades mineras ilegales en la cuenca del río Atrato y territorios aledaños, el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, en su intervención ante la Corte, confirmó la clase de afectaciones que se producen como consecuencia del desarrollo de tales actividades en ecosistemas acuáticos y terrestres. Concluyó que como consecuencia de las actividades de dragado

y de deforestación, pueden ocasionarse alteraciones “*como taponamientos y/o desvíos de cursos de agua, desecación de ciénagas, pérdidas en la conectividad de los ecosistemas acuáticos con graves efectos para la biodiversidad de la región*”. Así como, “*pérdida de cobertura vegetal, alteraciones del paisaje y pérdida de hábitat*”; a más de “*contaminación de los suelos y disposición inadecuada de sustancias químicas*”.

Adicionalmente, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, conceptuó que la minería ilegal que se realiza en la cuenca del río Atrato no sólo afecta el medio ambiente al producir grandes remociones de capa vegetal (árboles nativos, especies endémicas, selva), así como la sedimentación del lecho fluvial, sino que termina alterando de forma abrupta el cauce de los ríos, amenazando con ello la valiosa biodiversidad de la región, que como se vio en los antecedentes y en el fundamento 5.3 de esta providencia, es una de las más importantes del planeta.

Por su parte, la Defensoría del Pueblo, señaló que debido a la gran devastación de las selvas chocoanas causadas por la actividad minera ilegal, la entidad ha realizado varios recorridos por la región, que se han referido en informes y publicaciones, algunos de ellos ya reseñados anteriormente (fundamentos 9.6 a 9.12. Asimismo, indicó en la inspección judicial que las afectaciones más graves al medio ambiente en el río Atrato se producen por “*la carga de contaminantes químicos que se utilizan para el procesamiento del oro, caso mercurio, cianuro, grasas y aceites y combustibles que producen altos grados de turbidez y material que se encuentra en suspensión*”.

Adicionalmente, en su intervención en la diligencia de inspección judicial en Quibdó (Chocó), la Defensoría del Pueblo concluyó ratificando y reiterando sus observaciones sobre las vulneraciones al derecho a la salud y al medio ambiente por degradación de los ecosistemas y por contaminación de las fuentes hídricas, lo que aseveró “*ya constituyen un daño ambiental sumamente preocupante*”.

Por último, la Defensoría refirió en su informe de acompañamiento a la inspección que “*la actividad minera ilegal que se desarrolla en la cuenca del río Atrato y del San Juan en Chocó, está destruyendo de manera alarmante las selvas, los ríos, los ecosistemas, afectando la dinámica natural de la región y poniendo en riesgo el Chocó biogeográfico, una de las regiones más biodiversas del mundo. El uso de dragas, grandes y pequeñas, y retroexcavadoras dentro de los mismos cauces de los ríos, así como también en zonas periféricas de las cuencas ha afectado la dinámica hidráulica de los ríos Atrato, Andágueda y Quito y sus afluentes, ha destruido el cauce, generado la desaparición de la mayor parte de la fauna acuática y terrestre, ha alterado la dinámica natural y causado un caos ambiental en toda la región*”.

La Procuraduría General, en igual sentido, señaló que la minería ilegal, que se realiza con dragas y sustancias químicas tóxicas está acelerando sin precedentes “*la tasa de destrucción del hábitat en una limitada extensión geográfica, lo que no ofrece un futuro promisorio para la fauna. Se requieren importantes inversiones para adelantar trabajos de conservación, declaratoria de nuevos parques y reservas protegidas. Finalmente, es importante emprender estudios biológicos básicos, que permitan mantener la flora y la fauna que están desapareciendo más rápido que la capacidad de conocerlas*”.

Por último, el Instituto Humboldt realizó algunas estimaciones sobre lo que considera podría ser el proceso a seguir para lograr la recuperación del río Atrato, sus especies y ecosistemas acuáticos. Concluyó que “**la recuperación de la cuenca del río Atrato y sus afluentes podría tomar décadas**”. Asimismo, afirmó que los tiempos para la recuperación de un cuerpo de agua y de su bosque nativo “*dependen del nivel de afectación del mismo y por supuesto del alcance de lo que llamamos rehabilitación, bajo escenarios de minería hay que tener en cuenta que la degradación alcanza componentes estratégicos de los ecosistemas donde no solo la biota (organismos vivos), sino componentes como el agua y el suelo se ven afectados o perdidos por completo*”.

A lo anterior, agregó que en algunos casos se ha identificado que muchos sistemas boscosos de las zonas tropicales “**inician procesos de recuperación después de 30 años**, esto si se ha hecho una labor de restaurar las especies típicas de la zona y se ha trabajado sobre la remediación del suelo, que suele estar fuertemente afectado por metales pesados, si se espera una recuperación completa del sistema los tiempos incluso pueden triplicar”. En el caso concreto de contaminación por sustancias tóxicas como el mercurio, concluyó que “**algunos autores estiman una permanencia mayor a los 70 años si no se hacen actividades de remediación de dicho metal. Sin embargo, los estudios sobre tiempos de recuperación para región afectada aun son escasos y debería considerarse la máxima precaución frente a cualquier actividad minera. Con este objeto deben seguirse estudios de investigación de ecología aplicada a la restauración de ecosistemas acuáticos en restauración de selvas húmedas tropicales e investigación en escenarios post minería**, son vacíos de investigación científica que deben cubrirse con urgencia”. (Subrayado y negrilla fuera texto original) (COLOMBIA, 2016, p.121-123).

A partir de esta problemática, el Alto Tribunal señala que las concepciones antropocéntrica, biocéntrica y ecocéntrica configuran tres paradigmas ambientales contrapuestos. Mientras el primero subordina la naturaleza al interés humano, el segundo introduce nociones de interdependencia global y responsabilidad intergeneracional.

El tercero de ellos, de carácter ecocéntrico, redefine radicalmente el vínculo entre humanidad y naturaleza, reconociendo a ésta como sujeto de derechos, lo cual plantea al constitucionalismo ecológico el imperativo de una protección integral fundada en justicia, equidad y respeto por la vida en todas sus formas.

5.7. De acuerdo a las anteriores interpretaciones, se tiene que respecto del **enfoque antropocéntrico**, al ser el más extendido en occidente, responde a una antigua tradición filosófica y económica -que va desde los teóricos naturalistas como Smith y Ricardo hasta los pragmáticos neoliberales como Stiegler y Friedman- que ha concebido al hombre como el único ser racional, digno y completo del planeta. Desde este punto de vista, lo único que importa es la supervivencia del ser humano y solo en esta medida debe protegerse el medio ambiente, aún cuando admite la posibilidad de la explotación controlada de recursos naturales para promover el desarrollo estatal.

5.8. Por su parte, la **visión biocéntrica** deriva en un primer momento de una concepción antropocéntrica en tanto estima que la naturaleza debe protegerse únicamente para evitar la producción de una catástrofe que extinga al ser humano y destruya al planeta. Bajo esta interpretación la naturaleza no es sujeto de derechos, sino simplemente un objeto a disposición del hombre. Sin embargo, se diferencia del enfoque puramente antropocéntrico en la medida en que considera que el patrimonio ambiental de un país no pertenece en exclusiva a las personas que habitan en él, *sino también a las futuras generaciones y a la humanidad en general*. De tal manera que lo que ocurra con el ambiente y los recursos naturales en China puede terminar afectando a otras naciones, como a los Estados Unidos y a América Latina, como África y a Oceanía, lo que constituye una suerte de solidaridad global que, dicho sea de paso, encuentra fundamento en el concepto de desarrollo sostenible.

5.9. Finalmente, el **enfoque ecocéntrico** parte de una premisa básica según la cual la tierra no pertenece al hombre y, por el contrario, asume que el hombre es quien pertenece a la tierra, como cualquier otra especie. De acuerdo con esta interpretación, la especie humana es solo un evento más dentro de una larga cadena evolutiva que ha

perdurado por miles de millones de años y por tanto de ninguna manera es la dueña de las demás especies, de la biodiversidad ni de los recursos naturales como tampoco del destino del planeta. En consecuencia, esta teoría concibe a la naturaleza como un auténtico sujeto de derechos que deben ser reconocidos por los Estados y ejercidos bajo la tutela de sus representantes legales, verbigracia, por las comunidades que la habitan o que tienen una especial relación con ella.

