

!Bienvenidos iiii



Bioetanol de caña de azúcar: sostenibilidad y agregado de valor. Alternativas



**II CUMBRE DE
BIOETANOL**
Impulsando el futuro del
Bioetanol en Argentina

Ministerio de
Economía y Producción



GOBIERNO DE
TUCUMÁN



INSTITUTO DE PROMOCIÓN
DEL AZÚCAR Y ALCOHOL
DE TUCUMÁN

Ing.Agr. M.Sc. Jorge A. Hilbert
Director

Energy and Environmental Consulting Services

BIOENERGÍA Y BIOECONOMÍA

Complementando otros usos de la biomasa en la bioeconomía



ALIMENTOS

Producción de alimentos sostenibles



PRODUCTOS QUÍMICOS

Bioplásticos y bioquímicos



ALIMENTO PARA ANIMALES

Forraje y piensos



MATERIALES

Biomateriales y bioproductos

La bioenergía facilita la transición hacia una economía circular y sostenible basada en la biomasa.

La biomasa: energía distribuida y negocio de logística

Baja Densidad Energética



- Grandes volúmenes para poca energía.
- Almacenamientos y transporte intensivo.



Alta Dispersión Geográfica



- Recursos distribuidos en amplias regiones.
- Redes lógicas extensas.

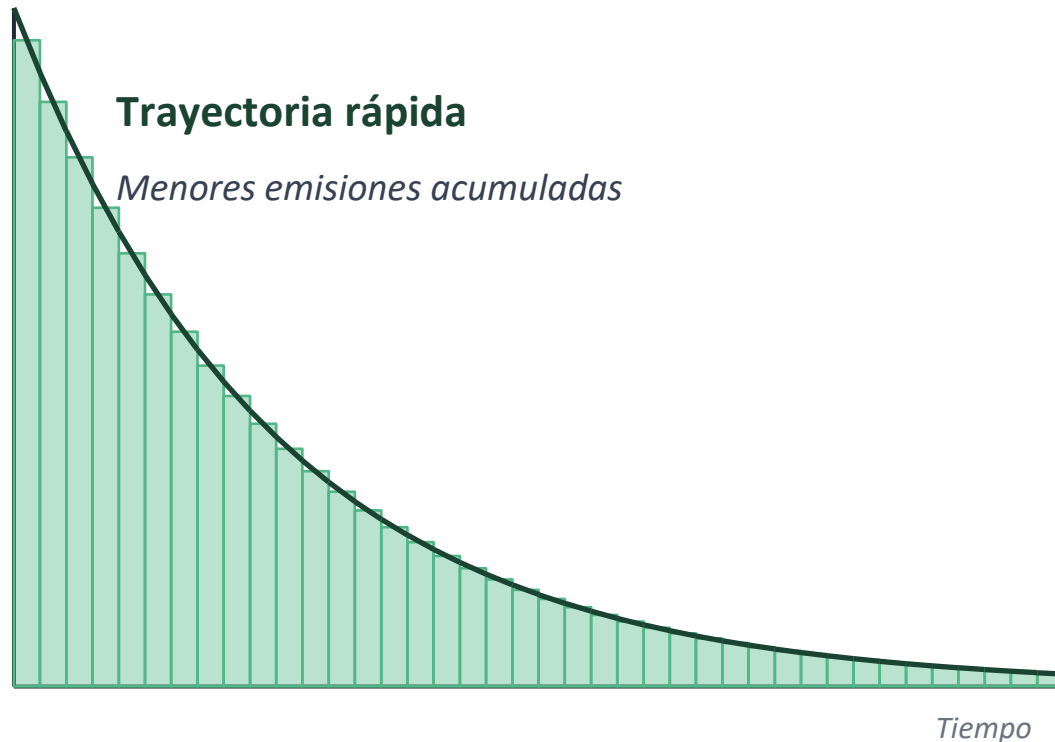
La biomasa exige planificación logística para su aprovechamiento sostenible.

Oportunidad estratégica de los bioetanol

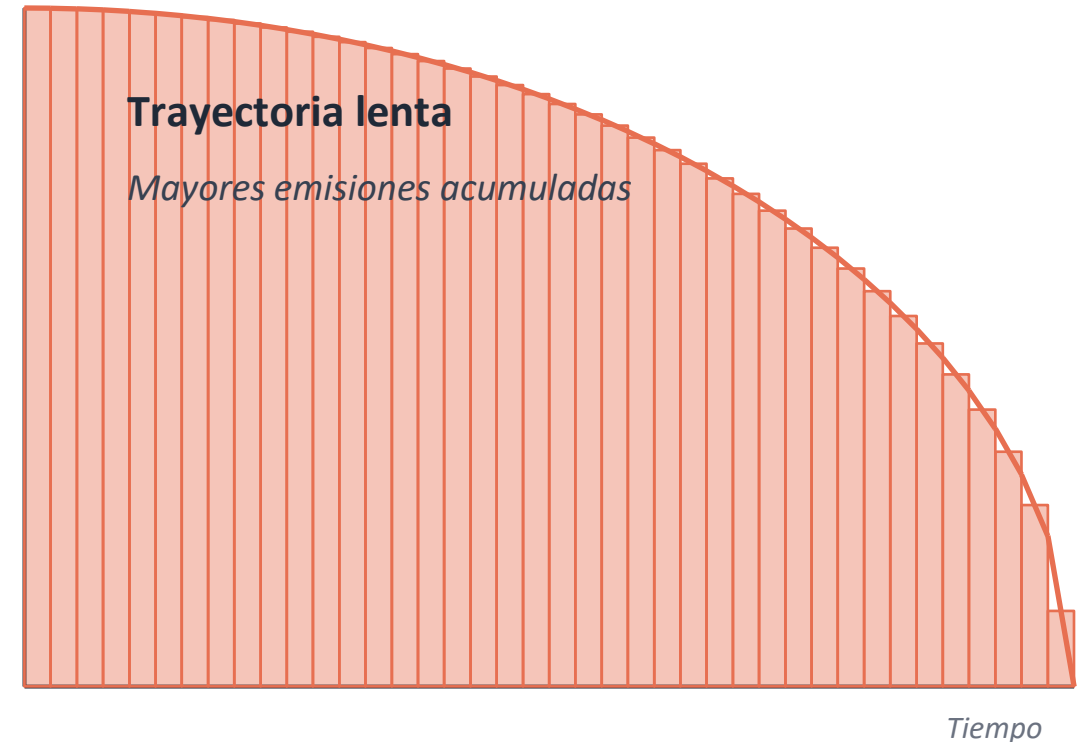
La velocidad de descarbonización determina las emisiones acumuladas, no solo el año cero

Diferentes trayectorias de descarbonización generan distintas emisiones acumuladas y, por lo tanto, diferentes magnitudes de calentamiento, aun cuando se alcance el cero neto en el mismo año.

