

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias Sociales

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA REGULACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES. IMPULSO HACIA LA PROSPERIDAD SOSTENIBLE

Autor:

Fabio Benintende

Directora:

Dr. D. Profesora Maria Mendez Rocasolano

Murcia, 20 de septiembre de 2025

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias Sociales

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA REGULACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES. IMPULSO HACIA LA PROSPERIDAD SOSTENIBLE

Autor:

Fabio Benintende

Directora:

Dr. D. Profesora Maria Mendez Rocasolano

Murcia, 20 de septiembre de 2025



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Maria Mendez Rocasolano como Directore de la Tesis Doctoral titulada “IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA REGULACIÓN DE BIOCMBUSTIBLES. IMPULSO HACIA LA PROSPERIDAD SOSTENIBLE” realizada por D. Fabio Benintende en el Programa de Doctorado Ciencias Sociales, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al Real Decreto 99/2011 de 28 de enero, en Murcia a 20 de Septiembre de 2025.

Dr. D. Profesora Maria Mendez Rocasolano



RESUMEN

En el contexto actual de crisis climática y transición energética, los biocombustibles se han convertido en un elemento esencial dentro de las políticas globales orientadas a la descarbonización de la economía y a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible. La creciente urgencia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles y la necesidad de reforzar la seguridad energética han impulsado a los Estados y organismos internacionales a promover fuentes alternativas basadas en la biomasa. Entre ellas, los biocarburantes representan una opción de gran potencial, pero también un desafío regulatorio, económico y ético de enorme complejidad.

La Unión Europea (UE) ha desempeñado un papel pionero en la configuración de un marco normativo destinado a fomentar el uso de biocombustibles sostenibles. Desde la adopción de la Directiva 2009/28/CE (RED I), pasando por la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II) y la más reciente Directiva (UE) 2023/2413 (RED III), la política comunitaria ha evolucionado hacia un enfoque más riguroso, orientado no solo a la reducción de emisiones, sino también a la garantía de sostenibilidad ambiental, trazabilidad y respeto de los derechos humanos. Este entramado normativo se enmarca en los compromisos asumidos por la UE en el Pacto Verde Europeo y el paquete "Fit for 55", cuyo objetivo es alcanzar la neutralidad climática en 2050.

La tesis titulada "Impacto socioeconómico de la regulación de biocombustibles. Impulso hacia la prosperidad sostenible" se propone analizar, desde una perspectiva interdisciplinaria, los efectos que las políticas regulatorias en materia de biocarburantes generan en los ámbitos económico, social y ambiental. El estudio no se limita a evaluar la eficacia técnica o ambiental de las normas europeas, sino que explora su capacidad para impulsar un modelo de prosperidad sostenible, entendido como la articulación equilibrada entre crecimiento económico, equidad social y preservación ecológica.

El trabajo se estructura en torno a un eje central: determinar en qué medida la regulación de los biocombustibles puede constituir una herramienta efectiva para promover un desarrollo sostenible y justo, en línea con los Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, en particular el ODS 7 (energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (acción por el clima). La hipótesis de partida sostiene que una regulación coherente, transparente y socialmente inclusiva puede convertir a los biocombustibles en catalizadores de una transformación estructural hacia una economía baja en carbono, siempre que se eviten los riesgos asociados a prácticas no sostenibles o fraudulentas.

Metodológicamente, la investigación adopta un enfoque jurídico-comparado y cualitativo, basado en el análisis de fuentes normativas europeas e internacionales, documentos institucionales, jurisprudencia relevante y literatura científica. Asimismo, incorpora estudios de caso en distintos contextos geográficos —Europa, América Latina, África y Asia— para identificar los impactos diferenciales del marco regulatorio en función del grado de desarrollo, la disponibilidad de recursos y las condiciones socioeconómicas locales. Esta aproximación permite evidenciar tanto los logros como las tensiones que emergen en la implementación práctica de los objetivos de sostenibilidad.

En los primeros capítulos, la tesis examina la evolución histórica del marco normativo europeo en materia de energías renovables, destacando cómo la política de biocombustibles ha transitado desde un enfoque puramente energético hacia un paradigma integral de sostenibilidad. Se subraya la importancia de los criterios de sostenibilidad y del control del cambio indirecto en el uso del suelo (ILUC), introducidos para mitigar los efectos negativos de la expansión de cultivos energéticos sobre la seguridad alimentaria y la biodiversidad. No obstante, se pone de manifiesto que la eficacia de estos instrumentos depende en gran medida de la coherencia normativa entre los Estados miembros y de la capacidad institucional para supervisar los sistemas de certificación y trazabilidad.

El análisis teórico se apoya en la noción de prosperidad sostenible, que el autor adopta como categoría integradora de la dimensión económica, social y ambiental del desarrollo. Inspirada en la doctrina de Kate Raworth (2017) y su “economía del donut”, así como en los postulados de Jacobs (2012) sobre la economía verde inclusiva, esta noción propone superar la visión tradicional de la prosperidad como mero crecimiento del PIB. En su lugar, aboga por un modelo que combine eficiencia económica con justicia distributiva y respeto por los límites ecológicos del planeta. En este sentido, la prosperidad sostenible se erige como

principio rector del diseño normativo europeo en materia de biocombustibles, en consonancia con los artículos 3 y 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE).

A partir de este marco conceptual, el trabajo analiza los impactos socioeconómicos de la regulación, con especial atención a su influencia sobre la economía rural, la innovación tecnológica y la seguridad energética. Se destaca el potencial de los biocombustibles para dinamizar el empleo agrícola y fortalecer la resiliencia territorial, siempre que se garantice una distribución equitativa de beneficios. Sin embargo, también se identifican riesgos estructurales: la presión sobre los recursos naturales, los conflictos por el uso del suelo y el agua, la competencia con cultivos alimentarios y los procesos de acaparamiento de tierras (land grabbing) en países del Sur global.

Otro de los aportes relevantes de la tesis es el examen del riesgo de fraude y “carbonwashing”, entendido como la manipulación de los sistemas de certificación para simular sostenibilidad ambiental. Se analizan casos detectados en el mercado europeo entre 2022 y 2024, especialmente en Alemania y los Países Bajos, donde se falsificaron volúmenes de biocombustibles sostenibles. Estas prácticas revelan las limitaciones del actual sistema de auditorías voluntarias y la urgencia de reforzar los mecanismos de gobernanza, trazabilidad y control supranacional.

En su dimensión internacional, la investigación aborda las asimetrías entre el Norte y el Sur global en la producción y comercio de biocombustibles. Mientras la Unión Europea impone estrictos criterios ambientales, muchos países exportadores carecen de capacidades institucionales para cumplirlos, lo que genera exclusión de pequeños productores y perpetúa desigualdades. Esta situación plantea la necesidad de un modelo de gobernanza energética global más justo, basado en la cooperación, la transferencia tecnológica y la responsabilidad compartida.

El capítulo dedicado a la bioenergía y los derechos humanos constituye uno de los ejes más innovadores de la tesis. Desde la perspectiva de la justicia energética, se sostiene que la transición hacia energías renovables solo será legítima si garantiza el acceso universal a la energía, la participación efectiva de las comunidades y la protección del medio ambiente como derecho humano fundamental. Este enfoque multidimensional se apoya en la doctrina de autores como Sovacool, Heffron, McCauley y Del Guayo, así como en instrumentos internacionales como el Convenio de Aarhus y el Acuerdo de Escazú.

La tesis defiende que el respeto a los derechos humanos debe integrarse en toda la cadena de valor de los biocombustibles, desde la producción hasta la comercialización. Para ello, propone incorporar de manera efectiva los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos (2011), garantizando la debida diligencia, la transparencia y la reparación ante posibles violaciones. Solo una gobernanza energética centrada en las personas y en la equidad puede asegurar que la transición verde no reproduzca las dinámicas extractivas del modelo fósil.

En las conclusiones generales, se afirma que los biocombustibles, en tanto parte esencial de la bioeconomía europea, pueden actuar como vectores de prosperidad sostenible siempre que su regulación combine eficiencia ambiental, inclusión social y responsabilidad jurídica. Para lograrlo, se requieren tres condiciones:

- Coherencia normativa entre las políticas energéticas, agrícolas y ambientales.
- Fortalecimiento institucional para prevenir el fraude y garantizar la trazabilidad.
- Integración ética y social de los derechos humanos en la transición energética.

El trabajo concluye que la transición hacia un sistema energético bajo en carbono no puede reducirse a una cuestión tecnológica, sino que constituye un proceso profundamente social y político. La regulación de los biocombustibles, en consecuencia, debe concebirse como un instrumento de transformación estructural, capaz de reorientar las relaciones entre economía, sociedad y naturaleza bajo los principios de justicia, solidaridad y sostenibilidad intergeneracional.

En suma, esta tesis doctoral aspira a contribuir al debate académico y político sobre la gobernanza sostenible de la energía, ofreciendo una visión crítica, interdisciplinaria y humanista del papel de los biocombustibles en la configuración de un nuevo paradigma de desarrollo: la prosperidad sostenible, entendida como horizonte común de justicia climática, equidad social y bienestar colectivo.

ABSTRACT

In the current context of the climate crisis and energy transition, biofuels have become an essential element of global policies aimed at decarbonizing the economy and achieving the sustainable development goals. The growing urgency to reduce greenhouse gas emissions, the volatility of fossil fuel prices, and the need to strengthen energy security have prompted states and international organizations to promote bio-based alternatives. Furthermore, biofuels represent an option with great potential, but also an enormously complex regulatory, economic, and ethical challenge.

The European Union (EU) has presented a pioneering document creating a regulatory framework to promote the use of sustainable biofuels. Since the adoption of Directive 2009/28/EC (RED I), through Directive (EU) 2018/2001 (RED II), and the most recent Directive (EU) 2023/2413 (RED III), EU policy has evolved toward a more rigorous approach, oriented not only toward reducing emissions but also toward ensuring environmental sustainability, safety, and respect for human rights. This regulatory framework is part of the commitments agreed by the EU in the European Green Deal and the "Fit for 55" package, which aims to achieve climate neutrality by 2050.

The thesis, entitled "Socioeconomic Impact of Biofuel Regulation. Driving Sustainable Prosperity," aims to analyze, from an interdisciplinary perspective, the economic, social, and environmental effects of biofuel regulatory policies. The study is not limited to evaluating the technical or environmental effectiveness of European regulations, but rather explores their capacity to promote a model of sustainable prosperity, understood as a balanced combination of economic growth, social equity, and ecological preservation.

The work is structured around a central axis: determining how biofuel regulation can constitute an effective strategy for promoting sustainable and fair development, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations 2030 Agenda, particularly SDG 7 (sufficient and clean energy) and SDG 13 (climate action). The party's hypothesis holds that coherent, transparent, and socially inclusive regulation can turn biofuels into catalysts for a structural

transformation toward a low-carbon economy, while avoiding the risks associated with unsustainable or fraudulent practices.

Methodologically, the research adopts a comparative legal and qualitative approach, based on the analysis of European and international regulatory sources, institutional documents, relevant jurisprudence, and scientific literature. Similarity incorporates case studies from different geographical contexts—Europe, Latin America, Africa, and Asia—to identify the differential impacts of the regulatory framework on the level of development, resource availability, and local socioeconomic conditions. This approach highlights both the tensions and pressures that arise in the practical implementation of sustainability goals.

In the first chapters, the thesis examines the historical evolution of the European regulatory framework for renewable energy, highlighting how biofuels policy has shifted from a purely energy-focused approach to a comprehensive sustainability paradigm. It emphasizes the importance of sustainability criteria and indirect land use control (ILUC), introduced to mitigate the negative effects of the expansion of energy crops on food security and biodiversity. However, it is clear that the effectiveness of these instruments depends largely on regulatory coherence among Member States and on the institutional capacity to oversee certification and traceability systems.

The theoretical analysis is based on the concept of sustainable prosperity, which the author adopts as an integrated category of the economic, social, and environmental dimensions of development. Inspired by Kate Raworth's (2017) doctrine and the "doughnut economy," as well as Jacobs' (2012) postulates on the inclusive green economy, this idea proposes overcoming the traditional view of prosperity as mere GDP growth. In this context, we advocate a model that combines economic efficiency with distributive justice and respect for the ecological limits of the planet. In this sense, sustainable prosperity is established as the guiding principle for European regulatory design on biofuels, in accordance with Articles 3 and 191 of the Treaty on the Functioning of the European Union. Based on this conceptual framework, the paper analyzes the socioeconomic impacts of regulation, with particular attention to its influence on the rural economy, technological innovation, and energy security. It highlights the potential of biofuels to boost agricultural employment and strengthen territorial resilience, provided that an equitable distribution of benefits is guaranteed. However,

structural risks are also identified: pressure on natural resources, conflicts over land and water use, competition with food crops, and land grabbing in countries of the Global South.

Another relevant contribution of the thesis is the examination of the risk of fraud and "carbonwashing," understood as the manipulation of certification systems to simulate environmental sustainability. It analyzes cases detected in the European market between 2022 and 2024, especially in Germany and the Netherlands, where volumes of sustainable biofuels were falsified. These practices reveal the limitations of the current system of voluntary audits and the urgent need to strengthen governance, traceability, and supranational control mechanisms.

In its international dimension, the research addresses the asymmetries between the global North and South in the production and trade of biofuels. While the European Union imposes strict environmental criteria, many exporting countries lack the institutional capacity to comply with them, which leads to the exclusion of small producers and perpetuates inequalities. This situation raises the need for a more equitable global energy governance model, based on cooperation, technology transfer, and shared responsibility.

The chapter dedicated to bioenergy and human rights constitutes one of the most innovative pillars of the thesis. From the perspective of energy justice, it argues that the transition to renewable energy will only be legitimate if it guarantees universal access to energy, effective community participation, and environmental protection as a fundamental human right. This multidimensional approach is based on the doctrine of authors such as Sovacool, Heffron, McCauley, and Del Guayo, as well as international instruments such as the Aarhus Convention and the Escazú Agreement.

The thesis argues that respect for human rights must be integrated throughout the entire biofuel value chain, from production to marketing. To this end, it proposes effectively incorporating the United Nations Guiding Principles on Business and Human Rights (2011), ensuring due diligence, transparency, and redress for potential violations. Only people-centered and equity-based energy governance can ensure that the green transition does not reproduce the extractive dynamics of the fossil fuel model.

The general conclusions state that biofuels, as an essential part of the European bioeconomy, can act as drivers of sustainable prosperity provided their regulation combines environmental efficiency, social inclusion, and legal accountability. To achieve this, three conditions are required:

- Regulatory coherence between energy, agricultural, and environmental policies.
- Institutional strengthening to prevent fraud and ensure traceability.
- Ethical and social integration of human rights in the energy transition.

The paper concludes that the transition to a low-carbon energy system cannot be reduced to a technological issue, but rather constitutes a profoundly social and political process. Biofuel regulation, therefore, must be conceived as an instrument of structural transformation, capable of reorienting the relationships between the economy, society, and nature under the principles of justice, solidarity, and intergenerational sustainability.

In short, this doctoral thesis aims to contribute to the academic and political debate on sustainable energy governance by offering a critical, interdisciplinary, and humanistic view of the role of biofuels in shaping a new development paradigm: sustainable prosperity, understood as a common horizon of climate justice, social equity, and collective well-being.

PALABRAS CLAVE

Biocombustibles; Regulación energética; Desarrollo sostenible; Impacto socioeconómico; Políticas públicas; Seguridad energética; Economía rural; Transición energética; Cambio climático; Innovación tecnológica.

KEYWORDS

Biofuels; Energy regulation; Sustainable development; Socioeconomic impact; Public policies; Energy security; Rural economy; Energy transition; Climate change; Technological innovation.

AGRADECIMIENTOS

A mi Profesora y Director de Tesis, María Méndez Rocasolano, por su valiosa orientación académica y constante apoyo a lo largo de este proceso.

A mi familia, por su respaldo incondicional y fortaleza, pilares fundamentales en la culminación de esta etapa.

"Si queremos mejorar la calidad del entorno en el que vivimos, la única manera es involucrar a todos"
Richard Rogers (1933-2021)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	7
I - INTRODUCCIÓN	35
1.1. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DE LA TESIS	36
1.2. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA.....	37
1.3. CONTEXTO E IMPORTANCIA ACTUAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	41
II - CONTEXTO, CONCEPTO Y FUNCIONES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	47
2.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	49
2.2. IMPORTANCIA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.....	62
2.3. RETOS Y OPORTUNIDADES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	65
III - LEGISLACIÓN EUROPEA SOBRE BIOCOMBUSTIBLES	71
3.1. IMPORTANCIA HISTORICA SOBRE LA POLITICA EUROPEA DE BIOCOMBUSTIBLES	73
3.2. LA DIRECTIVA DE ENERGIA RENOVABLES (RED): MARCO REGULATORIO EUROPEO PARA LA TRANSICION ENERGETICA	75
3.2.1. RED I: DIRECTIVA 2009/28/CE	78
3.2.2. RED II: DIRECTIVA (UE) 2018/2001 Y LOS NUEVOS OBJETIVOS PARA 2030.....	79
3.2.3. RED III: REVISION DE 2023 EN EL MARCO DEL PACTO VERDE EUROPEO	80
3.3. DIRECTIVA DE CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES (FQD)	82

3.4 LEGISLACIÓN RELACIONADA: EL PACTO VERDE EUROPEO Y LAS ESTRATEGIAS DE NEUTRALIDAD CLIMÁTICA. IMPACTO SOBRE LA REGULACION DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	85
3.4.1. La configuración normativa del "Fit for 55" y su impacto en los biocarburantes	86
3.4.2. RED II, RED III y el Anexo IX: diferenciación de materias primas y límites normativos	87
3.4.3. Biocarburantes en el transporte aéreo y marítimo: ReFuelEU y FuelEU	88
3.4.4. Transposición nacional y perspectivas de armonización	90
IV- REGULACIÓN Y SOSTENIBILIDAD: PROSPERIDAD SOSTENIBLE EN EL SECTOR DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	97
4.1 DESARROLLO DEL MERCADO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EUROPA	100
4.2 IMPACTOS EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	103
4.3. IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL DESARROLLO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EUROPA.....	106
4.4. LA "PROSPERIDAD SOSTENIBLE" COMO PARADIGMA EN LA POLÍTICA EUROPEA DE BIOCOMBUSTIBLES	109
V- CRÍTICAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO SOBRE LA PROSPERIDAD SOSTENIBLE DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	113
5.1 CRÍTICAS AMBIENTALES: EL RIESGO DEL CAMBIO INDIRECTO EN EL USO DEL SUELO (ILUC).....	116
5.2 CONFLICTOS CON LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y BAJA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	119
5.3 INCOHERENCIAS NORMATIVAS E IMPACTOS EN EL MERCADO INTERIOR	122
5.4. PERSPECTIVAS DE FUTURO: HACIA BIOCOMBUSTIBLES AVANZADOS Y DIVERSIFICACIÓN TECNOLÓGICA	125
5.5. HACIA UNA ARMONIZACIÓN NORMATIVA Y SOSTENIBILIDAD INTEGRAL.....	128

VI- ASPECTOS CRÍTICOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE BIOCOMBUSTIBLES. PROPUESTAS DE MEJORA	133
6.1 ESQUEMAS DE CERTIFICACIÓN VOLUNTARIA.....	136
6.1.1 Crítica a los sistemas de certificación voluntaria de biocarburantes	139
6.2 AUDITORÍAS, INSPECCIONES Y ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN ...	144
6.3 AUTORIDADES COMPETENTES	147
6.4 FRAUDES.....	150
6.5 TRAZABILIDAD.....	153
6.7 BALANCE DE MASA	158
6.8. MERCADO DE CERTIFICADOS (TICKETS) DE BIOCARBURANTES.....	160
6.9 EL “CARBONWASHING” Y LOS RIESGOS DE FRAUDE FISCAL EN EL MERCADO EUROPEO DEL CARBONO.....	163
VII- GOBERNANZA GLOBAL Y GEOPOLÍTICA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	169
7.1. BIOCOMBUSTIBLES Y SEGURIDAD ENERGÉTICA: ENTRE DEPENDENCIA Y AUTONOMÍA ESTRATÉGICA.....	170
7.2 GOBERNANZA MULTINIVEL Y ORGANISMOS INTERNACIONALES: ESTÁNDARES EN DISPUTA	172
7.3. ASIMETRÍAS REGULATORIAS Y CONFLICTOS NORTE-SUR: JUSTICIA ENERGÉTICA EN DISPUTA	174
VIII- BIOCOMBUSTIBLES Y PROSPERIDAD SOSTENIBLE: UN MARCO INTEGRADOR DE REGULACIÓN, GOBERNANZA E IMPACTO SOCIAL.....	179
8.1. BIOCOMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD INTEGRAL: HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO	181
8.2. GOBERNANZA MULTINIVEL, CERTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD: ENTRE AMBICIÓN CLIMÁTICA Y RIESGOS DE FRAUDE	183
8.3. JUSTICIA TERRITORIAL Y TRANSICIÓN JUSTA: EQUIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DE BENEFICIOS	184

8.4 INTEGRACIÓN NORMATIVA Y COHERENCIA REGULATORIA: RETOS PARA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA EFICAZ	185
8.5 HACIA UNA PROSPERIDAD SOSTENIBLE IMPULSADA POR LOS BIOCOMBUSTIBLES	187
IX- BIOCOMBUSTIBLES Y DERECHOS HUMANOS: UN ENFOQUE DESDE LA JUSTICIA ENERGÉTICA	193
9.1- FUNDAMENTOS DEL VÍNCULO ENTRE BIOENERGÍA Y DERECHOS HUMANOS.....	195
9.2. MARCO CONCEPTUAL DE LA JUSTICIA ENERGÉTICA: DISTRIBUCIÓN, RECONOCIMIENTO Y PARTICIPACIÓN.....	198
9.3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES DE LOS MEGAPROYECTOS DE BIOCOMBUSTIBLES: ESTUDIOS DE CASO EN AMÉRICA LATINA, ÁFRICA Y ASIA	203
9.3.1 América Latina: entre el desarrollo agroindustrial y los conflictos territoriales	203
9.3.2. África: acaparamiento de tierras y promesas incumplidas de desarrollo... 205	
9.3.3. Asia: deforestación masiva, violaciones de derechos y cadenas globales de suministro.....	207
9.4 MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL Y EUROPEO: DERECHOS HUMANOS APLICABLES Y OBLIGACIONES EXTRATERRITORIALES	211
9.5 INCORPORACIÓN DE ESTÁNDARES DE DERECHOS HUMANOS EN LA REGULACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES: PRINCIPIOS RECTORES DE LA ONU, DIRECTIVAS RED II/III Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD SOCIAL.....	214
9.5.1 Principios Rectores de la ONU sobre Empresas y Derechos Humanos en el sector de biocombustibles	214
9.5.2 Directivas europeas RED II/III y criterios de sostenibilidad social.....	215
X- CONCLUSIONES	221
10.1 RESUMEN DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS	223
10.2 SUGERENCIAS PARA MEJORAR LAS POLÍTICAS EUROPEAS SOBRE BIOCOMBUSTIBLES	225

ÍNDICE GENERAL	25
XI- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
11.1. FUENTES JURÍDICAS.....	240
11.2 JURISPRUDENCIA.....	242
11.3 PAGINAS WEB DE INTERES	244

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AD	Anaerobic Digestion
BG	Biogas plant
BM	Biomethane plant
BP	Biodiesel plant
BTL	Biomass to Liquid
CAP	Capping
CHP	Combined Heat and Power
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
CP	Collecting Point
CPP	Co-Processing plant
CR	Crushing plant
DA / IA	Delegated Act / Implementing Act
DC	Double Counting
DNSH	Do No Significant Harm
EEA	European Environment Agency
EP	Ethanol plant
ETBE	Ethyl Tert-Butyl Ether

ETS	Exchange Trading System
FAME	Fatty Acid Methyl Esters
FG	First Gathering Point
FORSU	Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos
FP	Food processing plant
FPR	Final Product Refinement
FQD	Fuel Quality Directive
FSA	Forest sourcing area
FT	Fischer-Tropsch
GHG	Greenhouse Gas Emissions
HEFA	Hydrotreated Esters and Fatty Acids
HTL	Hydrothermal Liquefaction
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
ILUC	Indirect Land-Use Change;
IPEL	Installation producing energy from bioliquids
IPEM	Installation producing energy from biomethane
IPER	Installation producing energy from raw biogas
IPES	Installation producing energy from solid biomass
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification
ISHC	Central Office for Independent Smallholders

LCA	Life Cycle Assessment
LNG	Liquefied Natural Gas
LUC	Land Use Change
MB	Mass Balance
NREAP	National Renewable Energy Action Plan
OM	Oil mill
PM	Pulp mill
PO	Point of Origin
POG	Point of Origin Guarantee
POME	Palm Oil Mill Effluent
POS	Proof of Sustainability
QC	Quadruple Counting
RCF	Recycled Carbon Fuel
RE	Refinery
RED I	Renewable Energy Directive (2009/28/CE)
RED II	Renewable Energy Directive (2018/2001)
RED III	Renewable Energy Directive (2023/2413)
RED	Renewable Energy Directive
RES	Renewable Energy Sources
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origin

RSB Roundtable on Sustainable Biomaterials

SAF Sustainable Aviation Fuel

SM Sugar mill

TW Treatment plant for waste

UCO Used Cooking Oil

UDB Union Database for Biofuels

ÍNDICE DE FIGURAS, DE TABLAS Y DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Global energy-related CO₂ emissions and their annual change, 1900-2023 41

Figura 1.1. Clasificación de biocombustibles según la materia prima utilizada para su producción. 46

Figura 1.3. Cesta energética en el transporte por ferrocarril y por carretera de la UE en 2021 56

Figura 1.4 Resumen de los programas de la Comisión Europea para el objetivo climático 2030.....70

Figura 1.4 Grafico comparador de la Regulación europea relacionada a los combustibles sostenibles: RED III, REFUEL EU y FUEL EU.....82

Figura 1.5 Tabla con los objetivos de cuota de combustible de aviación sostenible (SAF) y combustible de aviación sintético (SAF sintético) hasta el año 2050.....83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Análisis FODA para biocombustibles de segunda generación.....51

Tabla 2-1. Análisis FODA para biocombustibles de tercera generación.....52

I – INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

En los últimos veinte años, la Unión Europea ha desarrollado un complejo marco regulatorio destinado a promover la difusión de los biocombustibles en los sectores del transporte y la energía, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reforzar la seguridad energética y promover el desarrollo sostenible. A partir de la Directiva 2009/28/CE, Directiva sobre Energías Renovables – RED I¹, la UE ha establecido objetivos vinculantes para aumentar la cuota de energías renovables en la matriz energética del transporte hasta el 10% para 2020.

Esta legislación se reformó y amplió posteriormente en la RED II² (2018/2001/CE), aumentando el objetivo al 14 % para 2030 y reforzando los criterios de sostenibilidad, especialmente en relación con la cuestión crucial del cambio indirecto del uso de la tierra (CIUT-ILUC).

La trayectoria europea se caracteriza por un delicado equilibrio entre los incentivos para el desarrollo de biocombustibles (por ejemplo, la doble contabilización de los biocombustibles avanzados, como los RFNBO y los RCF) y los límites controlados para los biocombustibles convencionales de origen alimentario (límites, congelación de los niveles de 2019 y eliminación gradual para 2030). La introducción de la Base de Datos de la Unión para Biocombustibles (BDU) en 2024 también ha mejorado la trazabilidad de la cadena de suministro, reduciendo el riesgo de doble contabilización y fraude³.

¹ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2009). Directiva 2009/28/CE sobre el fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32009L0028>

² Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (RED II). Diario Oficial de la Unión Europea.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>

³ Comisión Europea. (2024). Base de Datos de la Unión para Biocombustibles (UDB). Dirección General de Energía. <https://energy.ec.europa.eu>

Sin embargo, el camino dista mucho de ser lineal: instituciones como el Tribunal de Cuentas Europeo han puesto de relieve problemas críticos en cuanto a la sostenibilidad real, la disponibilidad de biomasa y los elevados costes de los biocombustibles avanzados, aspectos que ponen en duda la eficacia ambiental real de la normativa vigente⁴.

En el contexto del Pacto Verde Europeo y el paquete «Fit-for-55», se perfila hoy un punto de inflexión estratégico: la RED III⁵, en 2023, cambia el enfoque de un mero porcentaje de bioenergía hacia una reducción de la intensidad de las emisiones del 14,5 % para 2030, introduciendo objetivos específicos para los biocombustibles avanzados, los RFNBO y los combustibles sostenibles para el transporte marítimo y la aviación (por ejemplo, ReFuelEU Aviation⁶ y FuelEU Maritime⁷).

1.1. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DE LA TESIS

Este trabajo de investigación tiene como objetivo analizar en profundidad la normativa europea sobre biocarburantes y su relación con los principios de sostenibilidad ambiental, económica y social. Los biocarburantes, como fuentes renovables de energía, representan una herramienta estratégica en la transición hacia un modelo energético más limpio y descarbonizado. Sin embargo, su

⁴ Tribunal de Cuentas Europeo. (2021). Biocombustibles: producción sostenible limitada por criterios de sostenibilidad y certificación débil (Informe Especial n.º 18/2021). <https://www.eca.europa.eu/en/Pages/DocItem.aspx?did=59661>

⁵ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023). Directiva (UE) 2023/2413 por la que se modifica la Directiva (UE) 2018/2001 (RED III). Diario Oficial de la Unión Europea.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>

⁶ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/2405 sobre el uso de combustibles sostenibles en la aviación (ReFuelEU Aviation). Diario Oficial de la Unión Europea.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R2405>

⁷ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/1805 relativo al uso de combustibles renovables en el transporte marítimo (FuelEU Maritime). Diario Oficial de la Unión Europea.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32023R1805>

desarrollo ha estado acompañado de desafíos técnicos, controversias políticas y tensiones entre objetivos ambientales y económicos.

Objetivo general de este trabajo será de analizar la evolución, la eficacia y la coherencia de la normativa europea sobre biocarburantes a la luz de los principios de sostenibilidad.

Objetivos específicos de la tesis será' de evaluar el marco jurídico general europeo, además que examinar las principales directivas europeas (RED I, RED II y RED III) y su aplicación práctica en los Estados miembros.

En particular el trabajo consiste en evaluar los impactos ambientales, económicos y sociales derivados de la producción y uso de biocarburantes.

Analizar las críticas a la normativa actual, con especial atención al riesgo de deforestación indirecta (ILUC), el sistema de certificación y el fraude, asimismo se analizará el principio de "no causar un perjuicio significativo" (DNSH), introducido en el marco de la taxonomía de finanzas sostenibles de la UE⁸ que se convierte en un nuevo estándar para evaluar el impacto ambiental de los biocarburantes y sus cadenas de suministro.

Identificar perspectivas y propuestas futuras para reforzar la sostenibilidad de la política europea en este ámbito.

1.2. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA

La metodología adoptada en esta tesis se fundamenta en un enfoque cualitativo, interdisciplinario y comparado que permite abordar la complejidad inherente al estudio de los biocombustibles en su dimensión normativa, socioeconómica, ambiental y de derechos humanos. El análisis parte de la premisa de que la regulación de los biocombustibles constituye un campo híbrido donde convergen el derecho ambiental, la política energética, la economía ecológica, la

⁸ European Commission. (2021). EU taxonomy, corporate sustainability reporting and the principle of "Do No Significant Harm" (DNSH). https://ec.europa.eu/info/publications/sustainable-finance-taxonomy_en

innovación tecnológica y la justicia social, lo que exige una metodología capaz de integrar perspectivas diversas y de adaptarse a la naturaleza multifacética del fenómeno. En este sentido, la investigación combina el análisis jurídico-normativo de las Directivas RED I, RED II y RED III con un examen sistemático de la Directiva de Calidad de los Combustibles (FQD), los actos delegados, la taxonomía de finanzas sostenibles y los instrumentos vinculados al Pacto Verde Europeo, complementado con la revisión de legislaciones nacionales que evidencian diferencias de transposición, grados de coherencia normativa y variaciones en la capacidad institucional de los Estados miembros. Junto a esta dimensión normativa, se desarrolla una revisión exhaustiva y crítica de literatura científica y doctrinal producida por organismos internacionales (IPCC, FAO, IEA, IRENA, PNUMA), instituciones europeas (Comisión Europea, Tribunal de Cuentas Europeo, JRC), organizaciones sectoriales y académicas, así como publicaciones especializadas en derecho ambiental, economía ecológica, bioenergía, justicia energética y derechos humanos. Esta revisión sistemática permite situar el análisis dentro del estado del arte y comprender debates clave relativos a sostenibilidad, cambio indirecto del uso del suelo (ILUC), certificación, eficiencia energética, gobernanza global y posibles riesgos de fraude o “carbonwashing” en el mercado europeo. El trabajo incorpora asimismo un enfoque comparado que contrasta la experiencia europea con contextos de países productores del Sur global, en particular de América Latina, África y Asia, donde la expansión de los biocombustibles ha generado conflictos territoriales, presiones sobre los recursos naturales, procesos de acaparamiento de tierras, vulneración de derechos de comunidades locales e impactos socioeconómicos divergentes. Estos estudios comparativos, apoyados en la consulta de legislación extranjera, informes de organismos multilaterales y documentación de organizaciones no gubernamentales, permiten identificar asimetrías estructurales entre el Norte regulador y el Sur proveedor de materias primas, poniendo de relieve la necesidad de una gobernanza energética global más justa e inclusiva. La metodología se completa con estudios de caso específicos centrados en prácticas de certificación, trazabilidad, auditorías e investigación de fraudes detectados en el mercado europeo entre 2021 y 2025, particularmente en Alemania y Países Bajos, donde la falsificación de volúmenes sostenibles y la manipulación de documentos revelaron debilidades sistémicas en los mecanismos de control supranacional. El análisis de

estos casos se apoya en informes oficiales, documentación judicial y comunicados institucionales, permitiendo evaluar la eficacia real de los sistemas voluntarios de certificación y del Balance de Masa, así como las limitaciones estructurales del modelo actual de gobernanza del sector. La interpretación y sistematización de la información se realiza mediante una triangulación de fuentes jurídicas, institucionales, doctrinales y empíricas, garantizando rigurosidad y fiabilidad analítica. Los datos proceden de bases como Eurostat, FAOSTAT, la Union Database for Biofuels (UDB), informes sectoriales (FEDIOL, EWABA, EBB) y documentos técnicos de instituciones europeas. Para asegurar la consistencia analítica, el estudio se estructura sobre tres marcos conceptuales principales: la sostenibilidad integral, la prosperidad sostenible y la justicia energética. La sostenibilidad integral permite analizar de manera articulada las dimensiones ambiental, económica y social, atendiendo a la eficiencia en el uso de recursos, la protección de la biodiversidad, los efectos sobre la economía rural y la distribución de beneficios. El concepto de prosperidad sostenible, inspirado en Raworth y Jacobs, ofrece un marco teórico que supera la visión tradicional del crecimiento económico, incorporando variables distributivas, límites ecológicos y la necesidad de equilibrar bienestar social con integridad ambiental. Por su parte, la justicia energética —basada en los principios de distribución, reconocimiento y participación— permite evaluar el impacto de los biocombustibles sobre comunidades locales y grupos vulnerables, integrando el análisis de derechos humanos a lo largo de toda la cadena de valor. Esta perspectiva es esencial para examinar tanto la dimensión interna del mercado europeo como su proyección extraterritorial en países exportadores. La naturaleza interdisciplinaria del objeto de estudio justifica plenamente este enfoque metodológico ampliado, dado que los biocombustibles constituyen simultáneamente un producto regulado, un sector económico emergente, una tecnología en evolución, un instrumento de política climática y un potencial vector de conflictos sociales y territoriales. En consecuencia, la metodología busca no solo describir la normativa, sino comprender su implementación práctica, sus impactos reales, las dinámicas de poder que la atraviesan y los resultados socioeconómicos que genera. Pese a su amplitud, la investigación reconoce ciertas limitaciones metodológicas, como la heterogeneidad de datos en territorios del Sur global, la confidencialidad de determinadas investigaciones por fraude o la fragmentación normativa existente

durante el proceso de adaptación a RED III. Estas limitaciones se abordan mediante triangulación de fuentes, contrastación de información y análisis crítico de inconsistencias o vacíos. La estructura del trabajo responde a esta lógica metodológica: se inicia con los fundamentos conceptuales y el contexto técnico de los biocombustibles, continúa con el análisis jurídico comparado, pasa por la evaluación de impactos socioeconómicos, aborda los retos de la gobernanza multinivel y culmina con el vínculo entre bioenergía, justicia energética y derechos humanos. La secuencia permite avanzar desde lo general hacia lo específico, desde la norma hacia la práctica, y desde el mercado europeo hacia las dinámicas globales, garantizando coherencia interna y profundidad analítica. Esta metodología integrada, crítica y multidisciplinaria constituye uno de los aportes originales de la tesis, al ofrecer una lectura compleja y articulada del papel de los biocombustibles en la transición energética y en la construcción de un modelo de prosperidad sostenible.

Estructura de la tesis:

Capítulo 1: Introducción y metodología

Capítulo 2: Definición y papel de los biocombustibles en la transición energética.

Capítulo 3: Análisis de la legislación europea vigente, con especial atención a las directivas RED y FQD.

Capítulo 4: Análisis en profundidad de la sostenibilidad de los biocombustibles y sus implicaciones regulatorias.

Capítulo 5: Análisis crítico de las debilidades regulatorias y perspectivas de desarrollo.

Capítulo 6: Aspectos críticos en la cadena de suministro de biocombustibles, propuestas de mejora.

Capítulo 7: Gobernanza global y geopolítica de los biocombustibles.

Capítulo 8: Biocombustibles y prosperidad sostenible: un marco integrador de regulación, gobernanza e impacto social

Capítulo 9: Bioenergía y Derechos Humanos: un enfoque desde la justicia energética

Capítulo 10: Conclusiones

Capítulo 11: Referencias bibliográficas.

Resumen final y recomendaciones políticas.

1.3. CONTEXTO E IMPORTANCIA ACTUAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

En las últimas décadas, la creciente concienciación sobre el impacto ambiental de los combustibles fósiles ha impulsado a gobiernos e instituciones internacionales a fomentar el desarrollo de fuentes de energía alternativas. Los biocombustibles se han convertido en una solución potencialmente sostenible, capaz de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de las importaciones de petróleo.

La Unión Europea ha desempeñado un papel fundamental en la promoción de los biocombustibles mediante una serie de directivas, instrumentos de financiación y reglamentación, incluidos en el marco más amplio del Pacto Verde Europeo, con importantes iniciativas de financiación que proporciona el fondo para la bioeconomía circular ⁹ ¹⁰ apoyo a innovación en biometano y biocombustibles avanzados (RFNBO, RCF), no olvidando iniciativas económica importante de ayuda como el Fondo Next Generation UE, Horizonte Europa o Fondo de Innovación. Sin embargo, numerosos estudios han puesto de relieve que el impacto real de los biocombustibles depende fundamentalmente de la materia prima utilizada, los métodos de cultivo y procesamiento, así como de la normativa que rige todo su ciclo de vida.

La creciente demanda de biocombustibles ha planteado importantes cuestiones éticas y ambientales, como el riesgo de deforestación, la competencia

⁹ Millinger M., Reichenberg L., *Are biofuel mandates cost-effective? An analysis of transport fuels and biomass usage to achieve emissions targets in the European energy system*. Cornell University 2022 <https://arxiv.org/abs/2207.03000>

¹⁰ Véase también Consejo Europeo sobre el Pacto Verde Europeo: https://en.wikipedia.org/wiki/European_Green_Deal

con los cultivos alimentarios y las desigualdades entre el Norte y el Sur global¹¹. Por lo tanto, es esencial evaluar en qué medida la normativa europea ha logrado abordar estas cuestiones críticas y guiar al sector hacia una verdadera prosperidad sostenible. En este contexto, la sostenibilidad no puede evaluarse únicamente en términos técnicos, sino también en clave social, ética y geopolítica.

