



cenicaña

Centro de Investigación
de la Caña de Azúcar de
Colombia

Evaluación de la Huella de Carbono en la Producción de Etanol Carburante

David Palacios García

Ingeniero Químico

Programa Procesos de Fábrica

Contenido

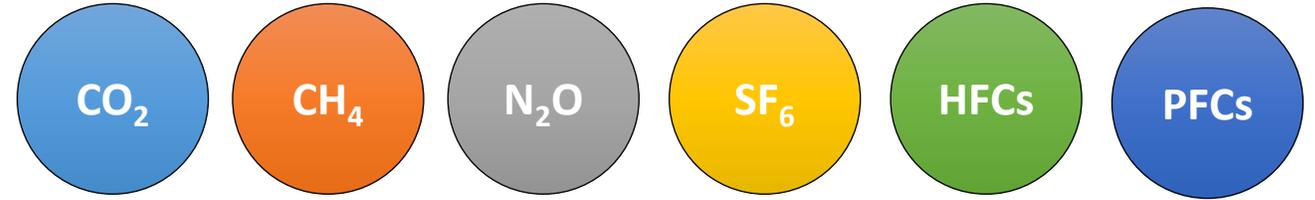
- Calentamiento Global y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- Panorama General Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar.
- Metodología de cálculo del inventario de GEI y huella de carbono.
- Estimación de emisiones de GEI.
- Estrategias y acciones para la disminución de las emisiones de GEI.
- Conclusiones.



Calentamiento global y emisiones de gases de efecto invernadero

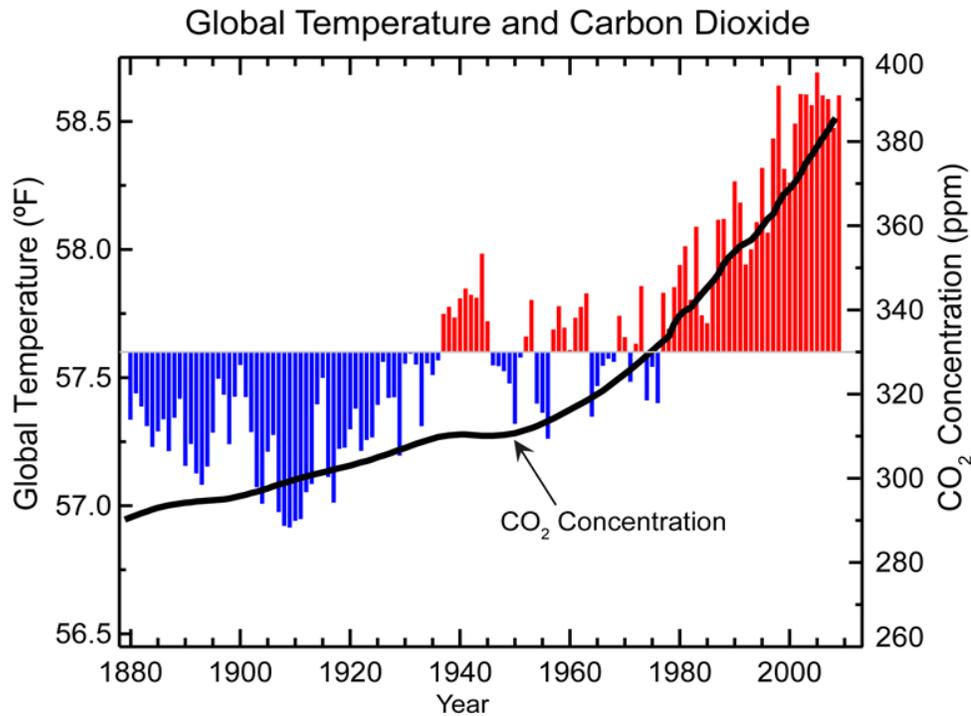
Calentamiento Global y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

“El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en décadas o milenios”.