Emisiones GEI



Emisiones GEI



SUMAR TANGIBLES E INTANGIBLES

Como incrementar el valor o hacer competir al bioetanol generando mas ingresos cuidando el medio ambiente y preservando los recursos naturales



PARA LOGRAR UNA SUSTENTABILIDAD DE LA TRANSFORMACIÓN DE BIOMASA ES FUNDAMENTAL INCREMENTAR EL NUMERO Y VALOR DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS

Bioproductos

(bioplásticos, biomoléculas, biofármacos etc.)

Biomaterial
(construcción, medicina)

Combustibles - Bioenergía

VALOR DE MERCADO ++
NIVELES DE PROTECCIÓN +++

PARA LOGRARLO SE NECESITA UN INTENSO Y CONTINUO TRABAJO EN EL CAMPO CIENTIFICO ESTUDIOS AMBIENTALES CON INCLUSION DE INFORMACION COMPLEMENTARIA NEGOCIACIONES INTERNACIONALES PERMANENTES Y DE LARGO PLAZO ESTUDIO DE MERCADOS EVALUANDO PERCEPCIONES DEL PUBLICO RELACIONES DIPLOMATICAS ACUERDOS

PRODUCCION +++
PROTECCION ---

VALOR AGREGADO A LOS PROCESOS DE TRANSFORMACION

BioEconomía.info

reconvertidos a re volcánicas: el comienza a c promesa de e negativas

Mientras ADM y Tallgrass inauguran en Nebraska la
en bioetanol del mundo, Equinor y la USP lanzan en b
almacenar CO₂ en formaciones basálticas. La bioenerg
descarbonización profunda.

noviembre 12, 2025

por BioEconomía.info

BIOENERGY
INTERNATIONAL

FS plans South America's first BECCS project at FS Lucas do Rio Verde in Brazil

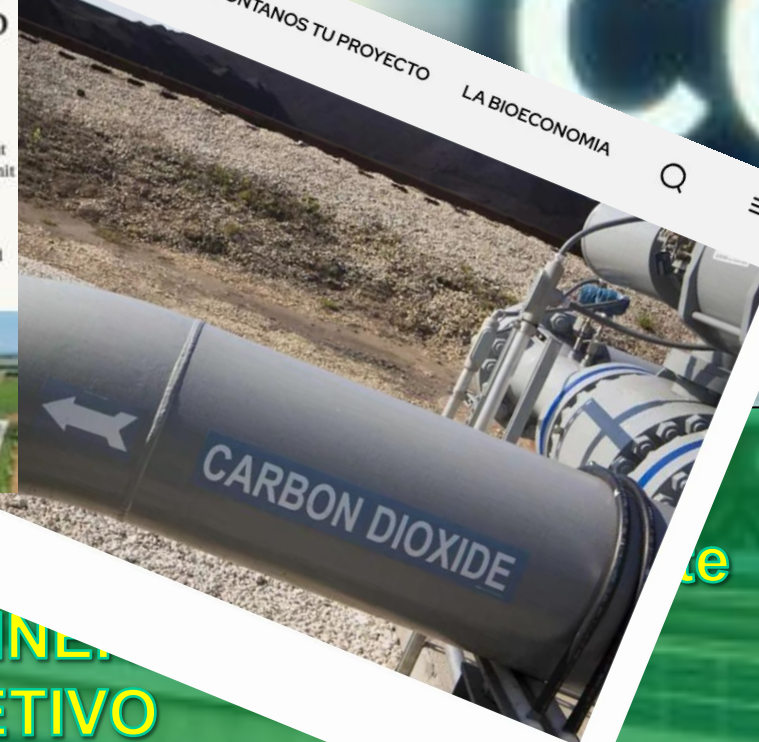
13 June 2021 by Bioenergy International

In Brazil, FS Agrisolutions Indústria de Biocombustíveis Ltda (FS) a joint venture between Summit Brazil Renewables I LLC a subsidiary of Summit Agricultural Group (SAG), and Tapajós Participações S.A (previously Fiagrill), has announced a project to implement Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) at its FS Lucas do Rio Verde ethanol biorefinery complex in the state of Mato Grosso (MT). The project would be Brazil's, and South America's first BECCS project.



toneladas de CO₂
ño

INSTITUCIONAL
CONTANOS TU PROYECTO
LA BIOECONOMIA



Las actividades hu
Las plan
CAMINO
No vamos usar el dióxido de carbono
LA AGRICULTURA Y LAS BIORREFINERÍAS
LOGRAR ESTE OBJETIVO

Tipos de plantas según la ruta fotosintética

Implicancias agronómicas para la producción de biomasa con fines energéticos

Plantas C-3		Plantas C-4	
<i>Ciclo de Calvin – fijan CO₂ en moléculas de 3 átomos de carbono</i>		<i>Ciclo de Hatch–Slack – mayor eficiencia en climas cálidos</i>	
Mayoría de las especies leñosas y herbáceas templadas (trigo, soja, arroz, especies forestales).		Caña de azúcar, maíz, sorgo y otras especies tropicales y subtropicales.	
Productividad	5,8 – 6,7 GJ/ha·día	Productividad	8,6 – 9,3 GJ/ha·día
Temperatura óptima	15 – 25 °C	Temperatura óptima	30 – 47 °C
Asimilación CO ₂	20 – 30 mg/dm ² ·h	Asimilación CO ₂	50 – 70 mg/dm ² ·h
Saturación lumínica	50 – 150 W/m ²	Saturación lumínica	≈ 500 W/m ²

