

BIOETANOL

DE COMBUSTIBLE RENOVABLE A ACTIVO ESTRATÉGICO PARA LA
DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE GLOBAL

Mg. Sabine Papendieck

Socia Gerente Estrateco, Coordinadora del Grupo de Expertos CPBIO, Coordinado del PACN.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA: DEMANDA CRECIENTE – SOLUCIONES ESCALABLES



PARIS2015
COP21-CMP11

Desde el **Acuerdo de París**, los países asumieron el compromiso de transformar sus economías para reducir progresivamente las emisiones de gases de efecto invernadero y alcanzar la **neutralidad climática** hacia mediados de siglo.



El transporte representa aproximadamente **el 15%** de las **emisiones globales de GEI**.

Según el Global Energy Review 2026 de la IEA en 2025:



La demanda energética mundial aumentó **1,3%** – equivalente a aproximadamente **8 EJ** adicionales. Eso implica una demanda global del orden de **~620 EJ/año**.



La demanda de petróleo siguió creciendo, aproximadamente **0,65 millones de barriles/día**.



El **gas natural** también aumentó.



El **carbón** siguió creciendo, aunque mucho más lentamente.



Las fuentes de bajas emisiones aportaron casi **60%** del crecimiento adicional de la demanda energética.



EL MERCADO YA NO COMPRA SOLAMENTE ENERGÍA. COMPRA TAMBIÉN:



REDUCCIÓN DE GEI

Menor intensidad de carbono para contribuir a los objetivos climáticos.



CUMPLIMIENTO DE OBLIGACIONES REGULATORIAS

Alineación con normas y políticas existentes y futuras.



TRAZABILIDAD

Transparencia y seguimiento a lo largo de toda la cadena de suministro.



SOSTENIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS

Origen responsable y competitivo de las materias primas.



CAPACIDAD DE DEMOSTRAR DESEMPEÑO AMBIENTAL

Medición, verificación y comunicación del desempeño ambiental.



LOS BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS SON UNA SOLUCIÓN REAL, DISPONIBLE Y ESCALABLE para reducir emisiones hoy y acompañar la transición energética.



¿POR QUÉ EL BIOETANOL TIENE UN ATRIBUTO DIFERENCIAL?



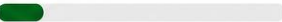
*“Cuánto carbono evita ese litro del biocombustible frente al combustible fósil, demostrado con **datos propios y alineados a estándar verificado por tercero independiente.**”*

EL CAMBIO DE PARADIGMA: DE RENOVABLE A BAJO CARBONO

PRODUCTO	ATRIBUTO
Gasolina fósil	Energía
Bioetanol	Energía + renovabilidad <i>Un combustible renovable es aquel cuya materia prima se repone mediante procesos naturales o productivos, de modo que su utilización no depende de un recurso fósil agotable.</i>
Bioetanol sostenible	Energía + renovabilidad + sostenibilidad <i>La producción y utilización cumplen criterios ambientales, sociales y económicos determinados</i>
Bioetanol bajo en carbono	Energía + renovabilidad + reducción cuantificada de GEI
Bioetanol premium	Bajo en carbono + trazabilidad + certificación

*La unidad de valor deja de ser solamente el litro,
también es **el gramo de CO₂e evitado.***

¿QUÉ EMISIONES DETERMINAN SU VALOR AMBIENTAL?

 MUESTRA	 INTENSIDAD DE EMISIONES (CI) g CO ₂ e/MJ	 NIVEL RELATIVO	 POTENCIAL DE DIFERENCIACIÓN
 BIOETANOL A	16 – 24 g CO ₂ e/MJ	MUY BAJO  Mejor desempeño climático	 MUY ALTO Mayor potencial de diferenciación
 BIOETANOL B	28 – 40 g CO ₂ e/MJ	BAJO  Buen desempeño climático	 ALTO Alto potencial de diferenciación
 BIOETANOL C	45 – 65 g CO ₂ e/MJ	MEDIO  Desempeño climático medio	 MEDIO Potencial de diferenciación moderado
 BIOETANOL D	70 – 105 g CO ₂ e/MJ	ALTO  Mayor intensidad de emisiones	 BAJO Bajo potencial de diferenciación



CONCLUSIÓN



A MENOR CI = MAYOR POTENCIAL DE DIFERENCIACIÓN

Reducir la intensidad de carbono aumenta el valor climático y la competitividad del bioetanol.