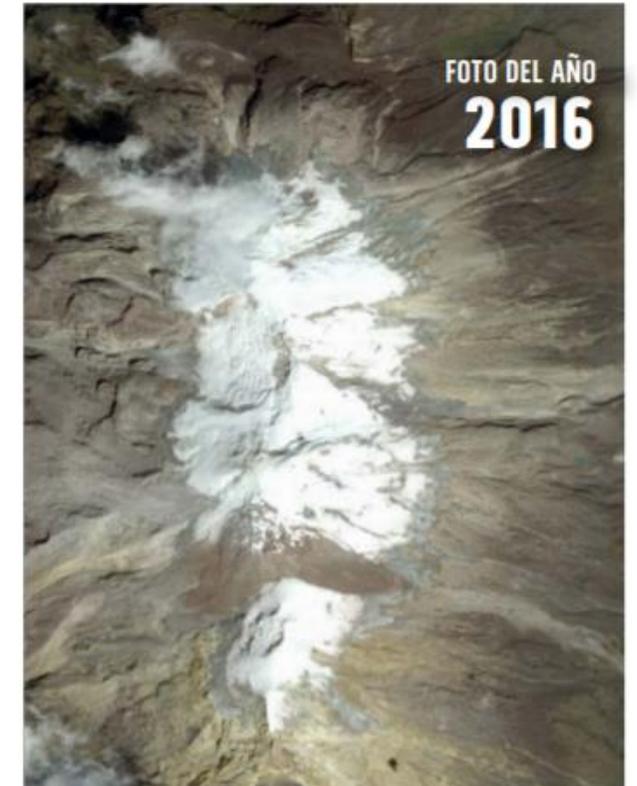


GEI del Protocolo de Kyoto

5to Informe IPCC



Fuente: NOAA 2015



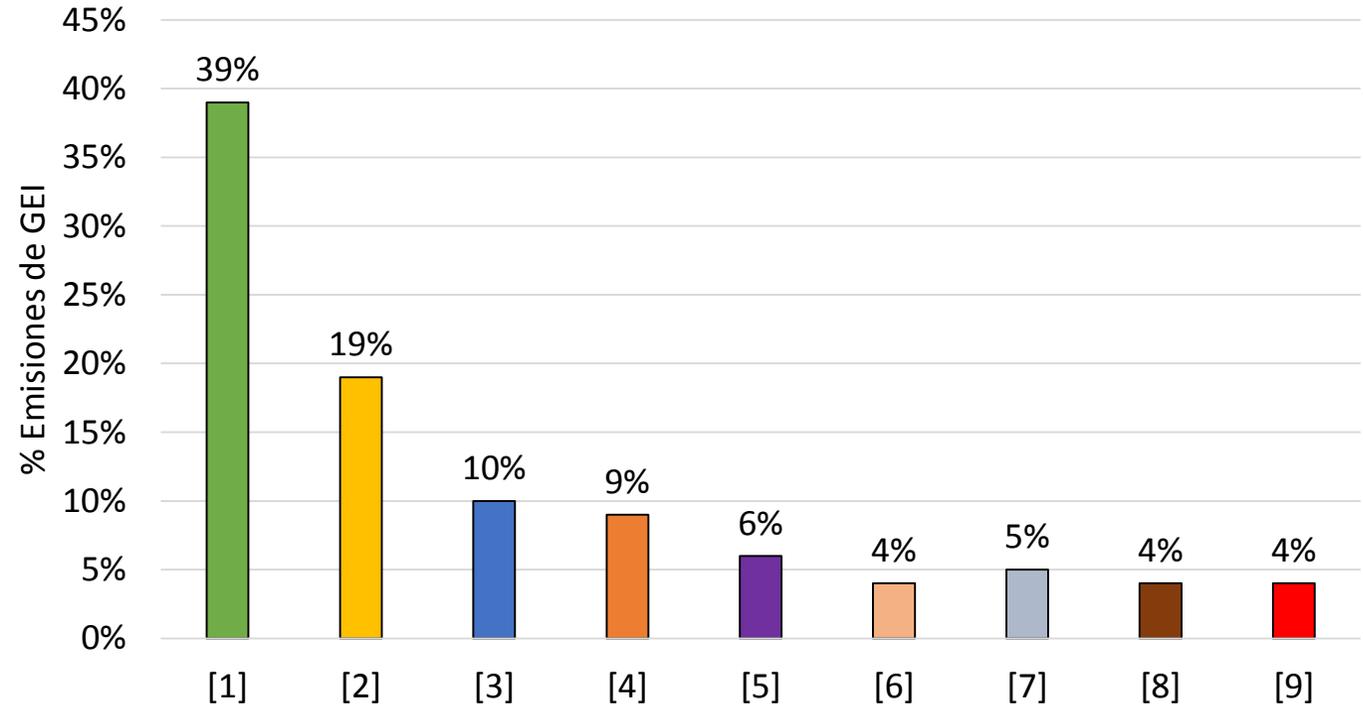
Cambios observados en la superficie glaciar en el volcán Nevado del Ruíz (*IDEAM et al., 2017*)

Acuerdo de París – Compromisos Colombia

El acuerdo de París firmado en la COP 21 en 2015 por 196 países busca: “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5°C”.

Colombia se comprometió a reducir 20% de sus emisiones de GEI proyectadas al 2030 con medidas de eficiencia energética, innovación tecnológica, cambios de comportamiento y sustitución de combustibles (García Arbelaéz *et al.*, 2016).

Emisiones GEI en Colombia por Sector Productivo, 2010



Fuente: IDEAM et al., 2015

[1] Forestal y otros usos de suelo (Deforestación); [2] Agropecuario; [3] Transporte; [4] Industria Energética; [5] Residuos; [6] Energía – Fugitivas; [7] Industria Manufacturera y de la Construcción; [8] Procesos industriales y uso de productos; [9] Otros sectores.

A wide-angle photograph of a sugarcane field. The foreground shows rows of young sugarcane plants in a field with dark soil. The middle ground shows a vast expanse of mature, tall sugarcane stalks. In the background, there are rolling hills and mountains under a sky filled with white and grey clouds. The overall scene is a rural agricultural landscape.