5.10. En este orden de ideas, el desafío más grande que tiene el constitucionalismo contemporáneo en materia ambiental, consiste en lograr la salvaguarda y protección efectiva de la naturaleza, las culturas y formas de vida asociadas a ella y la biodiversidad, no por la simple utilidad material, genética o productiva que estos puedan representar para el ser humano, sino porque al tratarse de una entidad viviente compuesta por otras múltiples formas de vida y representaciones culturales, son sujetos de derechos individualizables, lo que los convierte en un nuevo imperativo de protección integral y respeto por parte de los Estados y las sociedades. En síntesis, *solo a partir de una actitud de profundo respeto y humildad con la naturaleza, sus integrantes y su cultura es posible entrar a relacionarse con ellos en términos justos y equitativos, dejando de lado todo concepto que se limite a lo simplemente utilitario, económico o eficientista* (COLOMBIA, 2016, p.45-48).

En el ordenamiento constitucional colombiano, la naturaleza y el ambiente son ejes transversales que trascienden su utilidad para el ser humano, al ser reconocidos como entidades con valor intrínseco. Esta visión implica asumir la interdependencia ecosistémica entre todos los seres vivos, en coherencia con el pluralismo étnico y cultural y con los saberes ancestrales de los pueblos indígenas y tribales. Desde esta perspectiva, se configura una comprensión ampliada de los derechos colectivos como derechos bioculturales, como lo expone la autoridad judicial a continuación.

Dicho en otras palabras: la naturaleza y el medio ambiente son un elemento transversal al ordenamiento constitucional colombiano. Su importancia recae por supuesto en atención a los seres humanos que la habitan y la necesidad de contar con un ambiente sano para llevar una vida digna y en condiciones de bienestar, pero también en relación a los demás organismos vivos con quienes se comparte el planeta, *entendidas como existencias merecedoras de protección en sí mismas*. Se trata de ser conscientes de la interdependencia que nos conecta a todos los seres vivos de la tierra; esto es, reconocernos como partes integrantes del ecosistema global -biósfera-, antes que a partir de categorías normativas de dominación, simple explotación o utilidad. Postura que cobra especial relevancia en el constitucionalismo colombiano, teniendo en cuenta el principio de pluralismo cultural y étnico que lo soporta, al igual que los saberes, usos y costumbres ancestrales legados por los pueblos indígenas y tribales. Es así como en el siguiente acápite precisamente se explorará una visión alternativa de los derechos colectivos de las comunidades étnicas en relación con su entorno natural y cultural, que se ha denominado, derechos bioculturales (COLOMBIA, 2016, p.48).

En consonancia con esto, en el constitucionalismo colombiano, el medio ambiente y la biodiversidad han adquirido un carácter normativo robusto, reflejado en la noción de Constitución Ecológica, que articula principios, derechos y deberes ambientales. Esta evolución responde a la necesidad de armonizar desarrollo económico, equidad social y

sostenibilidad ecológica, en un país megadiverso cuya riqueza biológica impone una responsabilidad jurídica global. En tanto, la protección de la biodiversidad no solo se justifica por su valor intrínseco, sino porque de ella depende la supervivencia humana y el funcionamiento de los ecosistemas que sustentan la vida.

Así las cosas, en nuestro constitucionalismo -que sigue las tendencias globales en la materia-, **el medio ambiente y la biodiversidad** han adquirido progresivamente valiosas connotaciones socio-jurídicas. Sin embargo, no ha sido un proceso fácil: la evolución conceptual del derecho a la par del reconocimiento de la importancia de la “madre tierra” y sus múltiples componentes frente a la estrategia del desarrollo sostenible han sido producto de un proceso complejo y difícil que aún genera controversia al intentar conciliar a un mismo tiempo tres elementos: el crecimiento económico, el bienestar social y la protección del medio ambiente en el entendido que esta conjugación permita la posibilidad de aprovechamiento sostenible de los recursos en el presente y en el futuro.

En este contexto, hay que recordar que Colombia ha sido reconocida por la comunidad internacional como un país “*megabiodiverso*”, al constituir fuente de riquezas naturales invaluable en el planeta, que amerita una protección especial bajo una corresponsabilidad universal. Por supuesto, esta consideración no ha sido gratuita, tal y como lo afirma el Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia en su intervención ante la Corte, en la que señala que:

“Colombia, en sus bosques, páramos, humedales, zonas secas y muchos otros ecosistemas, cuenta con miles de especies de plantas y animales -incluso con muchas más aún en proceso de descubrimiento e investigación-, además de una casi desconocida variedad de microorganismos. Muchas de estas especies y algunos ecosistemas presentes en Colombia son exclusivos, es decir, endémicos, por lo cual si ellos desaparecen de nuestro territorio desaparecerán de la faz de la tierra. Es por esto que el país tiene una gran responsabilidad de proteger estos ecosistemas únicos, además de ayudar en la conservación de toda la biodiversidad en general.

La conservación de la biodiversidad no se basa únicamente en la protección de especies y ecosistemas por su valor intrínseco: la supervivencia de las comunidades humanas está indudablemente ligada a la integridad de su medio ambiente. La mayoría de los bienes de aprovisionamiento que usamos (agua, alimentos, medicinas, combustibles, materiales de construcción, etc.) provienen directamente de o necesitan de ecosistemas en buen funcionamiento. Además, recibimos muchos otros beneficios indirectos de la biodiversidad, como regulación de ciclos hídricos, del carbono, del clima y servicios culturales”. (Subrayado y negrilla fuera de texto original).

5.4. En efecto, teniendo en cuenta que el medio ambiente y su biodiversidad hacen parte del entorno vital del hombre y que resulta indispensable para su supervivencia y la de las generaciones futuras, nuestra Carta Política, de manera acertada ha reconocido la importancia de dicho bien y, en consecuencia, se ha ocupado -desde temprana jurisprudencia- de fijar los presupuestos a partir de los cuales deben regularse las relaciones del Estado y la sociedad con la naturaleza, partiendo de mandatos específicos de conservación y protección del ambiente. Dichos presupuestos y mandatos conforman lo que la Corte ha llamado la Constitución Ecológica, definición que, por demás, está muy lejos de ser una simple declaración retórica en la medida en que comprende un preciso contenido normativo integrado por principios, derechos fundamentales y obligaciones a cargo del Estado (COLOMBIA, 2016, p.42-44).

Como se muestra, esta sección permite evidenciar que el ejercicio científico y tecnológico no es neutro ni exento de obligaciones éticas, jurídicas e institucionales. En el

marco de un orden constitucional que reconoce la protección del ambiente como eje estructurante, se impone la necesidad de someter la producción científica a principios como la precaución, la prevención, la sostenibilidad y la justicia ecológica. Esta perspectiva procura reevaluar los límites del derecho humano a la ciencia más allá de la libertad de investigación, incorporando dimensiones de responsabilidad intergeneracional, restauración ambiental y gobernanza participativa, los cuales se complementan con las dimensiones del derecho a la ciencia propuestas por ROMANO y BOGGIO.

Desde la comprensión de ROMANO y BOGGIO (2024), se mencionaba que se reconoce la libertad de investigación como un componente fundamental del derecho humano a la ciencia; no obstante, a su vez los autores advierten que esta no puede ser entendida como un principio absoluto o desvinculado de obligaciones éticas. La libertad debe ejercerse dentro de un marco de la ética pública, que incorpora garantías de inclusión, pluralismo epistémico y responsabilidad social, orientando la producción científica hacia fines compatibles con el interés general y el respeto por la diversidad cognitiva y cultural.

De ese modo, en contextos de desigualdad estructural como el colombiano, la actividad científica debe responder a los desafíos del acceso y la participación equitativa en el conocimiento, y debe orientarse hacia un progreso técnico, científico y tecnológico que contribuya al bienestar colectivo y no al deterioro ecosistémico. Una muestra de ello reside en la falta de integración de procesos científicos que permitan evidenciar el impacto del mercurio y el cianuro sobre el Río Atrato.

En consecuencia, la Constitución Ecológica y la jurisprudencia sobre derechos bioculturales configuran un marco normativo que redefine el rol de la ciencia en clave de transformación social, defensa de la vida y reequilibrio territorial. Así las cosas, esta categoría contribuye de forma sustantiva a consolidar una ciencia comprometida con la justicia ambiental, epistémica y social. Por ello, este estudio revela la necesidad imperativa de repensar la actividad científica en función de los límites biofísicos del planeta y del marco constitucional que protege la biodiversidad como bien jurídico superior.