Por ello, organismos como la FAO¹², el IPCC¹³ y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) recomiendan una transición hacia biocombustibles avanzados, uso eficiente de residuos y una estrategia energética más holística, que combine electrificación, eficiencia y reducción del consumo total de energía.^{14 15}

Los biocombustibles representan un componente clave —aunque no exento de limitaciones— en la transición energética hacia un modelo bajo en carbono. Su impacto real depende no solo de la tecnología utilizada, sino también de las políticas públicas, la gobernanza del territorio y la justicia intergeneracional. Evaluar el éxito de la normativa europea implica, por tanto, analizar no solo los objetivos climáticos, sino también su coherencia con la sostenibilidad integral.¹⁶

¹¹ Kaphengst T., Wunder S., Timeus K., *The Social Dimension of EU Biofuel Policy*. Berlin Ecologic Institute <https://www.ecologic.eu/7785>

¹² FAO. (2013). *Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks*. <https://www.fao.org/3/i3126e/i3126e00.htm>

¹³ IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change – Chapter 6: Energy Systems*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

¹⁴ Sánchez, Ó., & Escobar, N. (2020). *Sustainability assessment of biofuels in the European Union: A critical review of current practices*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109935. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109935>

¹⁵ Rocasolano, María Mendez & Berlanga, Manuel- *Piedras angulares del derecho ambiental, el ecocidio y el derecho fundamental al medio ambiente para el desarrollo de la persona*. *Revista Opinião Jurídica* 20 (35), 83-109

¹⁶ UNEP. (2022). *Global Bioenergy Partnership (GBEP) Sustainability Indicators for Bioenergy*. <https://www.unep.org/resources/report/global-bioenergy-partnership-sustainability-indicators-bioenergy>

II – CONTEXTO, CONCEPTO Y FUNCIONES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

II - CONTEXTO, CONCEPTO Y FUNCIONES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

La sociedad contemporánea se enfrenta a una grave crisis debido al aumento de la demanda energética mundial y al incremento de las emisiones de dióxido de carbono derivadas del uso de combustibles fósiles. La disminución de los recursos petrolíferos ha hecho urgente la búsqueda de combustibles alternativos. Los combustibles fósiles, también conocidos como combustibles tradicionales, son las principales fuentes de energía no renovable y su agotamiento progresivo no es sostenible a largo plazo. Según el informe de emisiones de CO₂ publicado por la AIE en 2024, las emisiones globales de dióxido de carbono procedentes de la combustión de energía y los procesos industriales aumentaron un 1,1 % en 2023, alcanzando un nuevo máximo histórico de 37,4 gigatoneladas.¹⁷

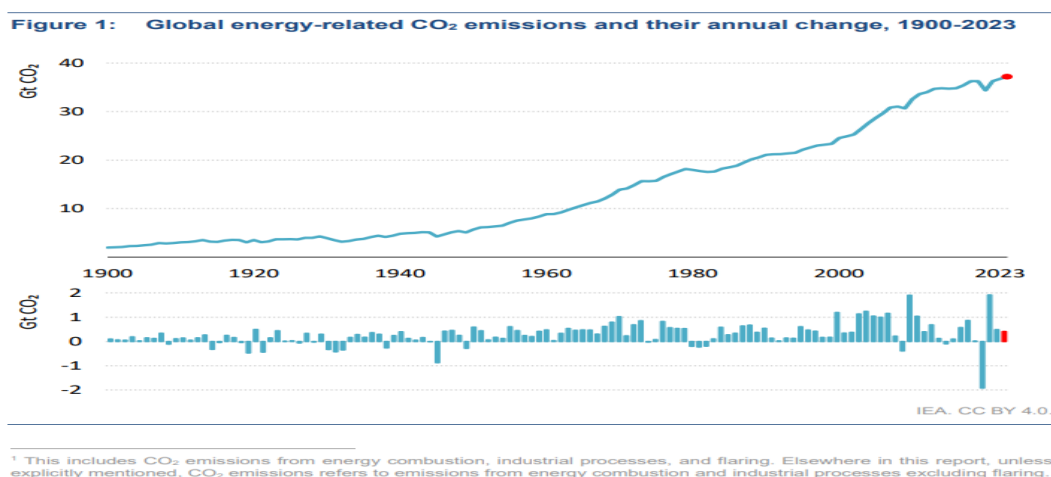


Figura 1. Global energy-related CO₂ emissions and their annual change, 1900-2023

¹⁷ International Energy Agency. (2024). *CO₂ Emissions in 2023: Executive Summary*. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>

Los biocombustibles han adquirido recientemente una importancia crucial debido a las limitadas reservas de petróleo, la necesidad de garantizar la seguridad energética y la creciente preocupación ambiental por el cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero. El término «biocombustibles» se refiere a los combustibles derivados de materia orgánica, como plantas, residuos vegetales, cultivos agrícolas y subproductos, que representan una alternativa válida a los combustibles derivados del petróleo. Los avances tecnológicos han provocado un aumento constante de la demanda energética, lo que ha resultado en un consumo excesivo de combustibles fósiles. Por lo tanto, las energías renovables se perfilan como una solución potencial a nivel mundial, debido a sus positivos impactos sociales, económicos y ambientales.¹⁸

El uso de materiales biológicos para la producción de energía tiene sus raíces; de hecho, ya en 1900, Rudolph Diesel patentó y puso en funcionamiento un motor capaz de funcionar con aceite de cacahuete, que contaminaba incluso menos que el vapor y tenía un mejor rendimiento, pero no era competitivo desde el punto de vista económico debido a su elevado precio¹⁹. Más tarde, en 1940, Henry Ford patentó un motor capaz de funcionar con aceite de cáñamo o aceite de soja²⁰.

Las fuentes renovables, como los biocombustibles, presentan un potencial de uso que se caracteriza por sus bajas emisiones de dióxido de carbono, la reducción de la contaminación y la posibilidad de producirse a partir de biomasa procedente de residuos orgánicos²¹. Estos biocombustibles son eficaces para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contrarrestar los efectos del cambio climático debido al transporte y los vehículos. La investigación sobre biocombustibles se lleva a cabo a escala global, centrándose en dos propiedades clave: la sostenibilidad y la renovabilidad.

¹⁸ International Energy Agency. (2025). *Global Energy Review 2025 – CO₂ Emissions Analysis*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions>

¹⁹ Diesel, R. (1895). *Method of and Apparatus for Converting Heat into Work* (US Patent No. 542,846). United States Patent and Trademark Office.

²⁰ Henry Ford Museum. (1941). *Soybean Car exhibits and patent information*. The Henry Ford.

²¹ Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Boletín Oficial del Estado núm. 121, de 21 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-8447>

2.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles son combustibles líquidos o gaseosos producidos a partir de biomasa, destinados principalmente al sector del transporte. Según la Directiva (UE) 2018/2001, los biocombustibles se definen como «combustibles líquidos para el transporte producidos a partir de biomasa».²²

Los biocombustibles, tanto como aditivos como en su forma pura, son una alternativa en el transporte y representan alrededor del 18 % del consumo de energía primaria. Se dividen comúnmente en bioetanol y biodiésel; actualmente, el 80 % de los biocombustibles líquidos se produce como bioetanol y el resto como biodiésel.^{23 24} Lo que los distingue de las materias primas derivadas del petróleo es su contenido de oxígeno, que varía entre el 10 % y el 45 % en comparación con los productos derivados del petróleo sin oxígeno. También presentan niveles más bajos de azufre y nitrógeno que las fuentes de petróleo. Los biocombustibles pueden producirse mediante diversos métodos, como métodos biológicos, químicos y físicos.

Los biocombustibles líquidos se clasifican en función de la materia prima utilizada para su producción. Según la materia prima, se clasifican de la siguiente manera:

- Biocombustibles de primera generación
- Biocombustibles de segunda generación
- Biocombustibles de tercera generación
- Biocombustibles de cuarta generación

Los biocombustibles de primera generación se obtienen principalmente a partir de piensos u otros productos destinados al consumo humano, especialmente

²² European Parliament & Council. (2018, 11 diciembre). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). Official Journal of the European Union, L 328, 82–209.

²³ Smith, J., & Patel, R. (2024). Trends and advances in sustainable bioethanol production technologies from first to fourth generation. *ScienceDirect*

²⁴ Zah, R., et al. (2007). Life cycle assessment of biofuels: Biodiesel and bioethanol from different feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, 31(2–3), 125–132.

aceites vegetales. Su producción implica diversas tecnologías y procesos clave, como la fermentación, la destilación y la transesterificación, lo que los clasifica como "biocombustibles convencionales". Este proceso se centra principalmente en la generación de combustible, desechando el resto de la materia no combustible como residuo, eliminando así la necesidad de membranas en estos métodos.

Los biocombustibles de segunda generación se obtienen íntegramente a partir de materias primas no alimentarias, como cultivos energéticos, plantas lignocelulósicas, residuos agrícolas, residuos forestales y otros productos de desecho.²⁵ A diferencia de la producción de biocombustibles de primera generación, el proceso de segunda generación es un enfoque mejorado que se centra en aumentar tanto la recuperación de combustible como la producción de materias primas secundarias. A diferencia del método de primera generación, este se centra en la generación de combustibles de alta calidad y la reducción de los costes energéticos y de residuos, lo que lo convierte en un enfoque económicamente viable. Para lograr estos objetivos, los investigadores suelen emplear técnicas como la filtración por membranas y la integración de múltiples biorrefinerías para optimizar el rendimiento del producto. Durante las etapas de producción, se utilizan diversos organismos mesófilos y termófilos en reacciones discontinuas y continuas para producir biocombustibles, ácidos orgánicos y aminoácidos.²⁶

Los biocombustibles de tercera generación se obtienen a partir de microalgas mediante la transesterificación o el hidrotatamiento del aceite de algas. Estos métodos aumentan eficientemente la producción anual de biocombustibles en comparación con la primera generación, que utiliza cultivos tradicionales.²⁷ La fase de desarrollo e investigación de los biocombustibles de segunda y tercera generación los sitúa en la categoría general de biocombustibles avanzados. Las fuentes primarias incluyen recursos viables que no afectan a la cadena alimentaria

²⁵ Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., & Stroeve, P. (2009). Strategies for deconstructing lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100(1), 10–18.

²⁶ European Commission – JRC. (2024). Economics of second-generation biofuels: Cost analysis and market development. JRC Report.

²⁷ Horn, S., Vaaje-Kolstad, G., Westereng, B., & Eijsink, V. G. (2012). Novel enzyme paradigms for biomass conversion in biofuel production. *Biotechnology and Bioengineering*, 109(6), 1437–1450

y son accesibles, fácilmente disponibles y adaptables a los parámetros ambientales. Estos recursos primarios consisten principalmente en microalgas, aceites animales, aceite de pescado, aceites de cocina usados y grasas animales.²⁸ Otro avance significativo de estos biocombustibles con respecto a la generación anterior es su potencial para reducir la contaminación del agua y la carga que supone la gestión de residuos.

Los biocombustibles de cuarta generación se producen a partir de algas modificadas genéticamente (GM) y se basan en combustibles solares fotobiológicos y electro combustibles. La biomasa de algas GM es eficiente en la producción de biocombustibles al mejorar la eficiencia fotosintética y aumentar la penetración de la luz. Las materias primas solares de cuarta generación están ampliamente disponibles, son más rentables e inagotables.²⁹ La modificación genética de la biomasa de microalgas ofrece posibles aplicaciones en el proceso de extracción de aceite, mediante la inducción de la autólisis celular y la implementación de sistemas de segregación de productos. Las tecnologías para la producción de biocombustibles de cuarta generación aún se encuentran en fase de estudio experimental y, hasta la fecha, no es posible prever posibles aplicaciones en el ámbito industrial.³⁰

²⁸ Wijffels, R. H., & Barbosa, M. J. (2010). Biofuel production from microalgae. *BioScience*, 60(3), 215–224.

²⁹ Balat, M. (2024). *The fourth generation of biofuel: A systematic review on nearly two decades of research (2008–2019)*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111038. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.111038>

³⁰ Jones, L., & Müller, A. (2014). Evolution retrospective for alternative fuels: First to fourth generation. *Renewable Energy*, 62, 24–34.

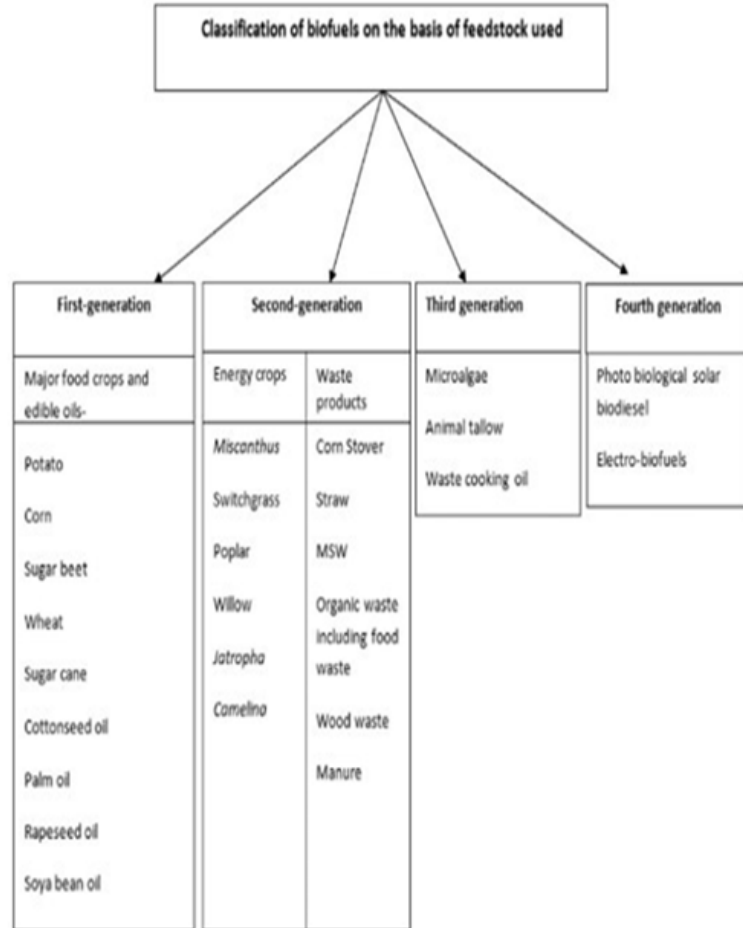


Figura 1.1. Clasificación de biocombustibles según la materia prima utilizada para su producción (Sangita M. et al., 2021)

La evaluación del impacto ambiental y la sostenibilidad de los biocombustibles de primera generación es un tema complejo que involucra varios aspectos.³¹ La producción de biocombustibles puede llevar a cambios en el uso del suelo, como la conversión de tierras agrícolas o bosques al cultivo de materia prima

³¹ Cavelius, P., Engelhart-Straub, S., Mehlmer, N., Lercher, J., Awad, D., & Brück, T. (2023). *The potential of biofuels from first to fourth generation*. *PLOS Biology*. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002063>

para biocombustibles. Por esta razón, es importante considerar el uso del suelo como un factor para la sostenibilidad de los biocombustibles.

Otro factor a considerar son las emisiones de gases de efecto invernadero. Si bien los biocombustibles tienen el potencial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles, el proceso de producción, en particular el cultivo y procesamiento de la materia prima, puede generar emisiones significativas. Por ejemplo, las emisiones relacionadas con el cambio de uso del suelo pueden contrarrestar los beneficios climáticos. Los beneficios potenciales de los biocombustibles de primera generación en el contexto de la mitigación del cambio climático son otro aspecto controvertido del debate sobre los biocombustibles. Numerosos estudios han analizado las emisiones de gases de efecto invernadero de diferentes tipos de biocombustibles a lo largo de su ciclo de vida, llegando a conclusiones muy dispares. Un aspecto importante a considerar al interpretar y comparar los resultados de dichas investigaciones es la amplia gama de metodologías, y los estudios no siempre son comparables (Hoefnagels et al., 2010; Cherubini y Stromman, 2011).

Investigaciones y análisis establecidos sobre la evaluación del ciclo de vida (ACV) han demostrado que los diferentes biocombustibles muestran diferencias significativas en las emisiones de GEI a lo largo de su ciclo de vida, y muchos muestran emisiones significativamente menores que los combustibles fósiles tradicionales (Zah et al., 2007; Menichetti y Otto, 2009; Acquaye et al., 2012). Si bien algunos estudios indican una reducción de las emisiones de GEI de hasta un 80-90%, otros destacan que la elección del cultivo tiene un impacto significativo en las emisiones proyectadas de GEI del ciclo de vida, debido a los flujos de CO₂ asociados con la labranza y las emisiones de nitrógeno relacionadas con el uso de fertilizantes nitrogenados. En particular, los biocombustibles derivados de cultivos perennes, como el cambium y el miscanthus, que no requieren cultivo anual y suelen utilizar el nitrógeno de forma más eficiente, tienden a generar menores emisiones de gases de efecto invernadero que los biocombustibles derivados de cultivos anuales como el maíz.

En los últimos años, se ha observado una tendencia hacia los biocombustibles de segunda y tercera generación, que buscan abordar algunos de los problemas asociados a los biocombustibles de primera generación mediante el uso de materias

primas no alimentarias y enfoques de producción más avanzados. Por lo tanto, la producción y el uso de biocombustibles alternativos, como los de segunda y tercera generación, son esenciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. En el siguiente capítulo se analizarán las propiedades de estos biocombustibles con más detalle, incluyendo un análisis de sus impactos económicos, sociales y ambientales.

La producción de biocombustibles a partir de fuentes alimentarias plantea importantes dificultades debido a la escasez de recursos alimentarios. Por ello, se está trabajando en el desarrollo de tecnologías de segunda generación que utilicen materiales no destinados al consumo humano para producir biocombustibles. En el proceso de conversión BTL (Biomasa a Líquido), el primer paso consiste en la gasificación o pirólisis para generar un gas de síntesis, conocido como gas de síntesis, compuesto principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono. Estos gases pueden transformarse posteriormente en biocombustibles mediante procesos biológicos o un proceso catalítico como el de Fischer-Tropsch. Otra vía para la producción de biocombustibles consiste en la conversión de polímeros de azúcar presentes en la materia prima, como la celulosa o la hemicelulosa, en monosacáridos. Finalmente, existe un enfoque híbrido en el que los procesos bioquímicos producen intermediarios químicos que posteriormente se transforman en productos de alto valor añadido mediante un proceso termoquímico.

Parte de la financiación e inversión observables proviene de la Unión Europea y Estados Unidos. Estas instituciones financieras están estableciendo centros de bioenergía para realizar investigaciones dedicadas a la producción de biocombustibles rentables. Un informe reciente indicó que el coste de producir bioetanol en biorrefinerías de segunda generación es de dos a tres veces superior al de los combustibles fósiles equivalentes en términos energéticos. Existen varios desafíos para convertir las materias primas lignocelulósicas en biocombustibles y otros productos valiosos mediante plataformas bioquímicas, con el fin de reducir los costes de producción³². Estos desafíos se refieren principalmente a: la producción y organización de las materias primas; el desarrollo de tecnologías

³² Bioethanolshop (2021). *Huella de carbono del bioetanol*. Resalta menores emisiones nocivas que combustibles convencionales <https://www.bioethanolshop.nl/es/cual-es-la-huella-de-carbono-del-bioetanol/>

energéticas rentables, como la hidrólisis biológica o química y la fermentación microbiana; la generación de productos con valor añadido; la distribución de biocombustibles; la rentabilidad; la aceptación social; y el impacto ambiental³³.

Las biorrefinerías de segunda generación utilizan principalmente biomasa lignocelulósica como materia prima, pero también pueden utilizar residuos industriales como el glicerol crudo y el suero lácteo. Estas biomásas son relativamente baratas y abundantes. La materia prima lignocelulósica se considera una fuente renovable y sostenible de carbono y está presente principalmente en la materia vegetal cruda. Sin embargo, la producción de azúcares reductores totales a través de la conversión lignocelulósica es más compleja que la conversión de biomasa basada en almidón. Estos incluyen cultivos dedicados que pueden crecer en pastos del suelo como *Miscanthus giganteus* y *M. sinensis* o pasto varilla, así como cultivos herbáceos. Subproductos agrícolas como paja de trigo, rastrojo de cereal, cascarilla de arroz, núcleo de maíz, bagazo y cáscara de cacahuete de la industria alimentaria se han identificado como posibles fuentes de materia prima lignocelulósica.

Varios informes destacan que muchos investigadores se están centrando en la biomasa forestal y los subproductos leñosos de la silvicultura, como astillas de madera (roble), podas de madera blanda (pino), aserrín, corteza y también desechos de jardines y parques, como ramas, hierbas y hojas. Los residuos industriales también pueden utilizarse como materia prima, incluyendo residuos de destilerías y cervecerías, así como residuos sólidos urbanos con celulosa como componente principal. La biomasa lignocelulósica disponible puede utilizarse para la producción de bioetanol sin necesidad de terreno adicional ni afectar a los cultivos alimentarios.

Los biocombustibles de tercera generación se definen como combustibles que pueden generarse a partir de biomasa de algas. Las algas incluyen un grupo diverso de microorganismos, como microalgas, macroalgas (algas marinas) y

³³ Ley 26.093 (Argentina). *Régimen de Regulación de Biocombustibles*. Establece reducciones de CO₂ en el uso de biocombustibles
<https://www.oconsumidor.gov.br/barreirastecnicas/ExigenciasTecnicas/documentos/ARG/biocombustibles.pdf>

cianobacterias (anteriormente conocidas como algas verdeazuladas).

Generalmente, la producción de bioetanol a partir de algas depende de diversos factores, como la tecnología y el entorno marino. Los biocombustibles producidos a partir de algas dependen del contenido lipídico de los microorganismos. Existen más de 72.000 especies de algas. Las algas pueden crecer en agua dulce, aguas residuales o agua salobre. Las principales ventajas de las algas en la producción de biocombustibles incluyen su capacidad de crecer rápidamente, con ciclos de cosecha medidos en días, y la necesidad de menos nutrientes para crecer. Las algas pueden crecer de forma natural en diversos entornos. La tasa de crecimiento puede variarse incrementando las condiciones de crecimiento, como la temperatura, la acidez y el enriquecimiento de nutrientes. Las algas que generan altos rendimientos energéticos se consideran materias primas para los biocombustibles de tercera generación. Se pueden producir numerosos productos a partir de la biomasa algal, como etanol, butanol, biodiésel, combustible para aviones, gas de síntesis, bioaceite, una amplia gama de materias primas químicas y fertilizantes naturales. La combustión de la biomasa algal también puede generar electricidad.³⁴

A continuación, se presenta un resumen del análisis FODA/SWOT (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para los biocombustibles de segunda y tercera generación.

³⁴ Menichetti, E., & Otto, M. (2009). Global greenhouse gas emissions from ethanol-diesel blends. *Energy Policy*, 37(11), 4725–4736.

Fortaleza	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Los costos de la materia prima son bajos. • La materia prima utilizada para la producción de biocombustibles de segunda generación no forma parte de la cadena alimentaria, por lo que no hay competencia entre alimentos y cultivos. • Las técnicas de cultivo más modernas, como los cultivos mixtos, son muy beneficiosas para la biodiversidad. • El uso de plantas perennes (en lugar de plantas anuales para la producción de almidón y azúcar) previene la erosión del suelo y contribuye a la conservación de las aguas subterráneas. • La combustión del bioetanol genera bajas emisiones de CO₂. • El etanol producido puede mezclarse con gasolina. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe experiencia en la producción a gran escala de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos. • El procesamiento de bioetanol a partir de celulosa requiere un alto consumo energético.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación para optimizar el proceso de producción de bioetanol a partir de celulosa. • Gracias al aprovechamiento de toda la planta, se espera un mayor rendimiento por hectárea. 	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie disponible para el cultivo es limitada. • En los principales países europeos, el uso del bioetanol aún no está consolidado, por lo que existe una infraestructura limitada para su distribución.

Tabla 2-1: Análisis FODA para biocombustibles de segunda generación

Fortaleza	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • El biocombustible de algas tiene emisiones de CO2 muy bajas o casi nulas. • Las algas son útiles para la captura y el secuestro de carbono. • Las algas pueden producir diferentes tipos de productos con valor añadido (como el oxígeno). • Adaptabilidad de las algas a diferentes tipos de lugares de cultivo, líquidos y cuerpos de agua (agua dulce, salobre y ambiente marino). • Las algas son ubicuas en la naturaleza. • El biocombustible de algas tiene un índice de octano más alto. 	<ul style="list-style-type: none"> • La producción a escala comercial sigue siendo relativamente cara. • Los problemas ambientales y sociales sin resolver siguen siendo un problema debido a la financiación insuficiente.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden brindar oportunidades de negocio a pequeña escala. • La mezcla de biocombustible con combustible de petróleo reduce el contenido de azufre del combustible, lo que a su vez mejora la lubricación y reduce las propiedades aromáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto valore dei CAPEX e OPEX • L'accettabilità di mercato non è ancora certa

Tabla 2-2: Análisis FODA para biocombustibles de tercera generación

Tras la combustión del bioetanol, las plantas reutilizan el dióxido de carbono liberado durante la fotosíntesis para sintetizar componentes celulares³⁵. En comparación con el petróleo, el bioetanol produce significativamente menos gases tóxicos tras la combustión. En particular, el bioetanol obtenido a partir de biomasa lignocelulósica no emite gases nocivos durante la combustión, lo que evita contribuir al efecto invernadero³⁶. Una de las principales ventajas del uso de bioetanol derivado de la lignocelulosa es la reducción de la contaminación por gases de efecto invernadero. La combustión completa del bioetanol se ve facilitada por su composición, que contiene un 35 % de oxígeno, lo que ayuda a reducir las emisiones de partículas y, por lo tanto, a minimizar los riesgos para la salud³⁷. Estudios también han demostrado que añadir etanol al diésel reduce las emisiones de partículas y NOx^{38 39}. Sin embargo, el uso de etanol como combustible puede provocar un aumento de las emisiones de acetaldehído, aunque es menos perjudicial para la salud que el formaldehído emitido por la gasolina⁴⁰. La evaluación del ciclo de vida y la evaluación del impacto ambiental de la producción de bioetanol proporcionan un método para evaluar los efectos ambientales generales del proceso. Si bien el uso de biomasa lignocelulósica para producir

³⁵ Repsol. (2023). *¿Qué es el bioetanol y para qué sirve?* Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/bioetanol/index.cshtml>

³⁶ Plataforma para los Combustibles Renovables. (2024). *Informe sobre combustibles renovables y ciclo de carbono*. NTT DATA. Detalla cómo se absorbe el CO₂ por fotosíntesis y se reutiliza en el ciclo del bioetanol

³⁷ Sotomayor, R. (2009). *Estudio exploratorio de producción de bioetanol y balance de CO₂*. Tesis, Universidad de Chile. Se confirma el balance neutro de CO₂ del bioetanol frente a los combustibles fósiles

³⁸ Paz Pérez, E. et al. (2025). *Estudio comparativo entre la quema directa de diésel y alcohol etílico hidratado*. Facultad de Ingeniería, UNESP. Documenta que el etanol reduce PM y NO_x respecto al diésel

³⁹ Ministerio de Energía de Colombia (2011). *Capítulo II: Estudio ACV – Impacto Ambiental*. Señala impactos en MP y NO_x y eutrofización por uso de fertilizantes https://minenergia.gov.co/documents/3035/Capitulo_2_ACV_final.pdf

⁴⁰ Embarq (2012). *Exhaust emissions transit buses*. El etanol genera emisiones de NO_x menores que el diésel; sin embargo, puede aumentar HC y CO <https://repositorio.tec.mx/server/api/core/bitstreams/16072d40-0adf-4614-86bb-4c0afb92e7/content>

bioetanol ofrece diversos beneficios ambientales, como la reducción del impacto en el calentamiento global y un menor consumo de energía no renovable, es importante considerar que dicha producción puede incrementar la eutrofización y la acidificación debido a la emisión de fósforo y nitrógeno de los cultivos agrícolas.

Los biocombustibles producidos a partir de materiales orgánicos renovables han despertado un gran interés entre los investigadores como alternativa a los combustibles fósiles⁴¹. Pueden ayudar a reducir algunos de los aspectos negativos relacionados con la producción y el uso de combustibles fósiles, como las emisiones de gases de efecto invernadero y el agotamiento de recursos limitados. La creciente demanda de biocombustibles también podría generar mayores ingresos agrícolas gracias a la producción de cultivos de alto rendimiento, como la soja, utilizada para producir aceite. Sin embargo, la producción de biocombustibles a partir de biomasa de primera y segunda generación puede tener efectos indeseables, como cambios en los patrones de uso del suelo que podrían aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire y el agua, así como el aumento del costo de los alimentos. Si bien el bioetanol puede sustituir a los derivados del petróleo como combustible para motores, el principal reto de la industria del bioetanol reside en la necesidad de desarrollar procesos de producción respetuosos con el medio ambiente y económicamente viables. Debido a su impacto en la seguridad alimentaria y los procesos de producción, el bioetanol de primera y segunda generación podría no ser una solución sostenible. El bioetanol de microalgas y macroalgas, conocido como TGB, representa una alternativa atractiva a los combustibles fósiles. Estas consideraciones han guiado la decisión de utilizar microorganismos marinos como fuente de biomasa para la producción de bioetanol. La combinación de diferentes tipos de algas (microalgas y macroalgas) ofrece una oportunidad sostenible para la producción de bioetanol, con una creciente atención mundial y un mayor impacto ambiental. El uso de algas para producir bioetanol ha cobrado creciente interés en los últimos años y se espera que se convierta en un elemento clave en la industria del bioetanol.

⁴¹ UNICA (2020). *Producción y uso del etanol combustible en Brasil*. Describe menor formación de smog y mejoras en calidad del aire <https://unica.com.br/wp-content/uploads/2020/10/producao-e-uso-do-etanol-combustivel-no-brasil-espanhol.pdf>

La producción de biocombustibles de cuarta generación, obtenidos principalmente a partir de algas marinas, ofrece beneficios potenciales en términos de sostenibilidad ambiental, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de tierras agrícolas para cultivos alimentarios. Sin embargo, es fundamental evaluar cuidadosamente los impactos económicos, sociales y ambientales asociados a esta tecnología. Impacto económico: El cultivo de algas para la producción de biocombustibles puede requerir inversiones significativas en investigación y desarrollo, así como en infraestructura de cultivo y cosecha. Los estudios indican que, a pesar de su potencial, la producción de biodiésel de algas puede ser más costosa que la de los combustibles tradicionales, lo que requiere políticas de apoyo económico para que sea competitiva en el mercado.

Hay que considerar dos aspectos fundamentales que produce este impacto, el impacto social y el impacto ambiental;

Impacto social: Dedicar recursos agrícolas a la producción de biocombustibles puede afectar la disponibilidad de tierras para la agricultura alimentaria, con posibles consecuencias para la seguridad alimentaria y los precios de los alimentos. Es fundamental equilibrar las necesidades energéticas con las alimentarias, evitando conflictos entre el uso de la tierra para la producción de biocombustibles y la necesidad de garantizar la alimentación de una población en crecimiento.

Impacto ambiental: La producción de biocombustibles a partir de algas podría tener un impacto ambiental menor que el de los biocombustibles de primera generación, ya que las algas no compiten con los cultivos alimentarios por el uso del suelo y pueden crecer en entornos no aptos para la agricultura tradicional. Sin embargo, es fundamental evaluar cuidadosamente todo el ciclo de vida de la producción, considerando aspectos como el consumo de agua, la energía empleada en el cultivo y la posible alteración de los ecosistemas acuáticos.

En conclusión, si bien los biocombustibles de cuarta generación presentan oportunidades para una mayor sostenibilidad, es crucial realizar evaluaciones exhaustivas de los impactos económicos, sociales y ambientales. Solo mediante un análisis exhaustivo e integrado será posible desarrollar estrategias que maximicen los beneficios y minimicen los riesgos potenciales asociados a esta tecnología emergente.

2.2. IMPORTANCIA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Los biocombustibles se consideran un componente clave en la estrategia de la Unión Europea para la transición hacia un sistema energético sostenible y bajo en carbono. La Directiva (UE) 2018/2001, conocida como RED II, establece objetivos vinculantes para el uso de energías renovables en el transporte, con una cuota del 14 % para 2030.⁴²

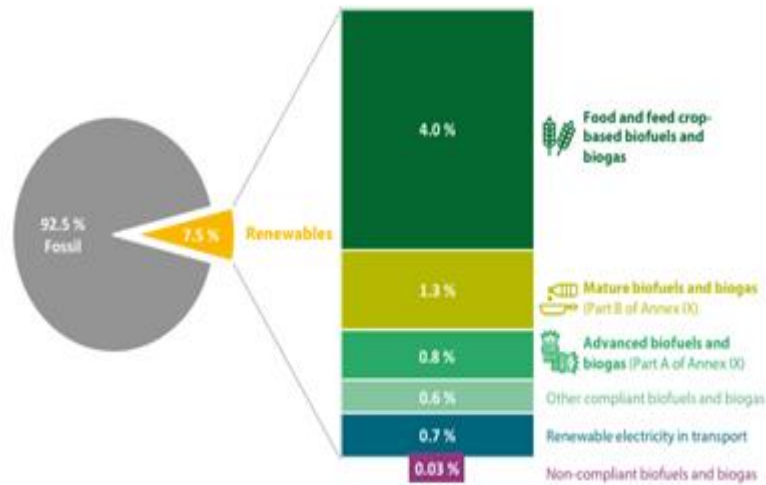


Figura 1.3. Cesta energética en el transporte por ferrocarril y por carretera de la UE en 2021

Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo, a partir de los datos de SHARES.

El sector del transporte es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero en la UE. Los biocombustibles ofrecen una solución inmediata

⁴² Comisión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre el fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (RED II). Diario Oficial de la Unión Europea, L 328, 82–209. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>

para reducir estas emisiones, especialmente en segmentos difíciles de electrificar, como la aviación y el transporte marítimo. La Directiva de Aviación ReFuelEU, adoptada en 2023, establece objetivos para el uso de combustibles sostenibles en la aviación, incluidos los biocombustibles avanzados, con una cuota del 6 % para 2030⁴³

A pesar del potencial de los biocombustibles, su implementación en la UE se enfrenta a varios retos:

El primero es, sin duda, la limitada disponibilidad de biomasa. La creciente demanda de biomasa para biocombustibles compite con otros sectores, como el alimentario y el de los bioplásticos, lo que limita la disponibilidad de materias primas y aumenta la dependencia de las importaciones. Otro desafío importante es la sostenibilidad ambiental; algunos biocombustibles, especialmente los de primera generación, pueden contribuir a la deforestación y al cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC), comprometiendo así los beneficios ambientales esperados.

Por último, pero no menos importante, es evidente el problema de la competitividad económica; los biocombustibles avanzados son actualmente más caros que los combustibles fósiles, y la falta de una perspectiva a largo plazo en la política de la UE ha hecho que el sector resulte poco atractivo para los inversores.

Por lo tanto, los biocombustibles son un componente estratégico en la transición energética de la UE, contribuyendo a la descarbonización del transporte y a la seguridad del suministro energético.⁴⁴ Sin embargo, para alcanzar su máximo potencial, es necesario abordar los desafíos relacionados con la disponibilidad de biomasa, la sostenibilidad ambiental y la competitividad económica. Una política coherente y a largo plazo, respaldada por inversiones en

⁴³ Comisión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de octubre de 2023 relativo al uso de combustibles sostenibles en la aviación y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2018/1139 (ReFuelEU Aviation). Diario Oficial de la Unión Europea, L 2023/2405. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32023R2405>

⁴⁴ Transport & Environment. (2022). *The role of biofuels in Europe's transport decarbonisation*. <https://www.transportenvironment.org/discover/role-biofuels-europe-transport-decarbonisation/>

investigación y desarrollo, es esencial para superar estos problemas críticos y promover un sector de biocombustibles sostenible y competitivo.⁴⁵

⁴⁵ European Commission – Directorate-General for Energy. (2021). *Study on the actual GHG emissions from transport biofuels*. https://energy.ec.europa.eu/publications/study-actual-ghg-emissions-transport-biofuels_en

2.3. RETOS Y OPORTUNIDADES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles ofrecen numerosas oportunidades para la transición energética, pero su desarrollo y adopción conllevan desafíos técnicos, económicos y ambientales.

Uno de los principales desafíos que deben afrontar los biocombustibles, ante el creciente número de la población mundial, es la competencia con la producción de alimentos.

Los biocombustibles de primera generación (como el biodiésel y el bioetanol) se obtienen de cultivos alimentarios como el maíz, la caña de azúcar y la soja. Sabemos que estos cultivos son muy importantes para la cadena alimentaria humana y quizás también para la ganadería, y si solo una parte se destina al uso exclusivo de biocombustibles, puede provocar, primero, un aumento de los precios de los alimentos y, posteriormente, una competencia por el uso del suelo entre la producción de alimentos y la de energía.

La conversión de bosques o tierras naturales para cultivar biomasa puede causar deforestación, pérdida de biodiversidad y cambios en el uso del suelo, lo que reduce los beneficios ambientales. Por ejemplo, en algunas zonas de Indonesia, el cultivo intensivo para biocombustibles ha provocado un aumento de las emisiones totales de CO₂ debido al cambio de uso del suelo y ha puesto a algunos orangutanes en peligro de extinción. Además, la producción de biocombustibles de segunda y tercera generación requiere tecnologías avanzadas e infraestructura especializada, con importantes costos de inversión inicial. Los precios finales suelen superar los de los combustibles fósiles, lo que los hace menos competitivos sin subsidios.

Además, los cultivos para biocombustibles suelen requerir agua para crecer, lo que aumenta la presión sobre los recursos hídricos en regiones ya vulnerables que requieren infraestructura específica para la producción, distribución y uso de biocombustibles, que no siempre están disponibles en las zonas de producción.

La otra cara de la moneda de los biocombustibles es más optimista y ofrece un conjunto significativo de oportunidades.

En primer lugar, los biocombustibles ofrecen una solución baja en carbono, especialmente en el sector del transporte, contribuyendo a los objetivos globales de

descarbonización. Los biocombustibles de segunda generación utilizan residuos agrícolas, residuos orgánicos y materiales lignocelulósicos, transformando lo que se considera un residuo en un recurso valioso. El uso de residuos y subproductos agrícolas o industriales reduce los problemas de eliminación y crea oportunidades de negocio para las cadenas de suministro locales. Los biocombustibles pueden producirse localmente, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles importados y aumentando la resiliencia energética nacional, contribuyendo a la creación de empleo y al estímulo económico en las zonas rurales, donde se cultivan materias primas o se tratan los residuos. Mejor aún, los biocombustibles de tercera y cuarta generación representan una oportunidad para superar las limitaciones de las generaciones anteriores, utilizando algas, microorganismos y captura de carbono para una producción sostenible. Sin embargo, requieren inversiones en tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y reducir los costes de producción. Las políticas europeas deben promover e incentivar prácticas agrícolas sostenibles, protegiendo la tierra y los estándares de producción para minimizar el impacto ambiental mediante subsidios, exenciones fiscales y mecanismos de mercado que permitan que los biocombustibles sean competitivos frente a los combustibles fósiles. Finalmente, un factor educativo-cultural de concienciación de las comunidades sobre la importancia y el potencial de los biocombustibles contribuiría a que su uso fuera aún más sostenible y económicamente ventajoso.

En resumen, las oportunidades que ofrecen los biocombustibles son enormes, especialmente en el contexto de la transición energética global. Para aprovechar plenamente su potencial, es esencial abordar los desafíos de forma proactiva, garantizando que su producción y uso sean sostenibles, equitativos y beneficiosos tanto para el medio ambiente como para la sociedad.^{46 47 48}

⁴⁶ International Energy Agency (IEA). (2021). *Renewables 2021 – Analysis and forecast to 2026*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>

⁴⁷ European Commission. (2023). *Sustainable and Smart Mobility Strategy – Progress Report*. <https://transport.ec.europa.eu/>

⁴⁸ Scarlat, N., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Banja, M. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*, 15, 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>

III – LEGISLACIÓN EUROPEA SOBRE BIOCOMBUSTIBLE

III -LEGISLACIÓN EUROPEA SOBRE BIOCOMBUSTIBLES

La legislación europea sobre biocarburantes constituye uno de los pilares esenciales de la política energética y climática de la Unión Europea. Su desarrollo se inscribe en el marco más amplio de la transición ecológica hacia una economía descarbonizada, como lo definen el Pacto Verde Europeo (European Green Deal) y los compromisos internacionales adquiridos en el contexto del Acuerdo de París⁴⁹. En este escenario, los biocarburantes —entendidos como combustibles líquidos o gaseosos obtenidos a partir de biomasa y destinados al transporte— desempeñan un papel estratégico: permiten reducir la dependencia de los combustibles fósiles, reforzar la seguridad energética del continente y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

La evolución normativa de la UE sobre los biocarburantes puede dividirse en tres grandes etapas:

Fase de promoción (2003–2009): caracterizada por un enfoque inicial basado en incentivos voluntarios. La Directiva 2003/30/CE animaba a los Estados miembros a aumentar el uso de biocarburantes en el transporte, pero sin establecer criterios estrictos de sostenibilidad ni obligaciones jurídicas vinculantes.

Fase regulatoria (2009–2020): marcada por un cambio hacia una regulación más sólida, con la adopción de la Directiva 2009/28/CE (RED I), que por primera vez introdujo objetivos legalmente obligatorios en materia de energías renovables, junto con criterios mínimos de sostenibilidad para los biocarburantes.

Fase sostenible (2021–actualidad): inaugurada por la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II) y reforzada por la más reciente RED III (Directiva (UE) 2023/2413), esta etapa se centra en una visión más rigurosa y científica del desarrollo de los biocarburantes. Se diferencian claramente los de primera generación (derivados de cultivos alimentarios) de los de segunda generación (a

⁴⁹ Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/el-acuerdo-de-paris>

partir de residuos o materias no alimentarias), estableciendo reglas más estrictas y un marco normativo que fomenta el uso sostenible.

Estas normas están estrechamente integradas con otras legislaciones relevantes, como la Directiva sobre la Calidad de los Combustibles (DCC), que regula las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de los combustibles y establece obligaciones específicas para los proveedores.

En conjunto, el marco legislativo europeo se articula sobre tres pilares fundamentales:

Objetivos cuantificables y vinculantes, que exigen a los Estados miembros alcanzar cuotas mínimas de energía renovable en el transporte⁵⁰;

Criterios de sostenibilidad ambiental y social, que condicionan el acceso a incentivos y la elegibilidad de los biocarburantes⁵¹;

Sistemas de certificación y verificación, que garantizan la trazabilidad de la cadena de producción y el cumplimiento de las normativas.

En los próximos apartados, se abordarán en profundidad los principales instrumentos jurídicos europeos en este ámbito, su evolución normativa, su implementación a nivel nacional, así como los desafíos y oportunidades que suponen para el mercado energético europeo.

⁵⁰ Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). (2021). *Renewable Energy Policies for Transport: Biofuels and Electric Vehicles*. Abu Dhabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications>

⁵¹ Comisión Europea – Dirección General de Energía. (2022). *EU Energy in Figures: Statistical Pocketbook 2022*. Bruselas: Comisión Europea. <https://energy.ec.europa.eu>

3.1. IMPORTANCIA HISTORICA SOBRE LA POLITICA EUROPEA DE BIOCOMBUSTIBLES

La política europea en materia de biocarburantes ha constituido, desde sus primeras formulaciones normativas, un eje estratégico dentro del marco más amplio de la transición energética y climática de la Unión Europea (UE). Su relevancia histórica no reside únicamente en los objetivos cuantitativos alcanzados, sino en la capacidad de esta política para articular respuestas multidimensionales a desafíos estructurales de naturaleza ambiental, económica, tecnológica y social. A continuación, se analizan los principales ámbitos en los que dicha política ha ejercido un impacto significativo.