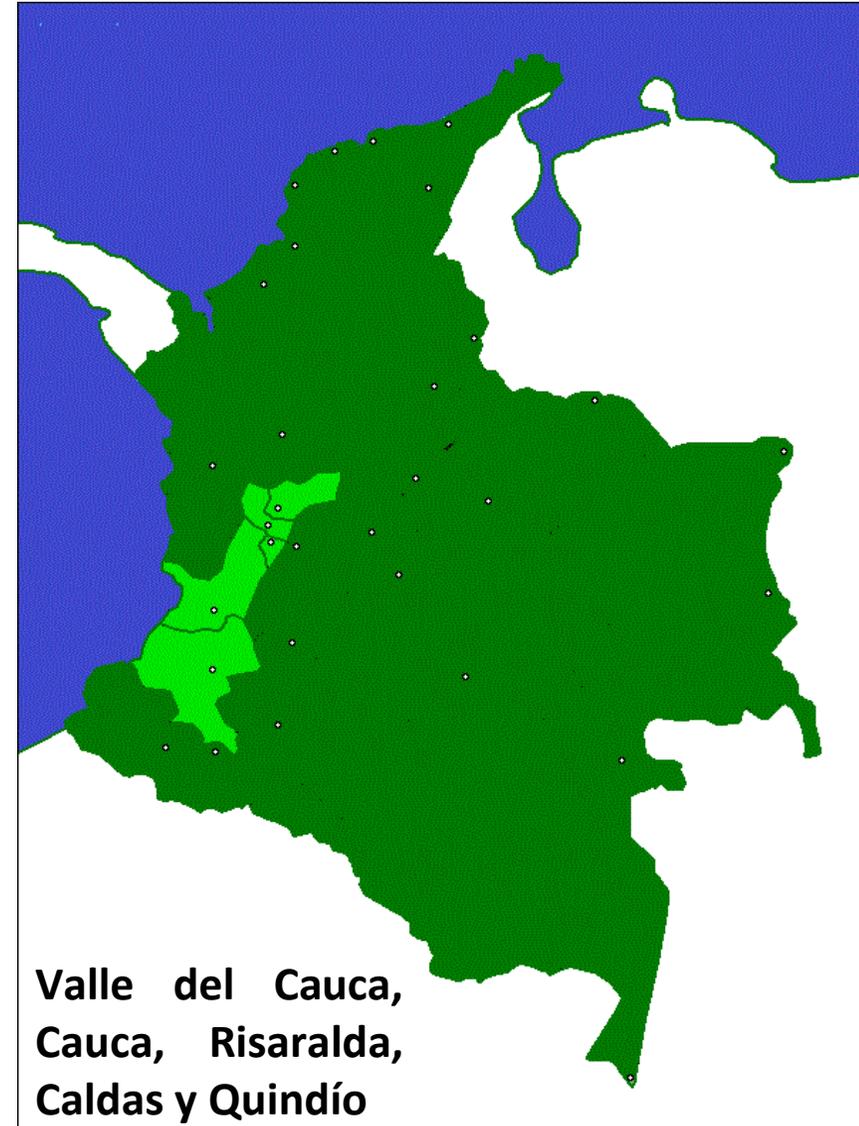
Panorama general sector agroindustrial de la caña de azúcar

Estructura del Cluster

- 14 Ingenios.
- 12 cogeneradores de energía.
- 6 destilerías de alcohol carburante.
- Más de 2.750 proveedores de caña.
- 1 productor de papel (Propal).
- 1 empresa Sucroquímica (Sucroal).
- Más de 40 empresas de alimentos.
- 3 empresas de gaseosas.
- 8 empresas de vinos y licores.
- Más de 50 proveedores especializados.

Impacto Fiscal

Los ingresos tributarios de más de 30 municipios del suroccidente dependen hasta en un 90% de la actividad del Sector.



Sector Agroindustrial Caña de Azúcar

Área sembrada 2017: 243.232 ha



Molienda y Producción 2017



14 Ingenios
12 Cogeneradoras
6 Destilerías Anexas



24.380.831 t Caña / año
366.753 m³ Etanol / año
2.233.831 t Azúcar / año
1.487.160 MWh Gen / año
576.272 MWh Vendita / año

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Programa de Variedades

Obtener variedades expresen su potencial genéticos en ambientes específicos y que mejoren la productividad y rentabilidad de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Programa de Agronomía

Mejorar la productividad, la rentabilidad y la calidad de la caña de azúcar mediante el desarrollo de tecnología requerida para el manejo del cultivo, preservando los recursos naturales.

Programa de Procesos de Fábrica

Contribuir al mejoramiento de los procesos fabriles que se desarrollan en el sector azucarero colombiano siguiendo los principios de la sostenibilidad ambiental, la optimización tecnológica y la rentabilidad económica.

Producción *Azúcar, Etanol Carburante y Energía Eléctrica*



ENERGÍA ELÉCTRICA



PLANTA COGENERACIÓN



BAGAZO



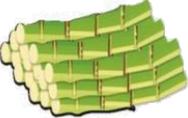
FÁBRICA DE AZÚCAR



AZÚCAR



CAMPO



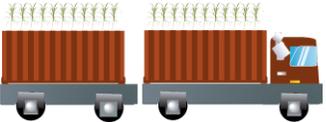
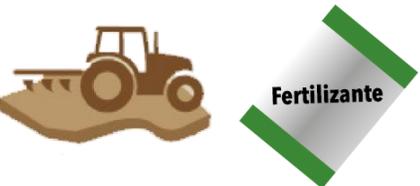
COSECHA