En contextos como el de la cuenca del río Atrato, donde confluyen vulnerabilidades ecológicas, desigualdades estructurales y afectaciones sistemáticas a comunidades étnicas, se constata que la omisión o inadecuada acción estatal frente a daños ambientales generados por tecnologías extractivas constituye una forma de irresponsabilidad científica institucionalizada.

En este marco, el principio de precaución, la justicia ecológica y el reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derechos exigen una gobernanza científica basada en la sostenibilidad, la interdependencia de los ecosistemas y la reparación integral del daño. La ciencia (en tanto bien común y motor del progreso social) debe someterse a un escrutinio ético y jurídico riguroso, guiado por el derecho humano a la ciencia y por la obligación estatal de proteger tanto a las comunidades como a los entornos naturales que sostienen su existencia.

Como se observa, esta categoría de análisis promueve la articulación de un mandato constitucional y epistémico: todo desarrollo científico y tecnológico debe ser evaluado no solo por su eficiencia o productividad, sino por su compatibilidad con la vida, la equidad territorial y la dignidad intergeneracional.

En este sentido, la responsabilidad científica, interpretada como un principio normativo, ético y político, adquiere una dimensión crítica en el contexto del constitucionalismo cultural y científico frente a las nuevas formas de dominación que emergen del colonialismo digital.

Esta última se manifiesta como una estructura de apropiación sistemática de datos, conocimientos y prácticas culturales de comunidades y sujetos colectivos, sin mediación de consentimiento informado ni beneficios compartidos. En ese marco, la ciencia y la tecnología no pueden asumirse como actividades neutrales, pues al operar bajo lógicas tecnocráticas y capitalistas, contribuyen a profundizar desigualdades estructurales, exclusión epistémica y control material o algorítmico de poblaciones vulnerables.

Desde el constitucionalismo cultural, que reconoce el pluralismo jurídico, la diversidad epistémica y los derechos colectivos, la responsabilidad científica exige una revisión profunda de los modelos de innovación y de producción de conocimiento, en tanto deben garantizar la autodeterminación digital, la soberanía tecnológica y el respeto a los saberes ancestrales.

Del mismo modo, impone el deber de diseñar marcos institucionales que regulen los impactos de la inteligencia artificial, el big data y la vigilancia masiva, a partir de principios como la precaución, la transparencia, la participación informada y la justicia interseccional más allá del antropocentrismo, el etnocentrismo y el capitalismo cognitivo. Esta perspectiva crítica orienta el derecho a la ciencia hacia una práctica descolonizadora, emancipadora y comprometida con la dignidad humana y la sostenibilidad de la vida.

Desde esta perspectiva, el Estado, como garante del interés público, tiene el deber constitucional de proteger simultáneamente al ser humano y a la naturaleza, en un marco que respete la diversidad cultural y biológica del país. No obstante, esta obligación no recae exclusivamente en la esfera estatal: también los particulares comparten la responsabilidad de salvaguardar estos principios, en virtud del mandato constitucional de corresponsabilidad ambiental y del deber general de acatar y promover los valores fundantes del orden jurídico.

Según BALKIN (2017), en razón de los cambios tecnológicos, la regulación de la libertad de expresión no se limita a la acción estatal directa, sino que surge de una compleja interacción entre sistemas públicos y privados, caracterizada por dinámicas de cooperación y cooptación. En la denominada Sociedad Algorítmica (*Algorithmic Society*), los gobiernos ejercen control no sólo mediante normas jurídicas, sino también a través de la presión ejercida sobre plataformas digitales de propiedad privada, quienes detentan el poder a través de la arquitectura de control, configurando formas indirectas de regulación.

Este fenómeno revela una dimensión clave para comprender los nuevos modos de gobernanza y regulación esenciales para esta investigación, que resultan particularmente útiles para analizar prácticas como la minería ilegal, las cuales no solo encarnan formas de ilegalidad, sino que probablemente proponen evidencias y posibles aristas de alegalidad o supralegalidad útiles para comprender el colonialismo digital, en tanto operan en márgenes normativos difusos o deliberadamente no regulados.

Frente a este tema, vale mencionar que de forma posterior al fallo T-622 de 2016, la Corte Constitucional de Colombia ha reafirmado su posición y ha emitido la Sentencia T-106 de 2025, la cual fue proferida concretamente el 25 de marzo de 2025. En dicha resolución judicial, ese Alto Tribunal reconoce la vulneración sistemática de derechos fundamentales colectivos de los pueblos indígenas del macro-territorio de los Jaguares del Yuruparí, causada por la minería de oro y la contaminación por mercurio. En esa decisión señalaría la Corte Constitucional de Colombia:

Hee Yaia Ketí Oka es el pensamiento de los jaguares del Yuruparí. Jaguares, porque, según las historias de origen, los habitantes del territorio descrito descienden del espíritu del mayor felino del continente. Sus ancestros adoptaron la forma de los jaguares antes de convertirse en personas y aún hoy algunos mayores lo hacen en los rituales del Yagé, planta sagrada del territorio, junto con la coca y el tabaco.

Un pensamiento y una sabiduría creados en el devenir de la mente sobre el territorio, en un recorrido por los hitos sagrados que van desde la Puerta de las aguas (Delta del Amazonas, en Brasil) hasta la gran Maloca, ubicada para los no-indígenas en el Vaupés. En la sesión técnica realizada entre los accionantes y la Corte Constitucional para ampliar la comprensión del caso desde una perspectiva intercultural, los

representantes de las asociaciones y concejos accionantes explicaron que en estos recorridos los mayores, payés o pensadores, visitan más de mil lugares sagrados.

[...]

Por esta razón, en el texto de esta providencia la palabra de los jaguares ocupa un lugar central. Contenida en la acción de tutela, en la sesión técnica de diálogo intercultural y en las distintas intervenciones de los accionantes ante la Corte, así como en el texto *Hee yaia godo bakari*, que condensa muchos años de trabajo colaborativo en torno a la cultura de la gente de afinidad del Yuruparí.

De acuerdo con los accionantes y las pruebas disponibles, se trata de una zona geográfica donde no ha llegado la deforestación y en la que los pueblos accionantes defienden un enfoque de conservación ambiental y una economía de caza, pesca y agricultura menor, en chagras. En el centro de las afectaciones que denuncian aparece la minería del oro, primero, por el uso intensivo del mercurio que contamina el agua, envenena a los peces e intoxica a los seres humanos. Segundo, por la extracción misma del oro, que en la cosmovisión de los jaguares es necesario para curar el mundo.

La Sala dividió el estudio de constitucionalidad en tres grandes secciones o libros. El azul, sobre identidad y territorio; el verde, sobre ambiente y minería; y, el amarillo, sobre salud y seguridad alimentaria.

En el Libro Verde, o de las aguas y sus afectaciones, la Sala observó que está plenamente documentada la minería del oro en el macroterritorio; y que si bien existe una discusión entre las accionantes y las accionadas en torno al concepto de minería legal e ilegal, al punto que para los pueblos accionantes toda minería es ilegal, mientras el Estado apuesta a la formalización minera, lo cierto es que el uso del mercurio es indiscutible, pues sus huellas están grabadas en los ríos y los cuerpos.

Las fuentes de agua deben reposar y el Estado debe iniciar una estrategia de remediación y conservación, en lo posible, de la región. Esta región y los jaguares tienen una especial relación espiritual, como se explica en el Libro Azul o sobre el árbol de la vida; y, además, hace parte del bioma más importante del planeta para enfrentar el calentamiento global o la crisis climática. El convenio de Minamata cuenta con mecanismos de cooperación internacional que deben ser activados por el Estado.

En el Libro Azul o sobre el árbol de la vida, la Sala concluyó que la identidad de los jaguares está amenazada por la contaminación de las fuentes de agua, por el desconocimiento de las autoridades por parte de la institucionalidad no-indígena; y consideró que el territorio se ve afectado también pues las fuentes de agua que lo definen están en peligro. La Sala observó, además, que el territorio debe ser protegido y que existe para ello un mecanismo de la Constitución Política. Una promesa constitucional incumplida, como es la creación, constitución y puesta en marcha de las entidades territoriales indígenas.

Como los accionantes habitan áreas no municipalizadas del país, la creación de las ETI es aún más acuciante.

En el Libro Amarillo, o sobre los alimentos y el bienestar, la Sala constató que la principal fuente de proteína de los pueblos accionantes se encuentra contaminada por mercurio. Que este metal se hace más tóxico en la cadena trófica (o alimentaria), que se convierte en metilmercurio en el agua, que se desplaza con rapidez y que su concentración aumenta a medida que va de los peces pequeños a los más grandes hasta llegar a los seres humanos.