En relación a la lucha contra el cambio climático ha representado el motor fundamental de la adopción de políticas de fomento de los biocarburantes. La UE ha promovido sistemáticamente su uso en el sector del transporte con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), uno de los sectores con mayores niveles de emisión. Este enfoque se enmarca en los compromisos internacionales adquiridos en virtud del Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015)⁵², así como en la estrategia europea hacia la neutralidad climática para 2050 (Comisión Europea, 2019)⁵³. Numerosos estudios, como el de Scarlat et al. (2015), han demostrado que, bajo condiciones de sostenibilidad adecuadas, los biocarburantes pueden contribuir de manera efectiva a la descarbonización del transporte.⁵⁴

Otra dimensión clave de la política europea de biocarburantes ha sido la mejora de la seguridad energética mediante la diversificación de las fuentes de suministro. La dependencia estructural de la UE respecto de los combustibles fósiles importados ha generado una vulnerabilidad estratégica que se ha intentado mitigar mediante el fomento de combustibles alternativos de producción interna. El desarrollo del sector de los biocarburantes ha permitido reducir esta

⁵² Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es>

⁵³ Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo* (COM(2019) 640 final). Bruselas. <https://eur-lex.europa.eu>

⁵⁴ Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*, 15, 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>

dependencia, fortaleciendo la autonomía energética del bloque comunitario (IRENA, 2021; Panoutsou et al., 2021), especialmente en un contexto internacional marcado por la volatilidad geopolítica y la crisis energética.⁵⁵

Desde una perspectiva territorial y socioeconómica, el impulso a los biocarburantes —especialmente en su primera fase, centrada en cultivos energéticos— ha generado oportunidades de desarrollo rural, diversificación agraria e ingresos complementarios para el sector agrícola. Aunque este modelo ha sido objeto de controversia por su posible impacto en los precios de los alimentos y en el uso del suelo (Londo et al., 2018), no cabe duda de que ha contribuido a revitalizar determinadas zonas rurales de la UE (Zafrilla & López, 2018), fomentando una agricultura más conectada con los objetivos energéticos y ambientales europeos⁵⁶⁵⁷.

Además, el desarrollo de biocarburantes de segunda y tercera generación ha constituido un campo de notable innovación tecnológica en el contexto europeo. Las políticas comunitarias han fomentado la investigación en tecnologías de conversión más eficientes, el uso de materias primas no alimentarias —como residuos agrícolas, forestales y urbanos— y el diseño de biorrefinerías integradas. Este enfoque ha situado a la UE en una posición de liderazgo tecnológico, favoreciendo la creación de cadenas de valor sostenibles, intensivas en conocimiento y menos dependientes de materias primas convencionales.^{58 59}

⁵⁵ Panoutsou, C., Germer, S., Karka, P., Papadokostantakis, S., & Chiaramonti, D. (2021). Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policy implications. *Energy Strategy Reviews*, 34, 100636. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100636>

⁵⁶ Londo, M., van Stralen, J., & van der Welle, M. (2018). The indirect effects of biofuel sustainability criteria on EU agriculture. *Biomass and Bioenergy*, 114, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.01.013>

⁵⁷ Zafrilla, J. E., & López, L. A. (2018). Sostenibilidad y gobernanza de los biocarburantes en Europa: ¿hacia una transición justa? *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 13, 91–112.

⁵⁸ Chiaramonti, D., & Goumas, T. (2019). Impacts on industrial-scale market deployment of advanced biofuels in EU transport sector: Policy and economic scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 416–426. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.026>

⁵⁹ Comisión Europea – DG Investigación e Innovación. (2020). *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*. Bruselas. <https://research-and-innovation.ec.europa.eu>

La sostenibilidad ha sido progresivamente incorporada como principio rector de toda la arquitectura normativa en torno a los biocarburantes. Desde la Directiva 2009/28/CE (RED I) hasta la más reciente RED III (Directiva (UE) 2023/2413), la UE ha establecido criterios estrictos en materia ambiental, social y climática para determinar la elegibilidad de los biocarburantes como sostenibles. Estas disposiciones incluyen la evaluación del cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC), la trazabilidad de las cadenas de suministro, y la obligatoriedad de sistemas de certificación independientes.^{60 61} Todo ello refleja una voluntad política clara de armonizar los objetivos energéticos con los imperativos de la sostenibilidad.

En suma, la política europea de biocarburantes ha tenido y sigue teniendo un impacto histórico que trasciende su dimensión energética, configurándose como un instrumento transversal de transformación ecológica, tecnológica y social. Su evolución normativa y su integración con otras políticas de la UE han consolidado su papel como pilar estructural en la transición hacia un modelo energético bajo en carbono.

3.2. LA DIRECTIVA DE ENERGIA RENOVABLES (RED): MARCO REGULATORIO EUROPEO PARA LA TRANSICION ENERGETICA

La Directiva sobre Energías Renovables (Renewable Energy Directive, RED) constituye el principal instrumento jurídico de la Unión Europea (UE) para promover la integración de fuentes renovables en su matriz energética. Esta

⁶⁰ Carrasco, J., & Domínguez, J. (2020). Los biocarburantes en la transición energética de la UE: evolución normativa y desafíos futuros. *Revista de Derecho Ambiental de la Unión Europea*, 12(1), 45–72.

⁶¹ EEA – Agencia Europea de Medio Ambiente. (2021). *Trends and Projections in Europe 2021: Tracking progress towards Europe's climate and energy targets*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la UE. <https://www.eea.europa.eu>

normativa no solo fomenta el desarrollo de biocombustibles, sino que también regula ámbitos estratégicos como el transporte, la climatización y la generación eléctrica, en coherencia con los compromisos del Acuerdo de París (2015) y los objetivos del Pacto Verde Europeo (European Green Deal).

Desde su adopción inicial en 2009, la RED ha sido objeto de dos reformas sustanciales: RED II (2018) y RED III (2023), que han ampliado progresivamente la ambición climática de la UE. Estas revisiones se inscriben dentro del paquete legislativo «Fit for 55», orientado a la reducción del 55 % de las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) para 2030, y forman parte integral de la hoja de ruta hacia la neutralidad climática para 2050.

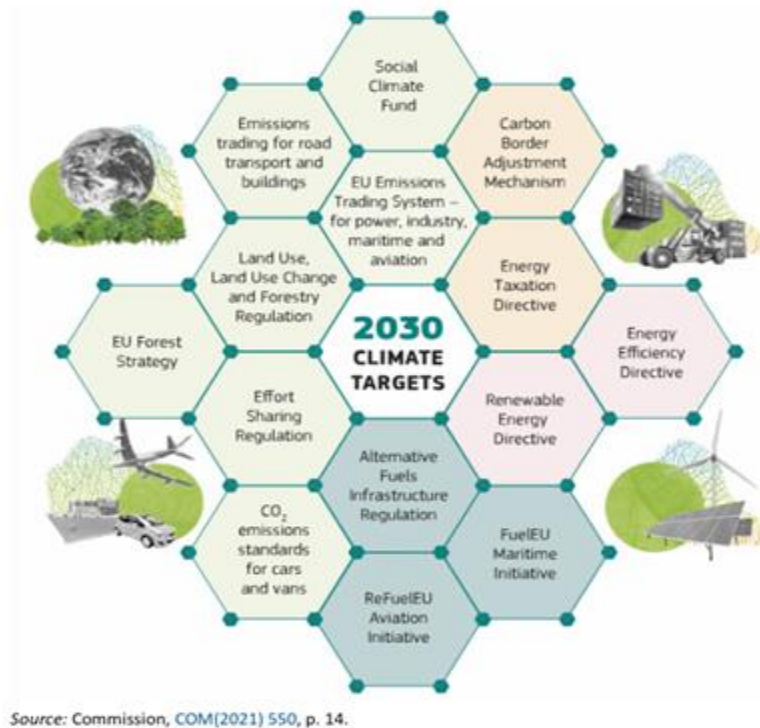


Figura 1.3 Resumen de los programas de la Comisión Europea para el objetivo climático de 2030

Este desarrollo normativo también ha sido acompañado por un creciente cuerpo jurisprudencial del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) en relación con los principios de proporcionalidad, subsidiariedad y sostenibilidad energética. Asimismo, la doctrina comparada ha subrayado el valor estructurante de la RED como piedra angular del Derecho europeo de la energía (Del Guayo, 2016; Castaño, 2020).^{62 63}

⁶² Del Guayo, I. (2016). *Derecho de la energía de la Unión Europea*. Civitas-Thomson Reuters.

⁶³ Castaño, J. (2020). La transición energética en el Derecho de la Unión Europea: implicaciones jurídicas y desafíos institucionales. *Revista General de Derecho Europeo*, 50, 1-23.

3.2.1. RED I: DIRECTIVA 2009/28/CE

La Directiva 2009/28/CE estableció el primer marco jurídico común para la promoción de las energías renovables en el periodo 2009–2020. Esta norma fijó como objetivo vinculante que al menos el 20 % del consumo final bruto de energía proviniera de fuentes renovables, distribuido mediante metas nacionales diferenciadas, teniendo en cuenta las capacidades y realidades de cada Estado miembro (Comisión Europea, 2009).⁶⁴

En el ámbito del transporte, se estableció un subobjetivo específico del 10 % de energías renovables, incluyendo biocarburantes, electricidad renovable y otros vectores sostenibles. Este subobjetivo fue esencial para dinamizar la producción y consumo de biocombustibles de primera generación en Europa.

En cuanto a sostenibilidad, RED I impuso criterios técnicos rigurosos: una reducción mínima del 35 % de emisiones de GEI respecto a los combustibles fósiles, que se elevó progresivamente al 50 % (2017) y al 60 % (a partir de 2018 para nuevas instalaciones), conforme al artículo 17 de la Directiva. Se incluyeron asimismo cláusulas de exclusión territorial para evitar el uso de materias primas procedentes de ecosistemas con alto valor en biodiversidad (bosques primarios, turberas, humedales).

Desde la perspectiva comparada, tanto en España como en Italia se adaptó esta normativa mediante planes nacionales de acción energética (PANER), que incorporaron los objetivos RED al marco legislativo nacional (véase: Real Decreto 661/2007, en España; Decreto Legislativo 28/2011, en Italia). En ambos casos, la jurisprudencia constitucional reconoció la competencia del Estado para establecer medidas de fomento energético respetando los principios europeos (STC 13/2019; Corte Cost. sent. n. 93/2013)^{65 66}

⁶⁴ Comisión Europea. (2009). *Renewable Energy Directive 2009/28/EC*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 140/16.

⁶⁵ STC 13/2019, de 31 de enero.

⁶⁶ Corte Costituzionale Italia, sentencia n. 93/2013.

3.2.2. RED II: DIRECTIVA (UE) 2018/2001 Y LOS NUEVOS OBJETIVOS PARA 2030

La Directiva (UE) 2018/2001, conocida como RED II, redefinió los objetivos energéticos de la UE para el periodo 2021–2030, en consonancia con el Acuerdo de París. Se estableció una nueva meta vinculante del 32 % de energías renovables en el consumo final bruto para 2030. En el transporte, se fijó un umbral del 14 %, con cuotas específicas para biocarburantes avanzados: 0,2 % (2022), 1 % (2025) y 3,5 % (2030).

La RED II introdujo límites explícitos al uso de biocarburantes de primera generación (cultivos alimentarios), estableciendo un tope del 7 %. Además, se aprobó una hoja de ruta para la eliminación gradual del biodiésel de palma, en virtud de su impacto indirecto sobre el cambio del uso del suelo (ILUC), abordado en documentos de impacto de la Comisión (European Commission, 2019).

El impulso a los combustibles renovables de origen no biológico (RFNBOs), como el hidrógeno verde y los e-fuels, fue una novedad clave, especialmente en sectores difíciles de descarbonizar como el transporte pesado, marítimo y aéreo.

La doctrina ha valorado positivamente este enfoque. Como señala García Álvarez (2021), RED II marcó “un punto de inflexión hacia una transición energética basada no solo en metas cuantitativas, sino en criterios cualitativos de sostenibilidad ambiental, trazabilidad y eficiencia tecnológica”.⁶⁷

En jurisprudencia nacional, la Audiencia Nacional española (SAN 1151/2021)⁶⁸ abordó la interpretación de los criterios RED II en relación con los incentivos fiscales a biocarburantes, subrayando la necesidad de una adecuada certificación de sostenibilidad. En Italia, el Consiglio di Stato (sent. n. 6628/2020)⁶⁹ examinó la compatibilidad de los criterios ILUC con el principio de tutela del mercado interior y de la libre competencia.

⁶⁷ García Álvarez, L. (2021). “Biocarburantes y sostenibilidad en la RED II: un análisis jurídico-crítico”. *Revista de Derecho Ambiental*, (29), 95–122.

⁶⁸ Audiencia Nacional, SAN 1151/2021.

⁶⁹ Consiglio di Stato Italia, Sent. n. 6628/2020.

3.2.3. RED III: REVISION DE 2023 EN EL MARCO DEL PACTO VERDE EUROPEO

La Directiva (UE) 2023/2413, conocida como RED III, representa la última evolución normativa del marco RED. En el contexto del Pacto Verde Europeo y del paquete legislativo «Fit for 55», RED III eleva el objetivo vinculante de energías renovables al 45 % del consumo energético para 2030 (European Commission, 2023a).⁷⁰

La RED III introduce obligaciones sectoriales reforzadas, particularmente en industria, calefacción y transporte. Se promueve la integración de hidrógeno verde, e-combustibles y soluciones innovadoras, con el fin de acelerar la descarbonización de sectores intensivos en carbono.

Respecto a los biocarburantes, RED III reduce progresivamente el uso de biocombustibles convencionales, impulsando los avanzados (basados en residuos, biomasa lignocelulósica, algas, etc.) y promoviendo materias primas no alimentarias, en línea con el principio de “no causar daño significativo” (DNSH) recogido en la taxonomía verde de la UE.

Asimismo, se refuerzan los sistemas de certificación y trazabilidad, incorporando tecnologías digitales como blockchain y verificaciones independientes de sostenibilidad (European Parliament, 2023)⁷¹. Estas medidas responden a la necesidad de garantizar un mercado de biocarburantes más transparente, competitivo y ambientalmente responsable.

Doctrinalmente, autores como Malgieri (2023) destacan que RED III “cristaliza la evolución del Derecho energético europeo hacia un enfoque holístico, donde se integran tecnología, sostenibilidad y seguridad jurídica como pilares inseparables del desarrollo energético”.⁷²

⁷⁰ Comisión Europea. (2023a). *Renewable Energy Directive (EU) 2023/2413*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 289/1.

⁷¹ Parlamento Europeo. (2023). *Fit for 55 package: Renewable Energy Directive revision*. Briefing del Servicio de Estudios.

⁷² Malgieri, M. (2023). *Il nuovo diritto europeo dell'energia: RED III e la sfida della neutralità climatica*. Giuffrè Francis Lefebvre.

En jurisprudencia, cabe mencionar la Sentencia del TJUE en el asunto C-682/20 (PreussenElektra AG)⁷³, que clarifica la compatibilidad de las ayudas estatales a energías renovables con las normas de competencia de la UE, sentando un precedente relevante para la implementación de RED III a nivel nacional.

⁷³ Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). Sentencia C-682/20, PreussenElektra AG, ECLI:EU:C:2022:601.

3.3. DIRECTIVA DE CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES (FQD)

La Directiva 98/70/CE, comúnmente denominada Directiva sobre la Calidad de los Combustibles (Fuel Quality Directive, en adelante FQD), constituye uno de los instrumentos normativos fundamentales de la Unión Europea (UE) para la regulación ambiental del sector energético, en particular del transporte por carretera y maquinaria móvil no destinada a la carretera. Adoptada en el año 1998 y modificada sustancialmente por la Directiva 2009/30/CE, esta norma refleja la voluntad comunitaria de avanzar hacia una economía baja en carbono mediante la mejora de la calidad de los combustibles fósiles y la promoción de alternativas energéticas más sostenibles.

La FQD tiene como objetivos primordiales, por un lado, reducir las emisiones contaminantes derivadas del uso de combustibles fósiles, especialmente de compuestos como el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los hidrocarburos aromáticos policíclicos, el benceno y las partículas finas; y por otro, mejorar la calidad del aire en el espacio europeo, en consonancia con los objetivos establecidos en la normativa sobre calidad del aire ambiental (Directiva 2008/50/CE).

Uno de los elementos centrales de esta directiva es el establecimiento de especificaciones técnicas armonizadas para la gasolina y el gasóleo, incluyendo límites estrictos de contenido de azufre (máximo de 10 ppm) y de compuestos aromáticos, con el fin de reducir significativamente las emisiones en el punto de uso. Estas especificaciones, que han evolucionado hacia lo que se denomina "combustibles con bajo contenido en azufre", también han estimulado la innovación tecnológica en la industria automotriz y de refino, favoreciendo el desarrollo de motores más eficientes y combustibles más limpios.⁷⁴

En su versión revisada de 2009, la Directiva incorporó un componente crucial de sostenibilidad: la reducción progresiva de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo del ciclo de vida de los combustibles. En concreto, se fijó un objetivo vinculante del 6 % de reducción de la intensidad de carbono de los combustibles para 2020, respecto a una línea base de 2010 (art. 7 bis de la Directiva

⁷⁴ Pavlenko, N., Searle, S., & Christensen, A. (2016). *The Impacts of the EU's Fuel Quality Directive on the EU Refining Sector*. ICCT White Paper.

2009/30/CE), ampliando con ello la perspectiva del análisis más allá de las emisiones directas (tailpipe emissions) hacia una evaluación integral de tipo well-to-wheel⁷⁵.

Además, se introdujo una cláusula de fomento de los biocarburantes sostenibles, exigiendo a los proveedores que garanticen la trazabilidad de las materias primas utilizadas y que certifiquen el cumplimiento de criterios de sostenibilidad similares a los previstos en la Directiva RED. Esto incluye, entre otros, el requisito de no proceder de tierras con alto valor en biodiversidad o con elevados stocks de carbono (Comisión Europea, 2009).⁷⁶

Desde el punto de vista comparado, tanto en España como en Italia se han implementado marcos regulatorios que reflejan esta evolución. En España, el Real Decreto 1085/2015⁷⁷ regula la sostenibilidad de los biocarburantes y establece los mecanismos de certificación para el cumplimiento de los objetivos RED y FQD. Por su parte, en Italia, el Decreto Legislativo n.º 66/2005⁷⁸, modificado en diversas ocasiones, armoniza el contenido de azufre y los límites de emisiones de los carburantes con la normativa europea, previendo sistemas de control y sanción para los operadores económicos.

La jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) también ha contribuido a delimitar el alcance de la FQD. En el asunto C-5/16 Polska Spółka Gazownictwa,⁷⁹ el TJUE analizó las competencias nacionales en relación con los requisitos técnicos de los combustibles, subrayando que cualquier norma nacional más estricta debe justificarse por razones imperiosas de interés general y

⁷⁵ EMBARQ. (2012). Exhaust emissions transit buses.

⁷⁶ Comisión Europea. (2009). Directive 2009/30/EC amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions. Diario Oficial de la Unión Europea, L 140/88.

⁷⁷ Real Decreto 1085/2015, de 4 de diciembre, por el que se regula el sistema de certificación de biocarburantes sostenibles, BOE núm. 290.

⁷⁸ Decreto Legislativo 21 marzo 2005, n. 66, Attuazione delle direttive 98/70/CE e 2003/17/CE sulla qualità della benzina e del combustibile diesel.

⁷⁹ Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). Sentencia C-5/16, Polska Spółka Gazownictwa, ECLI:EU:C:2017:633.

estar debidamente notificada a la Comisión, conforme a la Directiva 98/34/CE (actualmente incorporada en la Directiva (UE) 2015/1535).

Desde una perspectiva doctrinal, diversos autores han destacado el valor normativo de la FQD como precursora de una política energética comunitaria más técnica y transversal. Como afirma Del Guayo (2016), la Directiva sobre la Calidad de los Combustibles representa “un eslabón clave en el proceso de consolidación de un mercado interior de la energía orientado a la sostenibilidad, mediante estándares armonizados y verificables de calidad ambiental”. A su vez, otros autores han subrayado su papel de bisagra entre el derecho ambiental y el derecho energético europeo, contribuyendo a superar la tradicional compartimentación sectorial (Morris, 2015; Malgieri, 2022).⁸⁰

Los efectos de esta normativa en los distintos sectores han sido notables. En el ámbito del transporte, ha incentivado el desarrollo de tecnologías de combustión más limpias; en la industria del refino, ha impulsado significativas inversiones en desulfuración y mejora de procesos; en el ámbito ambiental, ha contribuido a una reducción tangible de emisiones atmosféricas nocivas, particularmente en zonas urbanas, como se desprende de los informes anuales de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2023).⁸¹

Finalmente, la FQD mantiene una estrecha interrelación con otras iniciativas legislativas europeas, especialmente con la Directiva RED (en lo relativo a los biocarburantes y criterios de sostenibilidad), la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente de la Comisión, y el Pacto Verde Europeo, que configura un marco integrador para la descarbonización del sistema energético europeo en su conjunto, incluyendo el transporte terrestre.

⁸⁰ Morris, J. (2015). *The EU Fuel Quality Directive: A Regulatory Innovation for Climate Change Mitigation in Transport?* *Energy Policy*, 87, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.031>

⁸¹ Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). (2023). *Air Quality in Europe – 2023 Report*. <https://www.eea.europa.eu>

3.4 LEGISLACIÓN RELACIONADA: EL PACTO VERDE EUROPEO Y LAS ESTRATEGIAS DE NEUTRALIDAD CLIMÁTICA. IMPACTO SOBRE LA REGULACION DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

La lucha contra el cambio climático se ha convertido en una prioridad estructural de la Unión Europea (UE), articulándose jurídicamente a través de un conjunto de instrumentos legislativos de creciente ambición e integración. En este contexto, el Pacto Verde Europeo (European Green Deal)⁸², presentado por la Comisión en diciembre de 2019, constituye el marco político de referencia para la transformación ecológica de la economía europea, proyectando la meta de alcanzar la neutralidad climática para el año 2050.

Esta hoja de ruta se ha materializado legislativamente a través del paquete climático "Fit for 55"⁸³, adoptado en 2021, que revisa y adapta un amplio abanico de normativas con el objetivo de lograr una reducción de al menos el 55 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2030, tomando como referencia los niveles de 1990. Este compromiso fue jurídicamente consolidado mediante el Reglamento (UE) 2021/1119, conocido como Ley Europea del Clima, que confiere valor normativo vinculante a los objetivos intermedios y finales del proceso de descarbonización.

⁸² Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo* (COM(2019) 640 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

⁸³ Comisión Europea. (2021). *Fit for 55 packages*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/fit-55_en

3.4.1. La configuración normativa del "Fit for 55" y su impacto en los biocarburantes

El paquete "Fit for 55" comprende más de veinte instrumentos legislativos — directivas, reglamentos y decisiones— que afectan directa o indirectamente al sector de los biocarburantes. Entre los más relevantes se encuentran:

La Directiva (UE) 2018/2001 (RED II) y la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III), que constituyen la arquitectura central de la política de energías renovables;

El Reglamento (UE) 2023/857, relativo al reparto del esfuerzo entre Estados miembros;

El Reglamento (UE) 2023/839 (LULUCF), sobre el uso de la tierra, cambio de uso y silvicultura;

Reglamentos ReFuelEU Aviation (UE) 2023/2405 y FuelEU Maritime (UE) 2023/1805, que establecen marcos específicos para la descarbonización del transporte aéreo y marítimo, respectivamente.

Todos estos textos legislativos conforman una matriz regulatoria coherente —aunque jurídicamente compleja— que establece objetivos vinculantes diferenciados por sectores y promueve un tránsito acelerado hacia combustibles sostenibles, incluidos los biocarburantes avanzados y los combustibles renovables de origen no biológico (RFNBOs).

Como muestra la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE), la interpretación estricta de los criterios de sostenibilidad y la coherencia entre las políticas climáticas y energéticas forman parte del acervo normativo comunitario (véase, por ejemplo, C-573/12, *Ålands Vindkraft AB v Energimyndigheten*).⁸⁴

⁸⁴ Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE), Asunto C-573/12, *Ålands Vindkraft AB v Energimyndigheten*, ECLI:EU:C:2014:2037.

3.4.2. RED II, RED III y el Anexo IX: diferenciación de materias primas y límites normativos

La evolución de la Directiva sobre Energías Renovables —desde la RED I hasta la actual RED III— ha reflejado una creciente sofisticación normativa en relación con la sostenibilidad de los biocarburantes. Mientras la RED I establecía metas generales de incorporación de renovables, la RED II introdujo criterios detallados de sostenibilidad, diferenciando entre biocarburantes de primera generación (a menudo asociados a cultivos alimentarios) y biocarburantes avanzados, definidos en el Anexo IX.

La RED II también fijó un límite del 1,7 % para la contabilización de biocarburantes procedentes de ciertas materias residuales (Parte B del Anexo IX), con el objetivo de evitar distorsiones de mercado y riesgos de fraude. No obstante, ni la propuesta legislativa ni la evaluación de impacto explicaron de forma clara el fundamento técnico de dicho umbral (Scarlat et al., 2021), lo que ha sido criticado desde sectores académicos y por órganos de control como el Tribunal de Cuentas Europeo (ECA, 2022).⁸⁵

La RED III, adoptada en 2023, incrementa el objetivo vinculante de renovables al 45 % del consumo energético final bruto para 2030 e introduce metas sectoriales específicas, incluyendo un mayor impulso a los combustibles alternativos en la industria y el transporte pesado. Asimismo, fortalece los mecanismos de verificación de sostenibilidad y trazabilidad, incorporando tecnologías emergentes como la blockchain y certificaciones independientes.

⁸⁵ ECA – European Court of Auditors. (2022). *Renewable energy for transport – limited impact of EU support on decarbonisation*. <https://www.eca.europa.eu>

3.4.3. Biocarburantes en el transporte aéreo y marítimo: ReFuelEU y FuelEU

El marco "Fit for 55" ha incorporado por primera vez normas específicas para la aviación y el transporte marítimo, sectores tradicionalmente excluidos de los regímenes obligatorios de reducción de emisiones. Estas nuevas normativas abren una nueva etapa para los biocombustibles sostenibles:

El Reglamento ReFuelEU Aviation impone a los proveedores de combustible en aeropuertos de la UE la obligación de incluir un porcentaje creciente de SAF (Sustainable Aviation Fuels), pasando del 2% en 2025 al 70% en 2050. Estos combustibles deben excluir materias primas de uso alimentario y cumplir con los criterios de la RED III.

El Reglamento FuelEU Maritime establece objetivos progresivos de descarbonización para el transporte marítimo, incluyendo el uso obligatorio de combustibles alternativos bajos en carbono, tales como el hidrógeno o el amoníaco renovables.

	RED III Renewable Energy Directive	REFUEL EU Sustainable Aviation Fuels	FUEL EU Sustainable Maritime Fuels
Targets & Shares	<ul style="list-style-type: none"> Overall target: 42.5 % by 2030 Transport target: min 29% or GHG reduction of min.14.5% by 2030 	<ul style="list-style-type: none"> By 2025: min. 2% of SAF By 2030: 6% SAF each year From 2035: min. 20% SAF each year + 5% synthetic aviation fuels From 2040: min. 34% SAF each year + 10% synthetic aviation fuels From 2045: min. 42% SAF each year + 15% synthetic fuels From 2050: min. 70% SAF each year + 35% synthetic aviation fuels 	<p>GHG intensity limit</p> <ul style="list-style-type: none"> max. 2% in 2025 max. 6% in 2030 max. 14.5% in 2035 max. 31% in 2040 max. 62% in 2045 max. 80% in 2050
Definitions	<ul style="list-style-type: none"> Biofuels: liquid fuel for transport produced from biomass Advanced biofuels: produced from feedstock listed in Annex IX.A 	<ul style="list-style-type: none"> SAF: synthetic aviation fuels; aviation biofuels (as biofuels and advanced biofuels defined in RED II) or recycled carbon aviation 	<ul style="list-style-type: none"> Biofuels: as definition in RED II
Share of advanced biofuel	<ul style="list-style-type: none"> Annex IX.A+RFNBO: min. 1% in 2025 and min. 5.5% in 2030 max 1.7 % for Annex IX.B 	<ul style="list-style-type: none"> Aviation biofuels other than advanced biofuels & Annex IX.B : max. 3% of aviation fuels 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
Annex IX.B	<ul style="list-style-type: none"> Cat 1 and Cat 2 included Double counting for Member States 	<ul style="list-style-type: none"> Cat 1 and Cat 2 included 	<ul style="list-style-type: none"> Recital(24): sustainable maritime fuels from feedstock in Annex IX.B essential to decarbonise sector

Figura 1.4 Grafico comparador de la Regulacion europea relacionada a los combustibles sostenibles: RED III, REFUEL EU y FUEL EU

Cabe destacar que el sector de los SAF se encuentra en una fase inicial de desarrollo. Según datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), en 2020 la producción europea de SAF fue inferior al 0,05% de la demanda total de queroseno. Para cumplir el objetivo del 6% en 2030, la UE deberá multiplicar al menos por diez su capacidad de producción (T&E, 2023).

Year	Target Share SAF	Target Share Synthetic Aviation Fuel	Proportion Synthetic Aviation Fuel to SAF
2025	2 %	0 %	0 %
2030	6 %		
2030–2031		Average 1.2 %, with minimum 0.7 % p.a.	at least 12%
2032–2034		Average 2.0%, with minimum 1.2 % p.a. in 2032 & 2033, 2.0 % minimum in 2034	At least 20% (2032 & 2033) At least 33% in 2034
2035	20 %	5 %	25 %
2040	34 %	10 %	29 %
2045	42 %	15 %	36 %
2050	70 %	35 %	50 %

Figura 1.5 Tabla con los objetivos de cuota de combustible de aviación sostenible (SAF) y combustible de aviación sintético (SAF sintético) hasta el año 2050.

3.4.4. Transposición nacional y perspectivas de armonización

El grado de implementación de la RED III varía considerablemente entre los Estados miembros. Los Estados miembros debían notificar su transposición antes del 21 de mayo de 2025, salvo algunas disposiciones relativas a la concesión de permisos, que ya debían notificarse antes del 1 de julio de 2024. Las nuevas normas pretenden importantes medidas horizontales y transversales para promover el despliegue de las energías renovables, como el refuerzo de las garantías de origen, la facilitación de la integración del sistema energético mediante el fomento de la electrificación y el hidrógeno renovable, y salvaguardias para garantizar una producción de bioenergía más sostenible. En el mes de agosto 2025, la Comisión insta a los Estados miembros a transponer las normas reforzadas para promover las energías renovables. La Comisión Europea decidió incoar procedimientos de infracción mediante el envío de cartas de emplazamiento a 26 Estados miembros (Bélgica, Bulgaria, Chequia, Alemania, Estonia, Irlanda, Grecia, España, Francia, Croacia, Italia, Chipre, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Hungría, Malta, Países Bajos, Austria, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovenia, Eslovaquia, Finlandia y Suecia) por no haber comunicado a la Comisión Europea la transposición completa de las disposiciones de la Directiva (UE) 2023/2413 de modificación a su Derecho nacional. La Directiva se adoptó en 2023. La aplicación de la legislación es fundamental para acelerar el despliegue de energías limpias autóctonas, seguir reduciendo las emisiones de GEI en el sector energético —que actualmente representa más del 75 % del total de emisiones de GEI en la Unión— y reforzar la seguridad energética. También contribuirá a la reducción de los precios de la energía y a la mejora de la competitividad de la economía de la UE. Hasta la fecha, solo Dinamarca había la transposición completa de la Directiva dentro del plazo legal. Por consiguiente, la Comisión ha enviado cartas de emplazamiento a 26 Estados miembros. Estos disponen de dos meses para responder, completar su transposición y notificar sus medidas a la Comisión. De no recibir una respuesta satisfactoria, la Comisión podría emitir un dictamen motivado.

Desde la perspectiva del derecho comparado, destacan algunas experiencias nacionales innovadoras. Por ejemplo, Alemania ha introducido un sistema de certificación nacional para biocombustibles avanzados (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung), mientras que Francia ha promovido incentivos

fiscales selectivos para la producción de hidrógeno renovable destinado al transporte pesado.

Otro problema surgido en Bélgica y los Países Bajos recientemente respalda la coordinación entre las normas FuelEU Maritime de toda la UE y las transposiciones de la Directiva de Energías Renovables (RED III). El conflicto surge de los planes de los gobiernos neerlandés y belga de excluir los biocombustibles derivados de aceite de cocina usado (UCO) y grasas animales de sus mandatos de combustibles marinos. Esto contradice directamente la normativa FuelEU Maritime de la UE, que incentiva su uso para reducir las emisiones del transporte marítimo.

Esta divergencia regulatoria, si no se arreglara normativamente, creará una serie de problemas de distorsión del mercado; Se espera que la oferta y la demanda de biocombustibles se vean afectadas, aumentando los costos para proveedores y armadores y de incertidumbre para el Ucome: El éster metílico de aceite de cocina usado (UCOME), un biocombustible ampliamente utilizado, se encuentra en una situación precaria. Aunque seguirá siendo atractivo para los armadores que buscan cumplir con las normas de la UE, los proveedores en la región de ARA se verán desincentivados a venderlo.

Otros problemas que pueden surgir serán: el aumento de costos, ya que los proveedores tendrán que recurrir a biocombustibles más caros o enfrentar sanciones, lo que podría elevar los precios del UCOME y, en consecuencia, reducir la competitividad de la región de ARA; y la fuga de buques considerando que, ante el aumento de los precios, muchos armadores podrían optar por abastecerse en otros lugares, como Asia o la región del Mediterráneo, donde las regulaciones son más flexibles. Por ejemplo, España propone un límite más flexible para estos biocombustibles.

Todo esto puede causar distorsiones del mercado considerando que los participantes del mercado ya están explorando soluciones, como mezclar pequeños volúmenes de biocombustibles avanzados o comerciar con derechos de emisión. Sin embargo, estas opciones presentan desafíos logísticos y de suministro. Algunos proveedores ya pueden considerar de trasladar sus operaciones de abastecimiento a puertos fuera de la región de ARA para evitar las complicaciones regulatorias.

En conclusión, la legislación europea sobre biocarburantes se inserta en una estrategia normativa más amplia y ambiciosa de neutralidad climática, cuyo éxito

dependerá no solo del desarrollo técnico y la disponibilidad de materias primas sostenibles, sino también de la coherencia regulatoria y la voluntad política de los Estados miembros para armonizar su implementación.

**IV - REGULACIÓN Y
SOSTENIBILIDAD:
PROSPERIDAD SOSTENIBLE
EN EL SECTOR DE LOS
BIOCOMBUSTIBLES**

IV- REGULACIÓN Y SOSTENIBILIDAD: PROSPERIDAD SOSTENIBLE EN EL SECTOR DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

La sostenibilidad en el sector de los biocombustibles constituye una cuestión crucial dentro del debate actual sobre la transición energética y la lucha contra el cambio climático en el marco de la Unión Europea (UE). En un contexto caracterizado por la necesidad de reducir la dependencia estructural de los combustibles fósiles y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la UE ha adoptado un enfoque normativo ambicioso orientado a promover fuentes alternativas de energía, entre ellas los biocombustibles sostenibles (Directiva (UE) 2018/2001, conocida como RED II⁸⁶, y su reciente revisión mediante la Directiva (UE) 2023/2413, RED III)⁸⁷.

No obstante, la promoción de los biocombustibles ha generado importantes desafíos vinculados a sus impactos ambientales, sociales y económicos, especialmente en lo relativo a la competencia por el uso del suelo, el riesgo de cambio indirecto del uso del mismo (ILUC), y los efectos en los precios de los alimentos y la seguridad alimentaria (Scarlat, Dallemand, Monforti-Ferrario & Nita, 2015). De ahí que el principio de sostenibilidad se haya convertido en un eje estructurante de la regulación europea en esta materia, tal como reflejan los criterios de sostenibilidad y reducción de emisiones impuestos por la legislación vigente.

El concepto de "prosperidad sostenible", en este contexto, remite a la necesidad de conciliar el crecimiento económico con la preservación del medio ambiente y la equidad social, en consonancia con el principio de desarrollo sostenible consagrado en el artículo 3 del Tratado de la Unión Europea (TUE) y en el artículo 37 de la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea. Este

⁸⁶ Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (RED II).

⁸⁷ Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifica la Directiva 2018/2001, relativa a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables (RED III).

enfoque ha sido reforzado por iniciativas estratégicas como el Pacto Verde Europeo (European Green Deal)⁸⁸ y el Plan REPowerEU⁸⁹, que abogan por un modelo económico resiliente, descarbonizado e inclusivo (Comisión Europea, 2019; 2022).

En el caso específico de los biocombustibles, alcanzar una prosperidad verdaderamente sostenible exige asegurar la viabilidad económica de su producción y utilización. Esto implica, por un lado, una continua inversión en innovación tecnológica destinada a optimizar la eficiencia de las cadenas de valor —especialmente en los biocombustibles avanzados incluidos en el Anexo IX de la RED II— y, por otro, el establecimiento de marcos de apoyo público que faciliten su desarrollo frente a la histórica ventaja competitiva de los combustibles fósiles. En efecto, sin mecanismos de incentivos adecuados, como regímenes de apoyo financiero, esquemas de cuotas o certificados de sostenibilidad, el despliegue masivo de estos combustibles resulta improbable, dada la asimetría de costes y externalidades negativas no internalizadas por el mercado (Mir-Artigues & del Río, 2016)⁹⁰.

Además, el Tribunal de Justicia de la Unión Europea ha sostenido, en diversas ocasiones, la legitimidad de las medidas de promoción de fuentes renovables, siempre que respeten los principios de proporcionalidad y no discriminación (véase, por ejemplo, el asunto *Essent Belgium NV*, C-204/12)⁹¹. Esta jurisprudencia refuerza la capacidad normativa de los Estados miembros para diseñar instrumentos que aseguren la sostenibilidad del sector, siempre en el marco de los límites establecidos por el Derecho de la Unión.

En suma, una regulación eficaz de los biocombustibles debe tener como horizonte no solo la sostenibilidad ambiental, sino también la justicia social y la eficiencia económica, elementos que, integrados armónicamente, conforman la noción de prosperidad sostenible dentro del paradigma de la transición energética justa.

⁸⁸ Comisión Europea. (2019). *The European Green Deal* (COM (2019) 640 final).

⁸⁹ Comisión Europea. (2022). *REPowerEU Plan* (COM (2022) 230 final).

⁹⁰ Mir-Artigues, P., & del Río, P. (2016). *Economics and policy of solar photovoltaic electricity in Spain*. Springer

⁹¹ Tribunal de Justicia de la Unión Europea, sentencia de 1 de julio de 2014, *Essent Belgium NV*, C-204/12, EU:C:2014:2192.

4.1 DESARROLLO DEL MERCADO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EUROPA

El mercado de los biocombustibles en la Unión Europea ha experimentado un notable crecimiento desde principios de la década de 2000, como resultado de una estrategia política y normativa orientada a diversificar la matriz energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y reforzar la seguridad energética. Este desarrollo fue inicialmente estimulado por la Directiva 2003/30/CE, y consolidado posteriormente por la Directiva 2009/28/CE (RED I), que estableció objetivos vinculantes de energía renovable en el transporte, y por la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II), que introdujo nuevos criterios de sostenibilidad y reducciones obligatorias de emisiones de GEI.

El mercado europeo de biocombustibles se compone principalmente de tres grandes categorías de productos: el biodiésel, el bioetanol y los biocombustibles avanzados. El biodiésel domina el sector y se produce mayoritariamente a partir de aceites vegetales (colza, soja), grasas animales y aceites de cocina usados (ACU o UCO), conforme a las materias primas recogidas en el Anexo IX de la RED II. Alemania se ha consolidado como líder tanto en la producción como en el consumo de biodiésel, seguida por Francia, España e Italia, que han desarrollado sólidas cadenas de suministro nacionales (European Environment Agency, 2023)⁹².

El bioetanol, por su parte, se obtiene mediante la fermentación de azúcares o almidones procedentes de cultivos como el maíz o la remolacha, y se utiliza comúnmente como aditivo o sustituto parcial de la gasolina convencional. En cambio, los biocombustibles avanzados, definidos como aquellos que no compiten con la producción de alimentos, derivan de residuos orgánicos, lignocelulósicos, residuos agrícolas y algas. Su impulso responde tanto a las exigencias regulatorias como a los compromisos del Pacto Verde Europeo y la estrategia "Fit for 55" (Comisión Europea, 2021)⁹³.

Entre 2010 y 2020, la producción de biocombustibles se concentró en los países del núcleo industrial europeo. A pesar de ello, una parte relevante de las

⁹² European Environment Agency. (2023). *Renewable energy in Europe 2023 – recent growth and impact of Covid-19 pandemic*. EEA Report No 07/2023. <https://www.eea.europa.eu>

⁹³ Comisión Europea. (2021). *Fit for 55: Delivering the EU's 2030 Climate Target on the Way to Climate Neutrality*. COM (2021) 550 final.

materias primas continúa siendo importada, especialmente aceite de palma procedente de Indonesia y Malasia, lo cual ha generado importantes controversias en torno a la sostenibilidad real del modelo, particularmente respecto al riesgo de cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC). En respuesta a estas preocupaciones, la RED II y su revisión más reciente mediante la RED III (Directiva (UE) 2023/2413) han reforzado las restricciones al uso de materias primas con alto riesgo de ILUC, previendo su progresiva eliminación del cómputo de objetivos (Art. 26 RED II; Art. 29 RED III).