Alternativas de Movilidad en Argentina

CADA 100KM



Vehículo
de Nafta

20 kg CO₂eq



Vehículo GNC

10 kg CO₂eq



Vehículo
eléctrico



7,5 kg CO₂eq



Biocombustibles



4 kg CO₂eq



Biocombustibles
híbridos



2,5 kg CO₂eq

ANÁLISIS DEL NIVEL DE EMISIONES Y BALANCE ENERGÉTICO DEL BIODIESEL ARGENTINO COMPARACIÓN CON LOS RESULTADOS EUROPEOS



HACE 20 AÑOS COMENZAMOS CON EL PRIMER ESTUDIO

ESTUDIO DE CASO ARGENTINO



Fase
Agrícola



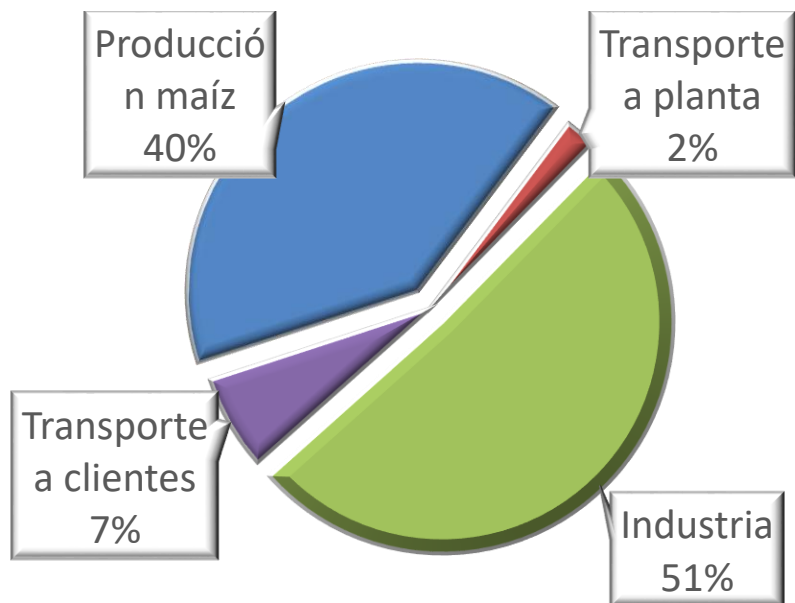
Fase
Industrial



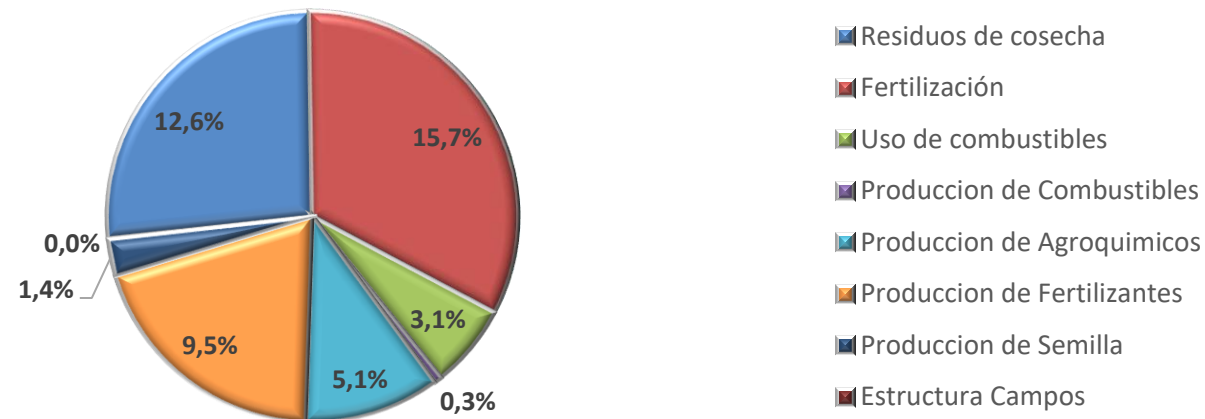
Fase
Transporte



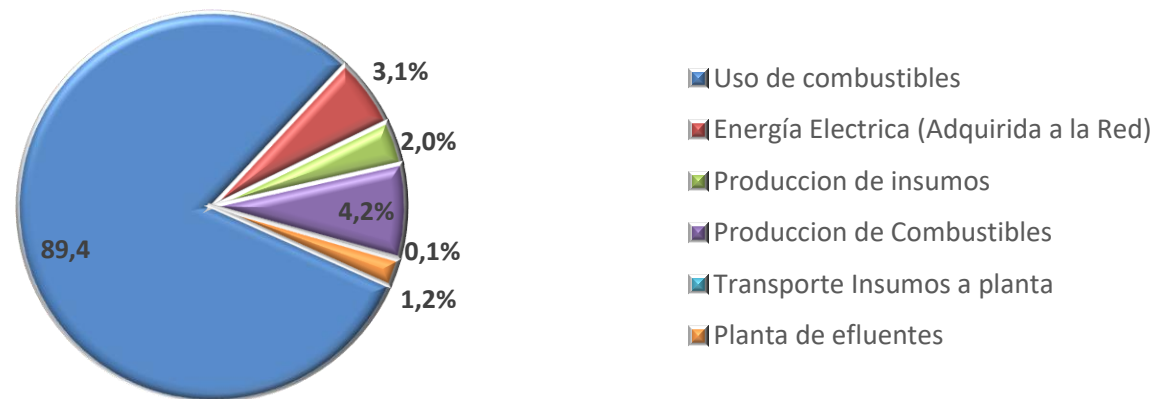
Como se reparten las emisiones Bioetanol de almidón de maíz 10 años de estudios



Participación porcentual de emisiones en la producción de materia prima



Participación porcentual de emisiones en la etapa industrial



Huella de carbono del bioetanol de caña de azúcar en Argentina

[LOGO EEC]

Resultados publicados más recientes — Análisis de Ciclo de Vida (ACV), provincia de Tucumán (NOA)

1.1 Fase de uso (cuna a la rueda)

E100: 0,442 kg CO₂eq/MJ vs. nafta: 0,735 kg CO₂eq/MJ
≈ 40 % menos emisiones que la nafta en la combustión; la nafta emite ≈67 % más CO₂ que el bioetanol.

Garolera De Nucci, Mele, Nishihara Hun y Cárdenas (2017). Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 94(2):47-58, EEAOC. ACV ISO 14040, SimaPro®, ReCiPe Midpoint.

1.2 Etapa agrícola — dato más reciente

28,8 kg CO₂eq/t caña con nitrato de amonio calcáreo (CAN)
36,1 kg CO₂eq/t caña con urea
(1.848 vs. 2.317 kg CO₂eq/ha)
Hotspots: fertilizantes nitrogenados y gasoil.

Cap. "Sugarcane Bioeconomy and Circularity in Latin America", Springer (2026) — datos Tucumán, zafra 2024 (294.470 ha).

1.3 Referencia regulatoria

Valor por defecto RED II (Directiva de Energías Renovables, UE) para etanol de caña: **28,6 g CO₂eq/MJ**
(vs. maíz: 30,3–56,8 g CO₂eq/MJ). La caña figura entre los cultivos con menores valores por defecto de GEI.

RED II — valores por defecto citados en Springer (2026). Comparador fósil RED II: 94 g CO₂eq/MJ.

2. Distribución de emisiones por etapa (producción primaria – industria – transporte)

- Más del 50 % del impacto en GEI (Gases de Efecto Invernadero) del etanol tucumano es heredado de la fase agrícola (Nishihara Hun, Mele y Pérez, 2017 — Int. J. LCA 22:502–515); el impacto industrial restante se concentra en el ingenio/destilería, con aporte menor del transporte de caña y combustible.
- No se identificó un desglose porcentual publicado y actualizado en las tres etapas para el caso argentino: **[VERIFICAR]** — completar con datos primarios EEAOC/ingenios antes de exponer cifras.