La Sala comprobó, en fin, que el sistema de salud propio de los jaguares está en riesgo, como están en riesgo sus sabios tradicionales; que el Sistema Indígena de Salud Propio, como iniciativa nacional, aún está lejos de implementarse y que los

problemas de acceso al sistema general son muy significativos. En adición a todo lo expuesto, la Sala evidenció que no hay ninguna estrategia de articulación entre la salud propia y el sistema general y que la atención en salud prevista en una sentencia de este tribunal para el departamento de Vaupés (Sentencia T-357 de 2017) actualmente no se está adelantando.

No es una sorpresa, al retornar desde las ramas de cada libro a la raíz de la narración, observar cómo las afectaciones a la identidad y el territorio se derivan de la contaminación por mercurio, que este fenómeno atenta contra la salud y, en especial, de las mujeres y que las fuentes de agua, peces y personas que actualmente deben enfrentar este agente externo al territorio y la cultura contaminadas ponen en riesgo la pervivencia de los pueblos, es decir, su identidad y territorio. El carácter holístico o integral de las afectaciones fue denunciado por los pueblos y ha sido comprobado por la Corte. Las autoridades públicas, entretanto, dan la espalda a la articulación, concertación y coordinación, calificando incluso los territorios de los accionantes como lugares inhóspitos, evocando imágenes de La Vorágine, es decir, imágenes de la incompreensión de las culturas de hace más de un siglo (COLOMBIA, 2025).

Aunque la Sentencia T-106 de 2025 fue proferida hace tan poco tiempo que no logró ser plenamente incorporada en el marco de este estudio, ésta constituye una manifestación inequívoca de la consolidación de una línea jurisprudencial robusta por parte de la Corte Constitucional de Colombia.

Dicha decisión reitera su posición y reafirma su compromiso con un enfoque de constitucionalismo ecológico y cultural, al integrar de manera coherente y progresiva los derechos ambientales, territoriales y culturales, y al reconocer la interdependencia estructural entre la protección de la naturaleza, la diversidad étnica y la dignidad humana.

Como se evidencia, Las decisiones de la Corte Constitucional de Colombia, reconocen el valor de la sabiduría ancestral *Hee Yaia Ketí Oka*, la cual converge con la *Honorable Harvest* descrita en sus observaciones por Robin Wall Kimmerer, en una visión profundamente relacional del mundo, fundada en la responsabilidad mutua, el respeto recíproco y la interdependencia entre seres humanos, naturaleza y conocimiento.

Como se explica, las dos visiones se fundamentan en una lógica relacional que privilegia el equilibrio, la reciprocidad y el respeto mutuo como principios rectores de la vida. En ambas filosofías, la naturaleza no es un recurso, sino una entidad viva y dotada de agencia, cuyos dones deben ser aceptados con humildad, gratitud y responsabilidad. Esta conexión establece un marco normativo común: solo se toma lo que es ofrecido, no se toma primero, se evita el desperdicio, se protege la fuente del don, se reintegra algo significativo, y se actúa en función del bien colectivo.

Estas sabidurías no solo coinciden en presentar un fuerte contenido ético que rompe con la lógica extractivista, sino que también se complementan al ofrecer modelos de relación sustentados en el respeto profundo por la vida y por la continuidad de los ciclos ecológicos y culturales.

Como se muestra, es probable que en esta sabiduría residan importantes lecciones para nuestras sociedades modernas que aún desconocemos, o tal vez no hemos querido, o no hemos podido recordar.

CONSIDERACIONES FINALES

Desde su planteamiento inicial, esta investigación se propuso establecer un marco mediante el cual reflexionar críticamente sobre el carácter ambivalente del progreso científico y tecnológico en las sociedades contemporáneas. De esa forma, a partir del caso del Proyecto Manhattan y la creación de la bomba atómica, procuró examinar el modo en el que los avances científicos, lejos de ser moralmente neutros, pueden generar profundas tensiones éticas, sociales y políticas.

Por ello se pone de relieve el denominado “dilema científico”, que enfrenta al conocimiento como fuerza emancipadora con su capacidad simultánea de generar efectos destructivos. Esta tensión interpela directamente la responsabilidad colectiva en la orientación ética, política y social del desarrollo científico, exigiendo marcos normativos que garanticen su conducción hacia fines compatibles con la dignidad humana y la sostenibilidad global.

En este escenario, el progreso científico se conceptualiza como un fenómeno intrínsecamente sociopolítico, lejos de ser un fenómeno lineal de acumulación técnica. Eso permite comprender la ciencia como una dinámica relacional que reconfigura estructuras de poder, distribuciones de conocimiento y patrones de desigualdad.

A partir de esta perspectiva crítica, la investigación abordó cuestiones como la autonomía tecnológica y los riesgos epistémicos derivados del uso de tecnologías emergentes, con especial atención a la inteligencia artificial, sin circunscribir el análisis exclusivamente a esta tecnología, sino aludiendo a ello como caso ilustrativo de problemáticas más amplias que se vienen presentando en el entorno técnico.

El planteamiento de la investigación surge de la creciente preocupación frente a los impactos éticos y regulatorios de las tecnologías que adquieren un comportamiento cada vez más autónomo, cuestionando los límites de la comprensión humana. En consecuencia, se formula la pregunta central: ¿Cómo deben los científicos asumir la responsabilidad de controlar el impacto de sus descubrimientos?

De ese modo, la problemática estructuró el eje central de la investigación, desplegándose en temas relativos a la ética de la tecnología, los efectos colaterales no anticipados, los límites del control humano sobre procesos autónomos y la urgencia de establecer mecanismos democráticos y deliberativos para la gobernanza de sistemas científico-tecnológicos complejos.

Eso permitió desarrollar una fundamentación crítica sobre la noción de progreso científico y tecnológico, cuestionando su supuesta neutralidad y exponiendo dicha circunstancia como un fenómeno profundamente atravesado por dimensiones políticas, éticas y sociales. Una mirada que permite adoptar una postura contextualizada del progreso, desnaturalizando su vínculo con la idea de desarrollo lineal y acumulativo, y revelando sus implicaciones estructurales en la configuración de desigualdades.

Por esa razón, desde el principio, el análisis se estructuró en torno a ejes temáticos fundamentales que permitieron abordar la complejidad de las interacciones entre conocimiento, poder y responsabilidad. Esta articulación se ilustra mediante una analogía crítica con el mito de Prometeo, que opera como marco simbólico para problematizar la figura del científico, encarnado en la figura de J. Robert Oppenheimer, cuya trayectoria evidenció las tensiones éticas del ejercicio científico en contextos de alta implicación sociotécnica y política.

Desde esta perspectiva, se revisó la relación entre el científico y su creación, particularmente en cuanto a su potencial uso con fines destructivos, lo que inauguró una nueva era caracterizada por la incertidumbre y el riesgo. Conforme con eso, se sostiene que, al igual que Prometeo desafió los límites impuestos por los dioses, la ciencia transgrede los umbrales de lo humano y lo moral, dando lugar a tecnologías con impactos irreversibles, como la inteligencia artificial general o la energía nuclear, cuyas implicaciones éticas y políticas demandan una reflexión crítica y regulaciones robustas.

Eso permitió explorar cómo el desarrollo científico y tecnológico, en lugar de favorecer una distribución equitativa de sus beneficios, posiblemente ha intensificado las desigualdades estructurales a escala global. Mediante indicadores como el coeficiente de Gini y la concentración del ingreso, se evidenciaron profundas asimetrías, particularmente en América Latina, donde el acceso al conocimiento y sus aplicaciones están condicionados por lógicas de exclusión económica, concentración de poder y dependencia tecnológica.

Ello cuestiona la noción de la ciencia como bien común universal, al evidenciar su carácter de recurso estratégicamente distribuido según intereses geopolíticos. Dentro de ello, se destaca el papel central de las grandes corporaciones tecnológicas —como Apple, Microsoft y Alphabet— en la consolidación de un nuevo orden económico digital, marcado por la concentración de capital y la profundización de relaciones asimétricas de dependencia tecnológica, especialmente en los contextos periféricos y del Sur Global.

De allí se denota que el avance tecnológico no implica necesariamente progreso social, ya que los procesos de innovación pueden desarrollarse en paralelo a dinámicas de exclusión, precarización laboral y erosión de la soberanía científica y cognitiva. Una serie de efectos que se agudizan en contextos donde las asimetrías estructurales limitan la apropiación autónoma del conocimiento y refuerzan dependencias tecnológicas y epistémicas frente a los centros de poder global.