La adopción de la RED II supuso un punto de inflexión al reorientar el mercado hacia fuentes más sostenibles, con el objetivo de alcanzar al menos un 14% de energía renovable en el sector del transporte para 2030. Este marco normativo ha incentivado la diversificación de materias primas y tecnologías, aunque también ha provocado fricciones entre los objetivos medioambientales y los intereses económicos e industriales, evidenciando tensiones en la implementación nacional y la competencia por recursos limitados (Köhler, 2021)⁹⁴.

En términos económicos, el mercado europeo de biocombustibles ha mostrado un crecimiento sostenido. En 2023, su valor superó los 26.500 millones de dólares, y se estima una tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) del 6,7 % hasta 2032 (Precedence Research, 2024)⁹⁵. Este dinamismo se explica por la creciente presión para descarbonizar el transporte terrestre, marítimo y aéreo, así como por el interés estratégico en reforzar la autonomía energética europea frente a la volatilidad del mercado global de hidrocarburos, especialmente en un contexto geopolítico marcado por crisis como la guerra en Ucrania.

El futuro del mercado parece orientarse hacia una expansión de los biocombustibles avanzados, en línea con los objetivos climáticos de neutralidad en carbono para 2050. Se espera que el biodiésel mantenga una posición predominante, aunque se prevé un aumento progresivo del uso de bioetanol y

⁹⁴ Köhler, J. (2021). *Governing biofuels in the European Union: An institutional perspective*. *Energy Policy*, 151, 112135. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112135>

⁹⁵ Precedence Research. (2024). *Europe Biofuels Market Size and Forecast 2023 to 2032*. <https://www.precedenceresearch.com>

combustibles sintéticos, especialmente en sectores difíciles de electrificar. Sin embargo, el avance del sector enfrenta desafíos persistentes: la competitividad en costes de producción frente a los fósiles, la disponibilidad de materias primas sostenibles y la armonización de los sistemas de certificación (Londo et al., 2022)⁹⁶.

En paralelo, el desarrollo del mercado de biocombustibles ofrece oportunidades significativas en términos de empleo, innovación tecnológica, economía circular y revitalización de zonas rurales. La creación de valor añadido local a través del aprovechamiento de residuos y subproductos agrícolas representa una estrategia clave para reducir la dependencia energética, fomentar la cohesión territorial y promover una transición energética justa y resiliente.

⁹⁶ Londo, M., van Stralen, J., & Hoefnagels, R. (2022). *Advanced biofuels in EU transport policy: past, present and future*. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16(3), 713–729. <https://doi.org/10.1002/bbb.229>

4.2 IMPACTOS EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Aunque los biocombustibles han sido promovidos como una alternativa clave para la descarbonización del sector del transporte, su sostenibilidad ambiental no puede darse por supuesta. En efecto, la evaluación de su impacto debe considerar el ciclo de vida completo del producto, desde la producción de las materias primas hasta su conversión, distribución y uso final. Tal como reconoce la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II), y reforzada en la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III), el mero origen biológico de un combustible no garantiza per se su carácter sostenible, siendo necesario establecer criterios rigurosos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), uso eficiente de los recursos y preservación del capital natural (arts. 29 y ss. RED II; art. 31 RED III).

Uno de los principales impactos ambientales identificados es el relacionado con las emisiones netas de GEI, que pueden incluso superar a las de los combustibles fósiles si los biocombustibles se producen a partir de cultivos dedicados en terrenos que antes eran sumideros de carbono, como bosques o humedales. En estos casos, el proceso de conversión de la tierra y las prácticas agrícolas intensivas pueden liberar grandes cantidades de carbono, además de alterar el equilibrio ecológico local (Searchinger et al., 2008; Fargione et al., 2008)⁹⁷⁹⁸. Esta problemática ha sido reconocida en el diseño de políticas europeas, que han impuesto reducciones mínimas de emisiones respecto a los combustibles fósiles para que un biocombustible sea considerado sostenible (al menos un 65 % de reducción para nuevas instalaciones a partir de 2021, según RED II).

Otro aspecto crítico es el fenómeno del cambio indirecto del uso del suelo (ILUC, por sus siglas en inglés). Este se refiere al desplazamiento indirecto de la frontera agrícola causado por el aumento de la demanda de cultivos energéticos, lo

⁹⁷ Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., ... & Yu, T.-H. (2008). *Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change*. *Science*, 319(5867), 1238–1240.
<https://doi.org/10.1126/science.1151861>

⁹⁸ Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., & Hawthorne, P. (2008). *Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt*. *Science*, 319(5867), 1235–1238.
<https://doi.org/10.1126/science.1152747>

que puede conducir a la deforestación en otras regiones del planeta. La RED II, en su artículo 26, aborda explícitamente este riesgo, estableciendo límites progresivos al uso de materias primas con alto riesgo de ILUC —como el aceite de palma— y fomentando el uso de materias primas con bajo riesgo, aunque la implementación de estos mecanismos sigue siendo objeto de debate doctrinal y político (Bailis et al., 2015; Di Lucia & Kronsell, 2010)^{99 100}.

La intensificación de los cultivos energéticos también puede generar efectos negativos en la biodiversidad y en la calidad del agua, particularmente cuando se utilizan grandes extensiones de monocultivos que requieren altos insumos de pesticidas y fertilizantes. Estos insumos pueden producir fenómenos de eutrofización, contaminación de acuíferos y degradación del suelo, afectando la resiliencia de los ecosistemas agrícolas (EEA, 2021)¹⁰¹. Además, la expansión de estas actividades puede entrar en conflicto con la conservación de hábitats protegidos en virtud de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) y la Directiva de Aves (2009/147/CE).

En contraste, los biocombustibles avanzados —aquellos producidos a partir de residuos orgánicos, subproductos agrícolas, lodos, algas o fracciones no alimentarias de cultivos— presentan un perfil ambiental significativamente más favorable. Al aprovechar recursos ya existentes o subutilizados, estos evitan los impactos asociados al uso del suelo y reducen los conflictos con la seguridad alimentaria. Sin embargo, enfrentan barreras técnicas y económicas importantes, como la complejidad de las tecnologías de conversión (gasificación, pirólisis, digestión anaerobia) y los costes logísticos de recolección y pretratamiento de materias primas (IEA, 2022)¹⁰².

⁹⁹ Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Masera, O. (2015). *The carbon footprint of traditional woodfuels*. *Nature Climate Change*, 5(3), 266–272. <https://doi.org/10.1038/nclimate2491>

¹⁰⁰ Di Lucia, L., & Kronsell, A. (2010). The willing, the unwilling and the unable – Explaining implementation of the EU Biofuels Directive. *Journal of European Public Policy*, 17(4), 545–563. <https://doi.org/10.1080/13501761003673583>

¹⁰¹ European Environment Agency (EEA). (2021). *The European environment – state and outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe*. <https://www.eea.europa.eu>

¹⁰² International Energy Agency (IEA). (2022). *Advanced Biofuels – Analysis and Outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/advanced-biofuels>

La trazabilidad de la cadena de suministro y los sistemas de certificación de sostenibilidad son elementos clave para asegurar los beneficios ambientales de los biocombustibles. En este sentido, la RED II ha establecido un marco armonizado de certificación, basado en esquemas reconocidos por la Comisión Europea, pero su aplicación ha sido desigual entre Estados miembros, lo que ha provocado incertidumbres normativas y dificultades de verificación (Nuffield Council on Bioethics, 2011)¹⁰³.

Desde una perspectiva jurídica, el Tribunal de Justicia de la Unión Europea ha avalado la potestad normativa de la Unión y los Estados miembros para establecer restricciones a productos que no cumplan los criterios de sostenibilidad, siempre que estas medidas sean proporcionadas y no discriminen injustificadamente a los operadores económicos (véase TJUE, C-524/10, Ville de Lyon)¹⁰⁴.

En síntesis, los biocombustibles representan una oportunidad considerable para avanzar hacia una transición energética con menor impacto ambiental, especialmente en sectores donde la electrificación es compleja. No obstante, la sostenibilidad ambiental no es intrínseca a su origen biológico, sino que depende del tipo de materia prima, las prácticas de producción, la gestión de residuos, y el diseño e implementación de políticas regulatorias robustas. La promoción de biocombustibles avanzados y la aplicación estricta de los criterios de sostenibilidad resultan imprescindibles para garantizar que su desarrollo contribuya efectivamente a los objetivos climáticos y de protección ambiental de la Unión Europea.

¹⁰³ Nuffield Council on Bioethics. (2011). *Biofuels: ethical issues*. <https://www.nuffieldbioethics.org>

¹⁰⁴ Tribunal de Justicia de la Unión Europea, sentencia de 15 de septiembre de 2011, *Ville de Lyon*, C-524/10, EU:C:2011:589.

4.3. IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL DESARROLLO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EUROPA

El desarrollo del sector de los biocombustibles en la Unión Europea conlleva una serie de implicaciones económicas y sociales que deben ser evaluadas de forma crítica para garantizar que su expansión contribuya efectivamente a los objetivos de sostenibilidad, justicia social y cohesión territorial. Este balance requiere considerar tanto las oportunidades estratégicas que ofrece esta industria emergente, como los riesgos estructurales y desafíos ético-sociales que su expansión puede generar, tanto en Europa como en los países terceros de los que se importan materias primas.

Desde una perspectiva económica, los biocombustibles representan un vector de dinamización del empleo local, especialmente en áreas rurales, al favorecer el desarrollo de actividades agrícolas, de logística y de transformación industrial ligadas a la producción de biomasa. Estudios recientes del Joint Research Centre estiman que la expansión de los biocombustibles sostenibles podría generar decenas de miles de empleos directos e indirectos en Europa para 2030, contribuyendo a una transición energética socialmente inclusiva (JRC, 2022)¹⁰⁵.

Asimismo, la industria de los biocombustibles fomenta la innovación tecnológica, particularmente en lo relativo al desarrollo de biocombustibles avanzados y procesos de conversión de segunda y tercera generación. Este dinamismo tiene un efecto multiplicador en sectores como la ingeniería química, la biotecnología o la valorización de residuos, alineándose con las estrategias de economía circular impulsadas por el Green Deal europeo (Comisión Europea, 2019)¹⁰⁶.

En términos geopolíticos, el uso de biocombustibles también contribuye a reducir la dependencia energética de la Unión Europea respecto a terceros países, al diversificar las fuentes energéticas del transporte. Esto reviste particular importancia en un contexto de inestabilidad internacional y crisis energética, como la desencadenada tras la guerra en Ucrania, que ha puesto en evidencia la

¹⁰⁵ Joint Research Centre (JRC). (2022). *Employment and economic impacts of bioeconomy sectors in the EU*. Publications Office of the European Union.

¹⁰⁶ Comisión Europea. (2019). *The European Green Deal*. COM(2019) 640 final

vulnerabilidad del modelo energético europeo frente a interrupciones externas (Comisión Europea, 2022)¹⁰⁷.

Pese a estos beneficios, la expansión del sector presenta riesgos importantes. Uno de los principales es la competencia con la producción alimentaria, que puede agravar la presión sobre los mercados agrícolas, generar tensiones en los precios de los alimentos básicos y afectar la seguridad alimentaria, especialmente en regiones del sur global desde donde se importan materias primas como el aceite de palma, la soja o el maíz (FAO, 2020)¹⁰⁸. La literatura científica ha documentado cómo esta competencia puede derivar en impactos negativos sobre comunidades rurales en países en desarrollo, contribuyendo a la vulnerabilidad económica y nutricional (Cotula et al., 2008)¹⁰⁹.

Asimismo, el diseño de regímenes de subvenciones públicas debe ser cuidadosamente calibrado. Si los incentivos económicos no están condicionados a criterios de sostenibilidad ambiental y social, pueden distorsionar el mercado, favoreciendo tecnologías ineficientes o prácticas intensivas que resultan insostenibles en el largo plazo. La Comisión Europea, en sucesivos informes, ha subrayado la necesidad de alinear los instrumentos de apoyo financiero con el principio de “no causar un daño significativo” establecido en el Reglamento sobre la Taxonomía de Finanzas Sostenibles (Reglamento (UE) 2020/852)¹¹⁰.

En escenarios extracomunitarios, la expansión de los cultivos energéticos ha dado lugar a conflictos socioambientales, incluyendo procesos de acaparamiento de tierras (land grabbing), desplazamientos forzados, violaciones de derechos laborales y falta de consulta a comunidades indígenas. Estos fenómenos han sido ampliamente denunciados por organismos internacionales, que advierten sobre el uso de tierras fértiles en países del Sur global para abastecer la demanda energética

¹⁰⁷ Comisión Europea. (2022). *REPowerEU Plan*. COM(2022) 230 final.

¹⁰⁸ FAO. (2020). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020*. <https://www.fao.org/publications/sofi/2020>

¹⁰⁹ Cotula, L., Dyer, N., & Vermeulen, S. (2008). *Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land*. IIED

¹¹⁰ Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2020, relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles (Reglamento sobre la Taxonomía).

de países del Norte, replicando dinámicas de desigualdad estructural (Nuffield Council on Bioethics, 2011; De Schutter, 2009)^{111 112}.

En este contexto, garantizar una prosperidad verdaderamente sostenible implica integrar las políticas de fomento de biocombustibles con estrategias de justicia ambiental, desarrollo rural inclusivo y transparencia en las cadenas de suministro. Esto requiere establecer mecanismos eficaces de certificación que no solo verifiquen la reducción de emisiones, sino también el respeto de los derechos humanos, la equidad en el acceso a los recursos y la participación de las comunidades afectadas en los procesos de toma de decisiones, en línea con los principios del Pacto Mundial sobre los Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Naciones Unidas, 1966)¹¹³.

¹¹¹ Nuffield Council on Bioethics. (2011). *Biofuels: ethical issues*. <https://www.nuffieldbioethics.org>

¹¹² De Schutter, O. (2009). Large-scale land acquisitions and leases: A set of core principles and measures to address the human rights challenge. Report of the UN Special Rapporteur on the Right to Food.

¹¹³ Naciones Unidas. (1966). *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*. Aprobado por la Asamblea General de la ONU el 16 de diciembre de 1966.

4.4. LA “PROSPERIDAD SOSTENIBLE” COMO PARADIGMA EN LA POLÍTICA EUROPEA DE BIOCOMBUSTIBLES

El concepto de prosperidad sostenible se ha consolidado como un enfoque estratégico clave en las políticas públicas de la Unión Europea, especialmente a través del Pacto Verde Europeo y del paquete legislativo Fit for 55. Su aplicación al sector de los biocarburantes permite trascender una visión meramente técnica, articulando la sostenibilidad ambiental con la justicia social y la eficiencia económica.

En el plano jurídico, la prosperidad sostenible encuentra fundamentos en el artículo 3 del Tratado de la Unión Europea (TUE)¹¹⁴, que establece como objetivo una economía social de mercado altamente competitiva, orientada al pleno empleo y al progreso social. Asimismo, el artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la UE (TFUE)¹¹⁵ legitima políticas ambientales basadas en un alto nivel de protección y en el principio de desarrollo sostenible.

Desde la teoría económica y social, autores como Raworth (2017)¹¹⁶ han propuesto marcos como el modelo del donut, que plantean la necesidad de situar la actividad económica dentro de límites planetarios y sociales. Esta perspectiva se alinea con el objetivo de neutralidad climática de la Regulación (UE) 2021/1119, que establece el compromiso legal de la UE hacia las cero emisiones netas para 2050¹¹⁷.

Aplicado al sector de los biocarburantes, el paradigma de prosperidad sostenible se traduce en medidas concretas como:

El fomento de cadenas de suministro cortas y transparentes que impulsen la economía rural y local (véase RED II, art. 29);

¹¹⁴ Tratado de la Unión Europea (TUE), art. 3.

¹¹⁵ Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE), arts. 3 y 191.

¹¹⁶ Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing.

¹¹⁷ Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establece el marco para alcanzar la neutralidad climática.

La prevención de la deforestación inducida (ILUC), abordada en la Directiva (UE) 2015/1513 y el Reglamento (UE) 2023/1115 sobre productos libres de deforestación¹¹⁸;

El respeto a condiciones laborales dignas en la producción de biomasa, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible n.º 8 y n.º 12.

Incorporar explícitamente el concepto de prosperidad sostenible a la regulación de los biocarburantes refuerza la coherencia con la Agenda 2030 de la ONU, promoviendo una gobernanza ambiental integrada, inclusiva y orientada al largo plazo (Jacobs, 2012; Comisión Europea, 2020).^{119 120}

¹¹⁸ Reglamento (UE) 2023/1115 relativo a productos libres de deforestación.

¹¹⁹ Comisión Europea. (2020). Un nuevo Plan de Acción para la Economía Circular. Por una Europa más limpia y competitiva. COM (2020) 98 final.

¹²⁰ United Nations. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

**V – CRÍTICAS Y
PERSPECTIVAS DE FUTURO
SOBRE LA PROSPERIDAD
SOSTENIBLE DE LOS
BIOCOMBUSTIBLES**

V- CRÍTICAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO SOBRE LA PROSPERIDAD SOSTENIBLE DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

La regulación de los biocarburantes en el marco de la Unión Europea ha evolucionado significativamente desde la adopción de la primera Directiva de Energías Renovables (RED I, 2009/28/CE), hasta su revisión más reciente con la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)¹²¹, en respuesta a los crecientes compromisos climáticos internacionales, como el Acuerdo de París (2015) y las metas del Pacto Verde Europeo (European Green Deal). Este proceso regulatorio persigue la descarbonización del transporte mediante la incorporación progresiva de energías renovables y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Comisión Europea, 2019a; Parlamento Europeo y Consejo, 2023)^{122 123}.

Sin embargo, el impulso normativo hacia los biocarburantes ha suscitado una serie de críticas relevantes tanto desde la comunidad científica como desde organizaciones medioambientales, legisladores nacionales y organismos internacionales. Estas críticas pueden agruparse en tres ejes principales: sostenibilidad ambiental, coherencia regulatoria y equidad socioeconómica.

a) Sostenibilidad ambiental

Uno de los principales cuestionamientos se refiere al impacto ambiental real de los biocarburantes, especialmente de los de primera generación (producidos a partir de cultivos alimentarios como maíz, caña de azúcar o aceite de palma). Diversos estudios han evidenciado que, al considerar las emisiones indirectas derivadas del cambio de uso del suelo (ILUC), algunos biocarburantes pueden tener una huella de carbono comparable o incluso superior a los combustibles

¹²² Comisión Europea. (2019a). *The European Green Deal*. COM(2019) 640 final.

¹²³ Parlamento Europeo y Consejo. (2023). Directiva (UE) 2023/2413 sobre la promoción de energías renovables (RED III). DOUE L, 2023.

fósiles tradicionales (Searchinger et al., 2008; Transport & Environment, 2022)¹²⁴¹²⁵. Este fenómeno ha sido reconocido por la propia Comisión Europea, que incorporó criterios de ILUC en la RED II (Directiva (UE) 2018/2001) y limitó el uso de biocarburantes de alto riesgo para la sostenibilidad a partir de 2030.

En este sentido, el caso del aceite de palma ha sido paradigmático: la Comisión, mediante el Reglamento delegado (UE) 2019/807, concluyó que su producción está significativamente asociada con la deforestación, lo que motivó su exclusión progresiva del cómputo de los objetivos renovables. Esta interpretación fue ratificada por el Tribunal General de la UE en la sentencia Case T-279/20, *Malaysia v. European Commission* (2022)¹²⁶, en la que se desestimó la impugnación de Malasia contra dicha regulación, subrayando la competencia de la UE para adoptar medidas basadas en criterios de sostenibilidad.

b) Coherencia regulatoria

Otro foco de debate se refiere a la consistencia del marco normativo europeo en materia de biocombustibles. Las sucesivas modificaciones legislativas (de RED I a RED III) han generado incertidumbre jurídica para operadores económicos y administraciones nacionales, debido a los cambios en las definiciones de biocarburantes sostenibles, en los umbrales de reducción de emisiones o en los criterios de contabilidad. Autores como Scarlat et al. (2015)¹²⁷ y Johnston et al. (2020)¹²⁸ han advertido que esta inestabilidad normativa puede obstaculizar las

¹²⁴ Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., ... & Yu, T. H. (2008). Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319(5867), 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>

¹²⁵ Transport & Environment. (2022). Are advanced biofuels sustainable? State of play and policy recommendations.

¹²⁶ Tribunal General de la Unión Europea. (2022). Sentencia de 9 de noviembre de 2022, T-279/20, *Malaysia v. Comisión Europea*. ECLI:EU:T:2022:660.

¹²⁷ Scarlat, N., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies, facts and uncertainties. *Environmental Development*, 15, 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>

¹²⁸ Johnston, H., Scarlat, N., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Giuntoli, J. (2020). Renewable energy policies in a time of transition: Lessons from the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109552. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109552>

inversiones en tecnologías avanzadas y desalentar la transición hacia biocarburantes de segunda y tercera generación.

Además, se ha señalado la falta de armonización en la implementación nacional de los criterios de sostenibilidad, lo que podría dar lugar a distorsiones del mercado interno de biocarburantes. La RED III intenta paliar estas deficiencias mediante la introducción de metodologías unificadas para el cálculo de las emisiones, la digitalización del sistema de certificación (e.g., EU Renewable Energy Certification System, REC), y el refuerzo del principio de trazabilidad.

c) Impactos sociales y económicos

Desde una perspectiva socioeconómica, el fomento intensivo de ciertos biocarburantes puede generar tensiones entre la producción energética y la seguridad alimentaria, especialmente en contextos de escasez global de recursos agrícolas. El debate sobre la competencia entre alimentos y combustibles (food vs. fuel) ha sido ampliamente discutido en la literatura científica (FAO, 2013; Baka, 2014)^{129 130} y ha llevado a propuestas para reorientar la política hacia los residuos orgánicos y materias lignocelulósicas no comestibles como materias primas prioritarias.

Por otro lado, los biocombustibles avanzados presentan oportunidades significativas para el desarrollo rural, la generación de empleo verde y la diversificación de la matriz energética europea. No obstante, estas ventajas dependen de marcos de incentivos claros, del acceso equitativo a financiación para innovaciones tecnológicas, y del alineamiento con otras políticas europeas, como la PAC, la estrategia "De la granja a la mesa" o la política de cohesión (Comisión Europea, 2020)¹³¹.

¹²⁹ FAO. (2013). *Biofuels and the Sustainability Challenge: A Global Assessment of Sustainability Issues, Trends and Policies for Biofuels and Related Feedstocks*.

¹³⁰ Baka, J. (2014). What Wastelands? A critique of biofuel policy discourse in South India. *Geoforum*, 54, 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.004>

¹³¹ Comisión Europea. (2020). *From Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system*. COM(2020) 381 final.

5.1 CRÍTICAS AMBIENTALES: EL RIESGO DEL CAMBIO INDIRECTO EN EL USO DEL SUELO (ILUC)

Una de las críticas más frecuentes hacia los biocombustibles —especialmente los de primera generación, que se producen a partir de cultivos alimentarios como el maíz, la soja o el aceite de palma— tiene que ver con un fenómeno complejo pero fundamental: el cambio indirecto en el uso del suelo (ILUC, por sus siglas en inglés).

El ILUC ocurre cuando la expansión de cultivos destinados a producir biocarburantes desplaza otras actividades agrícolas hacia zonas naturales, como bosques o humedales. Esta “reubicación” puede parecer invisible a primera vista, pero sus consecuencias son graves: deforestación, pérdida de biodiversidad, degradación de suelos y, lo más preocupante, liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono. Así, en lugar de ser una solución climática, algunos biocombustibles terminan agravando el problema que intentaban resolver (Searchinger et al., 2008)¹³².

Un ejemplo emblemático de esta paradoja es el aceite de palma. Entre 2001 y 2020, Indonesia —el mayor exportador mundial de esta materia prima— perdió más de 28 millones de hectáreas de bosque tropical, una superficie similar a la de Nueva Zelanda. Una gran parte de esta deforestación se debe a la expansión de plantaciones de palma aceitera, muchas de las cuales estaban destinadas a satisfacer la demanda europea de biocarburantes (Global Forest Watch, 2021)¹³³.

El impacto va mucho más allá del clima. Esta transformación del paisaje ha generado profundos conflictos sociales, incluyendo desplazamientos forzados de comunidades indígenas, violaciones de derechos humanos y pérdida de medios de vida tradicionales (Amnesty International, 2016)¹³⁴. Además, la destrucción del

¹³² Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., ... & Yu, T. H. (2008). Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319(5867), 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>

¹³³ Global Forest Watch. (2021). *Indonesia Forest Data and Loss Trends*. <https://www.globalforestwatch.org>

¹³⁴ Amnesty International. (2016). *The great palm oil scandal: Labour abuses behind big brand names*. <https://www.amnesty.org/en/documents/asa21/5184/2016/en/>

hábitat ha puesto en peligro a especies icónicas como el orangután de Borneo o el tigre de Sumatra.

Frente a estos efectos, la Comisión Europea decidió actuar. En 2019 adoptó el Reglamento delegado (UE) 2019/807, que identifica qué materias primas presentan un alto riesgo de provocar ILUC. Entre ellas figura el aceite de palma. Como resultado, este producto será excluido progresivamente del cómputo de los objetivos renovables que los Estados miembros deben cumplir según la Directiva

RED II (2018/2001), hasta su eliminación completa en 2030, salvo algunas excepciones muy controladas para cultivos certificados como sostenibles (European Commission, 2019b).

Este enfoque no estuvo exento de controversia. Malasia, uno de los principales países exportadores, llevó el asunto ante el Tribunal General de la Unión Europea, alegando que la medida era discriminatoria. Sin embargo, el tribunal confirmó la legalidad del reglamento en la sentencia T-279/20, *Malaysia v. Commission* (2022), reconociendo el derecho de la UE a regular en función de criterios medioambientales y a proteger el clima como interés legítimo (TJUE, 2022)¹³⁵.

La crítica hacia el ILUC ha obligado a repensar de forma más realista y rigurosa el papel de los biocarburantes en la transición energética. Aunque nacieron como una alternativa “verde” a los combustibles fósiles, no todos ellos lo son en la práctica. Por eso, la Directiva RED III (2023/2413) refuerza este enfoque, limitando el uso de materias primas de alto riesgo y apostando por biocarburantes avanzados —aquellos que se producen a partir de residuos o materias no alimentarias—, con menor impacto ambiental y mayor potencial climático.

En la literatura académica se reconoce que este giro representa un paso importante hacia una política más coherente con los principios de sostenibilidad y precaución (Raza et al., 2020)¹³⁶. No obstante, también se advierte que aún existen

¹³⁵ Tribunal General de la Unión Europea. (2022). Sentencia de 9 de noviembre de 2022, T-279/20, *Malaysia v. Comisión Europea*. ECLI:EU:T:2022:660.

¹³⁶ Raza, W., Tröster, B., & Arnim, R. V. (2020). Biofuels and the global governance of food and land. *Ecological Economics*, 179, 106826. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106826>

desafíos importantes, especialmente en lo que respecta a la trazabilidad de las materias primas y la dificultad de medir con precisión las emisiones indirectas. La sostenibilidad real —no solo en el papel— exige transparencia, control y una mirada más holística sobre la forma en que producimos y consumimos energía¹³⁷.

¹³⁷ Carlson, K. M., Curran, L. M., Ratnasari, D., Pittman, A. M., Soares-Filho, B. S., Asner, G. P., ... & Rodrigues, H. O. (2013). Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *PNAS*, 110(19), 7601–7606. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214786110>

5.2 CONFLICTOS CON LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y BAJA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Uno de los principales dilemas estructurales que plantea el desarrollo de los biocombustibles, especialmente aquellos de primera generación —derivados de cultivos alimentarios como el maíz, la caña de azúcar, el trigo o la soja—, es la competencia directa entre la producción de alimentos y la producción de energía. Esta tensión se agudiza en contextos marcados por la volatilidad climática, conflictos geopolíticos y perturbaciones en los mercados globales de productos básicos, como se ha evidenciado en las crisis alimentarias de los años 2007-2008, 2010-2011 y más recientemente tras la guerra en Ucrania (FAO, 2022).

Diversos informes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013; 2022)^{138 139} y del Programa Mundial de Alimentos (WFP, 2021)¹⁴⁰ han advertido que el uso extensivo de tierras agrícolas para la producción de combustibles vegetales contribuye al acaparamiento de tierras (land grabbing), a la especulación en los mercados de materias primas y al incremento de los precios de los alimentos básicos. Estas dinámicas pueden acentuar la vulnerabilidad nutricional de poblaciones ya expuestas a la inseguridad alimentaria, especialmente en regiones del Sur Global donde la tenencia de la tierra y el acceso a recursos productivos siguen siendo altamente desiguales (De Schutter, 2010)¹⁴¹.

Desde la perspectiva del Derecho internacional, esta situación ha sido objeto de preocupación por parte del Relator Especial de Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, quien ha subrayado la necesidad de garantizar la primacía de la seguridad alimentaria sobre los intereses comerciales energéticos

¹³⁸ FAO. (2013). *Biofuels and the Sustainability Challenge: A Global Assessment of Sustainability Issues, Trends and Policies for Biofuels and Related Feedstocks*.

¹³⁹ FAO. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*.

¹⁴⁰ WFP. (2021). *Global Report on Food Crises 2021*.

¹⁴¹ De Schutter, O. (2010). *Access to Land and the Right to Food*. Report of the Special Rapporteur on the right to food.

(De Schutter, 2009)¹⁴². En línea con ello, el artículo 208 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) establece que la política de desarrollo de la Unión debe tener como objetivo principal la erradicación de la pobreza y, por tanto, no puede promover modelos energéticos que menoscaben el derecho a la alimentación.

A esta dimensión socioeconómica se añade un segundo eje de crítica: la eficiencia energética limitada de los biocarburantes convencionales. Diversos estudios científicos han evidenciado que el balance energético neto —esto es, la relación entre la energía final obtenida y la energía total invertida en el cultivo, transformación, transporte y distribución del biocombustible— es en muchos casos bajo o marginalmente positivo para los combustibles de primera generación (Pimentel & Patzek, 2005)¹⁴³. Este rendimiento contrasta con el de otras tecnologías emergentes como la electromovilidad, el hidrógeno verde o los e-fuels, que presentan mayores tasas de conversión energética y una menor huella de carbono, especialmente cuando se integran en sistemas basados en electricidad de origen renovable (IEA, 2021; European Commission, 2020)^{144 145}.

Desde el punto de vista técnico, el coste energético y ambiental de los fertilizantes nitrogenados, el uso intensivo de agua y la mecanización agrícola contribuyen a erosionar el argumento de que los biocombustibles representan una solución climática óptima. Según datos del International Panel on Climate Change (IPCC, 2019)¹⁴⁶, la huella de carbono de algunos biocombustibles convencionales puede acercarse o incluso superar la de los combustibles fósiles cuando se consideran los impactos del uso del suelo y del ciclo de vida completo del producto.

¹⁴² De Schutter, O. (2009). *The right to food and the impact of liquid biofuels (agrofuels)*. Report to the UN Human Rights Council (A/HRC/13/33).

¹⁴³ Pimentel, D., & Patzek, T. W. (2005). Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, 14(1), 65–76.

¹⁴⁴ IEA. (2021). *Renewables 2021: Analysis and forecast to 2026*. International Energy Agency.

¹⁴⁵ European Commission. (2020). *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe* (COM/2020/301 final).

¹⁴⁶ IPCC. (2019). *Climate Change and Land: Summary for Policymakers*.

Por estas razones, la legislación comunitaria más reciente —especialmente la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II)¹⁴⁷ y su revisión a través de la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)¹⁴⁸— ha establecido límites máximos al uso de biocombustibles de alto riesgo de cambio indirecto del uso del suelo (ILUC) y fomenta explícitamente el desarrollo de biocarburantes avanzados, aquellos que no compiten con la producción alimentaria y que se derivan de residuos, algas o materias primas no comestibles (European Union, 2018, 2023).

En conclusión, la coexistencia de los biocombustibles con la seguridad alimentaria global y con una transición energética eficiente requiere de una estrategia integral y multilateral, en la que las prioridades ambientales no socaven los derechos humanos ni perpetúen desigualdades estructurales. Este enfoque está cada vez más presente en el debate jurídico y político europeo, especialmente en lo relativo a la coherencia de políticas exigida por el artículo 7 del TFUE y a los principios de sostenibilidad fuerte consagrados en el Derecho ambiental internacional.

¹⁴⁷ European Union. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II).

¹⁴⁸ European Union. (2023). *Directive (EU) 2023/2413* (RED III).

5.3 INCOHERENCIAS NORMATIVAS E IMPACTOS EN EL MERCADO INTERIOR

Uno de los retos estructurales más relevantes para el desarrollo armonizado del mercado de biocombustibles en la Unión Europea radica en la aplicación divergente de la Directiva de Energías Renovables (RED) por parte de los Estados miembros. Aunque el objetivo común es fomentar una transición energética sostenible y eficiente en el transporte, la fragmentación normativa resultante ha generado notables distorsiones en el funcionamiento del mercado interior, contraviniendo los principios fundamentales del Derecho de la Unión, en particular la libre circulación de mercancías (art. 34-36 TFUE)¹⁴⁹ y la unidad de mercado energético (art. 194 TFUE).

En términos prácticos, las diferencias entre Estados miembros se manifiestan en criterios dispares de certificación de sostenibilidad, en los regímenes de doble contabilización (double counting) y en el tratamiento fiscal desigual de los biocarburantes. Por ejemplo, un mismo biocarburante de residuos (como el aceite de cocina usado) puede ser contabilizado como contribución doble al objetivo renovable en Alemania, mientras que en España o Italia solo se le reconoce una contabilización simple. Este arbitraje normativo incentiva el desplazamiento estratégico de productos hacia jurisdicciones con mayor incentivo fiscal, generando externalidades ambientales negativas por el aumento del transporte transfronterizo de materias primas y productos intermedios (Van den Broek, Faaij & Turkenburg, 2019)¹⁵⁰.

Tales disparidades no solo afectan a la eficiencia económica del mercado único, sino que también obstaculizan la consecución equitativa de los objetivos climáticos comunes fijados por la UE, al permitir que los Estados miembros adopten enfoques incoherentes que comprometen el impacto agregado de la política renovable europea. Esto ha sido reconocido tanto por la Comisión Europea, en sus evaluaciones de implementación de la RED, como por la doctrina jurídica,

¹⁴⁹ Treaty on the Functioning of the European Union (TFEU), Arts. 34–36, 194, 7.

¹⁵⁰ Van den Broek, M. A., Faaij, A., & Turkenburg, W. (2019). Market and Policy Barriers for Advanced Biofuels in Europe. *Energy Policy Journal*, 128, 104–118.

que denuncia la insuficiencia de mecanismos vinculantes de armonización en sectores críticos como el energético (Averill, 2020)¹⁵¹.

Desde el plano jurisprudencial, el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) ha establecido una línea consolidada sobre la necesidad de garantizar la aplicación uniforme y coherente del Derecho derivado, especialmente en sectores regulados estratégicamente. En la emblemática sentencia C-379/98, *PreussenElektra AG v. Schleswag AG*, el Tribunal sostuvo que los mecanismos de apoyo nacional a las energías renovables, aunque admisibles, no deben suponer una barrera injustificada al mercado interior ni generar discriminaciones arbitrarias entre operadores (TJUE, 2001)¹⁵². Esta doctrina se ha consolidado posteriormente en sentencias como C-195/12, *Industrie du bois de Vielsalm & Cie (IBV)*, donde el TJUE reafirmó que las ayudas a la producción de energía renovable deben respetar los principios de proporcionalidad y no discriminación¹⁵³.

La falta de convergencia regulatoria en la aplicación de la RED también compromete la efectividad del sistema europeo de certificados de sostenibilidad (como los sistemas voluntarios reconocidos por la Comisión), al erosionar la confianza en los mecanismos de verificación y trazabilidad interterritorial. Esta situación ha llevado a algunos operadores económicos a desarrollar estrategias de optimización fiscal o logística, eludiendo la finalidad ambiental de la normativa y poniendo en cuestión la coherencia interna del sistema jurídico europeo en materia energética (Delzeit et al., 2020)¹⁵⁴.

¹⁵¹ Averill, J. (2020). Legal Challenges to Harmonizing Renewable Energy Support in the EU: Between Internal Market Rules and Climate Policy. *European Law Journal*, 26(5–6), 376–392.

¹⁵² Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). (2001). *C-379/98, PreussenElektra AG v. Schleswag AG*, ECLI:EU:C:2001:160.

¹⁵³ Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). (2014). *C-195/12, Industrie du bois de Vielsalm & Cie (IBV)*, ECLI:EU:C:2014:206.

¹⁵⁴ Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade. *Energy Policy*, 138, 111253.

Por todo ello, en las últimas reformas normativas, como la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)¹⁵⁵, la Comisión ha insistido en la necesidad de una mayor armonización de los criterios técnicos y fiscales aplicables a los biocarburantes, en aras de consolidar un mercado verdaderamente europeo que combine sostenibilidad, eficiencia y equidad. En esta línea, se plantea avanzar hacia sistemas de reconocimiento mutuo reforzado, normas comunes de contabilización y una plataforma digital integrada para el seguimiento de la trazabilidad, conforme a los principios del Pacto Verde Europeo y la Estrategia de Integración del Sistema Energético (European Commission, 2020)¹⁵⁶.

¹⁵⁵ European Union. (2023). *Directive (EU) 2023/2413 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED III)*.

¹⁵⁶ European Commission. (2020). *Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration (COM/2020/299 final)*.

5.4. PERSPECTIVAS DE FUTURO: HACIA BIOCOMBUSTIBLES AVANZADOS Y DIVERSIFICACIÓN TECNOLÓGICA

Ante las numerosas críticas que han suscitado los biocombustibles convencionales —en particular los de primera generación, asociados al cambio indirecto del uso del suelo (ILUC), la pérdida de biodiversidad y la competencia con la seguridad alimentaria—, la Unión Europea ha iniciado una profunda reorientación normativa y estratégica de su política energética y climática. Este giro se expresa con claridad en las reformas introducidas por la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II)¹⁵⁷ y, más recientemente, por la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)¹⁵⁸, que configuran el nuevo marco jurídico para la promoción de las energías renovables en la UE en la perspectiva 2030–2050.

Ambas directivas establecen límites cuantitativos y criterios cualitativos estrictos para el uso de biocarburantes considerados de alto riesgo de ILUC —como el aceite de palma— y promueven activamente el desarrollo e incorporación de biocarburantes avanzados, definidos como aquellos que se producen a partir de residuos, subproductos, residuos lignocelulósicos, algas o residuos urbanos, entre otras materias primas no comestibles y no agrícolas (Anexo IX, Partes A y B, RED II). Esta categoría incluye, por ejemplo, el etanol celulósico, el biogás obtenido por digestión anaerobia de residuos orgánicos o los biocombustibles derivados de aceites de cocina usados y grasas animales de categoría II y III, los cuales presentan una menor huella de carbono y mayor compatibilidad con los principios de sostenibilidad ambiental (European Union, 2018; 2023).

En esta línea, RED III eleva los objetivos vinculantes de participación de energías renovables en el transporte al 29 % para 2030 e introduce un mecanismo de doble contabilización más robusto para los biocarburantes avanzados, con el fin de incentivar su despliegue y crear un entorno competitivo para su desarrollo comercial. Asimismo, se establecen trayectorias indicativas nacionales para asegurar la coherencia de los esfuerzos entre Estados miembros y se refuerzan los

¹⁵⁷ European Union. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II).

¹⁵⁸ European Union. (2023). *Directive (EU) 2023/2413 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED III)*.

criterios de sostenibilidad y ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero para todos los biocombustibles, incluyendo los importados de terceros países (RED III, arts. 26–31).

En paralelo, la Estrategia de Integración del Sistema Energético de la UE (COM/2020/299)¹⁵⁹ y la Estrategia para una Movilidad Inteligente y Sostenible (COM/2020/789)¹⁶⁰ han delineado una visión integral que supera el enfoque monotecnológico centrado en los biocarburantes. La nueva hoja de ruta apuesta por una diversificación tecnológica estructural, en la que convergen múltiples vectores energéticos, como el hidrógeno renovable, los combustibles sintéticos neutros en carbono (e-fuels), la electrificación del transporte público y privado, y los sistemas multimodales inteligentes que optimizan la demanda energética y las emisiones asociadas al transporte.

Este enfoque responde a los principios de neutralidad tecnológica y eficiencia sistémica, consagrados tanto en el Pacto Verde Europeo (European Green Deal, COM/2019/640)¹⁶¹ como en el Reglamento (UE) 2021/1119, que establece el objetivo de neutralidad climática para 2050. La doctrina ha acogido con interés esta evolución, al señalar que la promoción de un mosaico de soluciones tecnológicas permite adaptarse mejor a las particularidades nacionales, acelerar la innovación y evitar la dependencia excesiva de cualquier opción energética concreta (Szulecki & Westphal, 2021)¹⁶².

Desde una perspectiva de gobernanza, esta diversificación exige un marco de políticas públicas más integrado, capaz de coordinar instrumentos financieros (como el Fondo de Innovación y el programa Horizon Europe), mecanismos fiscales (como el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión – ETS) y regulaciones específicas para cada vector energético. En el caso particular de los biocarburantes, esto implicará no solo fomentar su producción sostenible, sino

¹⁵⁹ European Commission. (2020). Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration (COM/2020/299 final).

¹⁶⁰ European Commission. (2020b). *Sustainable and Smart Mobility Strategy* (COM/2020/789 final).

¹⁶¹ European Commission. (2019). *The European Green Deal* (COM/2019/640 final).

¹⁶² Szulecki, K., & Westphal, K. (2021). The Multi-Level Governance of Energy Transition in the European Union. *Energy Research & Social Science*, 75, 102028.

también garantizar su trazabilidad, verificabilidad y coherencia regulatoria a escala transnacional (CEPS, 2021)¹⁶³.