¿Qué explica la diferencia?

- ✓ materia prima;
- ✓ rendimiento agrícola;
- ✓ fertilización;
- ✓ emisiones N₂O;
- ✓ energía utilizada en planta;
- ✓ fuente de electricidad;
- ✓ uso de biomasa;
- ✓ eficiencia energética;
- ✓ coproductos;
- ✓ transporte;
- ✓ cambios de uso del suelo;
- ✓ asignación/metodología de cálculo.

LA CALIDAD DEL DATO Y LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO
terminan teniendo **valor económico**.

CONDICIONES Y MECANISMOS QUE TRACCIONAN DEMANDA

UE RED EU

Sostenibilidad + reducción de GEI

Objetivos de renovables en transporte + la elegibilidad de los biocombustibles con sostenibilidad y reducción de GEI.

Para 2030, los Estados miembros deben optar por una participación mínima de renovables en transporte de al menos 29% o una reducción de intensidad de GEI de al menos 14,5%.

USA RFS US

Cumplimiento + categoría de combustible + reducción de GEI

Obligación de incorporación de combustibles renovables + sistema de categorías + RINs.

Superar determinados umbrales de reducción de GEI respecto de la línea base petrolera.

CALIFORNIA LCFS

Baja Intensidad de carbono

Pathways certificados con intensidades de carbono específicas para distintos combustibles y materias primas.

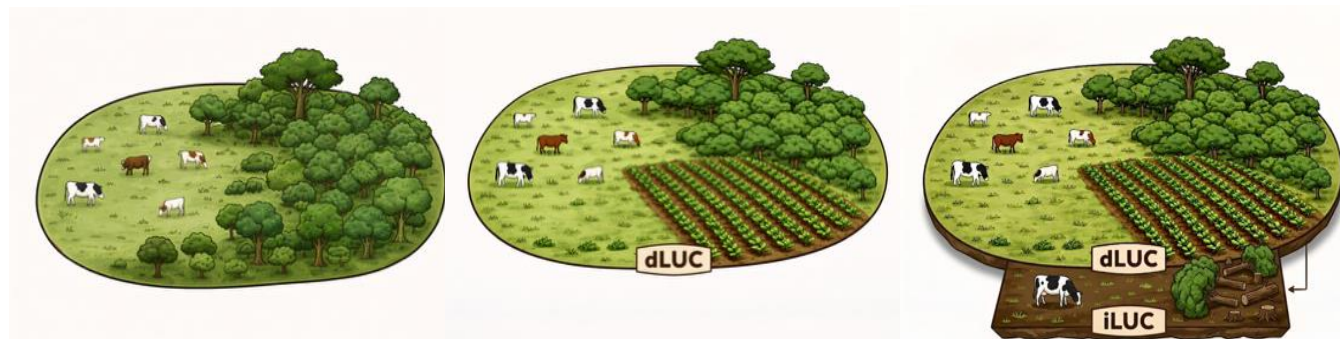
BRASIL RENOVABIO BR

Reducción de GEI + CPBIO

Impulsa la descarbonización del transporte mediante metas de reducción de GEI, certificación de la eficiencia ambiental y créditos de descarbonización (CBIO)

La regulación transforma el atributo ambiental en valor económico.

EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/UE ILUC



dLUC:

Cambio directo de uso del suelo

Conversión directa de ecosistemas naturales (bosques, pastizales) a tierras de cultivo destinadas a la producción de biocombustibles. El cambio ocurre *en el mismo sitio* donde se instala el cultivo.

iLUC

Cambio indirecto de uso del suelo

Desplazamiento de actividades preexistentes (por ejemplo, ganadería) hacia otras áreas que, a su vez, generan conversión de ecosistemas naturales. El impacto no ocurre en el sitio del cultivo, sino en otro lugar como consecuencia del desplazamiento.

¿Cómo se determina el High ILUC? Reglamento Delegado (UE) 2019/807, Art. 3 — deben cumplirse **AMBOS** criterios:

CRITERIO 1 (a) — Expansión

- Expansión media anual de la superficie de producción GLOBAL > 1% anual
- > 100.000 ha/año (período 2008–2021).