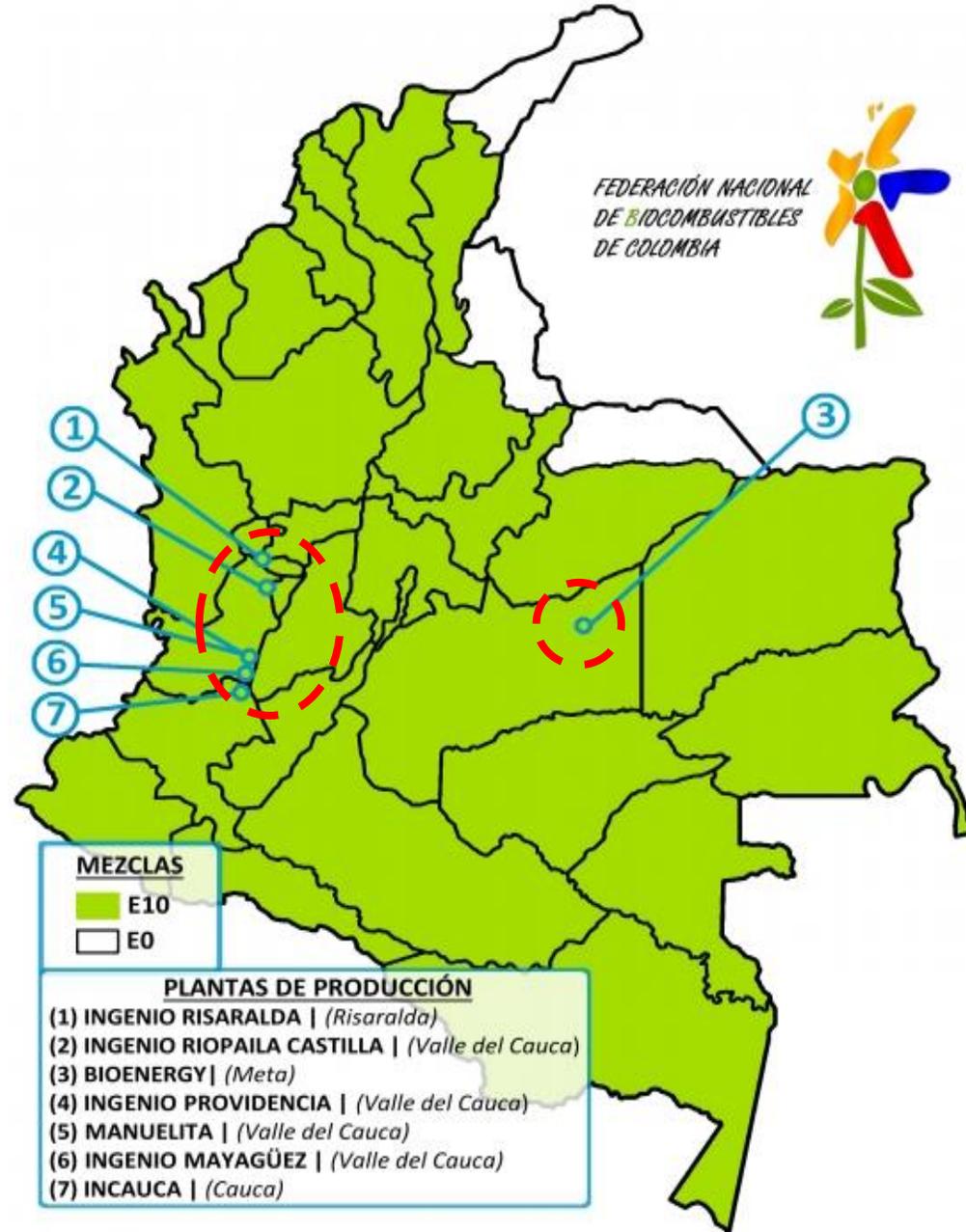
DESTILERÍA



ETANOL CARBURANTE

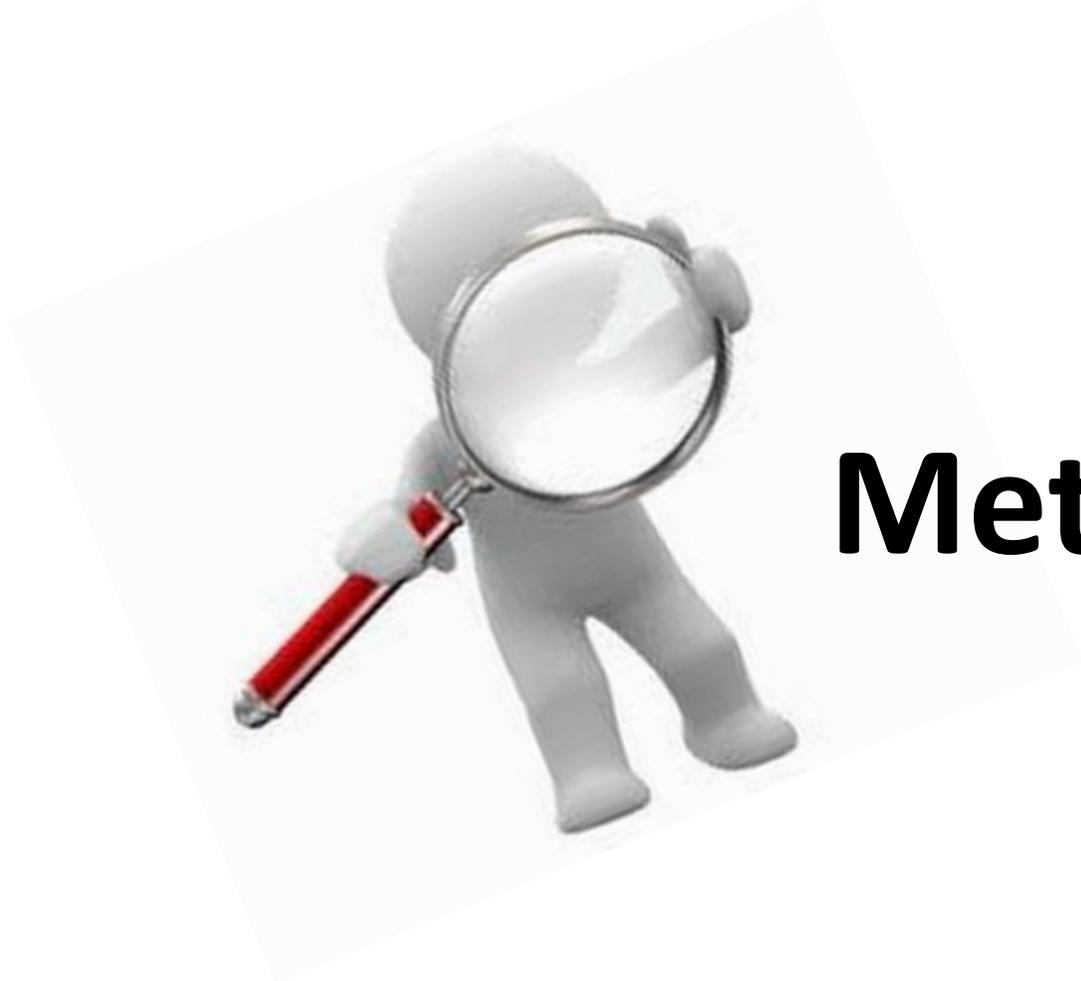


Producción etanol en Colombia



DESTILERÍA	Capacidad Producción 2006 (Litros/día)	Capacidad Producción 2018 (Litros/día)
Incauca	300.000	350.000
Providencia	250.000	300.000
Manuelita	250.000	250.000
Mayagüez	150.000	250.000
Risaralda	100.000	100.000
Riopaila	--	400.000
Bioenergy (Meta)*	--	504.000
Total	1.050.000	2.154.000

Fuente: Fedebiocombustibles y Bioenergy



Metodología

Huella de Carbono – Inventario de GEI

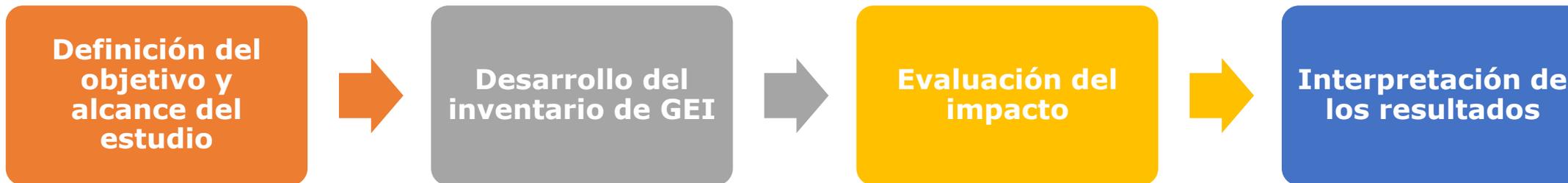
El cálculo de la huella de carbono surge como una herramienta para determinar el impacto ambiental de un producto o servicio en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, desde la producción hasta su disposición final.

Mediante el cálculo de la huella de carbono se pueden identificar puntos o procesos críticos que requieran mejoras o rediseños, para disminuir el impacto ambiental.

NTC/ISO 14064-1: “Especificación con orientación a nivel a las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de Gases de Efecto Invernadero”.



Metodología para desarrollar Inventario de GEI



- Enfoque
- Límites del sistema
- Unidad funcional

- Creación de formularios
- Recolección de datos definidos

A partir de los datos recolectados evaluar los potenciales impactos ambientales

Se interpretan los resultados obtenidos enmarcados en los objetivos y el alcance planteados inicialmente

Software especializado (SimaPro-Hoja de Cálculo)
Kg CO_{2eq} / m³ Alcohol

$$CO_{2,e} = CO_2 + 30.5 \cdot CH_4 + 265 \cdot N_2O + 23507 SF_6 + 11700 HFCs + 9200 CFCs$$