Así, se estableció una distinción analítica entre progreso científico, tecnológico y social, resaltando sus diferencias conceptuales y finalidades específicas. El progreso científico se refiere a la producción de conocimiento validado mediante metodologías rigurosas; el tecnológico, a su aplicación práctica en artefactos, procesos o sistemas; y el social, a los efectos concretos de ambos sobre la equidad, el bienestar y la calidad de vida. Esta diferenciación resulta clave para problematizar la presunción de equivalencia entre desarrollo técnico y mejora humana.

Dicha distinción permitió cuestionar las narrativas que equiparan automáticamente el avance técnico con el bienestar social. En este sentido, se analizó cómo una ciencia desanclada de principios éticos y de mecanismos de control democrático puede perpetuar dinámicas de exclusión, mercantilización del conocimiento y falta de transparencia institucional. Por eso se enfatizó que según el marco normativo del derecho humano a la ciencia —en particular el PIDESC y la Observación General N.º 25—, el conocimiento científico alcanza plena legitimidad cuando es accesible, distribuido equitativamente y orientado al interés público y al bien común.

Asimismo, se delinearon los fundamentos teóricos, históricos y normativos del derecho humano a la ciencia, subrayando su carácter multidimensional y su consolidación en instrumentos internacionales de derechos humanos. Algo que destacó especialmente su dimensión ética, articulada en torno al principio de responsabilidad científica, entendido como vínculo normativo entre el desarrollo tecnológico, la equidad social y la justicia epistémica. Esta perspectiva permitió resignificar la ciencia no sólo como producción sistemática de conocimiento, sino como práctica orientada al bien común, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social.

Ello permitió reconstruir una genealogía del derecho humano a la ciencia, desde su reconocimiento inaugural en el artículo 27 de la Declaración Universal de Derechos Humanos (1948) hasta su formalización en el artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos

Económicos, Sociales y Culturales (1966). Este recorrido evidenció su condición de derecho en proceso de consolidación, aún limitado en su desarrollo normativo y aplicación jurisprudencial. Un acto que resaltó, además, el rol protagónico de América Latina en su reivindicación como instrumento para democratizar el conocimiento, fomentar la inclusión epistémica y enfrentar las desigualdades estructurales del sistema científico global.

Fue con fundamento en las reflexiones de Heidegger, Ellul y Winner, que se problematizó la supuesta neutralidad de la técnica, revelando su imbricación con estructuras de poder económico y político. Frente a eso, fue argumentado que el progreso científico no se desarrolla en un vacío axiológico, sino que está permeado por dinámicas como la lógica de mercado, la concentración corporativa y la racionalidad instrumental. Estas fuerzas configuran la dirección de la innovación y pueden restringir la justicia distributiva en el acceso, producción y circulación del conocimiento, contribuyendo a la reproducción de desigualdades estructurales a nivel global.

En este contexto, el derecho humano a la ciencia fue conceptualizado como un “*supercluster*” de derechos interdependientes, conforme a las sub-categorías desarrolladas por Romano y Boggio. Esta noción permitió una comprensión holística del derecho, al integrar dimensiones clave como: i) la libertad de investigación; ii) el acceso equitativo al conocimiento; iii) la participación pública en la toma de decisiones científicas; y iv) el goce colectivo de los beneficios derivados del progreso científico. Tal enfoque refuerza la necesidad de una gobernanza inclusiva y orientada al bien común en los sistemas de ciencia y tecnología.

Bajo esta propuesta, se adoptó una visión ampliada del derecho humano a la ciencia, fundamentada en los principios de inclusión, ética y responsabilidad. Esta concepción establece un marco normativo que vincula el desarrollo científico con los imperativos de justicia social y epistémica, subrayando la necesidad de garantizar condiciones equitativas para la producción, acceso y aplicación del conocimiento, así como su orientación hacia el bien común y la transformación de desigualdades estructurales.

En virtud de eso, el derecho a la ciencia es entendido como un conjunto de principios normativos que orientan la práctica científica hacia valores democráticos. Un conjunto inscrito bajo una ética que no sólo impone límites frente a potenciales daños, sino que promueve activamente la inclusión de actores históricamente marginados, el reconocimiento de múltiples formas de producción de conocimiento (pluralismo) y la responsabilidad social

frente a los impactos del saber. Un orden según el cual, la investigación científica no se concibe como una actividad neutral ni autorreferencial, sino como una práctica situada que debe responder a criterios de equidad, transparencia y compromiso con el bien común.

Dentro este ámbito, el derecho humano a la ciencia incorpora el concepto de “anticipación responsable” como principio orientador del desarrollo científico, el cual implica la obligación de prever, mitigar y gestionar los posibles efectos adversos derivados de la innovación. Algo que enfatiza en la necesidad de consolidar prácticas científicas transparentes, éticamente fundamentadas y socialmente orientadas, que respondan no solo a criterios de eficiencia técnica.

A su vez, el derecho humano a la ciencia incorpora la participación activa de la ciudadanía como condición esencial para asegurar la legitimidad democrática en los procesos de producción, aplicación y gobernanza del conocimiento científico. Este enfoque reconoce a las personas y comunidades no solo como destinatarias de los beneficios del saber, sino como sujetos con capacidad y derecho a intervenir en las decisiones que afectan su entorno, particularmente en contextos mediados por tecnologías emergentes y de alto impacto social, donde la inclusión deliberativa resulta clave.

Este derecho se orienta, además, hacia la distribución equitativa de los beneficios derivados del progreso científico, lo cual incluye el acceso justo a tecnologías, conocimientos y desarrollos que mejoren la calidad de vida. Algo que supone el reconocimiento del derecho a participar en procesos de toma de decisiones informadas, fortaleciendo así una ciencia comprometida con el bien común.

En consecuencia, el análisis se enmarca en el contexto colombiano y adopta el derecho humano a la ciencia como eje normativo y hermenéutico central. Esta perspectiva permite realizar una crítica estructural al colonialismo epistémico, incluyendo su manifestación como extractivismo de datos, y cuestionar la configuración de un modelo científico automatizado, excluyente y desanclado de marcos éticos y deliberativos. Por esto, se aboga así por una ciencia socialmente situada, plural y comprometida con la justicia cognitiva.

Según esta línea de análisis, existen posibles tensiones entre el desarrollo científico, la desigualdad estructural y la gobernanza normativa del derecho humano a la ciencia en el contexto colombiano. A través de un enfoque interdisciplinario, se examinó el caso del río Atrato como un nodo crítico de intersección entre derechos ambientales, epistemologías

territoriales y responsabilidad científica, permitiendo visibilizar las disputas en torno al reconocimiento de saberes locales y la equidad.

Así, la elección de Colombia como campo de estudio se fundamentó en tres elementos que lo convierten en un contexto particularmente propicio para abordar la problemática: i) su robusto marco constitucional en materia de derechos humanos; ii) su reconocida condición de país pluriétnico y megadiverso; y iii) un entorno normativo dinámico y en constante reconfiguración. Estas características posicionan a Colombia como un escenario de experimentación jurídica y política idóneo para analizar el desarrollo del derecho humano a la ciencia.

Esto permitió desarrollar un análisis filosófico-jurídico orientado a problematizar cómo el paradigma moderno del conocimiento ha operado históricamente bajo una lógica de dominio. Esta racionalidad tecnocientífica ha servido de fundamento para la legitimación de proyectos extractivos que desestiman los saberes ancestrales y vulneran los derechos territoriales de comunidades locales, profundizando así las asimetrías en contextos marcados por la colonialidad del saber y del poder.

Bajo este enfoque, se adoptó el estudio de caso como metodología principal, siguiendo el enfoque propuesto por YIN (2018), lo que permitió un análisis contextualizado, profundo y multidimensional de las interacciones entre derecho, tecnología y sociedad. Esta estrategia metodológica facilitó la comprensión situada de fenómenos complejos, integrando variables jurídicas, sociotécnicas y culturales, y posibilitó la identificación de marcos normativos sensibles a las particularidades locales.

Desde esta perspectiva, la selección del caso del río Atrato se fundamentó en su relevancia ecológica, simbólica y jurisprudencial. Por ello, la Sentencia T-622 de 2016, que reconoce al río como sujeto de derechos, representa un precedente normativo de gran trascendencia, al permitir la articulación de conceptos como bioculturalidad, la sostenibilidad ambiental y responsabilidad científica. Este caso ofrece un marco idóneo para explorar la intersección entre derechos de la naturaleza, saberes territoriales y gobernanza del conocimiento en contextos de alta diversidad socioecológica.