CRITERIO 2 (b) — Fórmula X_{hcs} - Expansión sobre tierras con alto stock de carbono

- la proporción de dicha expansión a tierras con elevadas reservas de carbono es superior al 10%.

$$x_{hcs} = \frac{x_f + 2,6 x_p}{PF}$$

EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/UE ILUC

Materia prima	Expansión anual promedio	% expansión sobre tierra de alto carbono	Criterio 1	Criterio 2	Clasificación
Trigo	~0% / -183 kha	1,6%	✗	✗	No High ILUC
Maíz	1,4% / 2.527 kha	7,0%	✓	✗	No High ILUC
Caña de azúcar	0,7% / 215 kha	16,1%	✗	—	No High ILUC
Remolacha azucarera	0,4% / 4 kha	0,2%	✗	—	No High ILUC
Colza	1,6% / 363 kha	1,0%	✓	✗	No High ILUC
Palma	3,8% / 937 kha	27,1% + 13,7% peatland	✓	✓	● High ILUC
Soja	2,2% / 2.565 kha	14,1%	✓	✓	● High ILUC
Girasol	1,1% / 313 kha	1,0%	✓	✗	No High ILUC

Certificación
LOW ILUC
por adicionalidad.

Reglamento Delegado (UE) 2019/807 + revisión de la Comisión Feb 2026.

EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/CORSIA

CORSIA

(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)

es el esquema global de la OACI para limitar y reducir las emisiones de CO₂ de la aviación internacional.



¿Cómo funciona?

CORSIA combina principalmente tres vías:

1 Reducción de emisiones en origen

Mejoras en aeronaves, motores, operaciones y eficiencia.



2 SAF — combustibles sostenibles de aviación

Sustituyen combustibles fósiles y permiten reducir las emisiones de ciclo de vida.

Acá entran, por ejemplo, HEFA, Alcohol-to-Jet (ATJ), Fischer-Tropsch y Power-to-Liquid.



3 Compensación de emisiones

Las emisiones que no pueden evitarse mediante las medidas anteriores pueden ser cubiertas mediante unidades de emisión elegibles bajo CORSIA.



Un **bioetanol** con **menor intensidad de carbono** tiene mayor potencial para convertirse en un **SAF competitivo bajo CORSIA**, siempre que cumpla los criterios de sostenibilidad y elegibilidad correspondientes.

La trayectoria de CORSIA, simplificada



EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/CORSIA

En CORSIA, el CI (intensidad de carbono) de cada SAF se calcula contra un único valor de referencia fósil: 89 gCO₂e/MJ.



Ese es el *baseline* de ciclo de vida del combustible de aviación convencional.

CI / LCE
del SAF

=

1 Core LCA

+

2 ILUC

-

3 Créditos
elegibles

Incluye las emisiones de toda la cadena:



materia
prima



procesamiento



transporte



conversión
a SAF



distribución



uso/combustión
en el motor del
avión

Se agrega cuando corresponde el impacto de cambio indirecto de uso de la tierra asociado a la materia prima.



CORSIA utiliza una metodología específica para calcularlo.

Existen créditos específicos para determinados *pathways*, por ejemplo algunos SAF producidos a partir de residuos sólidos municipales.



Estos créditos son opcionales cuando corresponden.



El resultado (CI/LCE del SAF) se compara con el *baseline* fósil de 89 gCO₂e/MJ para determinar el nivel de reducción de emisiones de ciclo de vida.



Valores expresados en gCO₂e/MJ (gramos de CO₂ equivalente por megajulio).

EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/CORSIA

Bioetanol	Región	Diseño	Core LCA	ILUC	LCEF
Caña	Brasil	Integrado	24,1	+8,7	32,8
Caña	Brasil	Standalone	41,0	+11,0	52,0
Caña	Global	Integrado	24,1	+8,5	32,6
Caña	Global	Standalone	41,0	+11,9	52,9
Maíz	USA	Standalone/integrado	65,7	+25,1	90,8
Maíz	Global	Standalone/integrado	65,7	+34,9	100,6
Maíz	USA	Standalone	54,1	+18,3	72,4
Maíz	Global	Standalone	54,1	+26,2	80,3
Residuos agrícolas	Global	Integrado	24,6	0	24,6
Residuos forestales	Global	Integrado	24,9	0	24,9
Miscanthus	USA	Integrado	28,3	-42,6	-14,3
Miscanthus	UE	Integrado	28,3	-23,3	5,0
Switchgrass	USA	Integrado	28,9	-10,7	18,2
Switchgrass	Global	Integrado	28,9	+4,8	33,7
Gases residuales	Global	Integrado	29,4	0	29,4

CORSIA no asigna un valor climático al "bioetanol" en abstracto - asigna un valor al pathway completo, diferenciando:

✓ *feedstock + región + sistema de producción + diseño integrado/standalone + ILUC + condiciones de proceso.*

CORSIA permite utilizar un valor de ciclo de vida "actual" (Actual Life Cycle Emissions Value) en lugar del valor default para el core LCA

✓ debe calcularse conforme a la CORSIA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emissions Values y ser sometido al proceso de certificación/verificación dentro de un CORSIA-approved Sustainability Certification Scheme (SCS).

✓ Actual Value es, en esencia, el default recalculado con datos reales, y que no se puede modificar el system boundary utilizado por CORSIA (la metodología + los límites del sistema + las reglas de asignación + los factores y parámetros establecidos por CORSIA, pero sustituyendo los datos default aplicables por datos reales verificables).

EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/CORSIA

Sustainability Certification Schemes (SCS) para CORSIA SAF	Aprobación ICAO	Alcance actual	Particularidad
ISCC	16 junio 2023	CORSIA SAF – Chapters 1 y 2	El más extendido; cubre una amplia variedad de feedstocks y cadenas
RSB	16 junio 2023	CORSIA SAF – Chapters 1 y 2	Sistema específico RSB-CORSIA, con fuerte foco en biomateriales y trazabilidad
ClassNK SCS	28 octubre 2024	CORSIA SAF – Chapter 2	Esquema japonés, aprobado para SAF
Bonsucro	22 junio 2026	CORSIA SAF – Chapter 2	Específico para caña de azúcar y sus derivados, incluyendo ATJ y SIP

Los SCS aprobados por ICAO certifican que los operadores económicos cumplen con los requisitos de sostenibilidad de **CORSIA** y, cuando se utiliza un valor de emisiones de ciclo de vida actual, que se ha aplicado correctamente la CORSIA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emissions Values.

EL DESAFÍO: PARTICIPAR DE LOS ESPACIOS REGULATORIOS/IMO



Pilares de la Ambición Estratégica



Mejora de la Eficiencia Energética

Se prioriza la disminución de la intensidad de carbono del buque mediante el perfeccionamiento continuo del diseño y operación de los buques nuevos.