*GEI del Protocolo de Kyoto
IPCC GWP 2013 100a*

Factores de Emisión

Entes de orden gubernamental nacional



Bases de datos



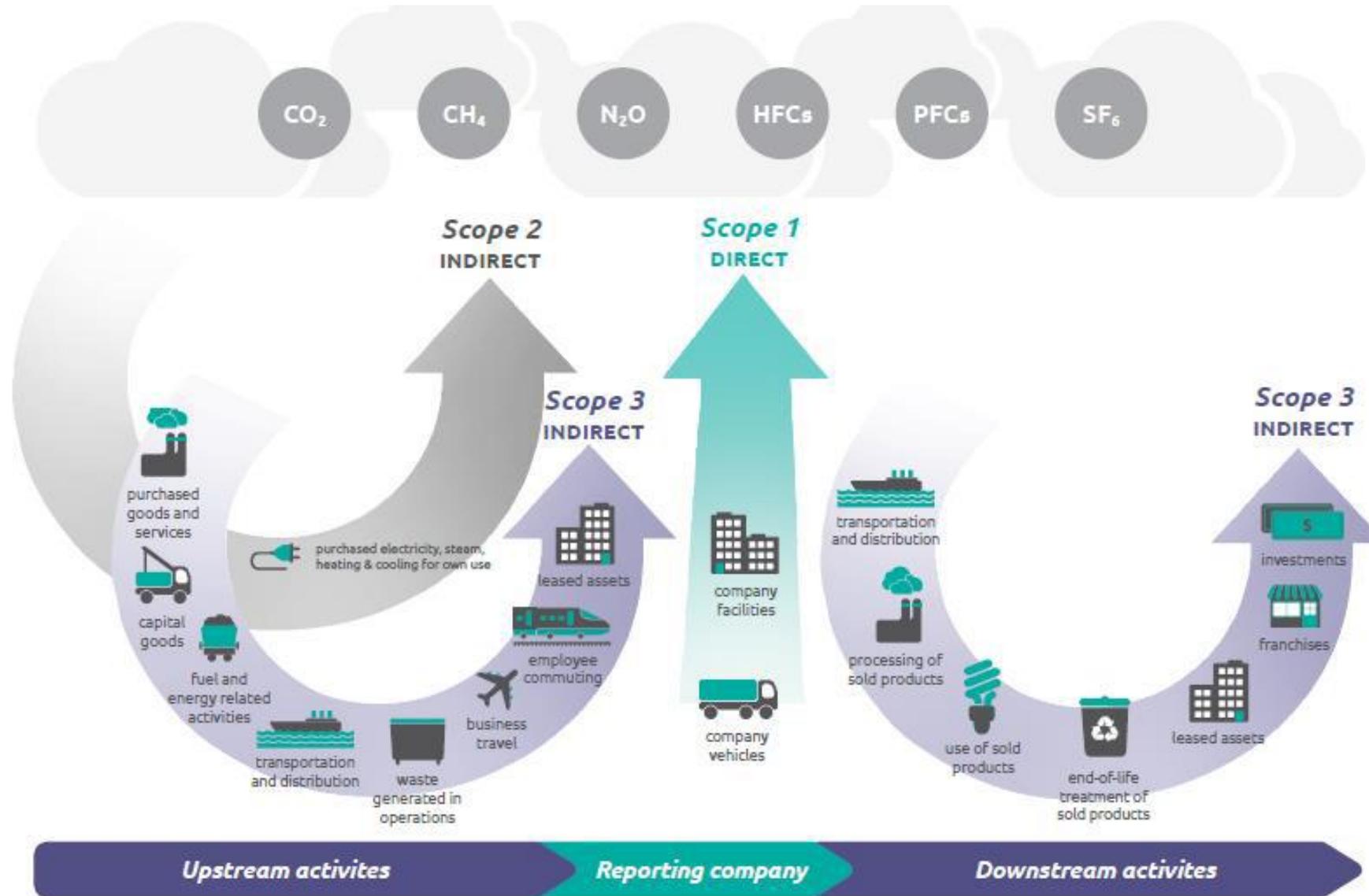
Entes de orden gubernamental internacional