Por consiguiente, el análisis se articuló en torno a tres categorías clave que permitieron una comprensión integral y crítica del fenómeno estudiado: el derecho humano a la ciencia, justicia epistémica, responsabilidad científica, extractivismo cognitivo y constitucionalismo ecológico. Estas categorías operaron como ejes analíticos interrelacionados, facilitando la

exploración de las tensiones entre conocimiento, poder y sostenibilidad en contextos marcados por profundas desigualdades socioambientales y simbólicas.

En lo concerniente a la exposición de los resultados de esta investigación, la Sentencia T-622 de 2016 fue empleada como fuente documental principal, permitiendo un análisis exhaustivo de su fundamentación normativa, estructura argumentativa y principios constitucionales aplicados, así como el acervo probatorio considerado y el impacto socio-ambiental ocasionado. La Corte Constitucional estableció con esta sentencia un precedente transformador, al redefinir los marcos jurídicos de los derechos de la naturaleza e incorporar el conocimiento científico como herramienta clave para su protección y restauración.

Concretamente el análisis de las categorías permitió evidenciar que el denominado “extractivismo cognitivo” puede ser comprendido como una manifestación contemporánea del colonialismo epistémico, caracterizado por la apropiación sistemática de saberes y conocimientos —tanto tradicionales como locales— a través de prácticas materiales y simbólicas que frecuentemente omiten principios fundamentales como el consentimiento libre, previo e informado y la distribución equitativa de beneficios. Esta lógica extractiva reproduce asimetrías históricas y vulnera los derechos colectivos, debilitando las bases éticas de la investigación y el reconocimiento de la diversidad.

De este modo, en lo correspondiente a la primera categoría de análisis vale decir que técnicas como la bioprospección no regulada, la minería de datos y el entrenamiento de sistemas de inteligencia artificial con información sesgada se configuran como mecanismos de desposesión cognitiva que atentan contra la soberanía epistémica y biocultural de las comunidades del Sur Global. Estos procesos constituyen una proyección actualizada de lógicas coloniales, en las que la ciencia hegemónica opera como instrumento de estandarización y subordinación de saberes locales, desanclándolos de sus contextos culturales, simbólicos y territoriales, y profundizando las desigualdades estructurales en la producción y validación del conocimiento.

En relación con la segunda categoría de análisis, se abordaron temas vinculados a la biodiversidad, la diversidad cultural y los derechos humanos desde la perspectiva de los derechos bioculturales. Estas figuras fueron conceptualizadas como la facultad de las comunidades étnicas para ejercer control autónomo sobre sus territorios, recursos naturales y formas de vida, conforme a sus cosmovisiones, prácticas ancestrales y sistemas normativos

propios. Una mirada que reconoce la interdependencia entre cultura y naturaleza, y promueve el respeto por la autodeterminación epistémica y territorial.

Esta categoría de análisis permitió una relectura holística del derecho humano a la ciencia, concebido no como un saber universal y abstracto, sino como conocimiento culturalmente enraizado. Desde esta perspectiva, se articuló una defensa de la justicia arraigada en el reconocimiento del pluralismo jurídico y el respeto por la diversidad. Esta aproximación amplía el horizonte normativo del derecho a la ciencia, al integrar los saberes ancestrales como componentes legítimos y necesarios en la construcción de modelos de desarrollo sostenibles e inclusivos.

Por último, la tercera categoría de análisis planteó que el ejercicio científico debe inscribirse dentro del marco de la Constitución ecológica, tal como ha sido reconocida por la Corte Constitucional colombiana. Este paradigma establece la obligación del Estado y de la sociedad de garantizar la sostenibilidad ambiental, la justicia intergeneracional y la protección de los bienes comunes. En este contexto, la responsabilidad científica se configura como un principio normativo que impone deberes éticos, jurídicos y ecológicos a los investigadores, así como a las instituciones públicas y privadas, orientando la ciencia hacia fines compatibles con la vida y el bien común.

En este punto, conviene reiterar que el objetivo general de la investigación consistió en analizar el impacto de las tecnologías emergentes en la reconfiguración de las relaciones de poder, la profundización de la desigualdad y la implementación del derecho humano a la ciencia en Colombia. Este análisis se abordó desde una perspectiva jurídica, ética y biocultural, con el propósito de identificar marcos de gobernanza adecuados que permitan mitigar sus efectos adversos y orientar su uso responsable, especialmente bajo el enfoque de la responsabilidad científica y en consonancia con el marco internacional de los derechos humanos.

En vista de eso, y considerando el análisis teórico, la fundamentación normativa y la evidencia aportada, se debe señalar que el objetivo general de la investigación ha sido alcanzado en tanto se logró un análisis integral del impacto de las tecnologías emergentes sobre las dinámicas de poder, la desigualdad y la aplicación del derecho humano a la ciencia en Colombia. A través de un enfoque jurídico, ético y biocultural, se identificaron tensiones clave y se propusieron posibles marcos de gobernanza orientados a la responsabilidad

científica, eso en consonancia con estándares internacionales de derechos humanos y con sensibilidad hacia los contextos locales.

Eso teniendo en consideración que esta investigación, de naturaleza cualitativo-exploratorio tenía como propósito principal comprender fenómenos complejos en contextos específicos, especialmente en vista de que existen escasos antecedentes teóricos o empíricos sobre el objeto de estudio.

En atención a eso, su finalidad no era la de verificar hipótesis preestablecidas, sino generar comprensiones profundas, identificar patrones emergentes, construir categorías analíticas y formular nuevas preguntas y posibles líneas de investigación. Este enfoque, por consiguiente, permitió captar significados, dinámicas sociales y dimensiones subjetivas que resultaban difíciles de abordar mediante métodos cuantitativos, proporcionando así una base sólida para futuros estudios descriptivos, explicativos o normativos.

De otro lado, pasando concretamente a las objeciones de la investigación, cabe señalar que este estudio puede presentar algunas limitaciones o dificultades relacionadas con la sistematización metodológica, lo que podría comprometer su representatividad y la replicabilidad de los resultados.

Pese a las limitaciones identificadas, debe precisarse que este trabajo posee elementos que permiten superar dichas restricciones y consolidarse como una contribución sólida al campo del derecho a la ciencia y la justicia epistémica. Su capacidad analítica se refleja en la formulación de un marco conceptual crítico que integra categorías emergentes, pero lo suficientemente robustas como para establecerse como una investigación novedosa pero al mismo tiempo rigurosa.

De este modo, la investigación puede ser replicable en otros contextos, en la medida en que sistematiza y explicita el enfoque metodológico adoptado, las categorías analíticas utilizadas, los criterios de selección del caso (el río Atrato, Sentencia T-622/16), y los instrumentos empleados para la recolección y análisis de datos. Asimismo, expone los rasgos centrales, delimitando claramente el caso, de forma tal que permite establecer similitudes estructurales con situaciones fácticas y jurídicas similares. Dadas las circunstancias, se sostiene que la referencia al caso del río Atrato en Colombia ofrece una base empírica significativa para ilustrar la convergencia en materia de derechos fundamentales.

De esta suerte, la articulación de fuentes jurídicas, doctrinales y jurisprudenciales, confiere solidez normativa al argumento central de esta investigación, especialmente en lo relativo al derecho humano a participar y beneficiarse del progreso científico y a la responsabilidad científica. Más aún si se considera que esta tesis se inserta con pertinencia en una tradición crítica interdisciplinaria que convoca aportes de la sociología del conocimiento, el derecho constitucional y la filosofía política, lo cual refuerza su densidad argumentativa.

De este modo, algo que podría percibirse como una limitación de investigación, se convierte en una oportunidad para abrir nuevas líneas de investigación y fomentar propuestas de reforma institucional, orientadas a fortalecer la articulación entre ciencia, derecho y justicia social.

Como se explica, este abordaje transdisciplinario abre un campo prometedor para investigaciones futuras. En particular, se propone desarrollar estudios comparativos entre distintos territorios donde comunidades étnicas han sido reconocidas como sujetos de derechos ambientales y culturales, con el fin de identificar patrones normativos, convergencias y divergencias en las prácticas de implementación. Asimismo, resulta relevante analizar las implicaciones de estos marcos sobre tecnologías específicas y procedimientos técnicos, ponderando su adecuación a contextos socioecológicos y epistémicos diversos.