Reducción de la Intensidad de Carbono

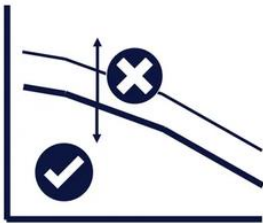
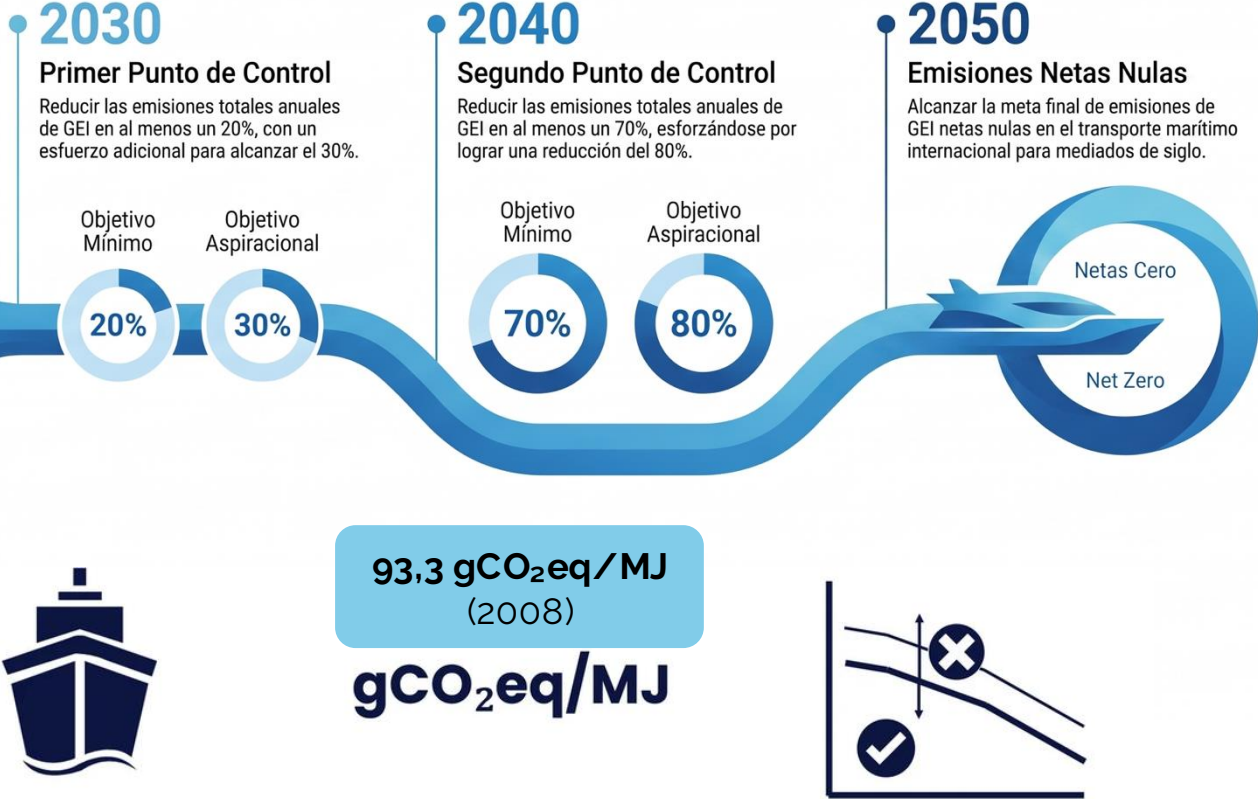
El objetivo es reducir progresivamente la intensidad de carbono en todo el transporte marítimo internacional en comparación con los niveles de 2008.



Adopción de Energías Limpias

Fomentar e incrementar el uso de tecnologías, combustibles y fuentes de energía con emisiones de GEI nulas o casi nulas.

Hoja de Ruta hacia el Net Zero (Base 2008)



Applies to all ships
international voyages
5,000+ GT / 2028 onwards

Requires annual calculation of GFI →
 $\Sigma (\text{GHG fuel type} \times \text{energy used}) / \text{total energy used}$

The lower your GFI the better
below Direct Target → Good
above Direct Target → Penalties

VALORES DE IMPACTO REALES = OPORTUNIDADES REALES DE MERCADO

1 SUSTITUCIÓN

Más mezcla de etanol en combustibles convencionales.



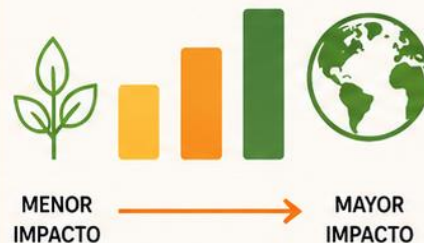
2 INTENSIFICACIÓN

E10 → E15 → E20 → E85 / flex fuel, dependiendo del mercado y regulación.



3 DIFERENCIACIÓN

No todos los litros de bioetanol tienen el mismo valor climático.



4 NUEVOS MERCADOS

El etanol también puede convertirse en feedstock para combustibles renovables de otros sectores.



EL BIOETANOL TIENE MÚLTIPLES CAMINOS DE CRECIMIENTO

que generan valor económico, climático y estratégico para un futuro más sostenible.



PRODUCIR MÁS
no es suficiente.
PRODUCIR con



**Menor intensidad de carbono + Sostenibilidad demostrable
+ Trazabilidad + Certificación + Reconocimiento regulatorio**

=

MAYOR ACCESO A MERCADOS

Muchas gracias!



Sabine Papendieck - sp@strateco.com.ar