REDUCCION DE EMISIONES DEL ETANOL RESPECTO A LOS FÓSILES DE REFERENCIA

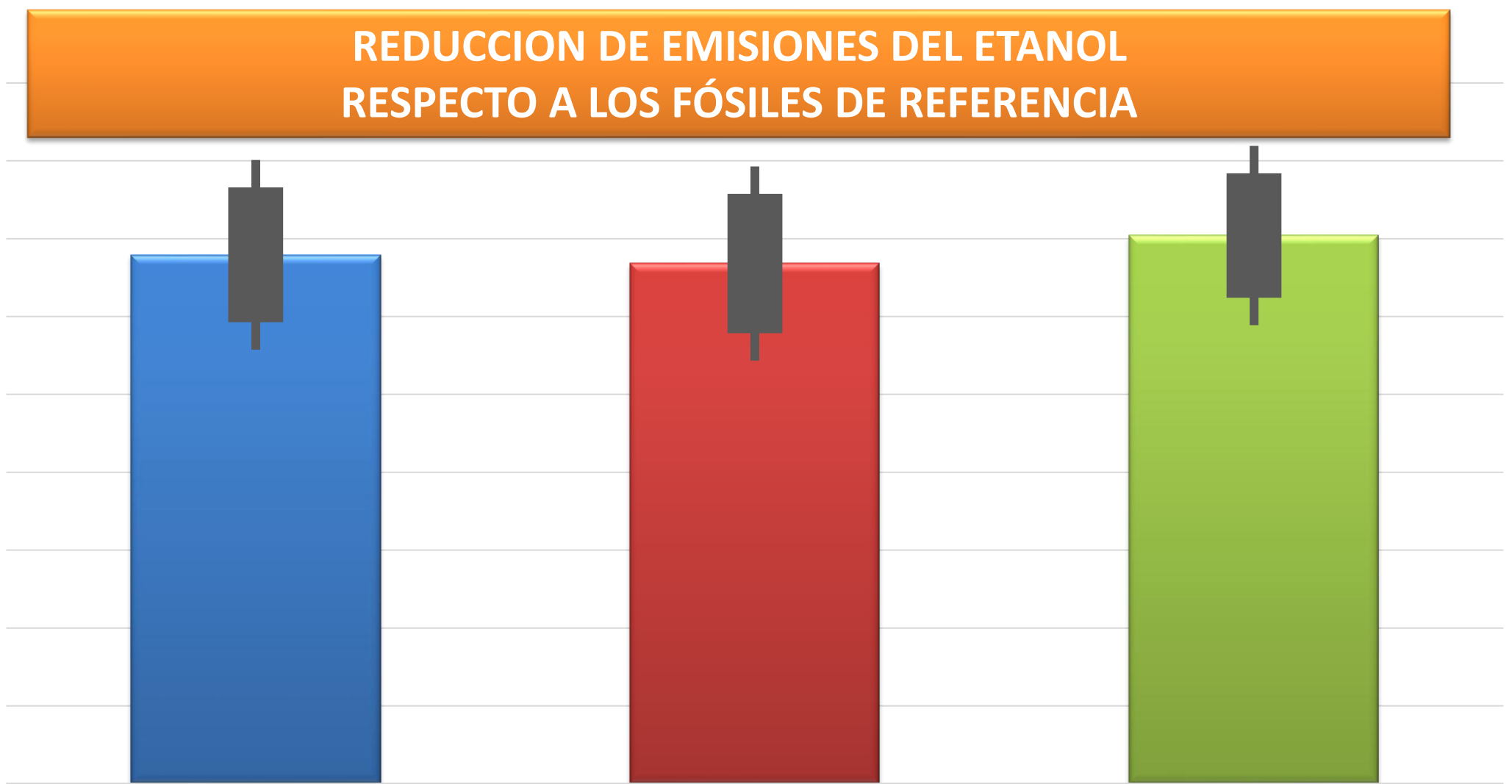
Porcentaje de reducción de emisiones

Nafta Argentina (80,4)

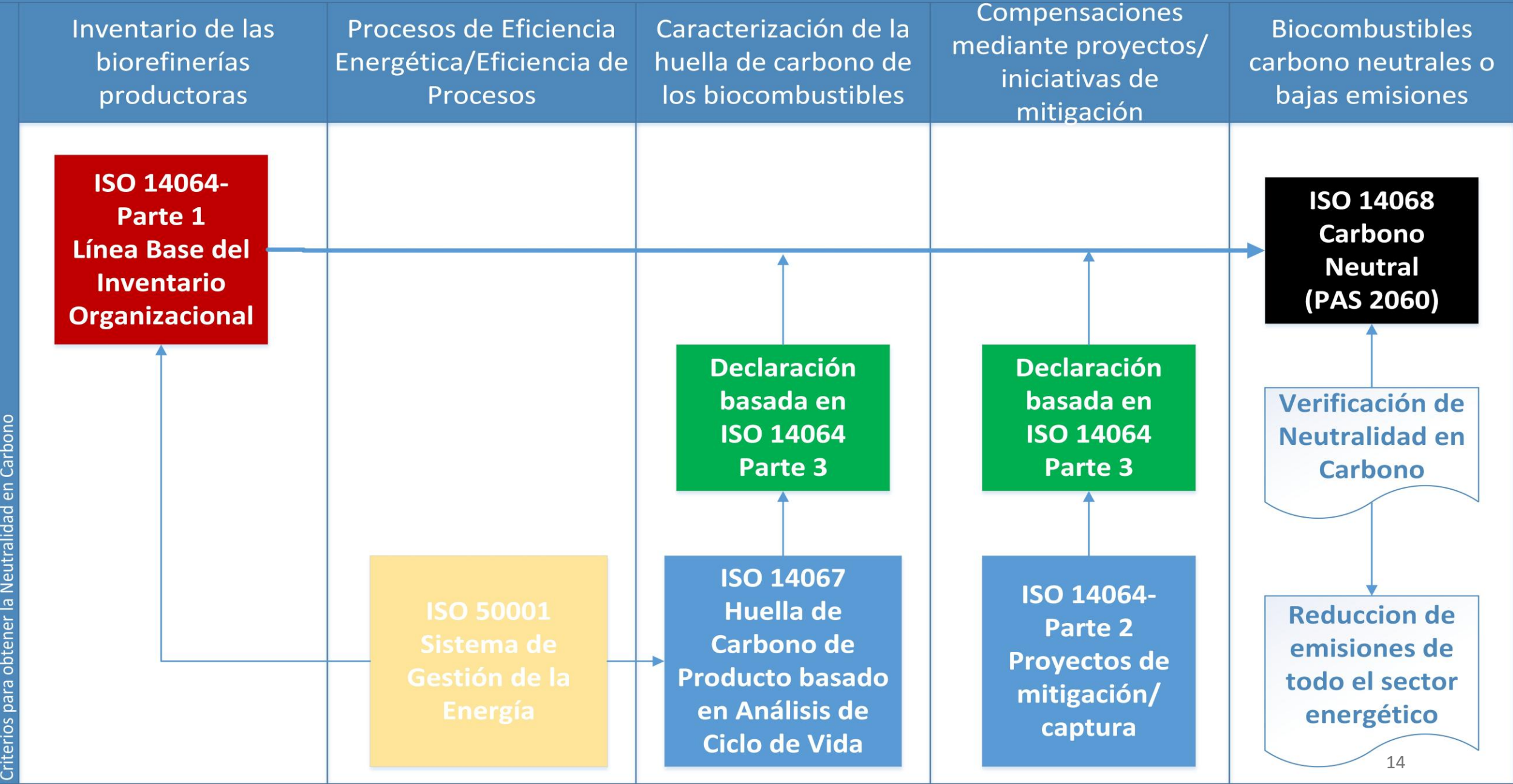
Directiva Europea 2009
(83,8)