A su vez, se considera pertinente impulsar investigaciones empíricas que examinen los mecanismos institucionales de participación comunitaria en la producción de conocimiento científico ambiental, con el objetivo de valorar su efectividad, legitimidad y capacidad para incorporar saberes locales en los procesos decisionales.

Otra línea promisorio radica en el análisis de marcos jurídicos nacionales e internacionales relativos al derecho a la ciencia, orientado a estimar su eficacia en contextos de conflictos socioambientales. Además, se propone explorar modelos de coproducción de conocimiento entre saberes ancestrales y ciencias experimentales, con criterios de equidad epistémica.

Finalmente, el análisis del rol que desempeñan los principios de precaución, solidaridad, anticipación responsable y pluralismo jurídico en contextos de gobernanza tecnocientífica constituye un campo de investigación clave para el diseño de respuestas normativas integrales frente a los dilemas complejos y multidimensionales del Antropoceno.

De otra parte, en relación con el impacto de la investigación, cabe mencionar que el trabajo contribuye de manera significativa a la comprensión crítica del derecho humano a la ciencia desde una perspectiva intercultural y ambiental. Su principal efecto radica entonces, en visibilizar el vínculo entre el extractivismo cognitivo y las formas estructurales de exclusión epistémica que afectan a comunidades étnicas en contextos de alta conflictividad socioecológica. Al incorporar el concepto de responsabilidad científica en clave territorializada, introduce un enfoque innovador que articula derechos humanos, justicia ambiental y saberes ancestrales.

Así las cosas, la articulación del caso del río Atrato con marcos normativos internacionales y jurisprudencia constitucional fortalece la discusión jurídica sobre derechos bioculturales. Esto genera insumos relevantes para políticas públicas orientadas a la gobernanza participativa del conocimiento en territorios biodiversos. Desde el plano académico, aporta a la consolidación de un campo interdisciplinario que cruza derecho, filosofía de la ciencia y estudios postcoloniales. Esto se debe a que su enfoque ético-normativo promueve una reflexión crítica sobre los límites del progreso científico en contextos de desigualdad epistémica y ecológica.

Finalmente, cabe agregar que se recomienda a los formuladores de políticas públicas incorporar mecanismos de gobernanza epistémica que reconozcan la autonomía cognitiva de las comunidades étnicas en contextos de biodiversidad. A los operadores jurídicos, se sugiere aplicar un enfoque de derechos bioculturales que articule normativas nacionales e internacionales sobre el derecho a la ciencia. Se considera que las instituciones académicas deben fomentar metodologías de investigación colaborativa con comunidades locales, priorizando la coproducción de conocimiento. Por último, se indica que los organismos internacionales pueden fortalecer marcos de cooperación para proteger los saberes tradicionales frente al extractivismo cognitivo, promoviendo estándares éticos en la investigación científica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, J. P. **Esto invierten en ciencia los países de Latinoamérica: Brasil cuadriplica a México.** [S. l.], 2023. Disponible en: <https://www.bloomberglinea.com/2023/09/05/esto-invierten-en-ciencia-los-paises-de-latinoamerica-brasil-cuadriplica-a-mexico/>. Acceso en: 1 feb. 2025.

AMBITO JURIDICO. **Procuraduría presenta informe sobre minería ilegal y contaminación por mercurio.** [S. l.], 2024. Ámbito Jurídico. Disponible en: <https://www.ambitojuridico.com/noticias/general/ambiental-y-agropecuario/procuraduria-presenta-informe-sobre-mineria-ilegal-y>. Acceso en: 24 abr. 2025.

AMNESTY INTERNATIONAL USA. **Technology and Inequality.** [S. l.], 2024. Disponible en: <https://www.amnestyusa.org/issues/technology/technology-and-inequality/>. Acceso en: 30 ene. 2025.

BALKIN, J. M. Free Speech in the Algorithmic Society: Big Data, Private Governance, and New School Speech Regulation. **SSRN Electronic Journal**, [s. l.], 2017. Disponible en: <https://www.ssrn.com/abstract=3038939>. Acceso en: 24 abr. 2025.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. **Las complejidades de la desigualdad en América Latina y el Caribe.** [S. l.], 2024. Disponible en: <https://www.iadb.org/es/noticias/las-complejidades-de-la-desigualdad-en-america-latina-y-el-caribe>. Acceso en: 30 ene. 2025.

BIDAULT, M. Considering the right to enjoy the benefits of scientific progress and its applications as a cultural right. *In: THE RIGHT TO SCIENCE. THEN AND NOW.* Cambridge: Cambridge University Press, 2022. p. 225.

BIRD, K.; SHERWIN, M. J. **American Prometheus: the triumph and tragedy of J. Robert Oppenheimer.** 1st Vintage Books eded. New York: Vintage Books, 2006.

BRITANNICA. **Atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki.** [S. l.], 2025. Disponible en: <https://www.britannica.com/event/atomic-bombings-of-Hiroshima-and-Nagasaki/The-bombing-of-Nagasaki>. Acceso en: 2 mar. 2025.

BRUNNER, J. Gobernanza universitaria: tipología, dinámicas y tendencias. **2011**, [s. l.], n. 355, La gestión estratégica de la Educación Superior: retos y oportunidades, 2011. Disponible en: www.revistaeducacion.educacion.es.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies.** First published as a Norton paperback. New York London: W. W. Norton & Company, 2016.

CARRASCOSA, J. Ciencia, ética y el derecho humano a la ciencia. [s. l.], n. 142, 2018.

CHAFKIN, M.; METZ, R. **Inside Sam Altman's Shock Ouster From OpenAI | TIME.** [S. l.], 2023. Disponible en: <https://time.com/6337437/sam-altman-openai-fired-why-microsoft-musk/>. Acceso en: 28 feb. 2025.

COLOMBIA. **CONSTITUCION POLITICA 1991.** [S. l.], 1991. Disponible en:

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html#27.
Acceso en: 1 feb. 2025.

COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL DE COLOMBIA. Sentencia T-622/16. n. T-5.016.242, 2016. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm>. Acceso en: 10 abr. 2025.

COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL DE COLOMBIA. Sentencia T-106/25. n. T-7.983.171, 2025. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=178197&dt=S>. Acceso en: 30 abr. 2025.

CONPES. POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2022-2031. [S. l.], 2021. Disponible en: <https://minciencias.gov.co/conpes-4069-nueva-politica-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2022-2031>.

CRESWELL JOHN W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3ª edição ed. [S. l.]: Artmed, 2021.

CRISTANCHO, S. *et al.* **Iniciativas normativas para una agenda regulatoria en Ciencia, Tecnología e Innovación**. [S. l.]: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022. Disponible en: Acceso en: 12 abr. 2025.

ELLUL, J. **The Technological Society**. New York: Knopf Doubleday Publishing Group, 2021.

FAUSTINO, D.; LIPPOLD, W. **Colonialismo digital: Por uma crítica hacker-fanoniana**. 1. ed. São Paulo, SP: Boitempo, 2023. (Estado de Sítio).

FLORIDI, L. **The fourth revolution how the infosphere is reshaping human reality**. Oxford: Oxford university press, 2014.

FREY, C. B. **The technology trap: capital, labor, and power in the age of automation**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2019.

HEIDEGGER, M. **The question concerning technology and other essays**. Tradução: William Lovitt. New York; London Toronto: HarperCollins Publishers, 2013. (Harper Perennial modern thought).

HILDEBRANDT, M. **Smart technologies and the end(s) of law: novel entanglements of law and technology**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2015.

HUMAN RIGHTS WATCH. Colombia: Events of 2022. In: WORLD REPORT 2023. [S. l.: s. n.], 2023. Disponible en: <https://www.hrw.org/world-report/2023/country-chapters/colombia>. Acceso en: 24 abr. 2025.

INTERNATIONAL MONETARY FOUND. **Does Technology Boost Resilience or Inequality? – IMF F&D**. [S. l.], 2020. IMF. Disponible en: <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2020/09/technology-resilience-and-inequality-adriano>. Acceso en: 30 ene. 2025.

IRWIN, A. STS Perspectives on Scientific Governance. *In: THE HANDBOOK OF SCIENCE AND TECHNOLOGY STUDIES*. London: MIT Press, 2008.

JAMISON, A. **The Making of Green Knowledge: Environmental Politics and Cultural Transformation**. 1. ed. Cambridge New York: Cambridge University Press, 2001.