Entes intergubernamentales



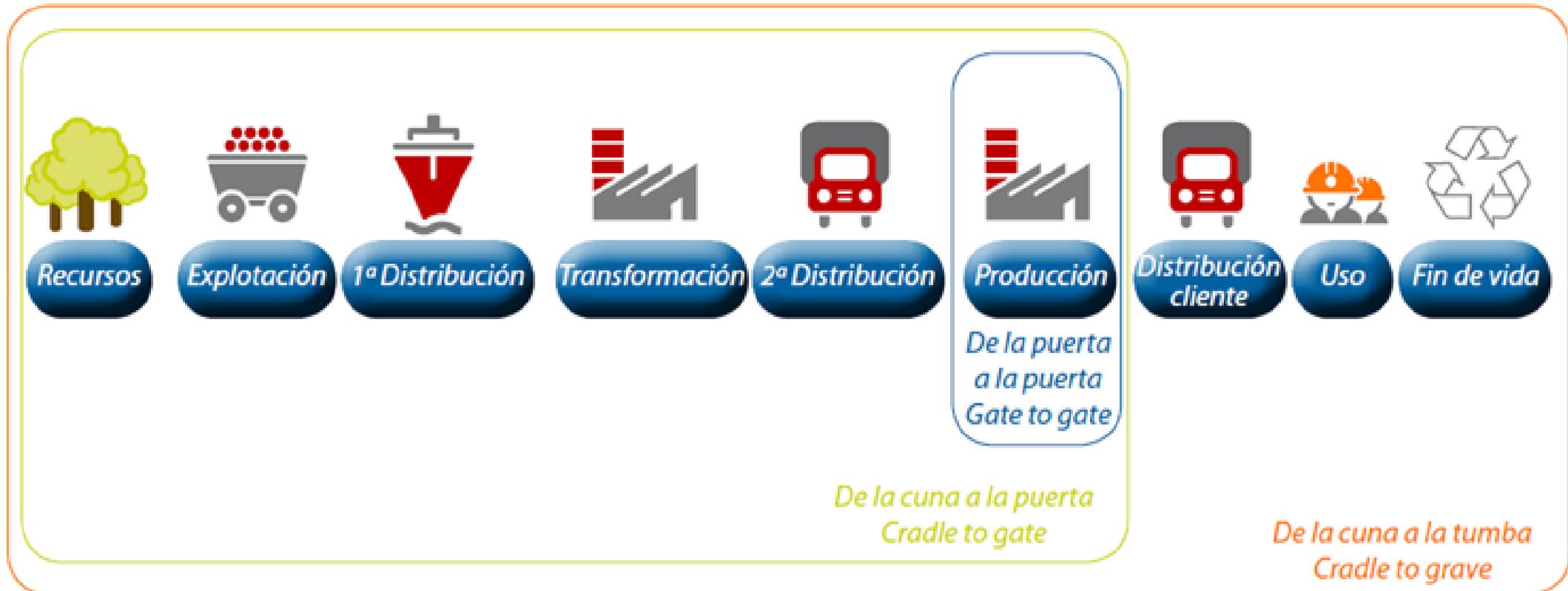
Límites Operativos



Fuente: GHG PROTOCOL

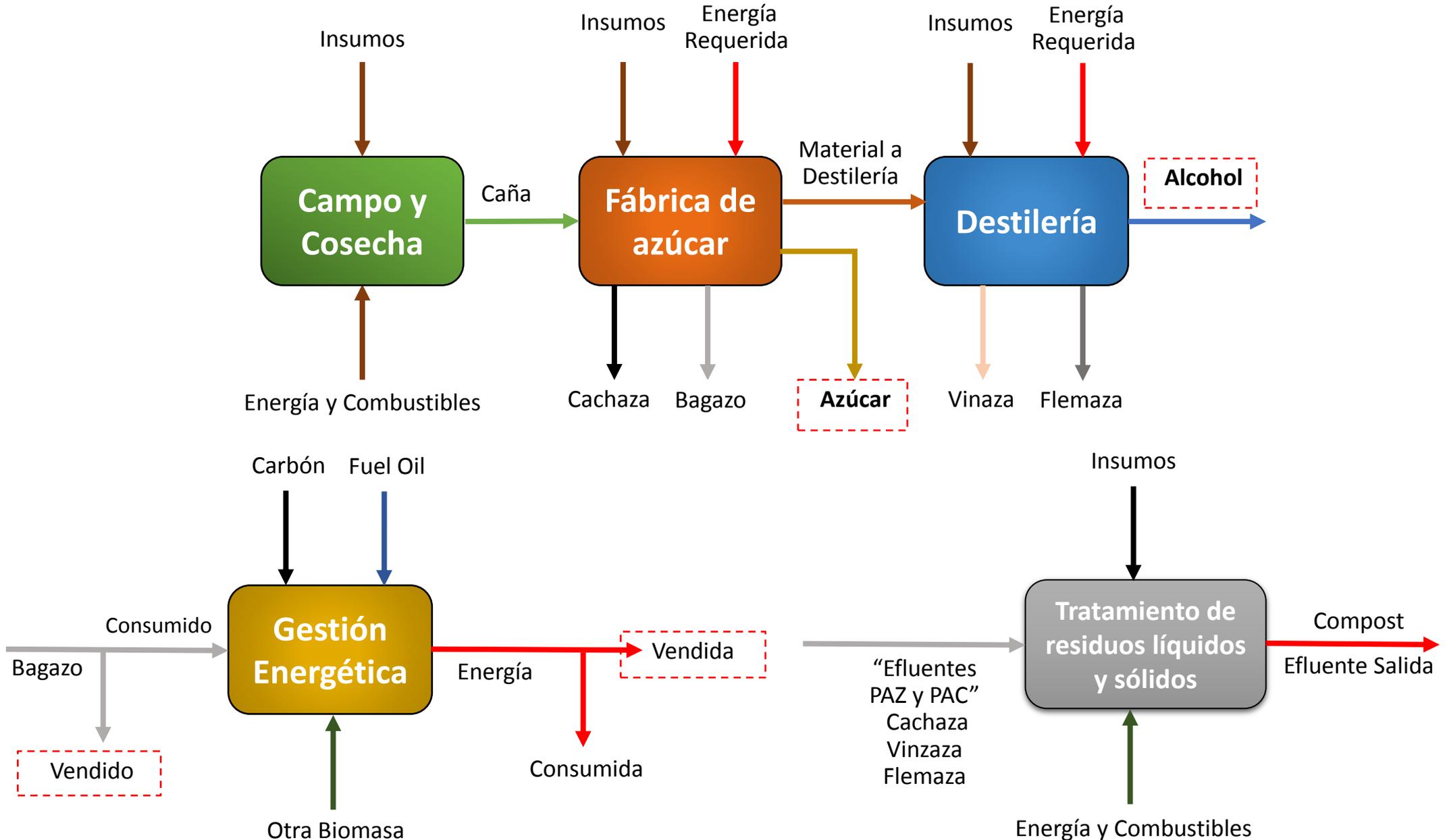
Enfoque Inventario de GEI

Siembra de caña hasta despacho de azúcar y etanol +
Transporte al distribuidor



Fuente: AVC

Límites de la organización



Herramienta para el cálculo del inventario de GEI

Se consolidó y adoptó una herramienta en Excel para la construcción del inventario de GEI de la organización y el cálculo de la huella de carbono del Etanol Carburante siguiendo los lineamientos de la ISO 14064-1. La herramienta cuenta con ocho libros de cálculo.

Libros de Cálculo

Campo

Cosecha

Fábrica de Azúcar

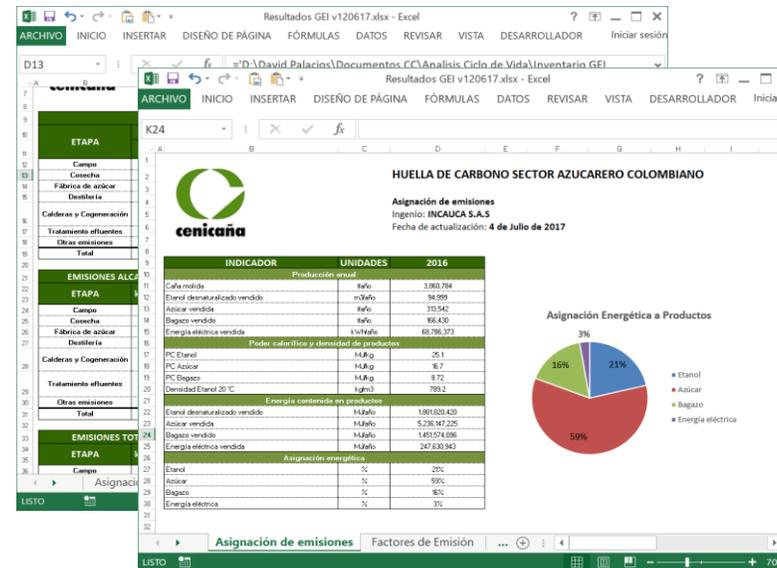
Destilería