Directiva Europea 2018
(94)

Valor de referencia



Flujograma de la aplicación normativa recomendada para el logro de biocombustibles de bajas emisiones



**MENU DE OPCIONES COSTO EFECTIVAS
PARA EL LOGRO DE LA CARBONO NEUTRALIDAD
CARBON SAVINGS-CARBON PRICING (U\$\$/TONELADA CO2 EVITADA)**

**CARBON
PRICING**

*(Gastos o inversiones en
descarbonizaciones)*

*Rango De
Intervención del
Mercado De
Emisiones
Cap&Trade*

EFICIENCIAS
DE PROCESOS E
INSUMOS

INVERSIONES
MENORES O
CAMBIOS DE
PROCESOS E
INSUMOS

INVERSIONES DE
CAPITAL Y
CAMBIOS
TECNOLOGICOS
DE ALTO
IMPACTO/
DISRUPCIONES

REDUCCIÓN DE
PERDIDAS E
INEFICIENCIAS

AHORROS

**CARBON
SAVINGS**

(Ahorros por descarbonizar)

**Prioridades/Opciones de acciones
descarbonizantes (individuales o simultáneas)**

Huella de Carbono de un biocombustible

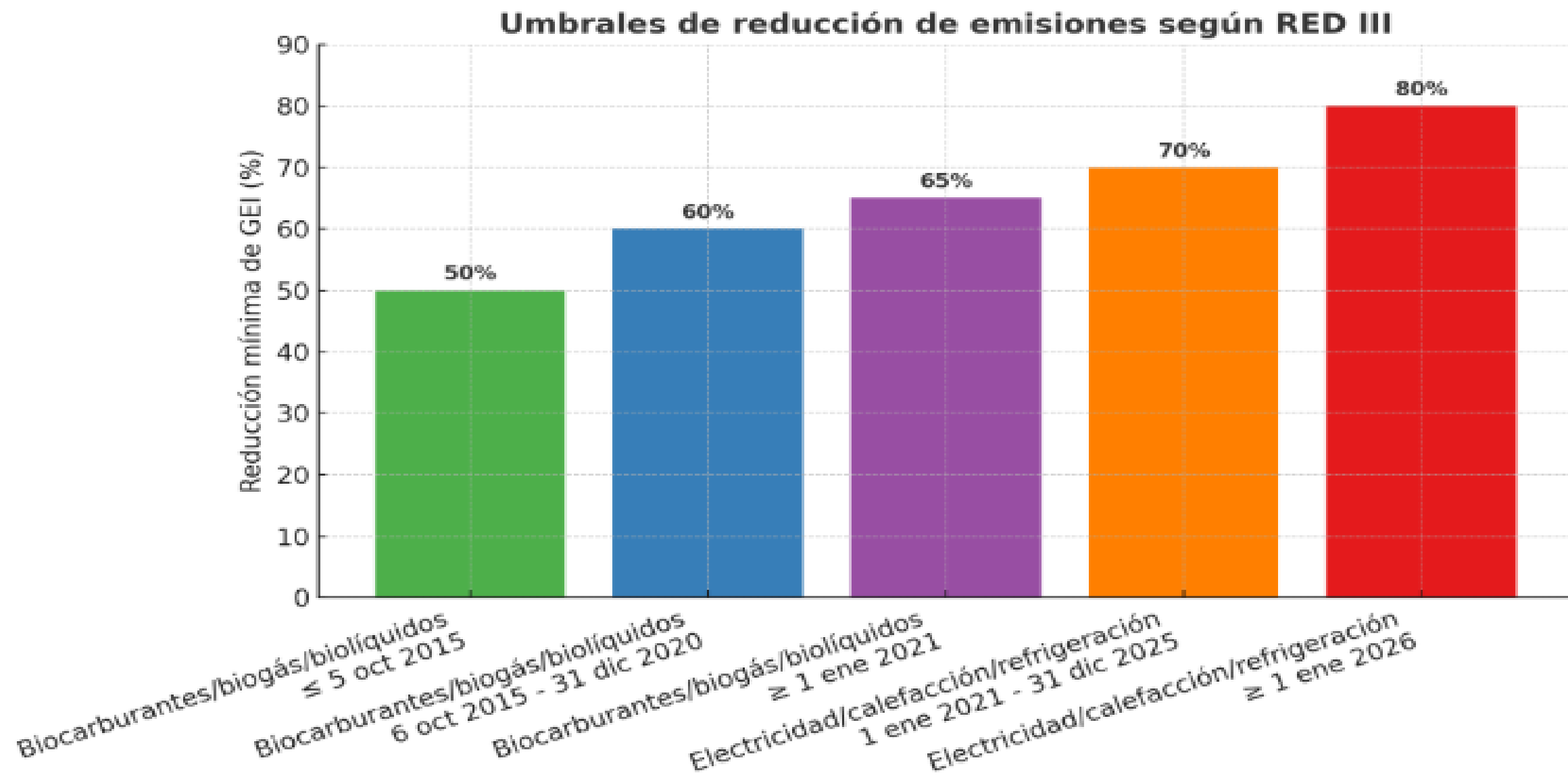
- ▶ Existen varios esquemas aprobados para demostrar compliance con los requerimientos legales de sustentabilidad especificados en la Renewable Energy Directive (RED) y en la Fuel Quality Directive (FQD). Metodología de cálculo de emisiones GEI → **Aplica a Bioetanol**

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_{sca} + e_{ccs} + e_{ccr} + \text{X}$$

Diagram illustrating the components of the carbon footprint calculation for bioethanol, with a green 'X' above the equation and a red 'X' over the final term.