En suma, la futura arquitectura normativa europea en materia de transporte descarbonizado se articula sobre tres pilares complementarios: (1) una redefinición del papel de los biocarburantes en términos de sostenibilidad avanzada, (2) una progresiva electrificación de la movilidad terrestre y urbana, y (3) la incorporación estratégica de nuevas moléculas energéticas (hidrógeno, e-fuels) en sectores de difícil descarbonización como la aviación, el transporte marítimo o la industria pesada.

¹⁶³ CEPS. (2021). *The Role of Biofuels in the Clean Energy Transition*. Centre for European Policy Studies.

5.5. HACIA UNA ARMONIZACIÓN NORMATIVA Y SOSTENIBILIDAD INTEGRAL

La evolución del marco jurídico europeo en materia de biocombustibles avanza hacia una armonización normativa más ambiciosa y una sostenibilidad integral reforzada, en línea con los principios consagrados en el Pacto Verde Europeo y los compromisos climáticos vinculantes asumidos por la Unión en virtud del Reglamento (UE) 2021/1119, que consagra jurídicamente el objetivo de neutralidad climática para 2050. Esta transformación normativa tiene como eje central el establecimiento de criterios de sostenibilidad más estrictos y uniformes, aplicables a lo largo de toda la cadena de valor de los biocarburantes, desde la producción de materias primas hasta su consumo final en el transporte.

Uno de los principales desafíos identificados por la doctrina y las instituciones europeas es la necesidad de reforzar la trazabilidad del origen de las materias primas utilizadas en la producción de biocombustibles, a fin de prevenir efectos indeseados como el greenwashing, el uso de cultivos de alto riesgo de ILUC o el incumplimiento de normas sociales y ambientales básicas en terceros países. Para ello, las nuevas disposiciones recogidas en la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III) introducen requisitos más rigurosos en cuanto a la verificación del ciclo de vida completo del combustible, incluyendo el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero desde la etapa de cultivo hasta la combustión final (well-to-wheel), y la evaluación del impacto sobre los ecosistemas locales y la biodiversidad (arts. 29–31 RED III).

Este endurecimiento de las condiciones de sostenibilidad responde a una exigencia creciente tanto de la sociedad civil como de los operadores económicos más comprometidos con la transición energética, que reclaman marcos regulatorios más claros, coherentes y exigibles. Desde el plano doctrinal, autores como Scarlet et al. (2022) sostienen que solo una normalización paneuropea de los estándares de sostenibilidad puede garantizar un mercado verdaderamente integrado y competitivo, evitando el arbitraje regulatorio y fomentando la inversión en tecnologías limpias.

Paralelamente, la Unión Europea está incrementando considerablemente los recursos financieros destinados a la innovación tecnológica y a la optimización de procesos productivos en biocombustibles avanzados, a través de programas como

Horizon Europe, el Fondo de Innovación o el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. Estas inversiones estratégicas buscan acelerar el desarrollo y escalado industrial de soluciones energéticas con menor huella de carbono, tales como los biocombustibles de tercera generación, basados en microalgas o residuos industriales no reciclables (European Commission, 2021).

En este sentido, el objetivo estratégico de la política energética europea no es solo sustituir fuentes fósiles por alternativas renovables, sino construir un ecosistema energético descarbonizado, diversificado y sostenible, fundado sobre principios de justicia intergeneracional, respeto a los límites planetarios y resiliencia económica. En particular, se apunta hacia un mercado interior más armonizado, donde la homogeneización de normas reduzca la fragmentación regulatoria actualmente existente entre los Estados miembros, facilitando la cooperación transfronteriza, la creación de cadenas de suministro eficientes y la confianza mutua entre autoridades reguladoras y actores del sector privado (CEPS, 2020).

Desde una perspectiva jurídica, esta armonización es esencial para asegurar la efectividad de las políticas comunes en materia energética y climática, tal como exige el artículo 194 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE). Asimismo, permite cumplir con el principio de coherencia de las políticas de la Unión consagrado en el artículo 7 del TFUE, que obliga a integrar los objetivos medioambientales y de desarrollo sostenible en todas las áreas de actuación comunitaria.

En conclusión, la política europea sobre biocombustibles se encuentra en una fase de transición normativa y tecnológica decisiva. Aunque ha sido un componente fundamental de la estrategia climática de la UE desde los años 2000, sus limitaciones estructurales, su impacto ambiental discutido y su fragmentación normativa interna exigen una revisión en profundidad de su marco regulatorio. El futuro apunta hacia una bioenergía más eficiente y ambientalmente responsable, articulada en sinergia con otras tecnologías limpias —como la electrificación y el hidrógeno verde—, y guiada por una gobernanza supranacional más coordinada, equitativa y orientada a la consecución de los objetivos de neutralidad climática en 2050.

**VI – ASPECTOS CRÍTICOS
EN LA CADENA DE
SUMINISTRO DE
BIOCOMBUSTIBLES.
PROPUESTAS DE MEJORA**

VI- ASPECTOS CRÍTICOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE BIOCOMBUSTIBLES. PROPUESTAS DE MEJORA

El sistema regulatorio europeo sobre biocombustibles, basado en las directivas RED II (2018/2001)¹⁶⁴ y RED III (2023/2413)¹⁶⁵, busca integrar criterios de sostenibilidad en toda la cadena de suministro energético. Sin embargo, varios organismos institucionales, incluido el Tribunal de Cuentas Europeo, han expresado su preocupación por la fragmentación del marco regulatorio, la falta de transparencia en los mecanismos de certificación y la debilidad de los controles (Tribunal de Cuentas Europeo, 2023). En Italia, por ejemplo, una parte significativa de los biocombustibles líquidos utilizados proviene de materias primas importadas, especialmente de Asia, lo que genera inquietud sobre la trazabilidad efectiva y el riesgo de fraude documental (ECCOClimate, 2023).

Entre los principales problemas críticos que han surgido, el primero que se destaca es la falta de homogeneidad en los sistemas de certificación adoptados de forma voluntaria. Sistemas como ISCC, Bonsucro y RSB, aunque reconocidos por la Comisión Europea, se caracterizan por la heterogeneidad en los requisitos documentales, los periodos de conservación y los métodos de auditoría. Esta variedad regulatoria podría comprometer la equidad del mercado interior, introduciendo disparidades competitivas entre operadores.

Otro problema crítico se refiere a la afluencia de biodiésel importado de terceros países, como China o Indonesia, a menudo clasificado incorrectamente como sostenible debido a declaraciones no verificadas. La Asociación Europea de Biodiésel (EBB)¹⁶⁶ ha denunciado reiteradamente estas prácticas como perjudiciales

¹⁶⁴ European Commission. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II)

¹⁶⁵ European Commission. (2023). *Directive (EU) 2023/2413 (RED III)*.

¹⁶⁶ EBB. (2025). *Proposals on RED verification: improving the EU system for sustainable biofuels verification*. European Biodiesel Board. <https://ebb-eu.org/wp-content/uploads/2025/02/EBB-proposals-Verification-of-sustainable-biofuels>

tanto para los productores europeos como para la credibilidad de todo el sistema de verificación.

Los mecanismos de doble contabilización, diseñados para incentivar el uso de biocombustibles avanzados, también han tenido efectos secundarios indeseados. En varios casos, se ha sobreestimado el impacto ambiental real de estos combustibles, lo que ha generado beneficios económicos injustificados y distorsiones en el mercado de incentivos (ARPAE, 2023).

También surgen problemas críticos en la aplicación del sistema de «balance de masa», previsto por la RED II. Este enfoque, que permite la mezcla controlada de materias primas sostenibles a lo largo de la cadena logística, se interpreta de forma inconsistente entre los Estados miembros, con el consiguiente riesgo de doble contabilización o trazabilidad ineficaz (Delzeit et al., 2020).¹⁶⁷

Por último, no debe pasarse por alto la cuestión de las materias primas emergentes. La legislación actual sigue siendo insuficiente para regular oportunamente los cultivos no alimentarios, como el ricino o los cultivos lignocelulósicos, y para integrar métodos eficaces de certificación de residuos urbanos o industriales. La ausencia de normas claras abre márgenes de interpretación que podrían favorecer comportamientos oportunistas o prácticas de “green-washing”.

Para responder a estas cuestiones críticas, el documento del EBB presenta propuestas concretas. Entre ellas, se destaca la necesidad de reforzar los mecanismos de transparencia y control, facilitando el acceso en tiempo real a los datos de los certificadores, la realización de auditorías anuales obligatorias y la supervisión de entidades intermediarias como comercializadores y mezcladores. También se propone la adopción de una norma documental única a nivel de la UE que permita la digitalización y la auditabilidad de las pruebas de sostenibilidad, de conformidad con lo dispuesto en el art. 30 RED II y Reglamento (UE) 2018/1999¹⁶⁸.

¹⁶⁷ Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade. *Energy Policy*, 138, 111253.

¹⁶⁸ European Union. (2018). Regulation (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action

Otra intervención prioritaria se refiere al fortalecimiento de la Base de Datos de la Unión (BDU)¹⁶⁹, que debería ser plenamente operativa e interoperable, incluyendo toda la información sobre el origen, el tipo y la certificación de los biocarburantes, incluso durante la importación.

Para el sistema de balance de masas, se sugiere introducir directrices técnicas vinculantes para estandarizar la aplicación del mecanismo a escala europea y evitar ambigüedades.

En cuanto a las materias primas, sería muy aconsejable las actualizaciones periódicas del Anexo IX RED II/III, la introducción de controles fronterizos reforzados y la posibilidad de revocar el reconocimiento de aquellos sistemas voluntarios que no cumplan con las normas requeridas.

La implementación de estas reformas permitiría fortalecer la gobernanza general del sector, reducir los riesgos de fraude y arbitraje regulatorio y mejorar la coherencia del mercado interior. Según estudios recientes, una mayor transparencia operativa y una regulación armonizada no solo fomentaría la eficacia ambiental de los biocombustibles, sino también la confianza pública en la capacidad de la UE para liderar la transición energética de forma creíble y sostenible (Delzeit et al., 2020)¹⁷⁰.

¹⁶⁹ European Union. (2021). Union Database for Biofuels: Technical Implementation Guidance.

¹⁷⁰ Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade. *Energy Policy*, 138, 111253.

6.1 ESQUEMAS DE CERTIFICACIÓN VOLUNTARIA

En el contexto de la política energética de la Unión Europea, los esquemas de certificación voluntaria han emergido como mecanismos esenciales para garantizar el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad aplicables a los biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa. Tal como lo prevé la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II)¹⁷¹, y se refuerza en su revisión más reciente a través de la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)¹⁷², estos sistemas permiten que los operadores acrediten la conformidad con las exigencias normativas sin depender exclusivamente de estructuras estatales de supervisión (European Commission, 2018, 2023).

Los esquemas voluntarios reconocidos por la Comisión Europea deben cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 30 de la RED II. Entre estos destacan la trazabilidad efectiva, la independencia de los organismos certificadores, la transparencia en los procedimientos y la fiabilidad de las auditorías. A su vez, deben integrarse de manera coherente con el sistema de balance de masa previsto en el artículo 30.1.c, el cual exige que toda mezcla de materias primas sostenibles mantenga su trazabilidad a lo largo de la cadena logística, previniendo el doble cómputo y reforzando la integridad del mercado (Delzeit, Klepper & Söder, 2020)¹⁷³.

En la práctica, los esquemas más difundidos —como el International Sustainability and Carbon Certification (ISCC), la Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB), y Bonsucro EU— presentan divergencias relevantes en cuanto a los criterios de admisibilidad de materias primas, las modalidades de auditoría, los protocolos de conservación documental y los enfoques de verificación. Si bien esta pluralidad puede favorecer cierta flexibilidad operativa, también ha sido objeto de críticas reiteradas por contribuir a una fragmentación normativa que

¹⁷¹ European Commission. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II).

¹⁷² European Commission. (2023). Directive (EU) 2023/2413 (RED III).

¹⁷³ Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). *Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade*. Energy Policy, 138, 111253.

debilita la coherencia del sistema europeo de certificación (European Court of Auditors, 2023; EBB, 2025)¹⁷⁴.

Estas disfunciones se manifiestan, por ejemplo, en la heterogeneidad de los procedimientos de auditoría, la opacidad en la validación de datos y la limitada capacidad de las autoridades nacionales para acceder en tiempo real a la información generada por los sistemas. Tales carencias han sido destacadas tanto en auditorías institucionales como en estudios sectoriales, que advierten sobre el riesgo de arbitraje normativo y de fraude documental, especialmente en contextos transfronterizos o en el caso de materias primas procedentes de terceros países (ECCOClimate, 2023; ARPAE, 2023)^{175 176}.

Frente a este escenario, propuestas recientes formuladas por el European Biodiesel Board (EBB) abogan por una reforma integral del sistema de certificación. Entre las medidas sugeridas se incluye la mejora de las capacidades de auditoría de los Estados miembros, el acceso sin restricciones a la información operativa de los esquemas voluntarios, la adopción de guías técnicas armonizadas por parte de la Comisión y la integración sistemática con la Union Database (UDB), herramienta digital destinada a reforzar la trazabilidad, evitar la doble contabilización y centralizar los datos de sostenibilidad en toda la Unión (EBB, 2025; European Commission, 2024)^{177 178}.

¹⁷⁴ European Court of Auditors. (2023). *Special Report 29/2023: EU support for biofuels*. Luxembourg: ECA.

¹⁷⁵ ECCOClimate. (2023). *Biocarburanti: impatti e rischi per una strategia allineata a 1,5 °C*. Roma: ECCO Think Tank.

¹⁷⁶ ARPAE. (2023). *La transizione energetica tra criticità e opportunità*. Bologna: Regione Emilia-Romagna.

¹⁷⁷ European Biodiesel Board (EBB). (2025). *Proposals on RED verification: Improving the EU system for sustainable biofuels verification*. Brussels: EBB.

¹⁷⁸ European Commission. (2024). *Union Database for Biofuels: Technical Implementation Guidance*.

Desde una perspectiva doctrinal, resulta evidente que la eficacia de los esquemas voluntarios ¹⁷⁹ no puede desvincularse de su regulación clara, su supervisión efectiva y su compatibilidad con los objetivos de gobernanza climática establecidos en el Reglamento (UE) 2018/1999. En este sentido, el principio de coherencia normativa —reiteradamente subrayado por el Tribunal de Justicia de la Unión Europea en materias de derecho derivado— debe orientar las futuras reformas del sistema, evitando que su carácter voluntario derive en prácticas regulatorias asimétricas (TJUE, C-195/12)¹⁸⁰.

En definitiva, los esquemas de certificación voluntaria constituyen una herramienta imprescindible para la implementación de los compromisos climáticos de la Unión Europea en el ámbito de los biocarburantes. No obstante, su efectividad depende de su capacidad para integrarse armónicamente en un marco regulatorio robusto, transparente y eficaz, capaz de garantizar la integridad ambiental, la equidad económica y la confianza institucional en la transición energética.

¹⁷⁹ MÉNDEZ ROCASOLANO, M. & MARÍN GONZÁLEZ L. A. (2018). Perfiles axiológicos sobre la naturaleza normativa a propósito de la eficacia y eficiencia en materias fundamentales para la supervivencia. El caso de las normas voluntarias de gestión ambiental. *Revista de Direito Brasileira* 19(8), 70-83

¹⁸⁰ Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). (2014). C-195/12, *Industrie du bois de Vielsalm & Cie (IBV)*, ECLI:EU:C:2014:206.

6.1.1 Crítica a los sistemas de certificación voluntaria de biocarburantes

Aunque los esquemas voluntarios de certificación –ISCC, RSB y Bonsucro EU– son reconocidos oficialmente en el marco de las Directivas RED II¹⁸¹ y RED III¹⁸², su reputación se ha visto seriamente afectada por incidentes recientes. Estos hechos revelan fallos estructurales que comprometen la fiabilidad del sistema de gobernanza europea.

En 2023-2025, surgieron informes alarmantes sobre un certificado emitido por ISCC que acreditaba la existencia de una planta de HVO inexistente, supuesta en Hong Kong, y otra en Malta, todas fraudulentas. Una investigación alemana reveló que se trataba de entidades ficticias usadas para certificar biodiésel fraudulento y supuestamente se comercializaron decenas de miles de toneladas bajo este falseo (ResourceWise, marzo 2025)¹⁸³. Las autoridades alemanas estiman que unos 1,8 millones de toneladas de Palm Oil Mill Effluent (POME) certificadas por ISCC en 2023 no cumplían los requisitos RED II e inflaron artificialmente los objetivos climáticos (The Maritime Executive, marzo 2025)^{184 185}

Este caso pone de manifiesto que la presunción de buena fe (principio de confianza) puede proteger documentos claramente fraudulentos, lo que, a su vez,

¹⁸¹ Directiva (UE) 2018/2001 (RED II). Establece los requisitos de reconocimiento de sistemas voluntarios (art. 30), sin prever mecanismos sancionadores efectivos externos.

¹⁸² Directiva (UE) 2023/2413 (RED III). Reforzó la trazabilidad, pero aún basándose en un enfoque documental que puede adolecer de medidas proactivas de verificación.

¹⁸³ ResourceWise. (marzo 2025). *Biofuels Fraud is Happening Right Now. Can We Stop It?* Reporta el caso del certificado ISCC por una planta HVO inexistente en Hong Kong y Malta, y el hallazgo de cerca de 1,8 millones t de POME fraudulentas en el mercado europeo <https://www.resourcewise.com/blog/biofuels-fraud-is-happening-right-now.-can-we-stop-it>

¹⁸⁴ The Maritime Executive. (marzo 2025). *EU Scrutinizes Fraud in Certification of Biofuels*. Detalla los volúmenes de POME ISCC fraudulento (1,8 Mt) registrados en 2023 y la propuesta de suspensión del reconocimiento por parte del Comité de Sostenibilidad <https://maritime-executive.com/article/eu-scrutinizes-fraud-in-certification-of-biofuels>

¹⁸⁵ Transport & Environment. (abril 2025). *Palm oil in disguise?: POME fraud report*. Analiza las debilidades estructurales de los sistemas voluntarios, incluido el hecho de que la certificación se base mayoritariamente en documentación sin pruebas de laboratorio https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504_POME_fraud_Report.pdf

provoca distorsión económica, daña a productores legítimos y erosiona la confianza pública en los esquemas voluntarios¹⁸⁶.

Otro escándalo fue inicios de 2025, el Comité de Sostenibilidad de la UE planteó la suspensión del reconocimiento de ISCC–EU para biocarburantes derivados de residuos por un periodo de hasta 2,5 años, debido a sospechas de fraude masivo en importaciones, especialmente desde Asia (ISCC admitió el escrutinio dentro del contexto de una alianza con la CE).¹⁸⁷

Aunque ISCC ha respondido defensivamente, afirmando que han reforzado sus controles y colaboran con las autoridades, la mera posibilidad de suspensión expone debilidades en su capacidad de supervisión y cuestiona la premisa de que un esquema voluntario pueda garantizar por sí mismo la integridad de la cadena de suministro.

En marzo de 2025, Bonsucro fue objeto de un reportaje en medios suizos relativo a presuntas violaciones de derechos humanos y trabajo forzado en plantaciones de caña en la India, vinculadas a proveedores auditados por Bonsucro. Aunque la organización se comprometió a reforzar sus procesos y emitir informes, el incidente evidenció riesgos reputacionales graves para los sistemas voluntarios, cuya credibilidad depende no solo de la trazabilidad, sino también del respeto a estándares sociales y laborales (Bonsucro, marzo 2025)¹⁸⁸

Todos estos problemas evidencian las dificultades estructurales de los sistemas voluntarios. Pese a su reconocimiento, los sistemas voluntarios carecen de capacidad autónoma para investigar o sancionar, lo que deja brechas de control en la cadena normativa europea demostrando, de hecho, una supervisión insuficiente

¹⁸⁶ Reglamento (UE) 2021/1119 (Ley Europea del Clima). Mandata una gobernanza climática que requiere verificabilidad y fiabilidad en los mecanismos de sostenibilidad.

¹⁸⁷ ISCC. (abril 2025). *Update on the recent discussions on ISCC EU certifications for waste-based biofuels*. Reconoce la preocupación sobre certificados fraudulentos y el trabajo con la Comisión para reforzar medidas

¹⁸⁸ Bonsucro. (3 de marzo 2025). *Statement on the Swiss media article*. Reconoce violaciones de derechos humanos y trabajo forzado en proveedores de caña en India, e insta a reforzar procesos en línea con los Principios Rectores de la ONU <https://bonsucro.com/update-regarding-swiss-media-article-3-march-2025/>

Además, la presunción de validez de los certificados emitidos limita el poder de las autoridades para actuar sin pruebas sólidas, lo que beneficia prácticas fraudulentas dejando un escudo de protección legal excesiva a los defraudadores¹⁸⁹.

Otro aspecto crítico es la reacción reactiva y no proactiva: la suspensión temporal de ISCC revela que las medidas correctivas a menudo llegan después del daño, en lugar de prevenirlo.

Pero hay más. En el caso de los organismos de certificación, surge el viejo dilema de "¿quién controla al responsable?". ¿Están los organismos de certificación sujetos a la supervisión de otros organismos o autoridades? ¿Disponen de un código de ética que adoptar en caso de conflictos de intereses internos?¹⁹⁰ En caso de falsificación de documentos, ¿están obligados a emprender acciones penales o deben limitarse a retirar la certificación? ¿Pueden también emitir certificaciones internacionales a empresas con sede en países que niegan u obstaculan la entrada a los inspectores?

Ciertamente, existe una minoría muy pequeña de sujetos dispuestos a aprovecharse de las fallas de los sistemas de certificación internacionales, pero esta minoría, incluso si está compuesta por unas pocas empresas, puede causar daños sistémicos que afecten la credibilidad y la estabilidad del sistema de certificación, sin contar las repercusiones concretas de daños al tejido económico definido como sano, a los operadores individuales que a veces realizan inversiones millonarias, a la pérdida de puestos de trabajo resultantes del cierre de plantas y, finalmente, a los daños para el acceso a créditos a los que no habrían tenido derecho sin las debilidades del sistema.

Los fracasos recurrentes de los sistemas de certificación suelen deberse a una serie de debilidades estructurales. Uno de los problemas más graves son los

¹⁸⁹ Goodman, L., & Rossi, J. (2023). *The Limits of Green Certification: Legal and Institutional Gaps in the EU's Biofuel Governance*. *Environmental Policy & Law*, 53(4), 217–233. Examina la falta de poder sancionador de esquemas voluntarios y la protección excesiva dada por la presunción de validez de los certificados.

¹⁹⁰ Ley Modelo de Responsabilidad de Auditores Ambientales (2022). A nivel doctrinal, exige códigos de ética y deberes de diligencia activa para certificadores fuera de los esquemas voluntarios tradicionales.

conflictos de interés: los auditores, en muchos casos, son remunerados directamente por las empresas que certifican o reciben regalías asociadas al resultado del proceso, lo que compromete su imparcialidad, como se ha observado en casos relacionados con MSC y SFI¹⁹¹.

A ello se suma la superficialidad de muchos controles, que se basan casi exclusivamente en documentación presentada por los operadores, sin realizar verificaciones in situ ni pruebas de laboratorio, como han demostrado los casos del sistema ISCC y las certificaciones de UCO. Este enfoque permite eludir controles reales y facilita fraudes encubiertos.

Otro fenómeno preocupante es el greenwashing sistemático: la certificación se convierte en una herramienta de marketing más que en una garantía de sostenibilidad efectiva. Esto ha sido duramente criticado en relación con esquemas como FSC o Verra, acusados de otorgar sellos de sostenibilidad a prácticas ambientales dudosas.

A esto se añade la falta de mecanismos eficaces de aplicación: tanto las denuncias internas como las alertas externas (whistleblowers) no suelen derivar en investigaciones o sanciones, como se ha denunciado en el Reino Unido con respecto a auditores vinculados a ISCC.

Todo ello evidencia que una “certificación” no siempre equivale a sostenibilidad real. Es imprescindible una reforma profunda del sistema, que se base en la independencia y transparencia de los auditores, el uso de controles cruzados que incluyan inspecciones sobre el terreno, trazabilidad y análisis técnicos, la imposición de sanciones claras en casos de fraude, y la participación efectiva de entidades verdaderamente independientes.

Estas medidas son esenciales para restaurar la confianza en los esquemas de certificación, proteger los ecosistemas y garantizar que estos sellos conserven un valor tangible, verificable y creíble.

Los recientes escándalos revelan que la confianza en los esquemas voluntarios no puede apoyarse solo en la buena fe: requiere sólidas bases

¹⁹¹ De Vooren, A. (2024). *Corporate Governance and Conflicts of Interest in Voluntary Sustainability Schemes*. *Journal of Environmental Law*, 36(2), 317–344. Describe cómo la remuneración de auditores por parte de los certificados compromete la imparcialidad.

institucionales, capacidad de control activa y valores sociales consagrados. Solo mediante reformas legislativas, supervisión pública y herramientas digitales robustas se podrá restaurar la credibilidad del sistema europeo de certificación de biocarburantes y garantizar que cumpla su función ambiental, económica y social.

6.2 AUDITORÍAS, INSPECCIONES Y ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN

La credibilidad del sistema de certificación voluntaria de biocombustibles depende en gran medida de la solidez de sus auditorías e inspecciones. No obstante, informes recientes, como el del Tribunal de Cuentas Europeo (2023), han puesto en evidencia serias deficiencias en la cobertura y rigor de estos controles, particularmente en aspectos relacionados con la evaluación del impacto indirecto del uso del suelo (CIUS).

Históricamente, solo un número limitado de esquemas voluntarios exigía una auditoría exhaustiva en todos los niveles de la cadena de suministro; otros se apoyaban excesivamente en autodeclaraciones de los productores o en los sistemas de control de la PAC, a los cuales no tenían acceso directo. Esta situación ha creado un vacío significativo, especialmente cuando se trata de verificar el cumplimiento de criterios ambientales relevantes.

En este mismo sentido, el sistema ISCC-EU, ampliamente utilizado para los biocarburantes basados en residuos, fue objeto de evaluación durante 2025, debido a sospechas de fraude en las importaciones desde el sudeste asiático. El Comité de Sostenibilidad de la UE llegó a plantear su suspensión provisional por hasta dos años y medio¹⁹².

Aunque ISCC respondió fortaleciendo protocolos de auditoría, incluyendo inspecciones in situ en plantas de aceite de palma y grasa residual (POME), este episodio reveló que los mecanismos de control existentes pueden actuar con retraso y sin un enfoque preventivo¹⁹³.

¹⁹² International Sustainability and Carbon Certification (ISCC). (2025). *Update on ISCC EU certifications for waste- and residue-based biofuels*.

¹⁹³ <https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2025/06/Update-on-ISCC-EU-Certifications-for-Waste-and-Residue-Based-Biofuels-%E2%80%93Dr.-Norbert-Schmitz-Managing-Director-ISCC-System-Germany.pdf>

En España, el Ministerio para la Transición Ecológica reforzó los controles del sistema SICBIOS, pasando de inspecciones anuales a trimestrales, con el objetivo de combatir fraudes ascendentes que eludían hasta 581 millones € en 2023.^{194 195}

Este cambio representa una evolución favorable hacia una fiscalización más robusta y frecuente, especialmente ante la evidencia de que un porcentaje significativo de operadores incumplía los requisitos de mezcla de biocarburantes.

Desde la perspectiva doctrinal, se plantea que la responsable aplicación de los principios normativos establecidos en los artículos 30 y siguientes de la RED II y III requiere la existencia de auditorías “sorpresa”, con acceso inmediato a la información y facultades sancionadoras claras. Sólo así se garantiza un control efectivo, más allá de meras verificaciones programadas (Delzeit et al., 2020; EBB, 2025)^{196 197}.

Además, la jurisprudencia comunitaria exige que los sistemas de inspección permitan a las autoridades garantizar una ejecución efectiva del Derecho derivado (art. 288 TFUE y principios interpretativos del TJUE). La imposibilidad de acceder en tiempo real a datos operativos o la dependencia excesiva en vehículos voluntarios puede comprometer este principio, tal como recordó el TJUE en casos relacionados con la calidad de la gasolina y el gasóleo (C-26/11)^{198 199}.

En cuanto a los organismos de certificación, su reconocimiento por parte de la Comisión exige independencia y transparencia, según el artículo 30. Sin embargo, la dependencia de financiación indirecta (por parte de las empresas

¹⁹⁴ Ministerio para la Transición Ecológica. (2024). *Orden de inspección trimestral del SICBIOS*. Madrid: Gobierno de España

¹⁹⁵ <https://www.economista.es/energia/noticias/12912135/07/24/el-gobierno-intensifica-las-inspecciones-a-las-petroleras-para-atajar-el-fraude-de-los-biocombustibles>

¹⁹⁶ Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). *Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade*. *Energy Policy*, 138, 111253.

¹⁹⁷ EBB. (2025). *Proposals on RED verification: Improving the EU system for sustainable biofuels verification*. Brussels: European Biodiesel Board.

¹⁹⁸ Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). (2013). *C-26/11, Belgische Petroleum en anderen vs Belgische Staat*.

¹⁹⁹ <https://www.actualidadjuridicaambiental.com/jurisprudencia-al-dia-union-europea-biocombustibles>

certificadas) puede generar conflictos de interés y reducir la rigurosidad de los informes (European Court of Auditors, 2023)²⁰⁰. Por ello, actores como EBB han abogado por una mayor supervisión judicial, controles cruzados entre esquemas y la vinculación obligatoria con la Union Database (UDB).

En conclusión, reforzar la eficacia de las auditorías e inspecciones requiere un enfoque proactivo: auditorías repentinas, supervisión pública y acceso digital inmediato a la información en plataformas como SICBIOS o la futura UDB. Solo así podrán protegerse los objetivos de sostenibilidad, preservar el mercado interno y asegurar que los biocarburantes certificados cumplan genuinamente con las exigencias ambientales, sociales y de gobernanza.²⁰¹

²⁰⁰ European Court of Auditors. (2023). *Special Report 29/2023: EU support for biofuels*. Luxembourg: https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr16_18/sr_biofuels_en.pdf

²⁰¹ The Maritime Executive. (2025). EU scrutinizes fraud in certification of biofuels.

6.3 AUTORIDADES COMPETENTES

La vigilancia efectiva del cumplimiento de los esquemas voluntarios de certificación en materia de sostenibilidad de biocarburantes no puede depender únicamente de los operadores privados o de las entidades certificadoras. Conforme al principio de ejecución efectiva del Derecho de la Unión consagrado en el artículo 4.3 del Tratado de la Unión Europea (TUE) y desarrollado en la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, corresponde a las autoridades nacionales competentes garantizar que los mecanismos de certificación no se conviertan en meros trámites formales carentes de valor jurídico o ambiental (TJUE, C-26/11)²⁰².

Según el artículo 30 de la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II)²⁰³ y su revisión por la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)²⁰⁴, los Estados miembros deben designar una o varias autoridades responsables de supervisar que las entidades certificadoras reconocidas por la Comisión Europea cumplen con sus obligaciones. Estas autoridades tienen el mandato de auditar la labor de los organismos de certificación, imponer sanciones en caso de negligencia o fraude, e incluso proponer la revocación del reconocimiento de aquellos esquemas que no garanticen una trazabilidad fiable y verificable (European Commission, 2018, 2023).

En la práctica, sin embargo, esta supervisión ha demostrado ser insuficiente. Informes recientes de la European Court of Auditors (2023) revelan que muchos Estados carecen de capacidades técnicas y humanas para verificar adecuadamente las cadenas de custodia y los sistemas de balance de masa aplicados por los esquemas voluntarios. En algunos casos, las autoridades han dependido de la buena fe de los operadores y de documentación sin verificación in situ, lo cual ha

²⁰² Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). (2013). *C-26/11, Belgische Petroleum en anderen vs Belgische Staat*.

²⁰³ European Commission. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II).

²⁰⁴ European Commission. (2023). Directive (EU) 2023/2413 (RED III).

generado graves riesgos de fraude y ha afectado la credibilidad del marco europeo de sostenibilidad (European Court of Auditors, 2023)²⁰⁵.

En respuesta a estos déficits, organismos sectoriales como el European Biodiesel Board (EBB) han recomendado fortalecer los poderes de inspección de las autoridades nacionales, dotarlas de acceso directo a la Union Database (UDB) y permitir la ejecución de auditorías aleatorias y no anunciadas. También se ha sugerido que la Comisión Europea establezca un marco común para la supervisión, garantizando estándares homogéneos de fiscalización entre Estados miembros (EBB, 2025)²⁰⁶.

En el caso español, la autoridad competente es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), que opera a través del sistema SICBIOS. Desde 2024, este ha implementado medidas más rigurosas, como auditorías trimestrales y controles cruzados de importación, tras detectarse irregularidades que comprometían los objetivos de incorporación obligatoria de biocarburantes (Ministerio para la Transición Ecológica, 2024)²⁰⁷.

Doctrinalmente, se reconoce que el éxito del régimen voluntario de certificación sólo es posible si existe un aparato institucional robusto que garantice que lo “voluntario” no equivalga a lo “incontrolado” (Delzeit et al., 2020)²⁰⁸. La responsabilidad del cumplimiento no puede delegarse exclusivamente en actores privados: debe ejercerse a través de estructuras públicas competentes, transparentes y dotadas de medios suficientes para prevenir, detectar y sancionar desviaciones del marco normativo.

En definitiva, una gobernanza eficaz del sistema de certificación pasa por una redistribución clara de competencias, una mejor coordinación multinivel y un fortalecimiento real de las capacidades institucionales. Solo así será posible

²⁰⁵ European Court of Auditors. (2023). *Special Report 29/2023: EU support for biofuels*. Luxembourg: ECA.

²⁰⁶ European Biodiesel Board (EBB). (2025). *Proposals on RED verification: Improving the EU system for sustainable biofuels verification*. Brussels: EBB.

²⁰⁷ Ministerio para la Transición Ecológica. (2024). *Informe anual sobre inspecciones del sistema SICBIOS*.

²⁰⁸ Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). *Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade*. *Energy Policy*, 138, 111253.

restaurar la confianza en las certificaciones voluntarias como herramienta legítima para avanzar hacia una economía energética verdaderamente sostenible.

6.4 FRAUDES

Aunque los sistemas de certificación voluntaria de sostenibilidad de biocarburantes fueron concebidos para fortalecer la transición energética y garantizar el cumplimiento de los criterios ambientales exigidos por la Unión Europea, en los últimos años han sido objeto de diversas investigaciones que han puesto en entredicho su integridad y eficacia. Los escándalos relacionados con el uso fraudulento de certificados no solo comprometen la dimensión ambiental del sistema, sino que también socavan su legitimidad institucional y generan distorsiones económicas en el mercado energético europeo.

Uno de los casos más notorios ocurrió entre 2023 y 2025 en Alemania, donde se descubrió que más de 1,8 millones de toneladas de residuos de aceite de palma (POME)²⁰⁹ ²¹⁰ ingresaron al mercado europeo amparados por certificados ISCC presuntamente válidos. Las investigaciones revelaron que algunos de estos certificados correspondían a plantas de HVO que en realidad no existían, como una supuesta instalación ubicada en Hong Kong. Esta situación llevó a las autoridades alemanas a considerar la suspensión temporal del reconocimiento de ISCC-EU por hasta dos años y medio²¹¹ ²¹². La gravedad del caso evidenció una vulnerabilidad sistémica: los certificados fraudulentos, una vez emitidos, gozan de presunción de validez legal y solo pueden anularse si se demuestra mala fe, lo que impide reacciones rápidas incluso cuando se identifican irregularidades claras.

Simultáneamente, el Organized Crime and Corruption Reporting Project (OCCRP)²¹³ documentó otro fraude significativo: una empresa de los Balcanes comercializaba biodiésel de soya bajo la etiqueta de aceite usado reciclado, vendiéndolo a compradores en al menos nueve países europeos. Esta maniobra,

²⁰⁹ Transport & Environment. (2025, 9 Abril). 'Renewable diesel' sold by oil majors most likely contains fraudulent palm oil.

²¹⁰ Reuters. (2024, 31 mayo). France, Germany urge tougher EU checks on biofuel imports in fraud probe.

²¹¹ International Sustainability & Carbon Certification (ISCC). (2025). *Update on ISCC EU certifications for waste- and residue-based biofuels*.

²¹² Argus Media. (2025). Germany doubts suspended HVO producer exists.

²¹³ OCCRP. (2025). How biofuels scams have undermined a flagship EU climate policy.

además de infringir los requisitos del Anexo IX de la Directiva RED II²¹⁴, facilitó la entrada en el sistema de productos que no cumplían con los criterios de sostenibilidad, generando beneficios económicos injustificados y socavando la confianza en los mecanismos de certificación.

A estos casos se suman otras prácticas fraudulentas recurrentes, como la declaración falsa del origen de las materias primas para obtener certificaciones injustificadas, la mezcla de biocarburantes sostenibles con productos fósiles no certificados y el reciclaje de certificados ya utilizados, que se revenden varias veces para una misma cantidad de producto. Estas estrategias, sofisticadas y difícilmente detectables mediante auditorías convencionales, comprometen la integridad del sistema y requieren mecanismos de control mucho más eficaces y adaptados al contexto digital actual²¹⁵.

Como respuesta institucional, gobiernos como los de Francia, Alemania y los Países Bajos han solicitado a la Comisión Europea la adopción de medidas más estrictas, entre ellas el rechazo automático de cualquier certificado cuando no se permita el acceso a las instalaciones auditadas. Por su parte, ISCC ha anunciado reformas internas que incluyen auditorías más frecuentes en zonas de alto riesgo y la promoción del uso obligatorio de la Union Database (UDB) como herramienta de trazabilidad digital e interoperabilidad entre sistemas.

Entre las deficiencias estructurales más recurrentes del sistema destacan: la ausencia de auditorías sorpresivas —ya que la mayoría de las inspecciones eran previamente agendadas—; la rigidez administrativa del principio de confianza, que dificulta la revocación de certificados incluso ante evidencia de fraude; y la falta de supervisión efectiva en instalaciones localizadas fuera del territorio de la UE, donde no se aplicaban inspecciones físicas obligatorias, lo que facilitaba la certificación de plantas inexistentes.

Las consecuencias de estos fraudes han sido significativas. En primer lugar, se ha puesto en duda la efectividad del marco RED II, dado que volúmenes de

²¹⁴ Circularise. (2023). The RED II regulation guide for biofuels.

<https://www.circularise.com/blogs/red-ii-regulation-guide>

²¹⁵ The Maritime Executive. (2025, 30 Marzo). EU scrutinizes fraud in certification of biofuels.

combustibles fósiles fueron contabilizados como renovables. En segundo lugar, el mercado de certificados de sostenibilidad experimentó una caída abrupta en sus precios, lo que ha afectado negativamente la viabilidad financiera de productores legítimos. Finalmente, se ha expuesto un conjunto de debilidades normativas que, en la práctica, otorgan ventajas a operadores fraudulentos frente a los organismos de control.

En este contexto, el European Biodiesel Board (EBB) ha propuesto una serie de reformas urgentes: la introducción de auditorías aleatorias con acceso inmediato a la información operativa de los operadores; la posibilidad de aplicar sanciones automáticas y anulación retroactiva de certificados cuando se detecte fraude; la obligatoriedad de realizar inspecciones presenciales en instalaciones ubicadas fuera de la UE²¹⁶; la centralización y transparencia total de los datos en la UDB, acompañada de un sistema de alertas tempranas; y una revisión legal del principio de confianza que contemple excepciones justificadas en presencia de evidencias sólidas de irregularidades.²¹⁷

De forma complementaria, se ha sugerido aprovechar el potencial de tecnologías emergentes, como la blockchain, para reforzar la trazabilidad de las materias primas y prevenir el doble cómputo o el uso indebido de certificados. Asimismo, se subraya la necesidad de establecer una cooperación más estrecha entre las autoridades nacionales y los organismos internacionales, con el fin de detectar patrones de fraude transfronterizo y compartir información de manera eficaz.

En suma, los recientes escándalos no solo evidencian deficiencias técnicas del sistema, sino que ponen de relieve la urgencia de una reforma estructural que combine herramientas jurídicas eficaces, digitalización avanzada y control público multinivel. Solo así podrá garantizarse que los certificados de sostenibilidad respondan realmente a los principios que dicen defender y contribuyan de manera efectiva a la transición energética y climática de la Unión Europea.

²¹⁶ European Biodiesel Board (EBB). (2025). Proposals on RED verification: Improving the EU system for sustainable biofuels verification. Brussels.

²¹⁷ ResourceWise. (2025, Marzo). Biofuels fraud is happening right now. Can we stop it?

6.5 TRAZABILIDAD

La trazabilidad en la cadena de suministro de los biocarburantes sostenibles es un pilar fundamental para garantizar que cada etapa del proceso —desde la producción hasta la comercialización— respete los principios de sostenibilidad ambiental y los objetivos climáticos de la Unión Europea. Más allá de ser un simple requisito técnico, permite detectar irregularidades, evitar el doble cómputo de volúmenes renovables y fortalecer la confianza tanto de los consumidores como de los reguladores.

En este contexto, la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II), reforzada por la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III), ha introducido una serie de mecanismos normativos para asegurar esa trazabilidad. Entre ellos destaca la base de datos de la Unión (Union Database o UDB)²¹⁸, concebida como herramienta central para registrar y verificar, de manera digital y segura, todos los movimientos de los biocarburantes dentro del mercado europeo (Comisión Europea, 2022). La base legal se complementa con el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996, que detalla cómo deben recogerse, transmitirse y auditarse los datos a lo largo de toda la cadena de custodia²¹⁹.