JAUMONETTE, F.; LALL, S.; PAPAGEORGIOU, C. **IMF Survey: Technology Widening Rich-Poor Gap**. [S. l.], 2007. Disponible en: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2015/09/28/04/53/sores1010a>. Acceso en: 28 feb. 2025.

KIMMERER, R. W. **Braiding Sweetgrass: Indigenous Wisdom, Scientific Knowledge and the Teachings of Plants**. 1. ed. New York: Milkweed Editions, 2013.

MANCISIDOR, M. El derecho a la ciencia: una visión desde la Comunidad Iberoamericana. **Análisis Carolina**, [S. l.], 2021. Disponible en: <https://www.fundacioncarolina.es/ac-03-2021/>. Acceso en: 1 feb. 2025.

MANCISIDOR, M. El derecho humano a la ciencia: Un viejo derecho con un gran futuro. **Anuario de Derechos Humanos**, [s. l.], v. 0, n. 13, 2017. Disponible en: <http://www.anuariocdh.uchile.cl/index.php/ADH/article/view/46887>. Acceso en: 1 feb. 2025.

MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial state: debunking public vs. private sector myths**. Revised edition. London New York\$PDelhi: Anthem Press, 2014. (Anthem frontiers of global political economy).

MEZQUITA, E. **La ley de Moore: ¿está obsoleta? - Esade**. [S. l.], 2024. Disponible en: <https://www.esade.edu/es/articulos/la-ley-de-moore-esta-obsoleta>. Acceso en: 28 feb. 2025.

NACIONES UNIDAS. **La Declaración Universal de los Derechos Humanos | Naciones Unidas**. [S. l.], 1948. Disponible en: <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>. Acceso en: 1 feb. 2025.

NACIONES UNIDAS. Observación general núm. 25 (2020), relativa a la ciencia y los derechos económicos, sociales y culturales (artículo 15, párrafos 1 b), 2, 3 y 4, del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). **Cuaderno Jurídico y Político**, [s. l.], v. 6, n. 16, Comité De Derechos Económicos, Sociales Y Culturales, p. 150–172, 2020.

NACIONES UNIDAS. **Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales**. [S. l.], 1966. Disponible en: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-economic-social-and-cultural-rights>. Acceso en: 1 feb. 2025.

OECD. **A Broken Social Elevator? How to Promote Social Mobility**. [S. l.]: OECD, 2018. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/broken-elevator-how-to-promote-social-mobility_9789264301085-en.html. Acceso en: 2 mar. 2025.

OLSON, P. **Supremacy: AI, ChatGPT, and the race that will change the world**. First edition. New York: St. Martin's Press, 2024.

ONU. **Declaración sobre la utilización del progreso científico y tecnológico en interés de la paz y en beneficio de la humanidad.** [S. l.], 1975. Disponible en: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/declaration-use-scientific-and-technological-progress-interests>. Acceso en: 30 ene. 2025.

OPENAI. **Our structure.** [S. l.], [s.d.]. Disponible en: <https://openai.com/our-structure/>. Acceso en: 30 ene. 2025.

PASCUAL, M. G. **Expertos en inteligencia artificial reclaman frenar seis meses la “carrera sin control” de los ChatGPT.** [S. l.], 2023. Disponible en: <https://elpais.com/tecnologia/2023-03-29/expertos-en-inteligencia-artificial-reclaman-frenar-seis-meses-la-carrera-sin-control-de-los-chatgpt.html>. Acceso en: 28 feb. 2025.

PORSDAM, H. **Science as a cultural human right.** Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2022. (Pennsylvania studies in human rights).

PORSDAM, H.; PORSDAM, S. (org.). **The right to science: then and now.** Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

QUIJANO, A. Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. **Espacio Abierto**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 255–301, 2019.

QURESHI, Z. Technology, growth, and inequality. **GLOBAL ECONOMY AND DEVELOPMENT AT BROOKINGS**, [s. l.], 2021.

ROMANO, C. P. R.; BOGGIO, A. **The Human Right to Science: History, Development, and Normative Content.** [S. l.]: Oxford University Press, 2024. Disponible en: <https://academic.oup.com/book/58126>. Acceso en: 28 ene. 2025.

SAMPAIO C., R. *et al.* ChatGPT e outras IAs transformarão toda a pesquisa científica: reflexões iniciais sobre usos e consequências – parte 2. *In*: SCIELO. 2023. Disponible en: <https://blog.scielo.org/blog/2023/11/14/chatgpt-e-outras-ias-transformarao-toda-a-pesquisa-cientifica-reflexoes-iniciais-sobre-usos-e-consequencias-parte-2/>. Acceso en: 3 mar. 2025.

SAXO. **Technical analysis Alphabet Apple Amazon meta microsoft nvidia tesla.** [S. l.], 2024. Disponible en: <https://www.home.saxo/content/articles/equities/technical-analysis-alphabet-apple-amazon-meta-microsoft-nvidia-tesla-12012024>. Acceso en: 28 feb. 2025.

SCHUMPETER, J. A. **The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle.** Tradução: John E. Elliott. Sixteenth printing; New material this edition copyright 1983, original material copyright 1934ed. New Brunswick (U.S.A.) London (U.K.): Transaction Publishers, 2012. (Social science classics series).

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution.** Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2016.

SRNICEK, N. **Platform capitalism.** Reprinteded. Cambridge Malden, MA: Polity, 2019. (Theory redux).

STAVENHAGEN, R. **Derecho indígena y derechos humanos en América latina.** México:

el Colegio de México Instituto interamericano de derechos humanos, 1988.

TARAZONA, D. **Minería ilegal aumentó un 8 % durante el año 2022 en Colombia | INFORME.** [S. l.], 2023. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2023/11/mineria-ilegal-aumento-en-colombia-informe/>. Acceso en: 24 abr. 2025.

TRADEALGO. **Friday's Biggest Analyst Calls: Apple, Nvidia, Tesla, Alphabet, Amazon, Carvana, Chipotle & More.** [S. l.], 2025. Disponible en: https://www.tradealgo.com/news/fridays-biggest-analyst-calls-apple-nvidia-tesla-alphabet-amazon-carvana-chipotle-more?utm_source=chatgpt.com. Acceso en: 28 feb. 2025.

UNESCO. **Declaración sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico y Programa en Pro de la Ciencia: Marco General de Acción - UNESCO Biblioteca Digital.** [S. l.], 2020. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000116994_spa. Acceso en: 28 feb. 2025.

UNESCO. **Recomendación de la UNESCO sobre la Ciencia Abierta.** [S. l.]: UNESCO, 2021. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949_spa. Acceso en: 24 abr. 2025.

WARREN, N. *et al.* **Psychopathologies of Cognitive Capitalism. Part 2.** Berlin: Archive Books, 2013.

WINNER, L. **The whale and the reactor: a search for limits in an age of high technology.** Nachdr.ed. Chicago: Univ. of Chicago Press, 2001.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Is technology making inequality worse?.** [S. l.], 2016. Disponible en: <https://www.weforum.org/stories/2016/01/is-technology-making-inequality-worse/>. Acceso en: 30 ene. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Moving up the income ladder takes generations. How many depends on where you live.** [S. l.], 2018. Disponible en: <https://www.weforum.org/stories/2018/08/moving-up-the-income-ladder-takes-generations-how-many-depends-on-where-you-live/>. Acceso en: 30 ene. 2025.

WORLD INEQUALITY DATABASE. **The World Inequality Report 2022.** [S. l.], 2022. Disponible en: <https://wir2022.wid.world/>. Acceso en: 28 ene. 2025.

XAKATA. **Las empresas más valoradas del mundo por capitalización de mercado, reunidas en un detallado gráfico.** [S. l.], 2023. Disponible en: <https://www.xataka.com/magnet/empresas-valoradas-mundo-capitalizacion-mercado-reunidas-detallado-grafico>. Acceso en: 30 ene. 2025.

XIAO, A. *et al.* Bridging the digital divide: the impact of technological innovation on income inequality and human interactions. **Humanities and Social Sciences Communications**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 809, 2024.

YEUNG, K.; LODGE, M. (org.). **Algorithmic regulation.** First Editioned. New York, NY: Oxford University Press, 2019.

YIN, R. K. **Case study research and applications: design and methods**. Sixth editioned. Los Angeles London New Delhi Singapore Washington DC Melbourne: SAGE, 2018.

ZUBOFF, S. **The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power**. 1. ed. New York, NY: PublicAffairs, 2019.