- E : Emisiones totales
- e_{ec} : Emisiones cultivo MMPP
- e_l : Emisiones CUS
- e_p : Emisiones procesam.
- e_{td} : Emisiones transporte y distrib.
- e_{sca} : Ahorro mejor gestión agrícola
- e_{ccs} : Ahorro almac. geol. carbono
- e_{ccr} : Ahorro capt. Y reempl. carbono
- X : Ahorro exc. Electr. CHP

Requisitos técnicos de cumplimiento



Implicancias generales de los procesos de certificación total de RED II UE en comparación con cálculo de huella

- ▶ Los **procesos de certificación** son más complejos y abarcativos que el cálculo numérico de la huella de carbono.
- ▶ Un **manual de cálculo** permite asegurar que se sigan todos los lineamientos enunciados y asegura la aprobación de conformidad de **la sección de cálculo** dentro de un proceso de certificación de huella de carbono.
- ▶ En algunos casos, existen **requerimientos por fuera del cálculo** que están ligados a la sustentabilidad de la producción (por ejemplo, ISCC).

CERTIFICACIÓN

CÁLCULO

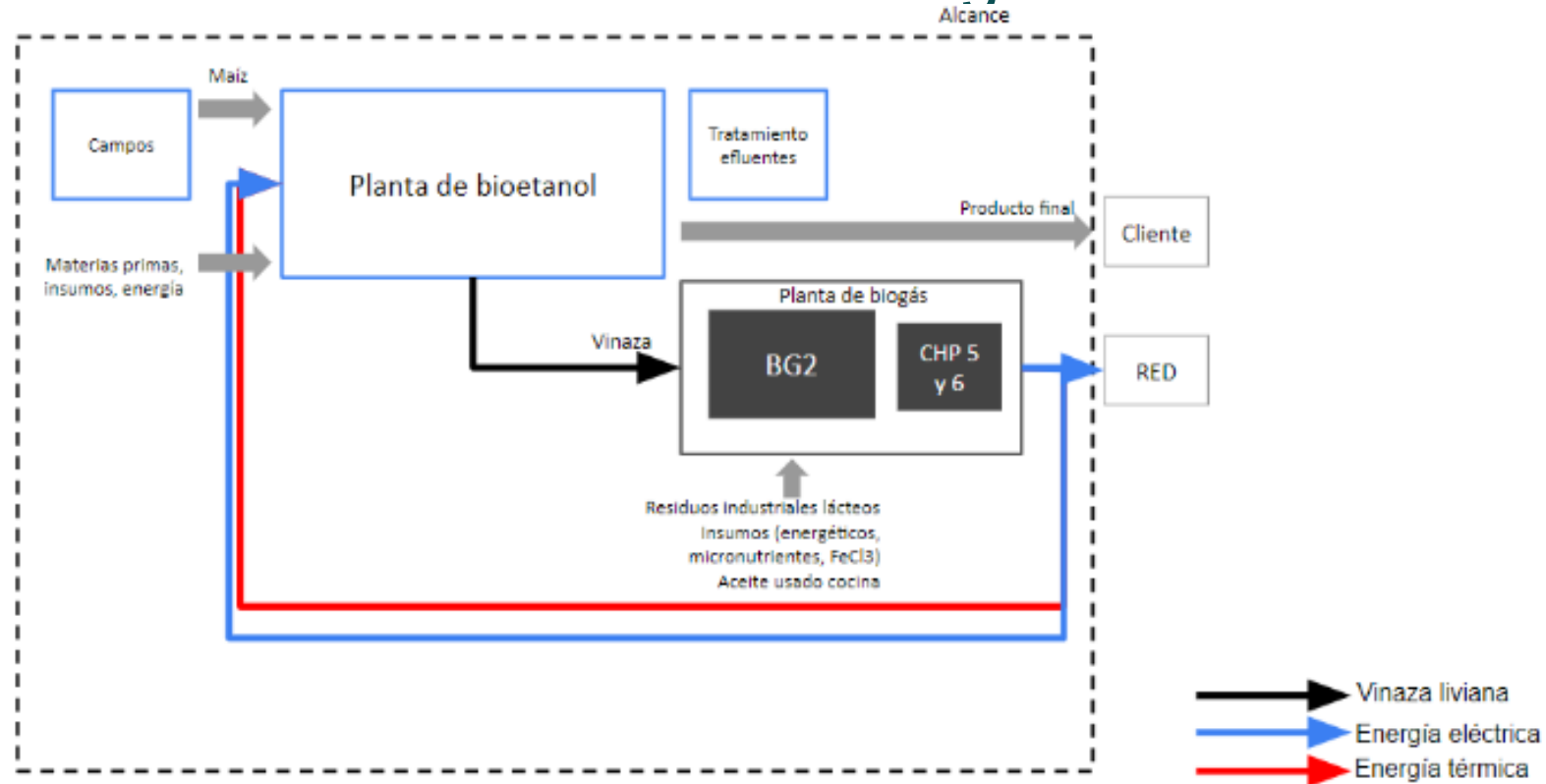
ESTUDIOS EX-POST

- **INTEGRACION CON PLANTAS DE BIOGAS A GRAN ESCALA**
- **PRODUCCION DE ELECTRICIDAD**
- **PRODUCCION DE CALOR**
- **PRODUCCION DE BIOFERTILIZANTES**
- **APROVECHAMIENTO DEL DIÓXIDO DE CARBONO**
 - **INDUSTRIA DE BEBIDAS**
 - **CARBONATOS PARA PINTURAS**