Una de las técnicas que sustenta este proceso es el sistema de balance de masa (mass balance), recogido en el artículo 30.1.c de RED II. Este sistema permite mezclar distintos lotes sostenibles, siempre que se mantenga la trazabilidad total, asegurando que lo que se declara como renovable realmente lo sea en origen y destino.²²⁰

Junto al marco jurídico, están surgiendo soluciones tecnológicas innovadoras. Un ejemplo destacado es el uso de la tecnología blockchain, como el

²¹⁸ European Commission. (2024). Delegated Regulation under RED II on Union Database traceability extension. Brussels.

²¹⁹ Comisión Europea. (2022). Reglamento de ejecución (UE) 2022/996 sobre certificación de sostenibilidad y trazabilidad de biocarburantes. Diario Oficial de la Unión Europea, L 168.

²²⁰ Boas, I., Biermann, F., & Kanie, N. (2016). *Cross-level interactions in global sustainability governance: lessons from the international biofuels debate*. *Global Environmental Politics*, 16(3), 1–20. https://doi.org/10.1162/GLEP_a_00360

proyecto piloto desarrollado por la Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) y Bioledger. Esta tecnología aporta un registro distribuido, inalterable y georreferenciado de cada transacción, ofreciendo garantías adicionales de autenticidad y reduciendo los riesgos de fraude (RSB & Bioledger, 2021)²²¹.

Desde la perspectiva jurídica, la trazabilidad está protegida por la exigencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea de que las normas derivadas de la UE se apliquen de forma efectiva y verificable (TJUE, C-26/11)²²². Esto implica que las autoridades nacionales deben tener acceso continuo y confiable a los datos para llevar a cabo auditorías sustantivas.

Sin embargo, informes como el del Tribunal de Cuentas Europeo (2016)²²³ han señalado importantes deficiencias históricas en el seguimiento de los certificados y en el control estatal sobre las cadenas de custodia, advirtiendo que la trazabilidad real, en muchos casos, ha sido más formal que efectiva.

En consecuencia, se perfilan tres líneas de actuación imprescindibles para consolidar un sistema de trazabilidad robusto y transparente:

Regulación digital uniforme, asegurando el funcionamiento integral de la UDB, con una cobertura completa que incluya también materias primas primarias.

Innovación tecnológica supervisada, promoviendo el uso de blockchain como capa adicional de verificación y registro inmutable.

Fortalecimiento institucional, garantizando que las autoridades tengan acceso en tiempo real a la información crítica, para que las auditorías sean preventivas, no solo reactivas.

Asegurar que cada tonelada de biocarburante pueda ser trazada desde su origen hasta su uso final no es un detalle técnico, sino una condición esencial para proteger los objetivos ambientales y garantizar que las políticas de sostenibilidad europeas sean realmente eficaces.

²²¹ RSB & Bioledger. (2021). Blockchain Database for Sustainable Biofuels: A Case Study. Geneva.

²²² Tribunal de Justicia de la Unión Europea. (2013). C-26/11, Belgische Petroleum en anderen vs. Belgische Staat.

²²³ European Court of Auditors. (2016). Special Report No 18/2016: The EU system for the certification of sustainable biofuels. Luxemburgo.

6.6. UDB, LA BASE DE DATOS EUROPEA

La trazabilidad digital es un elemento clave para garantizar que los biocarburentes cumplan los estándares de sostenibilidad establecidos por la Unión Europea. Para ello, la Directiva RED II (art. 28.2) mandata la creación de la Union Database (UDB)²²⁴, una plataforma centralizada destinada a registrar todas las transacciones y características ambientales de los biocombustibles —líquidos y gaseosos— destinados al mercado europeo RED III amplió este mandato, incluyendo los biogases y confiriéndole carácter obligatorio desde noviembre de 2024 (art. 31a)

El Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996 establece los requisitos técnicos y operativos de la UDB, definiendo qué datos deben registrarse —origen, tipo de combustible, emisiones de GEI, certificados de sostenibilidad— y cómo debe articularse la integración con los sistemas nacionales de trazabilidad y la aplicación del sistema de mass balance²²⁵.

Desde su inicio operativo en enero de 2024, la UDB ha sido progresivamente adoptada por operadores económicos, certificados voluntarios como ISCC, y entidades nacionales, quienes están obligados a registrar sus transacciones en la base de datos^{226 227}.

Sin embargo, la implementación ha estado marcada por varios desafíos, incluyendo plazos trasladados y una adopción desigual por parte de voluntarios y auditores, lo que ha generado incertidumbre sobre su obligatoriedad efectiva.

La UDB está diseñada para evitar el doble cómputo, garantizar la trazabilidad completa desde el origen de las materias primas, y facilitar las auditorías integradas en los sistemas voluntarios de certificación

²²⁴ Comisión Europea. (2022). Delegated Regulation under RED II on Union Database traceability extension.

²²⁵ Comisión Europea. (2022). Reglamento (UE) 2022/996 sobre certificación de sostenibilidad y trazabilidad de biocarburentes. Diario Oficial de la Unión Europea, L 168.

²²⁶ European Commission. (2024, 15 enero). *EU Database for Biofuels becomes operational*. DG ENER

²²⁷ ISCC System. (2025, 26 mayo). *Updates on the Development of the UDB*. ISCC Markets.

A su vez, constituye una herramienta tecnológica flexible, con interfaces API que permiten su integración con ERP internos, sistemas voluntarios o incluso conexiones automatizadas a través de terceros.

En términos jurídicos, el Tribunal de Justicia de la UE ha reiterado la necesidad de que sus normas sean efectivamente aplicables. El artículo 288 TFUE y sentencias como C-26/11 exigen que las bases de datos y autoridades suministren acceso continuo a datos verificables, condición indispensable para que la UDB cumpla su función de control y de ejecución efectiva del Derecho comunitario.

A pesar de sus ventajas, algunos actores —como la industria del biometano— han expresado preocupación porque la UDB excluye inicialmente los biogases importados fuera de la UE, lo que limitaría el comercio de estos combustibles en el mercado comunitario y podría constituir una barrera comercial no justificada²²⁸.

Para evitarlo, se han planteado debates que podrían dar lugar a nuevas interpretaciones o inclusiones reglamentarias.

En paralelo, pilotos combinando la UDB con blockchain (como el proyecto RSB-Bioledger)²²⁹ han demostrado que la trazabilidad puede reforzarse a través de registros inmutables y georreferenciados, mejorando las auditorías y reduciendo los riesgos de manipulación^{230 231}.

Para que la UDB alcance su pleno potencial, es esencial que:

Se consoliden normativas digitales uniformes, consolidadas por actos delegados y regulaciones nacionales que garanticen su aplicación sin brechas.

Se asegure adopción efectiva por parte de auditores y operadores, con plazos claros y obligaciones concretas.

Se impulsen capacidades institucionales que permitan una supervisión continua y la integración de la UDB con los procesos de certificación voluntaria.

²²⁸ Trade.gov (International Trade Administration). (2024, octubre). *EU Union Database disrupts U.S. biogas exports*.

²²⁹ RSB & Bioledger. (2021). *Blockchain Database for Sustainable Biofuels: A Case Study*. Geneva.

²³⁰ Sure System. (2023). *The legal basis of the Union Database*. SURE.

²³¹ Vespertool. (2024, octubre). *The UDB will be mandatory – but are market players ready?*

Se mantenga una disposición legal flexible para incorporar combustibles nuevos, flujos transfronterizos y tecnologías emergentes sin obstaculizar el principio del mercado interior.

Los volúmenes registrados en la UDB se puedan comparar con los datos sobre volúmenes oficiales proporcionados por otros organismos encargados de la supervisión de las mercancías importadas en el interior de la UE, tanto a nivel nacional como supranacional, con la adición, por parte del importador, de facilitar a la UDB el certificado de origen utilizado para el despacho de aduana.

En definitiva, la Union Database representa un hito en la gobernanza digital del sector, al ofrecer una plataforma única para reconstruir los trayectos de los biocarburantes con transparencia y confiabilidad. Su éxito dependerá, sin embargo, de una implementación coordinada, un respaldo jurídico sólido y una respuesta institucional coherente y ambiciosa.

6.7 BALANCE DE MASA

La implementación del sistema de balance de masa (mass balance) es fundamental para asegurar que los biocarburantes realmente sostenibles mantengan su integridad a lo largo de la cadena de suministro. El balance de masa, exigido por la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II, art. 30.1.c) y detallado en el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996, permite la mezcla de lotes sostenibles y no sostenibles siempre que se garantice la trazabilidad proporcional de los volúmenes renovables²³².

Este mecanismo posibilita la asignación de características de sostenibilidad a productos finales, incluso cuando el biocarburante procesado proviene de materias primas mezcladas, siempre que se respete la equidad en el cómputo (input = output ajustado por emisiones o contenido energético). Este sistema reduce costes logísticos, pero exige una trazabilidad rigurosa con registros precisos y coherentes, conforme exige el art. 30 RED II y sus instrumentos ejecutivos.

No obstante, informes recientes del European Biodiesel Board documentan altos riesgos de fraude²³³. Por ejemplo, hay casos en que plantas mantienen dos tanques separados (importados y nacionales) y luego intercambian las evidencias de sostenibilidad —sin mezclar físicamente los contenidos—, permitiendo que el combustible importado evada aranceles gracias a un certificado nacional. Para mitigar estas prácticas, el EBB urge a auditores y autoridades a verificar que los inputs y outputs de cada sitio pertenezcan realmente al mismo lote mixto.

A nivel técnico, organizaciones como REDcert y Bonsucro han elaborado guías detalladas que establecen las reglas del sistema: solo se permite la mezcla si los materiales pertenecen a un mismo “grupo de producto” y se registran los flujos exactos, incluyendo conversiones y periodos de ajuste^{234 235 236}.

²³² European Commission. (2022). *Reglamento (UE) 2022/996 sobre certificación y trazabilidad de biocarburantes*.

²³³ European Biodiesel Board (EBB). (2025). *Proposals on RED verification*. Brussels.

²³⁴ REDcert GmbH. (2023). *Scheme Principles for Mass Balance*.

²³⁵ Bonsucro. (2023). *Bonsucro EU-RED Standard v2.0*.

²³⁶ ISCC System. (2025). *Update on ISCC EU mass balance fraud allegations*.

Desde una perspectiva jurídica, el TJUE reafirma que los sistemas de control deben cumplir con el principio de ejecución efectiva del Derecho comunitario (C-26/11)²³⁷, lo que implica que las autoridades puedan intervenir y verificar el balance en cualquier momento, con datos accesibles y auditablemente sólidos.

Pese a la solidez aparente del sistema, el Tribunal de Cuentas de la UE, en su Special Report 18/2016, ya advirtió la laxitud en la supervisión estatal y la escasa verificación real de las cadenas de custodia. Esto evidenció que la trazabilidad a veces había sido meramente formal, sin evidencia práctica^{238 239}.

Por todo ello, se perfilan tres medidas clave para fortalecer el sistema:

Auditorías físicas y documentales regulares, verificando que los lotes registrados en la UDB realmente se correspondan con los flujos operativos.

Regulación técnica clara, reforzando el carácter obligatorio del uso de UDB para todas las fases, incluido el mass balance, y estableciendo lineamientos uniformes por plataforma digital.

Innovación digital, incorporando blockchain u otras tecnologías que impidan la manipulación de registros, fortalezcan la trazabilidad irreversible y faciliten la detección de fraudes.

En definitiva, el balance de masa puede ser un pilar eficaz para una gobernanza sostenible solo si se combina con controles estrictos, tecnología adecuada y supervisión institucional, garantizando que cada litro de biocarburante certificado respalde su origen ambiental y refuerce la credibilidad de las políticas de energía renovable en la UE.

²³⁷ Tribunal de Justicia de la Unión Europea, C-26/11 *Belgische Petroleum*.

²³⁸ European Court of Auditors. (2016). Special Report 18/2016: Sustainable biofuels certification in the EU. Luxembourg.

²³⁹ Circularise. (2021). The mass balance approach in sustainable supply chains.

6.8. MERCADO DE CERTIFICADOS (TICKETS) DE BIOCARBURANTES

El mercado de certificados de sostenibilidad —frecuentemente denominados “tickets” — se ha convertido en un instrumento clave dentro del régimen jurídico europeo de fomento a los biocarburantes. Estos certificados, emitidos en el marco de esquemas de certificación reconocidos por la Comisión Europea y validados mediante la Union Database (UDB), acreditan que los combustibles cumplen con los requisitos ambientales y de trazabilidad exigidos por la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II)²⁴⁰, su reforma mediante la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III)²⁴¹, y el Reglamento (UE) 2022/996²⁴². Además de su función regulatoria, estos instrumentos han adquirido una dimensión comercial, permitiendo su intercambio en mercados obligatorios y voluntarios, y generando ingresos adicionales para productores sostenibles.

Desde un punto de vista funcional, el mercado de tickets se estructura en dos grandes vertientes: por un lado, el mercado de cumplimiento obligatorio, vinculado a las obligaciones de mezcla y reducción de emisiones impuestas por la normativa europea (como la Fuel Quality Directive); por otro, el mercado voluntario, donde actores industriales —como operadores marítimos, grandes emisores o corporaciones con compromisos ESG— adquieren certificados para compensar su huella de carbono o mejorar su perfil climático. Ambos mercados se benefician de la infraestructura digital de la UDB, que permite rastrear el origen, volumen y destino de cada lote certificado, garantizando su integridad (European Commission, 2024).

Sin embargo, este sistema no está exento de críticas. Escándalos recientes, como la emisión fraudulenta de certificados ISCC para volúmenes ficticios de POME (Palm Oil Mill Effluent), han revelado importantes vulnerabilidades en los mecanismos de validación y control. Tales irregularidades han provocado caídas

²⁴⁰ Comisión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la promoción del uso de energía procedente de fuentes renovables (RED II). DOUE L 328.

²⁴¹ Comisión Europea. (2023). Directiva (UE) 2023/2413 por la que se modifica la Directiva 2018/2001. DOUE L 243

²⁴² Comisión Europea. (2022). Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996 relativo a las pruebas de sostenibilidad y trazabilidad. DOUE L 168.

abruptas en los precios de los certificados, así como distorsiones competitivas en el mercado, especialmente ante el ingreso masivo de biodiésel no sostenible procedente de China o Estados Unidos (Transport & Environment, 2025; TRA, 2024)²⁴³ ²⁴⁴. Asimismo, estas prácticas han motivado investigaciones por dumping y subvenciones indebidas, lo que evidencia la necesidad de una armonización transfronteriza más efectiva.

Desde una perspectiva jurídica, el Tribunal de Justicia de la Unión Europea ha afirmado en su jurisprudencia (C-26/11, *Belgische Petroleum Unie*)²⁴⁵ que los mecanismos del mercado de combustibles deben garantizar transparencia, capacidad de verificación y auditoría en tiempo real, principios que la UDB materializa tecnológicamente. No obstante, la efectividad de este mandato depende en gran medida del compromiso de los Estados miembros y de la interoperabilidad de sus sistemas nacionales.

Ante estos desafíos, diversas propuestas han emergido para reforzar el mercado de tickets. Entre ellas destacan: (i) la plena integración de la UDB como plataforma obligatoria para todos los esquemas certificados; (ii) el establecimiento de sanciones automáticas y suspensión inmediata en caso de fraude comprobado; (iii) el desarrollo de mercados secundarios con precios transparentes y reglas claras de transacción; y (iv) la intensificación de la cooperación internacional, particularmente para validar certificados emitidos en terceros países.

En definitiva, el mercado de certificados de biocarburantes representa una herramienta valiosa para alcanzar los objetivos de descarbonización y sostenibilidad de la Unión Europea. Sin embargo, su consolidación requiere un marco regulatorio más robusto, sistemas de supervisión interconectados, soluciones tecnológicas avanzadas y una gobernanza multinivel eficaz, capaz de equilibrar la integridad ambiental con la eficiencia económica del mercado energético.

²⁴³ Transport & Environment. (2025). Biofuels fraud: lessons from the POME scandal.

²⁴⁴ Trade Remedies Authority (TRA). (2024). Investigation into US HVO imports and market impact. GOV.UK

²⁴⁵ Tribunal de Justicia de la Unión Europea. (2013). *C-26/11, Belgische Petroleum Unie*. ECLI:EU:C:2013:135.

6.9 EL “CARBONWASHING” Y LOS RIESGOS DE FRAUDE FISCAL EN EL MERCADO EUROPEO DEL CARBONO

El cambio climático ha sido reconocido de manera unánime como el principal desafío medioambiental del siglo XXI, tanto por la comunidad científica como por las instituciones internacionales. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha publicado sucesivos informes que evidencian el impacto de las actividades humanas sobre el clima. Esta realidad ha incentivado el desarrollo de nuevos mercados, como el de los créditos de carbono, que promueven mecanismos de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) mediante proyectos de compensación, energías alternativas o sistemas de comercio de emisiones (carbon trading).

Según el informe *Carbon Market Year in Review 2023* del London Stock Exchange Group (2024)²⁴⁶, el valor global de los mercados del carbono alcanzó en ese año un récord de 880.000 millones de euros, representando un incremento del 2 % respecto a 2022. A pesar de que el volumen de créditos intercambiados (12.500 millones de toneladas de CO₂) permaneció estable, el aumento del valor fue impulsado principalmente por el encarecimiento de los precios, sobre todo en el mercado europeo de comercio de emisiones (EU ETS), que por sí solo representó el 87 % del total global con un valor estimado en 770.000 millones de euros.

No obstante, este crecimiento también ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad estructural del mercado frente a fenómenos fraudulentos. La naturaleza intangible de los créditos, la falta de una regulación armonizada y eficaz, la complejidad técnica del mercado y la limitada preparación de las autoridades competentes han facilitado la infiltración de redes criminales organizadas. Tanto el mercado obligatorio (ETS) como el mercado voluntario se han visto expuestos a manipulaciones asociadas a lo que se ha denominado

²⁴⁶ London Stock Exchange Group. (2024). *Carbon Market Year in Review 2023*. <https://www.lseg.com>

carbonwashing, es decir, estrategias fraudulentas mediante las cuales se exageran o falsifican los beneficios ambientales con el fin de obtener indebidamente ventajas económicas o fiscales.

Interpol (2021) ha identificado cinco categorías principales de delitos vinculados a los mercados del carbono:

Manipulación fraudulenta de mediciones para inflar la cantidad de créditos asignados;

Venta de créditos inexistentes o previamente asignados a otros actores económicos;

Declaraciones falsas o engañosas sobre los impactos ambientales o financieros de proyectos verdes;

Uso fraudulento de lagunas normativas para actividades ilícitas como el blanqueo de capitales o la evasión fiscal;

Delitos informáticos (como el phishing y el hacking) dirigidos al robo de créditos o de datos de acceso a registros.

En efecto, varios casos judiciales en Europa ilustran los riesgos sistémicos. En Alemania, se identificó un fraude de más de 200 millones de euros en IVA gracias a una interpretación abusiva del régimen de importación de créditos. En el Reino Unido, una red delictiva fue condenada por fraude de tipo “carrusel” por un valor de 276 millones de euros, utilizando empresas ficticias para importar créditos y eludir el pago del impuesto. Italia también ha sido escenario de investigaciones relevantes: la Guardia di Finanza de Milán descubrió una red transnacional que, a través de facturación falsa y comercio electrónico de derechos de emisión, habría defraudado aproximadamente 650 millones de euros.

En términos fiscales, estos esquemas ilícitos han aprovechado las lagunas del sistema europeo de registro y verificación. La falta de trazabilidad efectiva de los créditos, sumada a la posibilidad de que terceros comercialicen activos sin relación directa con los proyectos que los originan, permite desvincular la propiedad del crédito de la actividad ambiental real. Este desajuste estructural facilita que entidades ficticias o de fachada, muchas veces con sede en paraísos fiscales o países con escasa cooperación judicial, actúen como intermediarios opacos, moviendo grandes volúmenes de capital con escasa supervisión.

Los casos recientes de “carbonwashing” también afectan a grandes industrias. Según Il Sole 24 Ore (2025)²⁴⁷, la Fiscalía de Taranto ha abierto diligencias contra exdirectivos de Acciaierie d’Italia (ex-ILVA), acusados de presentar datos manipulados en los informes de monitoreo de emisiones ante el Comité ETS, con el fin de recibir injustamente una asignación mayor de cuotas gratuitas en 2023.

Estas prácticas, además de provocar daños fiscales cuantiosos y distorsionar la competencia, socavan gravemente la credibilidad de los mecanismos de compensación y de los compromisos climáticos asumidos en el marco del Acuerdo de París y de las directivas europeas (Directiva 2003/87/CE, modificada por la Directiva 2018/410/UE y la más reciente Directiva 2023/959/UE del régimen ETS)²⁴⁸
²⁴⁹ ²⁵⁰.

Ante esta realidad, es urgente una reforma integral del marco normativo europeo sobre los mercados del carbono, orientada a:

Fortalecer los mecanismos de trazabilidad digital de los créditos;

Exigir la plena transparencia sobre los beneficiarios finales;

Establecer normas mínimas de verificación e integridad para operadores, auditores y plataformas;

Armonizar la fiscalidad y los controles a escala europea, en cooperación con Europol, OLAF e Interpol²⁵¹.

²⁴⁷ Il Sole 24 Ore. (2025, 19 junio). *Carbon credits: frodi e abusi nel mercato ETS*. <https://www.ilsole24ore.com>

²⁴⁸ Parlamento Europeo y Consejo. (2003). Directiva 2003/87/CE por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad. Diario Oficial de la Unión Europea, L 275, 32.

²⁴⁹ Parlamento Europeo y Consejo. (2018). Directiva (UE) 2018/410, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE. Diario Oficial de la Unión Europea, L 76, 3.

²⁵⁰ Parlamento Europeo y Consejo. (2023). Directiva (UE) 2023/959, relativa a la revisión del régimen de comercio de derechos de emisión. Diario Oficial de la Unión Europea, L 130, 134

²⁵¹ Interpol. (2021). *Uncovering the risks of carbon trading crime: Environmental crime programme report*. Lyon: Interpol. <https://www.interpol.int>

Solo mediante un refuerzo coordinado de la gobernanza y de los instrumentos de supervisión podrá evitarse que el mercado del carbono, concebido como una herramienta para acelerar la descarbonización, se convierta en un nuevo canal de enriquecimiento ilícito y de legitimación de capitales de origen delictivo.

**VII – GOBERNANZA
GLOBAL Y GEOPOLÍTICA DE
LOS BIOCOMBUSTIBLES**

VII- GOBERNANZA GLOBAL Y GEOPOLÍTICA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

El desarrollo de los biocombustibles como pilar estratégico de la transición energética global trasciende los aspectos puramente tecnológicos o medioambientales, abriendo un complejo entramado de relaciones geopolíticas, mecanismos de gobernanza multinivel y dinámicas económicas asimétricas. En el actual contexto de crisis climática, inestabilidad geopolítica y competencia por recursos naturales escasos, la regulación y gobernanza de los biocombustibles adquiere una relevancia crucial en la reconfiguración de las relaciones internacionales y en la definición de nuevos esquemas de poder global.

Desde una perspectiva multidimensional, la gobernanza global de los biocombustibles implica la interacción entre distintos niveles institucionales — nacional, regional e internacional—, así como entre actores públicos y privados, incluyendo organismos multilaterales, Estados, corporaciones transnacionales, ONG y comunidades locales. Este capítulo se articula en tres grandes bloques que permiten analizar los principales vectores de esta gobernanza:

la seguridad energética y sus implicaciones geoeconómicas; el papel de los organismos internacionales en la normalización de estándares sostenibles; las asimetrías estructurales entre países productores y consumidores.

7.1. BIOCOMBUSTIBLES Y SEGURIDAD ENERGÉTICA: ENTRE DEPENDENCIA Y AUTONOMÍA ESTRATÉGICA

En la actualidad, la seguridad energética se ha convertido en una prioridad estratégica para muchas economías industrializadas. Los biocombustibles representan una vía para diversificar el mix energético, reducir la exposición a los mercados fósiles y reforzar la autonomía energética, especialmente en sectores de difícil electrificación (transportes pesados, aviación, maquinaria agrícola).

La Unión Europea, en particular, ha identificado los biocarburantes sostenibles como parte de su estrategia de descarbonización y resiliencia energética en el marco del *Pacto Verde Europeo* y el paquete *Fit for 55*²⁵². En este sentido, los biocombustibles permiten disminuir la dependencia del gas y el petróleo rusos o de países políticamente inestables, al tiempo que promueven el desarrollo de cadenas de suministro internas y regionales (Comisión Europea, 2021).

No obstante, esta transición no se produce en el vacío. La creciente demanda de materias primas residuales —como el *used cooking oil* (UCO), grasas animales o bagazo de caña— ha desplazado las rutas comerciales tradicionales, creando nuevas geografías de dependencia. Por ejemplo, más del 60 % del UCO utilizado en Europa se importa desde China, Indonesia y Malasia (Transport & Environment, 2023), lo que no solo genera un riesgo de concentración geográfica, sino que ha facilitado operaciones fraudulentas basadas en declaraciones falsas de origen, mezclas adulteradas o duplicación de volúmenes certificados (*double counting fraud*).

Esta realidad revela una paradoja: mientras se busca reducir la dependencia de los combustibles fósiles, se configura una nueva forma de dependencia, basada en residuos líquidos cuya trazabilidad es extremadamente difícil de verificar. Las consecuencias económicas son significativas: por un lado, se alteran los flujos comerciales internacionales y se crea presión sobre los precios; por otro, se

²⁵² Comisión Europea. (2021). *Fit for 55: Delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality*. COM(2021) 550 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550>

incentiva la especulación y el fraude fiscal en los mercados de certificados (*tickets*) y cuotas obligatorias de energías renovables.

Además, desde un punto de vista social, esta dinámica puede afectar negativamente a los países proveedores. La demanda externa puede incentivar la informalidad laboral, la recolección insalubre de aceites usados y la competencia con usos locales tradicionales (como la producción de jabón o combustibles domésticos), generando tensiones en la economía informal y afectando la seguridad alimentaria (FAO, 2010).

7.2. GOBERNANZA MULTINIVEL Y ORGANISMOS INTERNACIONALES: ESTÁNDARES EN DISPUTA

En ausencia de un marco jurídico global vinculante sobre biocombustibles, la regulación de este sector se ha fragmentado en múltiples niveles: nacional, regional y transnacional. Diversos organismos multilaterales han intentado establecer marcos de referencia para promover una producción y comercialización sostenibles de biocombustibles, pero con eficacia limitada.

Entre los principales actores destacan:

FAO: que ha desarrollado marcos analíticos sobre la relación entre biocombustibles, seguridad alimentaria y uso de la tierra (*BEFS Framework*)²⁵³.

OCDE/IEA: que ha evaluado los impactos macroeconómicos y medioambientales de los biocombustibles en las cadenas globales de valor²⁵⁴.

IRENA: que impulsa políticas de despliegue de bioenergía avanzada como parte de la transición energética global²⁵⁵.

G20: que ha debatido las tensiones entre sostenibilidad y seguridad alimentaria desde la crisis alimentaria de 2008²⁵⁶.

No obstante, la ausencia de un ente supranacional con capacidad ejecutiva ha favorecido un entorno regulatorio fragmentado, donde los estándares de sostenibilidad pueden ser manipulados (*greenwashing normativo*) o reinterpretados según intereses estratégicos. Como muestra el caso de los esquemas voluntarios reconocidos por la UE (ISCC, RSB, Bonsucro), en la práctica existen importantes diferencias en cuanto a criterios de auditoría, validación documental y controles de

²⁵³ AO. (2010). *Bioenergy and Food Security: The BEFS Analytical Framework*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/e62f8a2e-faca-5a94-b217-2613f36d7c>

²⁵⁴ OCDE & Agencia Internacional de Energía (IEA). (2020). *Transport Biofuels – Tracking Report 2020*. París: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/transport-biofuels>

²⁵⁵ IRENA. (2023). *Renewable Energy Roadmap: Bioenergy 2023 Edition*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications>

²⁵⁶ G20. (2011). *Ministerial Meeting on Agriculture: Action Plan on Food Price Volatility and Agriculture*. París, junio 2011. <https://www.g20.org>

campo (Cap. VI.1 y VI.2). Esta asimetría mina la confianza en los sistemas de certificación globales y socava los principios de la gobernanza ambiental.

En este contexto, algunos estudios proponen avanzar hacia un tratado multilateral sobre biocombustibles sostenibles, con base en los principios del derecho ambiental internacional (precaución, no regresión, equidad intergeneracional), que permita armonizar criterios y fortalecer la cooperación tecnológica y financiera con los países del Sur global (De Schutter, 2011)²⁵⁷.

²⁵⁷ De Schutter, O. (2011). *The Right to Food and Access to Land: Lessons from the Biofuel Boom*. Informe al Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas, A/HRC/16/49.

7.3. ASIMETRÍAS REGULATORIAS Y CONFLICTOS NORTE-SUR: JUSTICIA ENERGÉTICA EN DISPUTA

Las desigualdades regulatorias entre países productores (a menudo del Sur Global) y países consumidores (principalmente de la UE y Norteamérica) constituyen uno de los principales retos en la gobernanza de los biocombustibles. Mientras los países desarrollados exigen elevados estándares de sostenibilidad y trazabilidad, muchos países exportadores carecen de capacidades institucionales, tecnológicas y jurídicas para verificar y hacer cumplir estos requisitos²⁵⁸.

Esta brecha regulatoria produce consecuencias múltiples:

Desigualdad comercial: productores pequeños y medianos quedan excluidos de los mercados internacionales por no poder asumir los costos de certificación o cumplir con los sistemas de balance de masa²⁵⁹.

Desplazamientos sociales: en zonas rurales de países productores, la expansión de monocultivos energéticos (como palma, soja o caña) ha generado procesos de acaparamiento de tierras (land grabbing), desplazamiento de comunidades indígenas y conflictos sobre derechos territoriales.²⁶⁰

Vulnerabilidad institucional: los países con escaso control aduanero o débil gobernanza ambiental son más propensos al uso de plantas ficticias, exportaciones fantasmas o triangulación fraudulenta de productos.²⁶¹

En algunos casos, estas prácticas han motivado investigaciones penales y sanciones administrativas en Europa, como lo demuestran las acciones emprendidas por Alemania y los Países Bajos contra redes de comercialización de

²⁵⁸ Bauen, A., Chum, H., Berndes, G., & Junginger, M. (2020). Bioenergy and sustainability: Status and research needs. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 9(1), e365. <https://doi.org/10.1002/wene.365>

²⁵⁹ Moser, C., & Kaltschmitt, M. (2016). Certification of biofuels in the European Union: Experiences and challenges. *Energy, Sustainability and Society*, 6(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13705-016-0097-9>

²⁶⁰ Corte Interamericana de Derechos Humanos. *Caso del Pueblo Saramaka vs. Surinam*. Sentencia de 28 de noviembre de 2007

²⁶¹ European Court of Auditors. (2021). *The certification system for sustainable biofuels: weaknesses in recognition and supervision*. Special Report No 18.

biodiésel fraudulento entre 2022 y 2024 (ResourceWise, 2025; Tribunal de Cuentas Europeo, 2021).

Por tanto, no se trata solo de fortalecer los controles técnicos, sino de repensar el marco de cooperación internacional para evitar que los costos de la transición verde recaigan desproporcionadamente sobre los países menos desarrollados. La noción de justicia energética²⁶² —que articula derechos sociales, sostenibilidad y participación democrática— debe guiar los esfuerzos de gobernanza global si se pretende que los biocombustibles contribuyan verdaderamente a una prosperidad sostenible.

La gobernanza global de los biocombustibles exige un enfoque sistémico e interdisciplinario. No basta con establecer estándares técnicos: es necesario comprender los vínculos profundos entre energía, comercio, justicia ambiental y desarrollo. Solo desde una gobernanza multinivel, transparente y cooperativa será posible articular un sistema energético realmente sostenible²⁶³, que promueva la resiliencia climática sin reproducir las lógicas extractivas e inequitativas del viejo modelo fósil.

²⁶² Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, 142, 435–444. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

²⁶³ Acuerdo de París, adoptado en París el 12 de diciembre de 2015

**VIII - BIOCOMBUSTIBLES Y
PROSPERIDAD SOSTENIBLE:
UN MARCO INTEGRADOR
DE REGULACIÓN,
GOBERNANZA E IMPACTO
SOCIAL**

VIII- BIOCOMBUSTIBLES Y PROSPERIDAD SOSTENIBLE: UN MARCO INTEGRADOR DE REGULACIÓN, GOBERNANZA E IMPACTO SOCIAL

La transición energética global ha redefinido las categorías tradicionales de desarrollo económico, justicia ambiental y gobernanza de los recursos naturales. En este escenario, los biocombustibles constituyen un elemento central y ambivalente: si bien representan una alternativa relevante para la descarbonización del transporte y la diversificación de la matriz energética, también plantean tensiones en materia de sostenibilidad, trazabilidad y equidad distributiva²⁶⁴.

Desde una perspectiva normativa, la Unión Europea ha impulsado un marco jurídico avanzado para regular su producción y comercialización, a través de la Directiva (UE) 2018/2001 (RED II) y su posterior revisión mediante la Directiva (UE) 2023/2413 (RED III). Dichas disposiciones establecen criterios estrictos de sostenibilidad y reducción de emisiones, con mecanismos de certificación que buscan garantizar la coherencia con los compromisos internacionales asumidos en el Acuerdo de París de 2015. Sin embargo, la aplicación desigual de estos estándares en países exportadores del Sur Global genera riesgos de exclusión y nuevas formas de asimetría regulatoria^{265 266}.

La categoría de prosperidad sostenible — concebida como un paradigma que integra desarrollo económico, inclusión social y responsabilidad ecológica — ofrece un marco analítico adecuado para abordar estas tensiones²⁶⁷. Bajo esta perspectiva,

²⁶⁴ Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2019). The role of biomass and bioenergy in a climate-neutral future. *Environmental Development*, 31, 100466. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.100466>

²⁶⁵ Moser, C., & Kaltschmitt, M. (2016). Certification of biofuels in the European Union: Experiences and challenges. *Energy, Sustainability and Society*, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13705-016-0097-9>

²⁶⁶ European Court of Auditors. (2021). *The certification system for sustainable biofuels: weaknesses in recognition and supervision*. Special Report No 18

²⁶⁷ Jackson, T. (2017). *Prosperity without growth: Foundations for the economy of tomorrow* (2^a ed.). Routledge

los biocombustibles no deben evaluarse únicamente como vectores energéticos, sino como instrumentos con capacidad de inducir transformaciones estructurales hacia modelos productivos más resilientes, democráticos y equitativos. Ello implica incorporar en la gobernanza de la bioenergía principios de justicia energética y de derechos humanos, reconocidos tanto por la jurisprudencia interamericana en materia de acceso equitativo a los recursos²⁶⁸, como por la doctrina que vincula transición energética y equidad intergeneracional²⁶⁹.

En este sentido, el presente capítulo propone un análisis panorámico e integrador que vincula biocombustibles y prosperidad sostenible, atendiendo tanto a sus oportunidades como a sus limitaciones. Se trata de situar los biocombustibles en el debate global sobre transición energética justa, explorando cómo las dinámicas normativas, sociales y ambientales pueden contribuir —o, en su defecto, obstaculizar— la construcción de un modelo energético capaz de responder a los desafíos climáticos sin reproducir las desigualdades y lógicas extractivas del pasado.

²⁶⁸ Corte Interamericana de Derechos Humanos. *Caso Comunidad Indígena Mayagna (Sumo) Awas Tingni vs. Nicaragua*. Sentencia de 31 de agosto de 2001

²⁶⁹ Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, 142, 435–444. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

8.1. BIOCOMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD INTEGRAL: HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

Desde una perspectiva normativa, los biocombustibles han sido promovidos por la Unión Europea como parte esencial del paquete legislativo de lucha contra el cambio climático, en particular a través de las Directivas RED I (2009/28/CE)²⁷⁰, RED II (2018/2001/UE)²⁷¹ y RED III (2023/2413/UE)²⁷². Estas directivas establecen objetivos vinculantes para el uso de energías renovables en el transporte, criterios de sostenibilidad, mecanismos de certificación y reglas para el cómputo de biocarburantes avanzados (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2009, 2018, 2023).

La evolución normativa evidencia una creciente sofisticación técnica y ambiental, como la incorporación de criterios sobre el cambio indirecto del uso del suelo (ILUC), la promoción de biocarburantes de segunda y tercera generación, y la inclusión de combustibles renovables no biológicos (RFNBOs) y combustibles de carbono reciclado (RCF). Sin embargo, la sostenibilidad no puede reducirse a una métrica ambiental. Como ha señalado la Agencia Internacional de Energía (2023), los biocombustibles deben evaluarse también en función de su impacto social, territorial y económico, en especial en regiones rurales o económicamente periféricas.

Ejemplos internacionales muestran distintas aproximaciones a la sostenibilidad. En Brasil, el programa de etanol a partir de caña de azúcar ha sido pionero en combinar eficiencia energética y desarrollo rural, aunque ha generado tensiones por expansión de monocultivos y presión sobre territorios indígenas²⁷³. En Estados Unidos, la Renewable Fuel Standard (RFS) incentiva biocarburantes avanzados y celulósicos, promoviendo innovación tecnológica, pero enfrenta

²⁷⁰ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2009). Directiva 2009/28/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea*.

²⁷¹ Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001. *Diario Oficial de la Unión Europea*.

²⁷² Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023). Directiva (UE) 2023/2413. *Diario Oficial de la Unión Europea*.

críticas por impactos socioambientales en comunidades rurales²⁷⁴. Estos casos evidencian que la sostenibilidad integral debe considerar dimensiones ambientales, económicas y sociales simultáneamente^{275 276}.

²⁷⁴ US EPA. (2023). *Renewable Fuel Standard (RFS) program: Annual report*. Washington, DC: Environmental Protection Agency

²⁷⁵ IEA. (2023). *Renewables 2023: Biofuels and sustainability*. París: International Energy Agency.

²⁷⁶ Moser, B., & Kaltschmitt, M. (2016). Environmental and social sustainability of biofuels: A global perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 745–755.

8.2. GOBERNANZA MULTINIVEL, CERTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD: ENTRE AMBICIÓN CLIMÁTICA Y RIESGOS DE FRAUDE

Uno de los principales desafíos del sector es garantizar la integridad del sistema mediante una gobernanza robusta y transparente. La complejidad del mercado europeo de biocombustibles, la alta fragmentación normativa entre Estados miembros y la debilidad de algunos esquemas de certificación voluntaria han favorecido prácticas como el carbonwashing, la doble contabilidad (double counting) fraudulenta o la manipulación del punto de origen (PO/POG)²⁷⁷.

Ante ello, la RED III ha reforzado los mecanismos de control mediante la Base de Datos de la Unión para Biocarburantes (UDB), que permite el seguimiento digital del flujo de biocarburantes en toda la cadena de valor (Comisión Europea, 2024)²⁷⁸. Además, los esquemas de certificación como ISCC, RSB o los sistemas nacionales homologados deben cumplir estrictos criterios de auditoría, verificación y trazabilidad bajo el principio de balance de masas (mass balance), conforme al Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996.²⁷⁹

Desde el plano jurisprudencial, pueden citarse casos como Case C-212/03 (Comisión vs Francia), donde el Tribunal de Justicia de la UE reafirmó la necesidad de garantizar la equivalencia entre mecanismos de certificación nacionales e instrumentos comunitarios para evitar barreras al comercio y garantizar la competencia leal²⁸⁰. A nivel global, iniciativas como Bonsucro y Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) muestran cómo los estándares internacionales pueden articular sostenibilidad ambiental, responsabilidad social y certificación transparente, aunque su eficacia depende de la capacidad local de cumplimiento y monitoreo.

²⁷⁷ Tribunal de Cuentas Europeo. (2021). Biocombustibles: producción sostenible limitada por criterios de sostenibilidad y certificación débil (Informe Especial n.º 18/2021). <https://www.eca.europa.eu>

²⁷⁸ Comisión Europea. (2024). *Base de Datos de la Unión para Biocarburantes (UDB)*. Dirección General de Energía. <https://energy.ec.europa.eu>

²⁷⁹ Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996.

²⁸⁰ TJUE. (2005). Case C-212/03, Comisión vs. Francia.

8.3. JUSTICIA TERRITORIAL Y TRANSICIÓN JUSTA: EQUIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DE BENEFICIOS

La integración de los biocombustibles en las políticas de transición energética no puede desligarse de una reflexión crítica sobre la distribución territorial de beneficios y cargas. En muchas regiones, especialmente del sur global, la expansión de monocultivos para bioenergía ha generado conflictos socioambientales, desplazamiento de comunidades y degradación ecológica²⁸¹. Por ello, resulta fundamental adoptar un enfoque de justicia energética que promueva la participación de pequeños productores, el acceso equitativo a tecnologías limpias y la inserción de los biocombustibles en marcos de economía circular y agroecología.

En el ámbito europeo, los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (NECP) deben incluir medidas específicas para asegurar una transición justa, en línea con el Reglamento (UE) 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía. Ejemplos como el programa español de HVO a partir de UCO en zonas rurales o la expansión del bioetanol cooperativo en Francia revelan modelos exitosos de articulación entre desarrollo local y sostenibilidad energética^{282 283}.

²⁸¹ Borrás, S. M., McMichael, P., & Scoones, I. (2016). *The politics of biofuels, land and agrarian change*. Routledge.

²⁸² IEA. (2023). *Renewables 2023: Biofuels and sustainability*. París: International Energy Agency.

²⁸³ IDAE. (2022). *Informe sobre bioenergía y biocarburantes en España*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

8.4 INTEGRACIÓN NORMATIVA Y COHERENCIA REGULATORIA: RETOS PARA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA EFICAZ

La construcción de un marco coherente de políticas energéticas y ambientales en la Unión Europea requiere una integración más profunda y articulada entre distintos instrumentos normativos, incluyendo la Directiva de Energías Renovables III (RED III), el Reglamento LULUCF (Reglamento UE 2018/841), la Directiva sobre fiscalidad energética (2003/96/CE) y los actos delegados en materia de cambios indirectos en el uso del suelo (ILUC) y combustibles avanzados, como los Delegated Acts DA 2022/996 y DA 2023/1064. Esta integración no solo es esencial para garantizar la consecución de los objetivos climáticos de la UE, sino también para asegurar un mercado energético interior competitivo y alineado con los principios de sostenibilidad y transición justa.

Uno de los desafíos más relevantes es la fragmentación normativa y la posible superposición de criterios, que puede obstaculizar la implementación efectiva de las políticas a nivel nacional. Por ejemplo, el mecanismo de doble cómputo (DC), diseñado para incentivar la producción de biocombustibles avanzados, se aplica de manera heterogénea: mientras ciertos Estados miembros lo implementan de forma amplia para acelerar la transición energética, otros lo restringen por prudencia regulatoria, generando distorsiones competitivas y riesgos de arbitraje regulatorio dentro del mercado interior²⁸⁴. Este fenómeno no solo afecta la seguridad jurídica, sino que también puede comprometer los objetivos de reducción de emisiones a nivel comunitario, reflejando la necesidad de una coordinación más estricta entre las autoridades nacionales y los organismos europeos encargados de la supervisión ambiental y energética.

Asimismo, la experiencia internacional ofrece lecciones relevantes para la UE. Países como Brasil y Estados Unidos, con marcos regulativos avanzados para biocombustibles, han demostrado que la coherencia normativa —combinando incentivos fiscales, estándares de sostenibilidad y mecanismos de trazabilidad— es un factor determinante para el éxito de la transición energética y la mitigación de

²⁸⁴ European Court of Auditors. (2021). *Sustainable biofuels in the EU: progress and remaining challenges*. Luxembourg: ECA.

impactos sociales y ambientales negativos^{285 286}. La integración normativa en este contexto debe considerar no solo la armonización técnica de criterios, sino también la compatibilidad con principios de justicia intergeneracional y equidad territorial, garantizando que las políticas energéticas contribuyan a un desarrollo sostenible y a la protección de derechos humanos relacionados con el acceso a la energía y la preservación ambiental ^{287 288}.

Por tanto, la superación de los retos de coherencia regulatoria exige no solo ajustes técnicos en los instrumentos normativos, sino también la adopción de una visión estratégica de gobernanza energética, capaz de vincular los objetivos climáticos europeos con los compromisos internacionales en materia de desarrollo sostenible y transición energética inclusiva. Solo a través de una integración normativa efectiva será posible reducir la fragmentación, optimizar la implementación de incentivos y garantizar que la política energética europea cumpla simultáneamente con los estándares de sostenibilidad, competitividad y justicia social.

²⁸⁵ FAO. (2020). *The role of biofuels in global energy transition*. Rome: Food and Agriculture Organization.

²⁸⁶ IEA. (2022). *World Energy Outlook 2022*. Paris: International Energy Agency

²⁸⁷ United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: UN.

²⁸⁸ OECD. (2021). *Environmental Performance Reviews: European Union 2021*. Paris: OECD Publishing.

8.5 HACIA UNA PROSPERIDAD SOSTENIBLE IMPULSADA POR LOS BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles, concebidos como instrumentos de prosperidad sostenible, representan una convergencia entre sostenibilidad ambiental, equidad social y resiliencia económica. Su potencial se materializa plenamente cuando se implementan marcos regulatorios coherentes, mecanismos de gobernanza robustos, sistemas de trazabilidad transparentes y mecanismos que aseguren una distribución justa de beneficios a lo largo de toda la cadena de valor. En la práctica, esto requiere no solo la aplicación efectiva de la RED III y los actos delegados en materia de combustibles avanzados y ILUC, sino también la articulación con políticas fiscales, de innovación tecnológica y de desarrollo rural, permitiendo que los biocombustibles contribuyan a la mitigación de emisiones sin generar impactos socioambientales negativos ²⁸⁹.

Lejos de constituir una solución aislada, los biocombustibles pueden formar parte de un nuevo contrato ecológico global, orientado hacia la sostenibilidad intergeneracional, la cohesión territorial y la justicia climática. Este enfoque implica fortalecer capacidades institucionales, mejorar la interoperabilidad regulatoria entre Estados miembros y entre regiones del mundo, y promover un diálogo permanente entre actores públicos, privados y comunitarios. En este sentido, la bioenergía debe integrarse dentro de un marco que respete y promueva los derechos humanos, garantice la equidad Norte-Sur y minimice los riesgos de despojo o impactos negativos sobre comunidades vulnerables^{290 291 292}.

Ejemplos internacionales muestran la relevancia de esta perspectiva multidimensional: en Brasil, la integración de políticas de sostenibilidad con incentivos fiscales para etanol de caña ha permitido simultáneamente impulsar la

²⁸⁹ European Commission. (2021). *Renewable Energy Progress Report 2021*. Brussels: EC.

²⁹⁰ Jackson, T. (2017). *Prosperity without Growth: Foundations for the Economy of Tomorrow*. London: Routledge.

²⁹¹ Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). *Global Energy Justice: Problems, Principles, and Practices*. Cambridge: Cambridge University Press.

²⁹² United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: UN.

economía rural y reducir emisiones; mientras que en la Unión Europea, los mecanismos de doble cómputo y certificación de biocombustibles avanzados buscan equilibrar la competitividad del mercado con criterios ambientales estrictos, aunque persisten desafíos en su implementación uniforme²⁹³ ²⁹⁴. Estas experiencias evidencian que la prosperidad sostenible mediante biocombustibles requiere un enfoque holístico, que combine innovación tecnológica, gobernanza participativa y compromiso con los principios de justicia social y ambiental a nivel global.

²⁹³ FAO. (2020). *The role of biofuels in global energy transition*. Rome: Food and Agriculture Organization.

²⁹⁴ European Court of Auditors. (2021). *Sustainable biofuels in the EU: progress and remaining challenges*. Luxembourg: ECA.

**IX - BIOCOMBUSTIBLES Y
DERECHOS HUMANOS: UN
ENFOQUE DESDE LA
JUSTICIA ENERGÉTICA**

IX- BIOCOMBUSTIBLES Y DERECHOS HUMANOS: UN ENFOQUE DESDE LA JUSTICIA ENERGÉTICA

El debate en torno a los biocombustibles trasciende las consideraciones técnicas y ambientales para adentrarse en el terreno de los derechos humanos y la justicia social. En efecto, la transición energética hacia una economía baja en carbono plantea interrogantes cruciales acerca de quién soporta los costos y quién se beneficia de los procesos de descarbonización. Desde esta perspectiva, los biocombustibles no solo constituyen vectores energéticos, sino que también configuran un espacio de tensión entre seguridad alimentaria, acceso equitativo a los recursos naturales y respeto a los derechos de las comunidades locales e indígenas. La doctrina de la justicia energética ha señalado que toda política de transición debe integrar principios de equidad intergeneracional, participación inclusiva y reconocimiento de los impactos sociales en contextos de alta vulnerabilidad.

En el plano normativo, tanto el derecho internacional de los derechos humanos como el derecho ambiental internacional ofrecen marcos de referencia para analizar estas tensiones. Documentos como el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1966) —que consagra el derecho a un nivel de vida adecuado, incluida la alimentación—, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (2007), y más recientemente la resolución de la Asamblea General de Naciones Unidas que reconoce el derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible (A/RES/76/300, 2022), constituyen hitos normativos que obligan a repensar los marcos regulatorios de la bioenergía. Asimismo, la jurisprudencia interamericana, en casos como *Saramaka vs. Surinam* (Corte IDH, 2007), ha subrayado la necesidad de garantizar la consulta previa y la protección de los territorios indígenas frente a proyectos extractivos y energéticos.

Por otra parte, la implementación de políticas de biocombustibles ha generado escenarios contrastantes entre el Norte y el Sur Global. Mientras en la Unión Europea y en Estados Unidos las regulaciones se centran en criterios de sostenibilidad ambiental y reducción de emisiones, en regiones como América

Latina, África y el Sudeste Asiático se han registrado conflictos asociados a acaparamiento de tierras, desplazamientos forzados y degradación de ecosistemas (Borras et al., 2016). Estas asimetrías revelan la urgencia de articular una gobernanza multinivel que vincule la transición energética con la justicia distributiva y los derechos humanos, superando los enfoques puramente tecnocráticos de sostenibilidad.

En consecuencia, este capítulo propone examinar la intersección entre biocombustibles y derechos humanos desde la óptica de la justicia energética, entendida como un paradigma normativo y ético que busca garantizar que los beneficios y cargas de la transición energética se distribuyan de manera justa, inclusiva y sostenible. Solo a partir de este enfoque integrador será posible evaluar en qué medida los biocombustibles contribuyen a un modelo energético verdaderamente democrático, resiliente y respetuoso de la dignidad humana.

9.1- FUNDAMENTOS DEL VÍNCULO ENTRE BIOENERGÍA Y DERECHOS HUMANOS

La bioenergía (particularmente los biocombustibles) se ubica en la intersección de las necesidades energéticas modernas y la protección de derechos humanos fundamentales. El acceso a la energía ha emergido como un componente esencial para el goce efectivo de numerosos derechos: desde la alimentación y el agua potable hasta la salud, la educación y una vivienda digna. En el siglo XXI, la electricidad y otros servicios energéticos dejaron de ser un lujo para convertirse en bienes de primera necesidad, dado que prácticamente todas las actividades cotidianas (refrigeración de alimentos y medicinas, climatización de viviendas, acceso a información, educación en línea, etc.) dependen de ellos. En este sentido, cada vez más voces abogan por reconocer el acceso a la energía como un derecho humano o al menos como condición previa para realizar otros derechos básicos. Aunque los tratados internacionales de derechos humanos no lo consagran explícitamente como derecho autónomo, sí contemplan obligaciones estatales relacionadas: por ejemplo, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) garantiza el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado (incluyendo alimentación, vestido y vivienda) y a la mejora continua de sus condiciones de existencia. Difícilmente puede asegurarse un nivel de vida adecuado sin energía para cocinar, iluminar o calentarse, por lo que el acceso universal a energía sostenible se ha incorporado en la agenda global (Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 7 de la ONU). En suma, el acceso a la energía es indispensable para materializar derechos ya reconocidos, y numerosos autores argumentan que debe tratarse como un derecho humano emergente ligado a la dignidad humana y al desarrollo.^{295 296}

Otra dimensión fundamental es la equidad intergeneracional, principio que vincula bioenergía y derechos humanos desde la perspectiva del desarrollo sostenible. Este principio sostiene que las generaciones presentes tienen la responsabilidad de satisfacer sus necesidades energéticas sin comprometer la

²⁹⁵ Rodríguez Garavito, C. (2019). Energía, derechos humanos y justicia ambiental: Un enfoque desde el sur global. *Revista de Derecho Público*, (32), 15-38.

²⁹⁶ Scheinin, M. (2021). The Human Right to Access to Energy. In *Human Rights and the Climate Crisis*. Cambridge University Press.

capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas²⁹⁷. La producción de bioenergía a gran escala plantea interrogantes sobre la sostenibilidad de los recursos (tierra, agua, bosques) y los impactos acumulativos a largo plazo, los cuales podrían menoscabar los derechos de quienes nazcan en décadas venideras. El reconocimiento de obligaciones hacia las generaciones futuras ha cobrado fuerza jurídica: instrumentos recientes sostienen que las conductas de la generación actual tienen profundas implicaciones para los derechos humanos de las personas que nacerán en el futuro, y que si no se reconocen obligaciones hacia las generaciones venideras, corremos el riesgo de que nazcan en circunstancias que les impidan disfrutar de una serie de derechos fundamentales, incluido el derecho a un medio ambiente limpio, sano y sostenible. Así, la equidad intergeneracional se vincula estrechamente con el derecho al desarrollo sostenible y exige una gestión responsable de los recursos bioenergéticos, evitando cargar a los jóvenes y niños de hoy –y a los no nacidos– con costos ambientales o sociales derivados de políticas miopes de corto plazo. Por ejemplo, la sobreexplotación de tierras para cultivos bioenergéticos que deteriore los suelos o provoque deforestación masiva, sería contraria a este principio al hipotecar el patrimonio ambiental de la posteridad.

Finalmente, el derecho a un medio ambiente saludable constituye el tercer pilar del vínculo entre bioenergía y derechos humanos. Por décadas fue una aspiración doctrinal debatida, pero hoy goza de creciente reconocimiento legal. En 2021, el Consejo de Derechos Humanos de la ONU²⁹⁸ reconoció el derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible, reconocimiento refrendado posteriormente por la Asamblea General de la ONU (Resolución 76/300 de 2022). Este derecho engloba la idea de que todas las personas, presentes y futuras, deben vivir en entornos ecológicamente equilibrados que permitan su bienestar y desarrollo. La bioenergía, si bien se promueve como alternativa “verde” a los combustibles fósiles, puede implicar graves impactos ambientales cuando su

²⁹⁷ Corte Internacional de Justicia. (2025, julio). Opinión consultativa histórica: los Estados tienen obligación jurídica de proteger el medio ambiente para generaciones presentes y futuras; el derecho a un medio ambiente saludable es un derecho humano. <https://time.com/7304900/icj-landmark-climate-opinion>

²⁹⁸ Asamblea General de la ONU (2021). *Resolución 48/13, Derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible*. Consejo de Derechos Humanos, 8 de octubre de 2021

producción no es sostenible: deforestación, contaminación de suelos y aguas por agroquímicos, destrucción de biodiversidad, emisiones por cambio de uso de suelo, entre otros. Tales efectos no solo amenazan ecosistemas, sino que vulneran derechos humanos conexos –derecho a la salud, a la alimentación, al agua, a la cultura de pueblos indígenas, e incluso el derecho a la vida cuando la degradación ambiental es severa–. La jurisprudencia internacional ha dejado claro que una degradación ambiental grave puede traducirse en violaciones de derechos humanos. Por ejemplo, el Tribunal Europeo de Derechos Humanos (TEDH) estableció desde el caso *López Ostra vs. España* (1994)²⁹⁹ que una contaminación industrial severa que afecte el entorno de las personas puede constituir una violación del derecho a la vida privada y familiar protegido por el Convenio Europeo. En otras palabras, aunque el Convenio Europeo no consagra explícitamente un derecho al medio ambiente, la Corte ha interpretado sus disposiciones (como el art. 8 sobre vida privada y domicilio) a la luz de la necesidad de un entorno sano. Esto muestra la convergencia entre justicia ambiental y derechos humanos: el goce de derechos básicos exige entornos saludables, y a su vez la protección ambiental robusta contribuye al pleno disfrute de los derechos por las comunidades.

En síntesis, el vínculo bioenergía-derechos humanos se asienta en tres fundamentos: la energía como soporte de condiciones de vida digna (y por tanto objeto de responsabilidad estatal para asegurar el acceso equitativo)³⁰⁰; la equidad intergeneracional, que obliga a integrar criterios de justicia a largo plazo en las políticas energéticas; y el derecho a un medio ambiente sano, que impone límites y estándares a las actividades energéticas, incluyendo los proyectos de biocombustibles, para prevenir impactos incompatibles con la dignidad humana. Estos fundamentos sirven de base para abordar el tema desde la perspectiva de la justicia energética, concepto analizado en la siguiente sección.

²⁹⁹ *López Ostra vs. España*, Sentencia TEDH de 9 de diciembre de 1994 (Serie A no. 303-C)

³⁰⁰ Tribunal Constitucional de Colombia, Sentencia T-614/09: Reiteración del derecho a la energía como componente del mínimo vital para comunidades vulnerables.

9.2. MARCO CONCEPTUAL DE LA JUSTICIA ENERGÉTICA: DISTRIBUCIÓN, RECONOCIMIENTO Y PARTICIPACIÓN

El concepto de justicia energética ha emergido en la última década como un enfoque integrador para evaluar la política y el derecho de la energía con criterios de equidad, derechos humanos y sustentabilidad. La idea se inspira en la tradición de la justicia ambiental (que desde los años 80 visibilizó la distribución desigual de cargas de contaminación en comunidades vulnerables) y la amplía al ámbito energético. Mientras el derecho de la energía clásico se ha centrado en principios como la seguridad de suministro, la eficiencia económica y la sostenibilidad ambiental, la justicia energética introduce explícitamente una dimensión moral: permite emitir un juicio ético sobre las normas y sistemas energéticos según si promueven o vulneran valores de justicia. En palabras de Íñigo del Guayo³⁰¹, la justicia energética “persigue la protección y fomento de los derechos humanos en el sector energético”, exigiendo un escrutinio de los sistemas energéticos nacionales e internacionales a la luz de problemas como la pobreza energética o los impactos ambientales acumulados. Diversos académicos (Sovacool, Heffron, McCauley, Dworkin, entre otros) han contribuido a sistematizar esta noción, identificando principios ejes que sirven para evaluar la justicia en las políticas energéticas.

En términos generales, se reconocen cuatro dimensiones principales de la justicia energética:

Justicia distributiva: se refiere a la distribución equitativa de las cargas y beneficios de las actividades energéticas. En el contexto de la bioenergía, esto implica preguntar: ¿Quiénes cosechan los beneficios económicos del auge de los biocombustibles (empresas, consumidores en países industrializados) y quiénes soportan las cargas (comunidades rurales cuyos territorios son usados para cultivos energéticos, trabajadores expuestos a condiciones precarias, contribuyentes que subsidian la industria, etc.)? La justicia distributiva procura corregir desequilibrios, de modo que ciertos grupos (p.ej. poblaciones empobrecidas o minorías étnicas) no queden sistemáticamente como “perdedores” del modelo energético. Un reto central bajo esta dimensión es la pobreza energética,

³⁰¹ Del Guayo, Í. (2020). *Concepto, contenidos y principios del derecho de la energía*. Revista de Administración Pública, 212, 309-346.

entendida como la falta de acceso asequible a servicios modernos de energía, que afecta a cientos de millones de personas en el mundo. Asegurar que la transición hacia biocombustibles no agrave la pobreza energética (por ejemplo, desviando tierras de cultivo de alimentos a combustibles y elevando precios de alimentos básicos, o encareciendo la matriz energética) es clave. En suma, la justicia distributiva exige evaluar qué tan repartidos están los beneficios (empleo, ingresos, energía obtenida) y las externalidades negativas (desplazamientos, contaminación, pérdidas de sustento) derivadas de los megaproyectos bioenergéticos.

Justicia procedimental (o participación): alude al derecho de individuos y comunidades a participar en los procesos de decisión sobre infraestructuras y políticas energéticas que les afectan. No basta con tener una distribución justa de resultados; es necesario que los procesos de planificación, evaluación y gestión energética sean inclusivos, transparentes y democráticos. En el contexto de los biocombustibles, esto supone, por ejemplo, garantizar consultas efectivas a las comunidades locales antes de implementar plantaciones a gran escala o plantas de bioetanol en sus territorios. Incluye el acceso público a información ambiental relevante y la posibilidad de impugnar decisiones mediante recursos legales (aspectos consagrados en instrumentos como el Convenio de Aarhus en Europa). La justicia procedimental va más allá de las formalidades legales de participación: postula un principio de aceptabilidad pública, es decir, que los proyectos energéticos deberían buscar el consentimiento o al menos la aquiescencia informada de las poblaciones locales. Esto conecta con estándares de derechos humanos específicos, como el derecho a la consulta previa, libre e informada de los pueblos indígenas antes de emprender proyectos que afecten sus tierras (consagrado en el Convenio 169 de la OIT y la Declaración de la ONU sobre Pueblos Indígenas). Desde la justicia energética, un megaproyecto bioenergético decidido e implementado sin la participación de las comunidades afectadas sería intrínsecamente injusto, aun si sus beneficios ambientales o económicos fueran significativos, ya que negaría a esas personas la agencia sobre su propio desarrollo y vulneraría su derecho a ser escuchadas.

Justicia de reconocimiento: esta dimensión enfatiza que las injusticias energéticas están entrelazadas con otras desigualdades sociales preexistentes (pobreza, discriminación étnica, de género, colonialismo, etc.). La justicia de

reconocimiento implica visibilizar y respetar las identidades, derechos y necesidades de grupos tradicionalmente marginados en la esfera energética. Por ejemplo, suele ocurrir que los proyectos de biocombustibles se implantan en áreas habitadas por comunidades indígenas, campesinas o afrodescendientes con escaso poder político; o que los trabajadores agrícolas del sector (cortadores de caña, jornaleros en plantaciones de palma) provienen de sectores empobrecidos. Estas injusticias no pueden separarse de factores como la raza, etnia, estatus socioeconómico, que hacen a ciertos grupos más vulnerables a las cargas e invisibles en la toma de decisiones. Reconocer significa, en este contexto, abordar activamente esas desigualdades estructurales: por ejemplo, otorgar especial atención y protección a los derechos de pueblos indígenas en políticas bioenergéticas, asegurar que las mujeres (a menudo excluidas) tengan voz en proyectos locales, o considerar la situación de pequeños agricultores frente a grandes empresas. Una política de bioenergía con justicia de reconocimiento buscaría empoderar a estos grupos y evitar perpetuar la “invisibilidad” o falta de voz que históricamente han sufrido en el desarrollo económico.

Justicia correctiva o restaurativa: aunque no estaba explicitada en el enunciado del usuario, muchos autores la incluyen como cuarta pieza de la justicia energética. Se refiere a garantizar remedios efectivos y cumplimiento equitativo de las normas cuando ocurren violaciones o daños. En el ámbito de los biocombustibles, esto implica que si un proyecto causa impactos socioambientales negativos (ej. acaparamiento de tierras, contaminación de agua, violación de derechos laborales), las víctimas deben tener acceso real a la justicia y a reparaciones adecuadas. La justicia restaurativa también conlleva la exigencia de que las leyes energéticas existentes se apliquen de forma justa –por ejemplo, que las regulaciones ambientales no sean letra muerta y se sancione a empresas de biocombustibles que contaminen–. Este componente conecta con el pilar de acceso a la justicia (tercer pilar de Aarhus) y con el derecho a un recurso efectivo consagrado en tratados de derechos humanos. En suma, asegura que la justicia no se quede en principios abstractos, sino que haya mecanismos concretos de rendición de cuentas y reparación del daño. Estos principios de la justicia energética proporcionan un

marco conceptual poderoso para analizar la bioenergía desde la óptica de derechos humanos³⁰². Aplicados al contexto de los biocombustibles:

Destacan la importancia de preguntar quién gana y quién pierde con la expansión de los biocombustibles (justicia distributiva). Por ejemplo, si las ganancias económicas se concentran en compañías multinacionales o élites locales, mientras comunidades rurales pierden acceso a la tierra o sufren aumentos en el precio de los alimentos, existe una inequidad que debe corregirse.

Exigen procesos participativos e inclusivos en la formulación de políticas y en la aprobación de proyectos bioenergéticos (justicia procedimental). Esto es congruente con estándares internacionales: en Europa, el Convenio de Aarhus garantiza al público derechos de información, participación y justicia en asuntos ambientales, y en América Latina el nuevo Acuerdo de Escazú (2018) hace lo propio. La justicia energética refuerza que la participación no sea meramente formal, sino sustantiva, incorporando también la visión de las generaciones jóvenes (por equidad intergeneracional) y de actores usualmente excluidos.

Obliga a reconocer y empoderar a grupos vulnerables en la cadena de valor de los biocombustibles (justicia de reconocimiento). Esto implica, por ejemplo, respetar plenamente los derechos territoriales de pueblos indígenas y comunidades locales en las zonas de cultivo de materias primas bioenergéticas, conforme al principio de consentimiento libre, previo e informado (CLPI) establecido en el derecho internacional. También demanda atender la perspectiva de género (pues las mujeres pueden verse afectadas de manera diferenciada en proyectos agrícolas) y otras interseccionalidades.

Finalmente, impulsa la creación de mecanismos de monitoreo y remedio efectivos (justicia correctiva). Un enfoque de justicia energética abogaría por evaluaciones de impacto en derechos humanos para proyectos bioenergéticos, por canales de queja accesibles para comunidades afectadas y por la responsabilidad legal de las empresas por abusos en cualquier punto de su cadena de suministro.

³⁰² Caney, S. (2008). Human rights, climate change, and discounting. *Environmental Politics*, 17(4), 536–555.

Esto se conecta, como veremos, con la necesidad de integrar los Principios Rectores de la ONU sobre empresas y derechos humanos en el sector (deber de remediar).

En resumen, la justicia energética proporciona un lente analítico integral que complementa la visión meramente técnico-económica de la sustentabilidad. Orienta la discusión hacia la justicia social y la ética en la transición hacia energías renovables, recordando que una energía “verde” no es verdaderamente sostenible si se basa en prácticas injustas o violatorias de derechos. Este marco conceptual será útil para examinar a continuación los impactos socioambientales concretos de los megaproyectos de biocombustibles en diversas regiones, y para evaluar críticamente la respuesta del ordenamiento jurídico internacional y europeo.

9.3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES DE LOS MEGAPROYECTOS DE BIOCOMBUSTIBLES: ESTUDIOS DE CASO EN AMÉRICA LATINA, ÁFRICA Y ASIA

La expansión acelerada de los biocombustibles en las últimas dos décadas ha estado acompañada de impactos socioambientales significativos, documentados en numerosos estudios de caso a nivel global. Si bien los biocombustibles se promovieron con la promesa de mitigación climática y desarrollo rural, en la práctica muchos megaproyectos han generado conflictos sobre la tierra, degradación ambiental y vulneración de derechos de comunidades locales. A continuación, se analizan ejemplos en América Latina, África y Asia, evidenciando patrones comunes y contextos específicos.

9.3.1 América Latina: entre el desarrollo agroindustrial y los conflictos territoriales

La región ha sido pionera en la producción de biocombustibles (notablemente Brasil con el etanol de caña de azúcar desde los años 70), y en años recientes países como Argentina, Colombia, México, Paraguay y algunos de América Central incursionaron en cultivos energéticos (caña, maíz, soja, palma africana, jatrofa). Estos desarrollos a gran escala han acarreado costos socioambientales considerables³⁰³. Por ejemplo, en Brasil la expansión de la soya (usada en biodiésel) y de la ganadería desplazada por esta ha contribuido a la deforestación del Amazonas y el Cerrado, afectando no solo el clima global sino los derechos de pueblos indígenas y comunidades tradicionales que habitan esos biomas. En países andinos y centroamericanos, plantaciones de caña de azúcar y palma aceitera han estado asociadas con acaparamiento de tierras y desplazamiento de campesinos. Un caso paradigmático se encuentra en Colombia: durante el auge de la palma africana para biodiésel en la década de 2000, extensas áreas en regiones como el Chocó biogeográfico fueron ocupadas por empresas de palmicultores. Investigaciones revelaron que dichas plantaciones se establecieron sobre territorios

³⁰³ García Fajardo, J. C. (2008). Biocombustibles, crimen contra la humanidad. *ALAI América Latina en Movimiento*.

colectivos afrocolombianos, en ocasiones tras el desplazamiento forzado de sus habitantes en el contexto del conflicto armado. Comunidades afrodescendientes que habían obtenido títulos sobre sus tierras (en virtud de la Ley 70 de 1993) enfrentaron invasiones y violaciones de derechos humanos, viéndose desposeídas de sus medios de subsistencia. Estudios denunciaron que estos cultivos agroindustriales ocuparon los territorios titulados, con la connivencia o presión de actores armados, vulnerando derechos étnicos. De igual forma, en la región del Urabá y Tumaco (Colombia) se documentó cómo la expansión palmera vino acompañada de violencia, amenazas y desplazamiento masivo de comunidades, configurando auténticos despojos territoriales para dar paso a monocultivos.

Además del problema de la tierra, los impactos ambientales en Latinoamérica han sido notorios: la conversión de bosques y humedales a campos de cultivo bioenergético ha reducido biodiversidad y alterado cuencas hídricas. En zonas de Argentina y Brasil, el boom de los biocombustibles intensificó el uso de agroquímicos (pesticidas, fertilizantes) que contaminan suelos y aguas, afectando la salud de poblaciones rurales (casos de intoxicaciones agudas y aumento de enfermedades asociadas al glifosato se han reportado en áreas sojeras). La quema de caña de azúcar (práctica común para facilitar la cosecha manual) deteriora la calidad del aire y causa afecciones respiratorias en trabajadores y comunidades aledañas. Todos estos perjuicios comprometen el derecho a un medio ambiente sano, a la salud y al agua de miles de personas. Por otro lado, está la cuestión de la seguridad alimentaria: dedicar tierras fértiles a cultivos energéticos para exportación puede reducir la producción de alimentos básicos locales. En México y Centroamérica, algunos analistas han vinculado la expansión de caña y palma con aumentos en precios de alimentos o menor disponibilidad de tierras para granos, incidiendo en el derecho a la alimentación. Cabe recordar la advertencia contundente del Relator especial de la ONU Jean Ziegler, quien calificó la producción masiva de biocombustibles de primera generación como “un crimen contra una gran parte de la humanidad” debido a su impacto en la crisis alimentaria global. En 2008, Ziegler señaló que la creciente demanda de agrocombustibles (por maíz, trigo, aceites vegetales) fue uno de los factores principales detrás del alza de precios que sumió en la pobreza a millones de

personas, e instó a una moratoria de su producción³⁰⁴. Esta “competencia entre comida y combustible” se sintió fuertemente en América Latina durante la crisis alimentaria de 2007-2008, cuando países como México vivieron protestas por el encarecimiento del maíz (la “crisis de la tortilla”) en parte atribuido a la demanda de maíz para etanol en EE.UU.

En resumen, los casos latinoamericanos muestran que los megaproyectos de biocombustibles pueden exacerbar conflictos agrarios históricos, desplazar comunidades vulnerables y tensionar la seguridad alimentaria, contraviniendo obligaciones estatales de respetar y proteger derechos humanos básicos. Si bien algunos gobiernos han intentado mitigar estos efectos (por ejemplo, Brasil implementó un Código Forestal revisado y programas como el Zona Franca Verde para equilibrar producción de biocombustibles con conservación), las críticas persisten sobre la falta de consulta real a comunidades y la impunidad frente a abusos en el sector agroindustrial.

9.3.2. África: acaparamiento de tierras y promesas incumplidas de desarrollo

En el África subsahariana, la fiebre de los biocombustibles se manifestó más tardíamente, pero con patrones similares de acaparamiento de tierras y expectativas incumplidas de desarrollo. Países como Mozambique, Tanzania, Etiopía, Ghana y Madagascar ofrecieron grandes extensiones de tierra a inversionistas extranjeros durante la década de 2000 para cultivos como jatrofa (*Jatropha curcas*, promocionada inicialmente como “cultivo milagro” para biodiésel en tierras marginales), caña de azúcar, palma africana e incluso pinus o eucalipto para bioenergía³⁰⁵. Muchos de estos emprendimientos terminaron en

³⁰⁴ Ziegler, J. (2008). Informe del Relator Especial sobre el derecho a la alimentación, Crisis mundial de los alimentos, A/HRC/7/5/Add.2

³⁰⁵ Gasparatos, A., von Maltitz, G., Ahmed, A., Brako Dompok, E., Jarzebski, M. P., Luhanga, (2023). *Jatropha* cultivation in Malawi and Mozambique: Impact on ecosystem services, local human well-being, and poverty alleviation. *Environmental Science & Policy*.

“land grabbing”: adquisiciones de terrenos comunales o agrícolas bajo concesiones a largo plazo, con poca transparencia y compensaciones insuficientes a poblaciones locales. Por ejemplo, en Mozambique se otorgaron más de 6 millones de hectáreas en concesiones agrícolas durante ese boom, gran parte para proyectos de biocombustibles y forestales. Comunidades rurales que tradicionalmente usaban esas tierras para su sustento (agricultura familiar, pastoreo, recolección) se vieron desplazadas o relocalizadas sin su consentimiento pleno, vulnerando su derecho consuetudinario a la tierra y a un nivel de vida adecuado. En Tanzania, el caso de la empresa británica Sun Biofuels es ilustrativo: obtuvo miles de hectáreas para plantar jatrofa prometiendo inversión y empleos; años después, el proyecto fracasó económicamente y la compañía quebró, dejando tras de sí a comunidades de la región de Kisarawe sin las tierras que habían cedido y con empleos temporales perdidos –un desenlace donde los aldeanos quedaron peor que al inicio, sin tierras y sin desarrollo–. Investigaciones de CIFOR y otras organizaciones señalaron patrones comunes en África: los contratos se firmaban a nivel central, sin información adecuada a las aldeas; las consultas locales fueron mínimas o inexistentes; y a menudo se inducía a las comunidades con promesas de escuelas, clínicas o puestos de trabajo que no se materializaron. En algunos casos, la llegada de inversionistas derivó en conflictos intracomunitarios (por la asignación de compensaciones o empleos) y en el debilitamiento de modos de vida tradicionales.

Ambientalmente, muchos proyectos en África implicaron transformar sabanas, bosques secos y praderas en monocultivos, con impactos en la biodiversidad y el ciclo del agua. Un ejemplo es Benín y Ghana, donde la expansión de plantaciones de palma y jatrofa generó preocupación por la pérdida de bosques sagrados y tierras de cultivo alimentario. Incluso países con bosques tropicales, como la República Democrática del Congo o Camerún, han visto intentos de establecer plantaciones de palma para biodiésel, con alertas sobre posibles deforestaciones comparables a las del sudeste asiático. En Etiopía y Kenia, el uso de agua para riego de caña de azúcar destinada a etanol ha sido objeto de controversia, ya que puede competir con el agua para consumo humano o para pequeños agricultores (afectando el derecho al agua).

En cuanto a derechos laborales, si bien África tiene menor desarrollo agroindustrial que Latinoamérica, allí también surgen problemas: trabajadores locales empleados en plantaciones de biocombustibles a menudo enfrentan salarios

muy bajos, falta de contratos estables y condiciones inseguras (exposición a pesticidas sin protección adecuada, largas jornadas bajo clima extremo), lo que vulnera los estándares de la OIT sobre trabajo decente. Ha habido denuncias de trabajo infantil y precario en plantaciones de palma aceitera de países como Sierra Leona y Liberia, donde empresas malayas e indonesias operan concesiones –lo cual enlaza el tema de bioenergía africana con las cadenas de suministro globales y la responsabilidad de las empresas matrices.

En síntesis, los casos africanos evidencian las asimetrías de poder globales: Estados con marcos legales débiles o corrupción facilitaron la entrada de corporaciones extranjeras que, en busca de materias primas “verdes”, terminaron reproduciendo formas de neocolonialismo agrario. Ello ha planteado serios cuestionamientos desde la óptica de derechos humanos: ¿Están los Estados africanos cumpliendo su deber de proteger a sus ciudadanos frente a abusos corporativos? ¿Qué responsabilidad les cabe a los Estados importadores (ej. países de la UE) por las violaciones de derechos vinculadas a la producción de biocombustibles que consumen? Estas preguntas alimentan el debate sobre obligaciones extraterritoriales que veremos más adelante.

9.3.3. Asia: deforestación masiva, violaciones de derechos y cadenas globales de suministro

La región de Asia-Pacífico, especialmente el Sudeste Asiático, es un actor clave en la producción de biocombustibles mundial, con dinámicas propias y también paralelos a los otros continentes. El ejemplo más prominente es Indonesia y Malasia, que juntos producen la mayor parte del aceite de palma del mundo. Aunque la palma se destina principalmente a la industria alimentaria, una fracción creciente se utiliza para biodiésel (impulsado por cuotas de mezcla obligatoria tanto en Indonesia como por la demanda de la UE hasta hace poco). Los impactos en esta región han sido catastróficos para el medio ambiente y preocupantes para los derechos humanos: millones de hectáreas de selva tropical y turberas han sido deforestadas o quemadas para dar paso a monocultivos de palma, liberando enormes cantidades de carbono (lo que irónicamente contrarresta los beneficios climáticos del biodiésel). La quema anual de turberas en Indonesia provoca nubes de humo tóxico que cruzan fronteras, afectando la salud (derecho a la salud) de

millones de personas en Indonesia, Malasia y Singapur. Además, comunidades indígenas dayak y orang asli en Borneo, Sumatra y la península malaya han visto sus territorios ancestrales tomados por empresas de palmicultores bajo concesiones gubernamentales, a menudo sin consulta adecuada ni compensación –lo que constituye violaciones de sus derechos a la tierra, a la cultura y al consentimiento libre previo e informado. Organizaciones de derechos humanos han documentado casos en Kalimantan y Papúa donde la policía o fuerzas de seguridad actuaron contra comunidades que protestaban la pérdida de sus bosques, generando denuncias de abusos y criminalización de defensores ambientales.

En India, Tailandia y otros países asiáticos, la producción de biocombustibles se ha enfocado más en pequeños agricultores (por ejemplo, la promoción del etanol a partir de caña en India, o del biodiésel a partir de aceites usados en China). Allí los impactos han sido menos dramáticos en cuanto a acaparamiento de tierras, pero existen otras consideraciones: en India, el redireccionamiento de caña de azúcar a etanol puede agravar la ya existente escasez de agua en regiones secas de Maharastra o Uttar Pradesh, o tensar el mercado del azúcar alimentario. En países del sudeste asiático continental como Camboya y Laos, inversionistas extranjeros (algunos europeos) adquirieron tierras para cultivos bioenergéticos (pongamia, jatrofa, caña) durante la década de 2000³⁰⁶; en Camboya, ciertas concesiones derivaron en desalojos forzosos de aldeas campesinas, replicando el patrón de violaciones de derechos a la tierra vistos en África.

Otro impacto transversal en Asia es la situación de los trabajadores migrantes empleados en las plantaciones (por ejemplo, en Malasia gran parte de la mano de obra de las plantaciones de palma proviene de Indonesia, Bangladesh o Nepal). Se han reportado situaciones de explotación laboral severa, confiscación de pasaportes, trabajo infantil e incluso indicios de trabajo forzoso en algunas plantaciones de palma en Malasia e Indonesia, lo que infringe convenios fundamentales de la OIT. Estas acusaciones han llevado a medidas como la prohibición de importación de aceite de palma de ciertas empresas por parte de

³⁰⁶ See, L., Giudice, R., & Johnson, O. (2020). Land Grabbing and Jatropha in India: An Analysis of 'Hyped' Discourse on the Subject. *Land*, 10(10), 1063.

EE.UU. bajo sus leyes de trabajo forzoso, y plantean la necesidad de mayor diligencia debida en las cadenas de suministro.

En conclusión, los estudios de caso en Asia confirman que los biocombustibles no están exentos de generar serias vulneraciones socioambientales. La destrucción de bosques tropicales para producir “energía verde” es uno de los mayores contrasentidos evidenciados por científicos, ya que libera carbono acumulado y erosiona la base natural de muchas comunidades. Al mismo tiempo, la marginación de comunidades indígenas y rurales en la toma de decisiones, y las pésimas condiciones de algunos trabajadores, chocan con los estándares internacionales de derechos humanos. Estos casos refuerzan el llamado a revisar críticamente las políticas bioenergéticas bajo una óptica de justicia: ¿a costa de qué y de quién se producen estos combustibles “sostenibles”?

Observaciones finales de la sección: los impactos descritos en Latinoamérica, África y Asia presentan un hilo común: los megaproyectos de biocombustibles tienden a reproducir patrones de injusticia social y ambiental preexistentes, a menos que medien fuertes salvaguardas de derechos humanos. El desplazamiento de comunidades y la conversión de ecosistemas valiosos sugieren que, en numerosos casos, la transición energética basada en biocombustibles ha externalizado sus costos sobre poblaciones vulnerables y la naturaleza, mientras los beneficios (energía renovable, ganancias económicas, cumplimiento de metas de mezcla) se concentran en otros actores. Esta realidad ha sido reconocida incluso por entidades internacionales: CIFOR concluyó en 2012, tras una serie de estudios comparativos, que las promesas económicas y climáticas de los biocombustibles eran a menudo elusivas, y que en muchos casos los supuestos beneficios locales no compensaban la pérdida de medios de vida de los pobladores desplazados. Organizaciones de la sociedad civil han alzado la voz; por ejemplo, ONG ecologistas europeas han instado a la UE a reformular su política de biocarburantes para evitar que su consumo agrave el cambio climático y produzca “mayores impactos socioambientales, como la destrucción de ecosistemas o la reducción global de alimentos”. La próxima sección examinará cómo el marco jurídico internacional y europeo aborda (o debería abordar) estos desafíos, es decir, qué instrumentos existen para asegurar que la bioenergía se desarrolle respetando los

derechos humanos, incluidas las posibles obligaciones extraterritoriales de los Estados consumidores.

9.4 MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL Y EUROPEO: DERECHOS HUMANOS APLICABLES Y OBLIGACIONES EXTRATERRITORIALES

La expansión de la bioenergía y sus externalidades socioambientales plantean interrogantes cruciales sobre la respuesta del derecho internacional y europeo de los derechos humanos frente a los conflictos descritos. En este contexto, resulta pertinente examinar hasta qué punto los Estados y las empresas están jurídicamente vinculados por normas internacionales y regionales que buscan proteger a las comunidades afectadas, garantizando estándares de sostenibilidad y respeto de derechos fundamentales.

En el plano universal, diversos tratados consagran derechos directamente impactados por la cadena de valor de la bioenergía. El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC, 1966) reconoce derechos esenciales como la alimentación, la vivienda adecuada, el agua y la salud, todos ellos potencialmente amenazados por procesos productivos intensivos, acaparamiento de tierras y contaminación ambiental derivados de megaproyectos de biomasa^{307 308}. Así, el derecho a la alimentación se ve comprometido por el encarecimiento de cultivos básicos destinados a biocombustibles; el derecho a la vivienda, por desalojos forzados asociados a la expansión de monocultivos; y el derecho a la salud, por emisiones contaminantes y deterioro de fuentes hídricas. Complementariamente, la Declaración Universal de Derechos Humanos (1948) constituye el marco fundacional de estos derechos, mientras que instrumentos especializados refuerzan la protección de colectivos vulnerables: la Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial (1965), el Convenio núm. 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales, y la Declaración de la ONU sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (2007) establecen el deber de consulta previa, libre e informada, así como la obligación de garantizar compensaciones justas ante proyectos que afecten sus territorios

³⁰⁷ Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. (1999). *Observación general No. 12: El derecho a una alimentación adecuada*. Naciones Unidas.