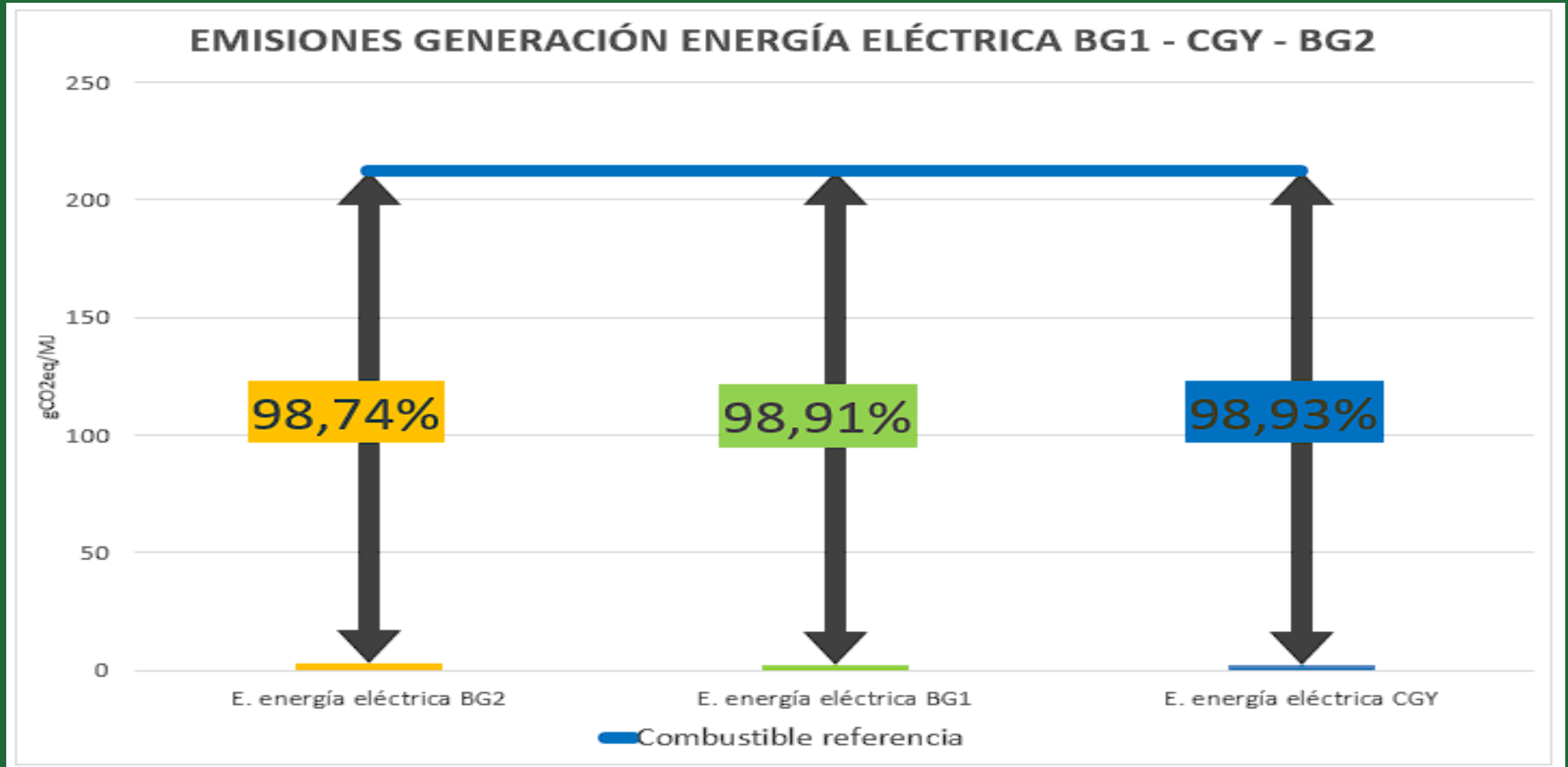
ESTUDIOS EX-ANTE

- **CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS**
- **PORCENTAJES VARIABLES DE SECADO DE COPRODUCTOS**
- **ALTERNATIVAS DE CULTIVOS**
- **PRODUCCION DE SAF**

Estudios sobre integración energética en biorefinería de etanol argentinas



Que Podemos lograr con mejoras en las biorefinerías



RESULTADOS GENERALES ESTUDIOS BIOREFINERIAS ARGENTINA EX ANTE

Término		LB	Captura 25	Captura 50	Captura 75	Captura 100	Biogás	DDGS 75	DDGS 50	DDGS 25	Biogás+ 50DDGS	Biogás+ 50DDGS +25capt
eec	Emisiones procedentes de la extracción o el cultivo de materias primas	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	11,83	10,88	11,03	11,19	11,03	11,03
etd1	Emisiones de transporte materia prima (Campos - Planta industrial)	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,20	1,10	1,12	1,13	1,12	1,12
ep	Emisiones del procesamiento	20,89	20,89	20,89	20,89	20,89	17,75	19,03	17,20	15,31	16,55	15,94
eccr	Ahorro emisiones por captura y reemplazo CO2 (4)	0,00	8,81	17,63	26,44	35,25	0	0	0	0	0	8,81
etd2	Transport and distribution of final fuel emissions (3)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
gCO2eq/MJ		34,30	25,49	16,67	7,86	-0,95	32,38	32,61	30,95	29,24	30,30	20,88
-	Nafta UE (1)	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00
Reducción		63,51%	72,89%	82,26%	91,64%	101,01%	65,55%	65,31%	67,08%	68,90%	67,77%	77,79%

SAF & METHANOL RESULTS

Código	Término	gCO2eq/MJ			
		MAIZ SAF-Et	MAIZCapt100 SAF-Et	TRIGO SAF-Et	E-MeOH
ep	Emisiones del procesamiento	55,50	19,11	57,96	8,86
etd	Emisiones de transporte y distribución final del biocombustible (3)	2,00	2,00	2,00	2,00
TOTAL	Emisiones	57,50	21,11	59,96	10,86
	Valor de referencia (2)	89,0	89,0	89,0	91,2
	Reducción emisiones	35,39%	76,28%	32,63%	89,52%
	ILUC LCA Value CORSIA	34,90	34,90		
	Emisiones (incluyendo ILUC)	92,40	56,01		
	Reducción emisiones (incluyendo ILUC)	-3,82%	37,07%		

- Se requiere un ahorro mínimo del 10% en emisiones de GEI para que los combustibles sean elegibles bajo CORSIA.
- Los buques deben reducir anualmente la intensidad de gases de efecto invernadero de sus combustibles, comenzando con una reducción del 2% para 2025, aumentando al 6% para 2030, 13% para 2035, 26% para 2040 y finalmente alcanzando el 80% para 2050, según lo establecido en el Reglamento (UE) 2023/1805.

COMO VARIOS PAISES HAN LOGRADO MONETIZAR LA VENTAJA AMBIENTAL SINERGIA SECTOR FOSIL Y BIO

POSIBLE CAMINO ANTE LA CULMINACION DE LA LEY DE BIOCOMBUSTIBLES

Ministério de
Minas e Energia

ACESSIBILIDADE | ALTO CONTRASTE | MAPA DO SITE

Dados Abertos | Legislação | Área de imprensa | Comunidade MME

Minas e Energia > Secretarias > Petróleo, gás natural e biocombustíveis > Programas > RenovaBio > Principal

ASSUNTOS	RENOVABIO
Página Inicial	Principal
Consultas Públicas	Objetivos
Agendamento Usina Solar	Valores
Acesso a Informação	Diretrizes
Agenda de Autoridades	Instrumentos
Conselhos e Comitês	Documentos
Ouvidoria	Apresentações
Secretarias	Perguntas e Respostas
	Apoio ao RenovaBio

O RenovaBio é uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa.