³⁰⁸ Knox, J. (2018). *Framework Principles on Human Rights and the Environment*. UN Doc A/HRC/37/59.

ancestrales^{309 310}. A ello se suman los convenios fundamentales de la OIT, que prohíben el trabajo forzoso e infantil, frecuentes en plantaciones de palma aceitera o caña de azúcar destinadas a biocombustibles³¹¹.

En el ámbito regional, la jurisprudencia ha consolidado la relación entre derechos humanos y sostenibilidad ambiental. La Corte Interamericana de Derechos Humanos, en su Opinión Consultiva OC-23/17, reconoció el derecho a un medio ambiente sano como derecho autónomo y justiciable, imponiendo a los Estados obligaciones de prevención y cooperación frente a daños ambientales transfronterizos (Corte IDH, 2017). En Europa, el Tribunal Europeo de Derechos Humanos (TEDH) ha interpretado el artículo 8 del Convenio Europeo de Derechos Humanos en clave ambiental, protegiendo a comunidades afectadas por contaminación industrial y riesgos para la salud³¹². De forma paralela, la Carta de Derechos Fundamentales de la UE (2009) y el Convenio de Aarhus (1998) garantizan acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia en asuntos ambientales, configurando un pilar de la gobernanza energética europea. El Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE), en sentencias como *Protect Natur* (C-664/15, 2017)³¹³, ha reforzado el derecho de ONG y ciudadanos a impugnar proyectos con impacto ambiental, incluyendo los vinculados a bioenergía.

Finalmente, la doctrina contemporánea ha desarrollado el concepto de obligaciones extraterritoriales (ETO), que amplía el alcance de la responsabilidad estatal más allá de sus fronteras. Los Principios de Maastricht sobre Obligaciones

³⁰⁹ Anaya, J. (2015). *Indigenous Peoples in International Law*. Oxford University Press.

³¹⁰ Barelli, M. (2012). Free, prior and informed consent in the aftermath of the UN Declaration on the Rights of Indigenous Peoples: Developments and challenges ahead. *International Journal of Human Rights*, 16(1), 1–24.

³¹¹ Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2017). *El trabajo decente en las cadenas mundiales de suministro*. Ginebra: OIT.

³¹² Tribunal Europeo de Derechos Humanos. (1994). *López Ostra c. España*, demanda núm. 16798/90; Tribunal Europeo de Derechos Humanos. (1998). *Guerra y otros c. Italia*, demanda núm. 14967/89; Tribunal Europeo de Derechos Humanos. (2004). *Taşkin y otros c. Turquía*, demanda núm. 46117/99.

³¹³ Tribunal de Justicia de la Unión Europea. (2017). *Protect Natur*, asunto C-664/15.

Extraterritoriales (2011) establecen que los Estados europeos deben abstenerse de impulsar políticas energéticas que deriven en violaciones de derechos humanos en terceros países, regular la conducta de sus empresas transnacionales y cooperar en la construcción de una transición energética justa³¹⁴. Esta visión se complementa con las iniciativas recientes de la Unión Europea en materia de debida diligencia obligatoria en derechos humanos y medio ambiente (Propuesta de Directiva 2022/0051 COD), que pretenden imponer obligaciones vinculantes a las empresas en toda la cadena de suministro, incluyendo el sector bioenergético.

En suma, el marco normativo internacional y europeo ya provee instrumentos robustos para vincular la producción de bioenergía con la protección de derechos humanos fundamentales. El desafío central no radica en la ausencia de normas, sino en la eficacia de su implementación: garantizar que los principios de sostenibilidad, justicia social y equidad intergeneracional se traduzcan en regulaciones concretas y en mecanismos de control efectivos frente a las dinámicas extractivas del sector.

³¹⁴ De Schutter, O., Eide, A., Khalfan, A., Orellana, M., Salomon, M., & Seiderman, I. (2012). *Principles on Extraterritorial Obligations of States in the Area of Economic, Social and Cultural Rights (Maastricht Principles)*. *Human Rights Quarterly*, 34(4), 1084–1169.

9.5 INCORPORACIÓN DE ESTÁNDARES DE DERECHOS HUMANOS EN LA REGULACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES: PRINCIPIOS RECTORES DE LA ONU, DIRECTIVAS RED II/III Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD SOCIAL

El debate sobre la sostenibilidad de los biocombustibles no puede limitarse a criterios ambientales y de eficiencia energética, sino que exige integrar de manera explícita los estándares internacionales de derechos humanos y justicia social. La expansión de estos combustibles, en efecto, ha mostrado tensiones crecientes con derechos fundamentales como la tierra, el agua, la alimentación o el trabajo digno, lo que obliga a repensar el marco regulatorio desde una perspectiva más amplia. En este contexto, los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos y las Directivas europeas RED II y RED III constituyen referentes normativos clave para analizar en qué medida la regulación vigente ha incorporado —o ha dejado de incorporar— criterios sociales vinculantes. El presente apartado examina, por tanto, la interacción entre dichos instrumentos y las políticas de sostenibilidad, evaluando las brechas existentes y las posibles vías de mejora hacia una gobernanza energética que sea ambientalmente eficaz y, al mismo tiempo, respetuosa con la dignidad humana.

9.5.1 Principios Rectores de la ONU sobre Empresas y Derechos Humanos en el sector de biocombustibles

Los Principios Rectores de la ONU sobre Empresas y Derechos Humanos (PRNU), adoptados por unanimidad en el Consejo de Derechos Humanos en 2011, constituyen el marco normativo internacional de referencia para abordar los impactos sociales de la actividad empresarial. Basados en el trípode “Proteger, Respetar y Remediar”, establecen obligaciones diferenciadas para Estados y empresas. El deber estatal de proteger implica prevenir, investigar, sancionar y reparar abusos cometidos por actores privados, incluidas las empresas del sector bioenergético, tanto en el plano doméstico como extraterritorial. Ello se traduce en la necesidad de marcos regulatorios claros, evaluaciones de impacto social y ambiental previas a megaproyectos, así como mecanismos eficaces de inspección y sanción. Por su parte, la responsabilidad empresarial de respetar los derechos humanos obliga a las compañías a implementar procesos de diligencia debida, identificando y mitigando riesgos de violaciones en sus operaciones y cadenas de

suministro. En la práctica, esto implica evaluar riesgos sobre la tenencia de tierras, el trabajo infantil o la contaminación ambiental antes de iniciar o expandir proyectos bioenergéticos, adoptando medidas correctivas cuando sea necesario. Finalmente, el pilar del acceso a remedio obliga a Estados y empresas a garantizar vías judiciales y extrajudiciales de reparación, incluyendo mecanismos de queja accesibles para comunidades afectadas. No obstante, la implementación en el sector de biocombustibles ha sido limitada: numerosos estudios y casos documentados (como las controversias sobre palma aceitera en Colombia o Indonesia) muestran que las empresas frecuentemente omiten evaluaciones de derechos humanos y que los Estados carecen de mecanismos de supervisión efectivos. Aunque se han registrado avances a través de certificaciones voluntarias (RSB, ISCC, NDPE) y Planes Nacionales de Acción en algunos Estados, la brecha entre discurso y práctica sigue siendo significativa, lo que evidencia la necesidad de un marco vinculante más robusto.

9.5.2 Directivas europeas RED II/III y criterios de sostenibilidad social

En el plano normativo europeo, la política de biocombustibles se articula principalmente en torno a la Directiva de Energías Renovables. La RED I (2009) estableció metas de incorporación de renovables en transporte y criterios ambientales de sostenibilidad, pero omitió incluir salvaguardas sociales. La RED II (2018/2001), en vigor para el periodo 2021-2030, ha ampliado los criterios de sostenibilidad a todos los usos de biomasa y limitó materias primas con alto riesgo de ILUC, aunque mantuvo un sesgo estrictamente ambiental (reducción de GEI, protección de biodiversidad, conservación de sumideros de carbono), sin incorporar derechos humanos ni criterios socioeconómicos vinculantes. La RED III (2023), parte del paquete *Fit for 55*, ha reforzado objetivos climáticos y trazabilidad, pero tampoco ha añadido requisitos sociales obligatorios, limitándose a referencias a sinergias con objetivos ESG. Esta omisión ha sido criticada por el Tribunal de

Cuentas Europeo³¹⁵ y por estudios académicos³¹⁶, que señalan la necesidad de integrar derechos sobre la tierra y seguridad alimentaria como criterios formales de sostenibilidad. Frente a esta laguna, la UE ha confiado en esquemas voluntarios de certificación y en regulaciones complementarias. Entre estas destacan el Reglamento (UE) 2023/1115 sobre productos libres de deforestación (EUDR)³¹⁷, que indirectamente exige respeto de derechos de comunidades locales al obligar a certificar el cumplimiento de leyes nacionales de origen, y la propuesta de Directiva sobre diligencia debida corporativa en sostenibilidad, que impondrá obligaciones de identificación y mitigación de impactos sobre derechos humanos en las cadenas globales de suministro. Estas iniciativas suponen un avance hacia la integración de estándares sociales en la gobernanza energética, pero no sustituyen la ausencia de criterios sociales vinculantes en las directivas RED. En consecuencia, el marco europeo aún concibe la sostenibilidad de los biocombustibles de manera predominantemente ambiental, relegando la dimensión social a instrumentos indirectos o voluntarios, lo que genera una asimetría frente a los compromisos internacionales de derechos humanos y justicia energética.

³¹⁵ Tribunal de Cuentas Europeo. (2023). *Informe Especial 23/2023: La sostenibilidad de los biocombustibles en la UE: ¿están las políticas actuales a la altura del reto climático?* https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR23_23/SR_Biofuels_ES.pdf

³¹⁶ Mai-Moulin, T. et al. (2021). Effective sustainability criteria for bioenergy: Towards implementation of RED II. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 138, 110645

³¹⁷ Comisión Europea. (2023). *Reglamento (UE) 2023/1115 de la Comisión, de 31 de mayo de 2023, relativo a la comercialización de productos libres de deforestación*. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1115>

X- CONCLUSIONES

X- CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido constatar que la regulación de los biocombustibles en el marco europeo constituye una herramienta ambivalente: por un lado, posee un gran potencial para avanzar hacia una transición energética justa y sostenible; por otro, si no se diseña ni se implementa con la debida rigurosidad, puede generar efectos adversos, tanto socioeconómicos como ambientales. A través del análisis sistemático de las directivas RED I, RED II y RED III, se ha evidenciado una evolución normativa que refleja una creciente sensibilidad hacia los principios de sostenibilidad, trazabilidad y equidad territorial, pero también una complejidad creciente que requiere mayor coordinación y capacidad técnica por parte de los Estados miembros.

En términos generales, puede afirmarse que la regulación de los biocarburantes ha logrado impulsar el desarrollo de nuevos sectores productivos, fomentar la innovación tecnológica y generar empleo en regiones rurales, especialmente mediante el aprovechamiento de residuos y subproductos. Asimismo, ha contribuido a reducir la dependencia energética del exterior y a diversificar la matriz energética europea. Estos efectos positivos se evidencian particularmente en el caso de los biocombustibles avanzados y de origen no alimentario, como los definidos en el Anexo IX de la Directiva RED II y su actualización en RED III.

No obstante, el estudio también ha puesto de relieve importantes limitaciones estructurales del marco normativo actual. En primer lugar, persisten incoherencias regulatorias y divergencias nacionales en la transposición de las directivas europeas, lo que genera desigualdades competitivas y riesgos de fragmentación del mercado interior. En segundo lugar, los sistemas de certificación voluntaria, aunque reconocidos oficialmente, han demostrado en múltiples ocasiones una falta de capacidad para prevenir el fraude, garantizar auditorías independientes y asegurar la veracidad de los datos registrados tal como recomendado por el Tribunal de Cuentas Europeo.

Desde una perspectiva ambiental, la eficacia climática de los biocombustibles sigue siendo objeto de debate. Mientras que los biocombustibles avanzados

muestran una reducción significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los fósiles, los de primera generación plantean preocupaciones legítimas en relación con el cambio indirecto en el uso del suelo (ILUC), la presión sobre ecosistemas vulnerables y el uso intensivo de recursos hídricos y fertilizantes. Además, la creciente demanda internacional de materias primas con fines energéticos ha exacerbado tensiones éticas y geopolíticas a nivel global.

A nivel institucional, se ha constatado que herramientas como la Union Database (UDB) y el sistema de balance de masa representan avances significativos en materia de trazabilidad y gobernanza digital. Sin embargo, su implementación desigual y la persistencia de vacíos en la supervisión —particularmente en terceros países— limitan su efectividad. A ello se suma la urgencia de modernizar los esquemas de auditoría, fortalecer las capacidades de las autoridades nacionales y garantizar el cumplimiento del principio de “no causar un perjuicio significativo” (DNSH), eje vertebrador de la taxonomía verde europea (Reglamento (UE) 2020/852).

Finalmente, los casos documentados de fraude, “carbonwashing” y manipulación del mercado de certificados muestran que el marco regulador europeo necesita ser no solo técnicamente sólido, sino también resiliente frente a las dinámicas delictivas transnacionales. La integración de tecnologías como blockchain, la armonización normativa y la cooperación interinstitucional a escala europea son elementos clave para restaurar la credibilidad del sistema y garantizar su legitimidad democrática.

En suma, la tesis concluye que el éxito de la regulación de los biocombustibles no puede medirse únicamente en términos de objetivos energéticos alcanzados, sino por su capacidad para conjugar de manera equilibrada los pilares del desarrollo sostenible: eficiencia ambiental, inclusión social y viabilidad económica. El desafío no reside tanto en ampliar la producción de biocombustibles como en gobernarla con visión de largo plazo, criterios de justicia global y herramientas eficaces de control. En este sentido, la regulación europea, aún con sus imperfecciones, ofrece una base valiosa sobre la que construir una transición energética más justa, transparente y sostenible.

10.1 RESUMEN DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS

A lo largo de esta tesis doctoral se ha examinado, desde una perspectiva integral, el impacto socioeconómico de la regulación de los biocombustibles, considerando tanto sus dimensiones ambientales y energéticas como sus implicaciones sociales, fiscales y geopolíticas. El estudio se ha apoyado en el análisis crítico del marco normativo europeo (RED I, RED II, RED III), en la evaluación comparada de su implementación nacional, y en la revisión empírica de casos relevantes relacionados con sostenibilidad, certificación y trazabilidad.

Primer hallazgo: la regulación europea ha sido un vector clave para impulsar la transición energética, pero su diseño y aplicación presentan asimetrías que comprometen su eficacia. El desarrollo progresivo de la normativa RED ha permitido introducir criterios cada vez más exigentes de sostenibilidad, diferenciando entre biocombustibles convencionales y avanzados, e incorporando herramientas digitales como la Union Database (UDB) para reforzar la trazabilidad. Sin embargo, su transposición nacional ha sido desigual, y en algunos casos, carente de mecanismos de control suficientemente robustos, tal como recordado más veces por la Comisión Europea. Este desfase entre el diseño supranacional y la ejecución local limita el cumplimiento efectivo de los objetivos climáticos.

Segundo hallazgo: la sostenibilidad de los biocombustibles no puede considerarse garantizada únicamente por su origen biológico o su certificación formal. Diversos escándalos relacionados con certificados fraudulentos han puesto en evidencia las debilidades sistémicas de los esquemas voluntarios, revelando lagunas en las auditorías, conflictos de interés y a menudo ausencia de inspecciones físicas. Este fenómeno ha favorecido prácticas de “greenwashing” y “carbonwashing”, socavando la credibilidad del sistema y provocando distorsiones en el mercado interior europeo.

Tercer hallazgo: el desarrollo de biocombustibles ha generado impactos económicos diferenciados, con beneficios en empleo rural, innovación y seguridad energética, pero también con efectos colaterales significativos. El impulso al sector ha dinamizado economías locales, favorecido la valorización de residuos y promovido la investigación en biotecnología. Sin embargo, también ha generado presión sobre recursos naturales, competencia por el uso del suelo y riesgos para la seguridad alimentaria en contextos donde las materias primas compiten con

cultivos alimentarios. Estos efectos subrayan la necesidad de una regulación que integre variables de justicia social y eficiencia ecológica.

Cuarto hallazgo: la gobernanza digital (UDB, mass balance, blockchain) representa una oportunidad decisiva, pero aún no consolidada. La introducción de la UDB ha supuesto un paso significativo hacia la trazabilidad obligatoria de biocombustibles en el mercado europeo. No obstante, su implementación ha sido parcial y enfrenta resistencias, especialmente por parte de operadores extracomunitarios. La interoperabilidad, la estandarización de datos y la integración con tecnologías emergentes como la blockchain son elementos esenciales para garantizar transparencia, prevenir fraudes y restaurar la confianza en los mercados de certificados.

Quinto hallazgo: el sistema actual requiere una reforma estructural orientada a la sostenibilidad integral y a la coherencia normativa. Más allá de los avances técnicos y regulatorios, la transición hacia una prosperidad verdaderamente sostenible exige una revisión crítica del modelo de certificación, el fortalecimiento institucional de las autoridades competentes, y la armonización jurídica entre Estados miembros. Es indispensable evitar que las lagunas normativas, los incentivos mal calibrados o la fragmentación política debiliten el papel estratégico que los biocombustibles pueden desempeñar en la transición energética justa, de acuerdo con el role que deben tener los biocombustibles en una transición justa.

En conclusión, esta tesis confirma que los biocombustibles no constituyen una solución universal, pero sí una herramienta útil dentro de una matriz energética diversificada. Su contribución a la sostenibilidad dependerá, en última instancia, de un marco normativo eficaz, una gobernanza transparente y una planificación energética que priorice la equidad intergeneracional y la resiliencia ecológica. Los desafíos identificados no deben disuadir su desarrollo, sino orientar políticas más integradas, coherentes y adaptadas a las complejidades del siglo XXI.

10.2 SUGERENCIAS PARA MEJORAR LAS POLÍTICAS EUROPEAS SOBRE BIOCOMBUSTIBLES

Con base en los hallazgos expuestos, esta tesis propone un conjunto de sugerencias orientadas a mejorar la eficacia, transparencia y sostenibilidad del marco normativo europeo sobre biocombustibles. Estas propuestas responden a una lógica de reforma estructural que pretende alinear los objetivos energéticos con principios de justicia social, eficiencia ambiental y equidad global.

a) Fortalecer la trazabilidad digital y la interoperabilidad de los sistemas de control dado que es urgente consolidar la implementación plena y obligatoria de la Union Database (UDB) en todos los Estados miembros, exigiendo su uso también para operadores extracomunitarios que exporten biocombustibles al mercado europeo. Además, se recomienda:

Integrar la UDB con tecnologías de registro inalterable como blockchain, siguiendo el ejemplo de proyectos piloto como el de RSB y Bioledger.

Establecer estándares comunes de datos y protocolos de auditoría digital entre sistemas voluntarios y autoridades nacionales.

Una trazabilidad robusta es indispensable para prevenir fraudes, evitar el doble cómputo de volúmenes y asegurar la autenticidad de los certificados de sostenibilidad.

b) Reformar en profundidad los esquemas de certificación voluntaria

La Comisión Europea debería revisar y actualizar los criterios de reconocimiento de esquemas como ISCC, RSB o Bonsucro, imponiendo obligaciones adicionales en zonas de alto riesgo y condiciones mínimas para la validez de auditorías realizadas fuera de la UE. Entre las medidas sugeridas se incluyen:

Auditorías sorpresivas y presenciales obligatorias en instalaciones situadas en terceros países.

Sanciones automáticas y anulación retroactiva de certificados ante la comprobación de fraude. Creación de una autoridad europea de supervisión de certificaciones sostenibles, dotada de competencias para intervenir ante irregularidades graves.

c) Revisar el sistema de incentivos para asegurar la neutralidad tecnológica y la equidad de acceso

Es necesario ajustar los incentivos económicos y fiscales para evitar distorsiones de mercado que favorezcan biocombustibles menos sostenibles o tecnologías aún no maduras. En este sentido: Se recomienda diferenciar los niveles de apoyo según el perfil ambiental del biocombustible, la trazabilidad de su cadena y el grado de innovación incorporado.

Introducir mecanismos de precios mínimos o de mercado garantizado para los biocarburantes avanzados (RFNBO, RCF), en coherencia con los objetivos de la RED III y los Reglamentos ReFuelEU y FuelEU Maritime.

Promover líneas de financiación pública (como Horizonte Europa, Fondo de Innovación y Next Generation EU) que prioricen proyectos con beneficios sociales añadidos, como empleo rural, bioeconomía circular o cooperación Norte-Sur.

d) Impulsar una armonización jurídica efectiva entre Estados miembros

La transposición fragmentaria de la RED III amenaza con generar distorsiones regulatorias dentro del mercado interior. Es imprescindible reforzar los mecanismos de armonización a través de:

Directrices interpretativas comunes para aplicar los artículos más ambiguos de RED III, especialmente los relativos a la clasificación de materias primas (Anexo IX) y al principio de no causar daño significativo (DNSH).

Creación de un mecanismo de seguimiento centralizado que evalúe periódicamente el grado de aplicación nacional y emita recomendaciones vinculantes, inspirado en el modelo de evaluación de cumplimiento del Reglamento sobre la Gobernanza de la Unión de la Energía (Reglamento UE 2018/1999).

Establecimiento de un procedimiento de infracción más ágil para sancionar demoras en la transposición o incumplimientos graves, particularmente en lo relativo a trazabilidad, ILUC y balance de masa.

e) Integrar las dimensiones éticas, sociales y geopolíticas de la sostenibilidad

La evaluación de los biocombustibles no debe limitarse a criterios técnicos de reducción de emisiones, sino incorporar dimensiones como:

El respeto a los derechos humanos y laborales en las cadenas de suministro;

El impacto en la soberanía alimentaria de los países exportadores de materias primas;

Los efectos distributivos de las políticas de apoyo a biocombustibles en relación con los consumidores vulnerables en Europa.

En esta línea, se propone aplicar de forma estricta el principio DNSH (Do No Significant Harm), previsto en la taxonomía verde de la UE, como condición de acceso a incentivos públicos, evaluando el ciclo de vida completo y las externalidades transfronterizas (Reglamento UE 2020/852; Comisión Europea, 2021).

Estas sugerencias pretenden contribuir al diseño de una política europea de biocombustibles más coherente, justa y transparente. Solo mediante un enfoque regulatorio integral, basado en evidencia empírica, sostenibilidad real y cooperación multinivel, será posible avanzar hacia una verdadera prosperidad sostenible en el sector.

XI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achten, W. M. J., Verchot, L., Franken, Y. J., Mathijs, E., Singh, V. P., Aerts, R., & Muys, B. (2008). *Jatropha bio diesel production and use*. *Biomass and Bioenergy*, 32(12), 1063–1084. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.03.003

Alizadeh, S., Rezazadeh, A. A., Avami, A., & Alizadeh, S. (2024). Review and meta-analysis of Energy Return on Investment and environmental indicators of biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 203, 114737. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114737>

Anderson, T., & Gupta, R. (2021). Enzyme engineering for improved biofuel production. *Biochemical Journal*, 34(2), 123–134.

Arianna Callegari, S., Bolognesi, S., Cecconet, D., & Capodaglio, A. G. (2019). Production technologies, current role, and future prospects of biofuels feedstocks: A state-of-the-art review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1629801>

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070–2093. doi: 10.1016/j.rser.2012.01.003

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2013). Non edible vegetable oils: A critical evaluation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 211–245. doi: 10.1016/j.rser.2012.10.013

Averill, J. (2020). Legal challenges to harmonizing renewable energy support in the EU: Between internal market rules and climate policy. *European Law Journal*, 26(5–6), 376–392.

Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Masera, O. (2015). The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change*, 5(3), 266–272. <https://doi.org/10.1038/nclimate2491>

Baka, J. (2014). What Wastelands? A critique of biofuel policy discourse in South India. *Geoforum*, 54, 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.004>

Balat, M. (2024). The fourth generation of biofuel: A systematic review on nearly two decades of research (2008–2019). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111038. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.111038>

Balkau, F. Life cycle methodologies for building circular economy in cities and regions. *Waste Manag. Res.*, 37 (2019), pp. 765-766

Benjamin Bernard Uzoejinwa, B., He, X., Wang, S., Abomohra, A. E.-F., Hu, Y., & Wang, Q. (2018). Co pyrolysis of biomass and waste plastics ... *Energy Conversion and Management*, 163, 468–492. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.02.008>

Boas, I., Biermann, F., & Kanie, N. (2016). *Cross-level interactions in global sustainability governance: lessons from the international biofuels debate*. *Global Environmental Politics*, 16(3), 1–20. https://doi.org/10.1162/GLEP_a_00360

Carlson, K. M., Curran, L. M., Ratnasari, D., Pittman, A. M., Soares Filho, B. S., Asner, G. P., Rodrigues, H. O. (2013). Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *PNAS*, 110(19), 7601–7606. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214786110>

- Cheng Tung, C. Sustainability of transport biofuels. *Advanced Transport Biofuels* 2024, <https://www.sciencedirect.com/book/9780443158797/advanced-transport-biofuels>
- Cherubini, F., & Strømman, A. H. (2011). Food and fuel production in the biorefinery concept: A review of the role of sustainability metrics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4456–4468. doi: 10.1016/j.rser.2011.07.044
- Chiaromonti, D., & Goumas, T. (2019). Impacts on industrial scale market deployment of advanced biofuels in EU transport sector: Policy and economic scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 416–426. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.026>
- Cavelius, P., Engelhart Straub, S., Mehlmer, N., Lercher, J., Awad, D., & Brück, T. (2023). The potential of biofuels from first to fourth generation. *PLOS Biology*. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002063>
- Datta, D., et al., Evolution, Challenges and Benefits of Biofuel Production and Its Potential Role in Meeting Global Energy Demands 2024, *Environmental Science and Engineering*, pp. 595-632
- Davis, A., & Patel, R. (2017). Economic and environmental impacts of biofuel production. *Energy Policy*, 102, 332–341.
- Davis, A., & Patel, R. (2017). Metabolic engineering of microorganisms for biofuel production. *Biotechnology Progress*, 33(4), 123–135.
- De Vooren, A. (2024). Corporate governance and conflicts of interest in voluntary sustainability schemes. *Journal of Environmental Law*, 36(2), 317–344.

Delzeit, R., Klepper, G., & Söder, M. (2020). Biofuels and the internal market: Frictions in certification and trade. *Energy Policy*, 138, 111253.

El-Araby, R. (2024). Biofuel production: Exploring renewable energy solutions for a greener future. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 17, 129.

Florini, A., & Sovacool, B. K. (2009). *Who governs energy? The challenges facing global energy governance*. *Energy Policy*, 37(12), 5239–5248. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.039>

Gray, N., et al., decarbonizing ships, planes and trucks: an analysis of suitable lowcarbon fuels for the maritime, aviation and haulage sectors, *Advances in Applied Energy*, 1 (2021), Article 100008

Horn, S., Vaaje Kolstad, G., Westereng, B., & Eijsink, V. G. (2012). Novel enzyme paradigms for biomass conversion in biofuel production. *Biotechnology and Bioengineering*, 109(6), 1437–1450.

Jäger, C. M., & Pfeiffer, S. (2019). Biofuels for the future: Sustainability and economic impact. *Environmental Economics and Policy Studies*, 21, 305–324. <https://doi.org/10.1007/s10018-019-00279-3>

Jeswani, H. K., Chilvers, A., & Azapagic, A. (2020). Environmental sustainability of biofuels: A review. *Proceedings of the Royal Society A*, 476, 20200351. <https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351>

Johnson, P., & Wang, Y. (2019). Economic analysis of biofuels production. *Energy Economics*, 88, 432–444.

Johnson, P., & Wang, Y. (2019). Second generation biofuels: Innovations and challenges. *BioEnergy Research*, 12(1), 45–56.

Johnston, H., Scarlat, N., Dallemand, J. F., Monforti Ferrario, F., & Giuntoli, J. (2020). Renewable energy policies in a time of transition: Lessons from the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109552. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109552>

Karakul, M., & Wang, T. (2020). Sustainability of biofuels: Evaluating the environmental, economic, and social dimensions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100576>

Karmakar, A., Karmakar, S., & Mukherjee, S. (2010). Properties of various plant and animal feedstocks for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 101(19), 7201–7210. doi: 10.1016/j.biortech.2010.04.079

Köhler, J. (2021). Governing biofuels in the European Union: An institutional perspective. *Energy Policy*, 151, 112135. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112135>

Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., & Stroeve, P. (2009). Strategies for deconstructing lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100(1), 10–18.

Lappe, M., & Pimentel, D. (2020). The global biofuels debate: Environmental and economic impacts. *Nature Sustainability*, 3, 538–547. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0520-3>

Lewis, D., & Williams, K. (2015). Environmental impact assessment of biofuel production: A comprehensive review. *Environmental Impact Assessment Review*, 52, 123–135.

Levidow, L., Kandlikar, M., Birch, K., & Papaioannou, T. (2013). Synthetic biology and the governance of biofuels: The United Kingdom's policy discourse. *Science*,

Technology, & Human Values, 38(5), 668–694.
<https://doi.org/10.1177/0162243912469396>

Londo, M., van Stralen, J., & Hoefnagels, R. (2022). Advanced biofuels in EU transport policy: Past, present and future. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16(3), 713–729. <https://doi.org/10.1002/bbb.229>

Londo, M., van Stralen, J., & van der Welle, M. (2018). The indirect effects of biofuel sustainability criteria on EU agriculture. *Biomass and Bioenergy*, 114, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.01.013>

Martinez, H., & Taylor, P. (2019). High yield algal biofuels: Production and potential. *Algal Research*, 12(1), 45–56.

Mattioda, R., et al, Chapter 9—social life cycle assessment of biofuel production 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128155813000099>

Mendez Rocasolano, M. & Marin Gonzalez A. (2018). Perfiles axiológicos sobre la naturaleza normativa a propósito de la eficacia y eficiencia en materias fundamentales para la supervivencia. El caso de las normas voluntarias de gestión ambiental. *Revista de Direito Brasileira* 19(8), 70-83
<https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2358-1352/2018.v19i8.3954>

Mir-Artigues, P., & del Río, P. (2016). *Economics and policy of solar photovoltaic electricity in Spain*. Springer.

O'Connor, D., & Stevens, J. (2015). Genetic engineering in biofuel production. *Biotech Advances*, 33(5), 900–910.

Panoutsou, C., Germer, S., Karka, P., Papadokostantakis, S., & Chiaramonti, D. (2021). Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policy implications. *Energy Strategy Reviews*, 34, 100636. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100636>

Pasqualetti, M. J., Gipe, P., & Righter, R. W. (Eds.). (2002). *Wind Power in View: Energy Landscapes in a Crowded World*. San Diego: Academic Press.

Patel, R., & Kumar, S. (2012). Advances in algal biofuel production. *Algal Research*, 5(1), 45–56.

Patel, R., & Kumar, S. (2012). Recent advances in thermochemical conversion of biomass. *Energy & Fuels*, 26(4), 2345–2355.

Paz Pérez, E. et al. (2025). Estudio comparativo entre la quema directa de diésel y alcohol etílico hidratado. Facultad de Ingeniería, UNESP. Documenta que el etanol reduce PM y NO_x respecto al diésel

Pimentel, D., & Patzek, T. W. (2005). Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, 14(1), 65–76.

Raza, W., Tröster, B., & van Arnim, R. (2020). Biofuels and the global governance of food and land. *Ecological Economics*, 179, 106826. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106826>

Rocasolano, M., Berlanga Manuel, Piedras angulares del derecho ambiental, el ecocidio y el derecho fundamental al medio ambiente para el desarrollo de la persona. *Revista Opinião Jurídica* 20 (35), 83-109 (ultimo acceso 24.01.2025)

Roy, P., & Dias, G. (2017). Prospects for pyrolysis technologies in the bioenergy sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 59–69.

Sánchez, Ó., & Escobar, N. (2020). Sustainability assessment of biofuels in the European Union: A critical review of current practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109935. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109935>

Scarlat, N., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Banja, M. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*, 15, 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>

Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Monforti-Ferrario, F. (2022). Policy perspectives on advanced biofuels: Pathways for sustainability and competitiveness in the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, 111987.

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., & Yu, T. H. (2008). Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*, 319(5867), 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>

Sotomayor, R. (2009). *Estudio exploratorio de producción de bioetanol y balance de CO₂*. Tesis, Universidad de Chile. Se confirma el balance neutro de CO₂ del bioetanol frente a los combustibles fósiles https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103937/sotomayor_ra.pdf

Wijffels, R. H., & Barbosa, M. J. (2010). Biofuel production from microalgae. *BioScience*, 60(3), 215–224.

Wu, F., & Pfenninger, S. (2022). Challenges and opportunities for bioenergy in Europe: National deployment, policy support, and possible future roles.

Zhang, X., Lei, H., Chen, S., & Wu, J. (2016). Catalytic co pyrolysis of lignocellulosic biomass with polymers: A critical review. *Green Chemistry*, 18(15), 4145–4169.

Zhang, Y., & Xu, Y. (2019). Global biofuels market: Trends, drivers, and future outlook. *Energy Policy*, 134, 110970. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110970>

Zhiwei Wang, Burra, K. G., Lei, T., & Gupta, A. K. (2021). Co pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals – A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 84, 100899. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2020.1008999>.

11.1. FUENTES JURÍDICAS

Comisión Europea. (2009). Directive 2009/30/EC amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions. Diario Oficial de la Unión Europea, L 140, 88-110.

Comisión Europea. (2009). Renewable Energy Directive 2009/28/EC. Diario Oficial de la Unión Europea, L 140/16.

Comisión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo ... RED II. DOUE, L 328, 82–209.

Comisión Europea. (2022). Reglamento (UE) 2022/996 sobre certificación de sostenibilidad y trazabilidad de biocarburantes. Diario Oficial de la Unión Europea, L 168.

Comisión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de octubre de 2023 relativo al uso de combustibles sostenibles en la aviación (ReFuelEU Aviation). DOUE, L 2405, 2023/2405. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32023R2405>

Comisión Europea. (2023a). Renewable Energy Directive (EU) 2023/2413. Diario Oficial de la Unión Europea, L 289/1.

Comisión Europea. (2024). Base de Datos de la Unión para Biocombustibles (UDB). Dirección General de Energía. <https://energy.ec.europa.eu>

European Commission. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II).

European Commission. (2023). Directive (EU) 2023/2413 (RED III).

European Union. (2018). Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II).

European Union. (2021). Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality (European Climate Law).

European Union. (2023). Directive (EU) 2023/2413 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED III).

Ley 26.093 (Argentina). Régimen de Regulación de Biocombustibles. Establece reducciones de CO₂ en el uso de biocombustibles

Naciones Unidas. (2021). *Resolución A/HRC/RES/46/7 del Consejo de Derechos Humanos: Promoción y protección de todos los derechos humanos, incluyendo el derecho al desarrollo, reconociendo el derecho a un medio ambiente saludable e intergeneracionalidad.*

Naciones Unidas. (2022). *Resolución A/RES/76/300 de la Asamblea General: El derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible.* Asamblea General, 76.^a sesión.

Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2020, relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles (Reglamento sobre la Taxonomía).

11.2 JURISPRUDENCIA

Audiencia Nacional. (2021, SAN 1151/2021).

Consiglio di Stato. (2020). Sent. n. 6628/2020.

Corte Costituzionale Italia. (2013). Sentenza n. 93/2013.

STC 13/2019 (Spagna).

Tribunal de Cuentas Europeo. (2021). Biocombustibles: producción sostenible limitada ... Informe Especial n.º 18/2021.

Tribunal de Justicia de la Unión Europea:

(2001). C-379/98, PreussenElektra AG v. Schleswag AG, ECLI:EU:C:2001:160.

(2011, 15 sept.). Ville de Lyon, C-524/10, EU:C:2011:589.

(2013). C-26/11, Belgische Petroleum Unie, ECLI:EU:C:2013:135.

(2014). C-195/12, Industrie du bois de Vielsalm & Cie (IBV), ECLI:EU:C:2014:206.

(2014, 1 lug.). Essent Belgium NV, C-204/12, EU:C:2014:2192.

(2017). Sent. C-5/16, Polska Spółka Gazownictwa, ECLI:EU:C:2017:633.

(2022). C-682/20, PreussenElektra AG, ECLI:EU:C:2022:601.

(2014). C-573/12, Ålands Vindkraft AB v Energimyndigheten, EU:C:2014:2037.

Tribunal General de la Unión Europea. (2022, 9 nov.). T-279/20, Malaysia v. Comisión Europea, ECLI:EU:T:2022:660.

Tribunal Europeo de Derechos Humanos. *López Ostra vs. España*, Apelación No. 16798/90, Sentencia del 9 de diciembre de 1994. Reconocimiento de que la contaminación puede vulnerar el derecho a la vida privada y familiar (art. 8 ECHR)

Corte Internacional de Justicia. (2025, julio). *Opinion consultative histórica: los Estados tienen obligación jurídica de proteger el medio ambiente para generaciones presentes y futuras; el derecho a un medio ambiente saludable es un derecho humano*. Opinión unánime.

11.3 PAGINAS WEB DE INTERES

Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). (2023). Air Quality in Europe – 2023 Report. <https://www.eea.europa.eu>

Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). (2021). Renewable Energy Policies for Transport: Biofuels and Electric Vehicles. Abu Dhabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications>

Amnesty International. (2016). The great palm oil scandal: Labour abuses behind big brand names. <https://www.amnesty.org/en/documents/asa21/5184/2016/en/>

Argus Media. (2025). Germany doubts suspended HVO producer exists. <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2685337-germany-doubts-suspended-hvo-producer-exists>

Bioethanolshop (2021). Huella de carbono del bioetanol. Resalta menores emisiones nocivas que combustibles convencionales <https://www.bioethanolshop.nl/es/cual-es-la-huella-de-carbono-del-bioetanol/>

Bonsucro. (2023, 3 marzo). Statement on the Swiss media article <https://bonsucro.com/update-regarding-swiss-media-article-3-march-2025/>

EC (European Commission). (2020). Communication from the Commission: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (COM (2020) 301 final). <https://research-and-innovation.ec.europa.eu>

EC (European Commission). (2022). EU Energy in Figures: Statistical Pocketbook 2022. <https://energy.ec.europa.eu>

ECA (European Court of Auditors). (2022). Renewable energy for transport – limited impact of EU support on decarbonization. <https://www.eca.europa.eu>

ECCOClimate. (2023). Biocarburanti: impatti e rischi per una strategia allineata a 1,5 °C. Roma: ECCO Think Tank. <https://eccoclimate.org/it/biocarburanti-impatti-e-rischi-per-una-strategia-allineata-a-15c-2/>

EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente). (2021). Trends and Projections in Europe 2021: Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets. <https://www.eea.europa.eu>

Global Forest Watch. (2021). Indonesia Forest Data and Loss Trends. <https://www.globalforestwatch.org>

International Energy Agency (IEA). (2021). Renewables 2021: Analysis and Forecast to 2026. <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>

International Energy Agency (IEA). (2022). Advanced Biofuels – Analysis and Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/advanced-biofuels>

International Energy Agency (IEA). (2024). CO₂ Emissions in 2023: Executive Summary. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>

International Energy Agency (IEA). (2025). Global Energy Review 2025 – CO₂ Emissions Analysis. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions>

International Sustainability & Carbon Certification (ISCC). (2025). Update on ISCC EU certifications for waste- and residue-based biofuels. <https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2025/06/Update-on-ISCC-EU-Certifications-for-Waste-and-Residue-Based-Biofuels-%E2%80%93-Dr.-Norbert-Schmitz-Managing-Director-ISCC-System-Germany.pdf>

ISCC System. (2025, 26 may). Updates on the development of the UDB. ISCC Markets. <https://www.iscc-system.org/markets/union-database-udb/>

Plataforma para los Combustibles Renovables (2024). Informe sobre combustibles renovables y ciclo de carbono. NTT DATA. Detalla cómo se absorbe el CO₂ por fotosíntesis y se reutiliza en el ciclo del bioetanol https://plataformacomcombustiblesrenovables.es/wp-content/uploads/2024/06/20240424_NTTDATA_Informe-Combustibles-Renovables.pdf

Precedence Research. (2024). Europe Biofuels Market Size and Forecast 2023 to 2032. <https://www.precedenceresearch.com>

Repsol. (2023). *¿Qué es el bioetanol y para qué sirve?* Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/bioetanol/index.cshtml>

Reuters. (2024, 31 may). France, Germany urge tougher EU checks on biofuel imports in fraud probe. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/france-germany-urge-tougher-eu-checks-biofuel-imports-fraud-probe-2024-05-31/>

ResourceWise. (2025, marzo). Biofuels fraud is happening right now. Can we stop it? <https://www.resourcewise.com/blog/biofuels-fraud-is-happening-right-now.-can-we-stop-it>

The Maritime Executive. (2025, marzo). EU scrutinizes fraud in certification of biofuels. <https://maritime-executive.com/article/eu-scrutinizes-fraud-in-certification-of-biofuels>

Transport & Environment. (2022). The role of biofuels in Europe's transport decarbonization. <https://www.transportenvironment.org/discover/role-biofuels-europe-transport-decarbonisation/>

Transport & Environment. (2025, 9 April). 'Renewable diesel' sold by oil majors most likely contains fraudulent palm oil. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504_POME_fraud_Report.pdf