Diferentemente de medidas tradicionais, o RenovaBio não propõe a criação de imposto sobre carbono, subsídios, crédito presumido ou mandatos volumétricos de adição de biocombustíveis a combustíveis.



Diagrama de engrenagens representando diferentes tipos de biocombustíveis: biomassa, etanol, biodiesel, biogás e bioquerosene.

En el caso de **RENOVABIO** introduce un mecanismo de mercado para reconocer la capacidad de cada biocombustible para la reducción de emisiones que se traducen en créditos de descarbonización por biocombustibles (CBIO) comercializables.

Objetivos de **descarbonización**

Objetivo de reducción de IC
(en g CO₂/MJ) establecido por el CNPE

Reducción MÍNIMA certificada en valores absolutos (ton CO₂)

1 ton CO₂



1 CBio



Fonte: ResoluciónCNPE nº 05/2018 e Resolución CNPE nº 15/2019

unica

APLA
BRASIL



Arranjo Produtivo Local do Alcool
Ethanol Cluster
Arreglo Productivo Local del Alcohol

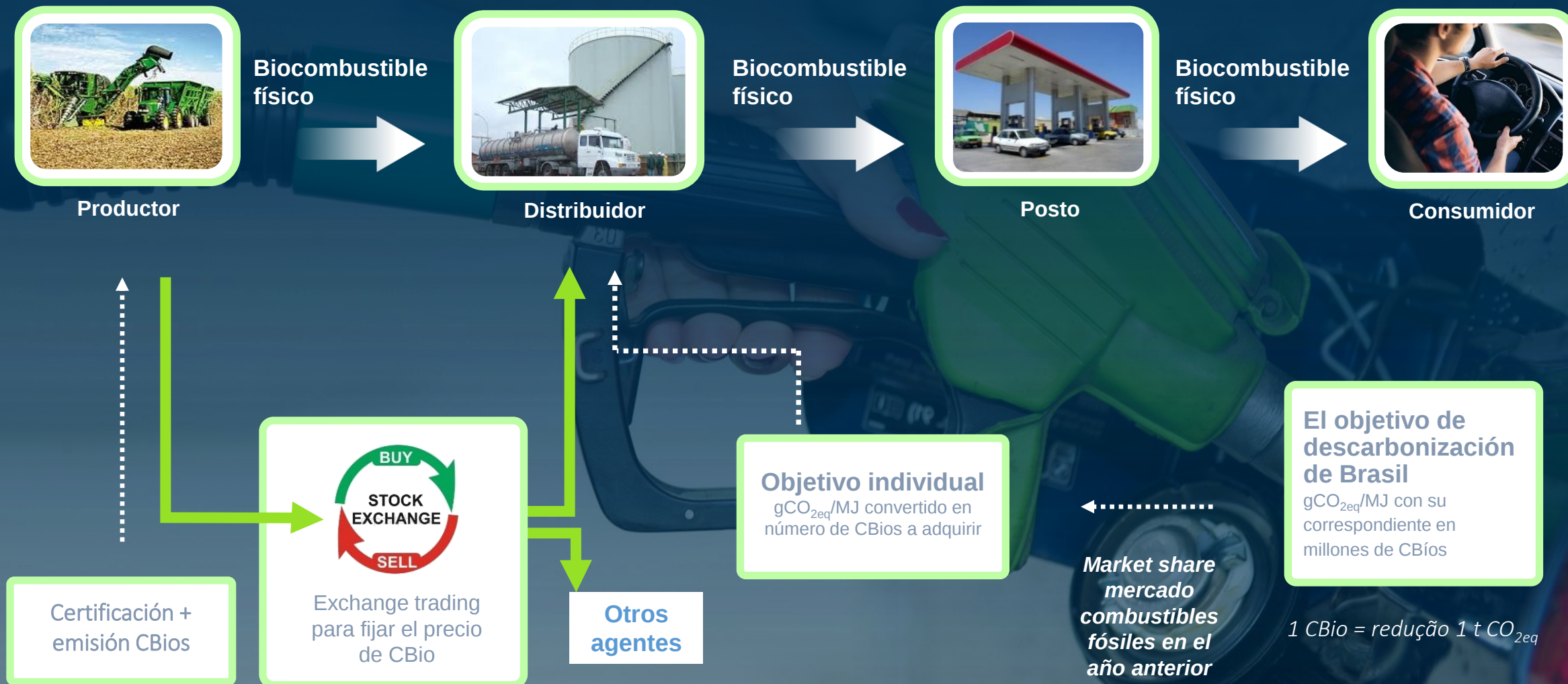
Lógica de funcionamiento de **RENOVABIO**

unica

APLA
BRASIL



Arranjo Produtivo Local do Alcool
Ethanol Cluster
Arreglio Productivo Local del Alcohol



Análisis del Ciclo de Vida

PUNTAJE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA AMBIENTAL

unica

APLA
BRASIL



Arranjo Produtivo Local do Alcool
Ethanol Cluster
Arreglo Productivo Local del Alcohol



Cinco ideas para llevarse de esta charla

Bioetanol de caña de azúcar: sostenibilidad, agregado de valor y alternativas

1

El carbono es una cosecha, no un desecho

CO₂ de fermentación, cogeneración y coproductos son producto vendible.

2

Lo que no se mide, no se valoriza

El etanol de maíz tiene 15 años de mediciones; la caña debe recorrer ese camino.

3

La certificación es la llave del mercado

RED III, ISCC y CORSIA fijan umbrales de acceso y de precio diferencial.

4

La intensidad de carbono alinea fósil y bio

RenovaBio: el que más reduce, más vale. Sinergia, no confrontación.

5

La neutralidad se construye por etapas

Primero los ahorros, después las inversiones de capital.

El mensaje para la política pública

La discusión del corte obligatorio es necesaria pero insuficiente. El volumen fija cuánto se produce; la intensidad de carbono fija cuánto vale.

Un marco que reconozca y premie la reducción de emisiones verificada genera inversión, exportaciones y reducción efectiva de GEI — sin subsidio directo.

La caña del NOA parte de una ventaja fisiológica y energética real.

Falta traducirla en números certificados.

iMuchas Gracias!



Ing.Agr. M.Sc. Jorge A. Hilbert

Director

Energy and Environmental Consulting Services

Mail jorgeantoniohilbert@gmail.com



<https://sites.google.com/view/jorge-antonio-hilbert/p%C3%A1gina-principalTwitter>

https://twitter.com/EEC_Bioenergia

<https://www.linkedin.com/in/jorge-antonio-hilbert-95b5a66/>

https://www.youtube.com/channel/UCPqqRP2w9jxIH-C848PP-Q?view_as=subscriber



**II CUMBRE DE
BIOETANOL**
Impulsando el futuro del
Bioetanol en Argentina