Calderas y Cogeneración

Tratamiento de residuos líquidos y sólidos

Otras emisiones

Resultados GEI



Sustainable Solutions

México

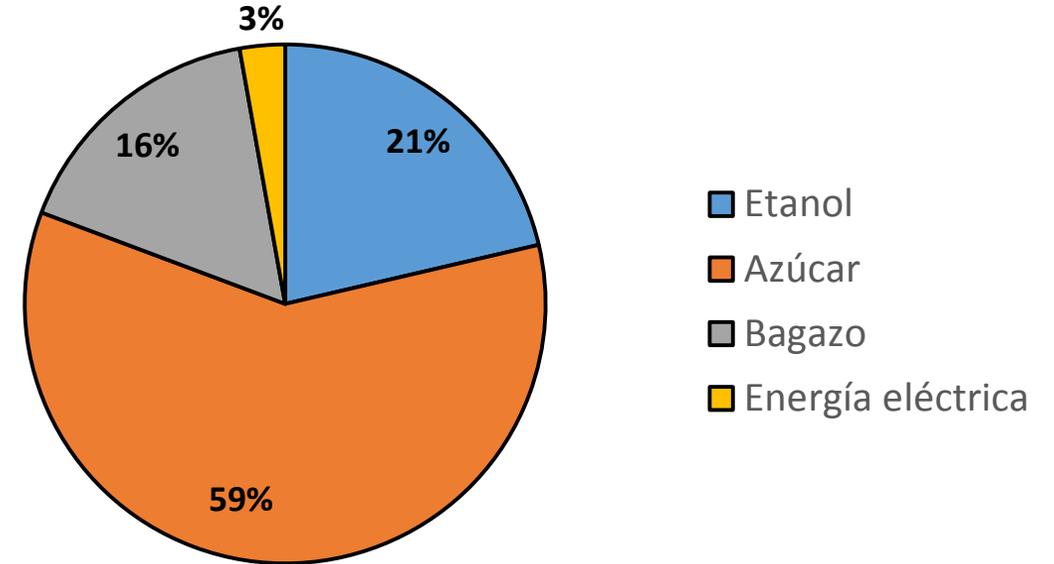
Datos recopilados y asignación a productos

La octava hoja de cálculo recopila las emisiones de GEI para determinar la huella de carbono de los productos.

Datos de Actividad Recopilados

Combustibles
Insumos
Gases refrigerantes
Lubricantes
SF ₆ en interruptores eléctricos
Viajes en avión
Emisiones de metano en tratamiento de residuos
Transporte de insumos

Asignación Energética a Productos*



% Asignación Etanol =

$$\frac{\text{Poder Calorífico Etanol} \times \text{Cantidad Etanol}}{\sum_{i=1}^4 \text{Poder Calorífico Producto}_i \times \text{Cantidad Producto}_i}$$

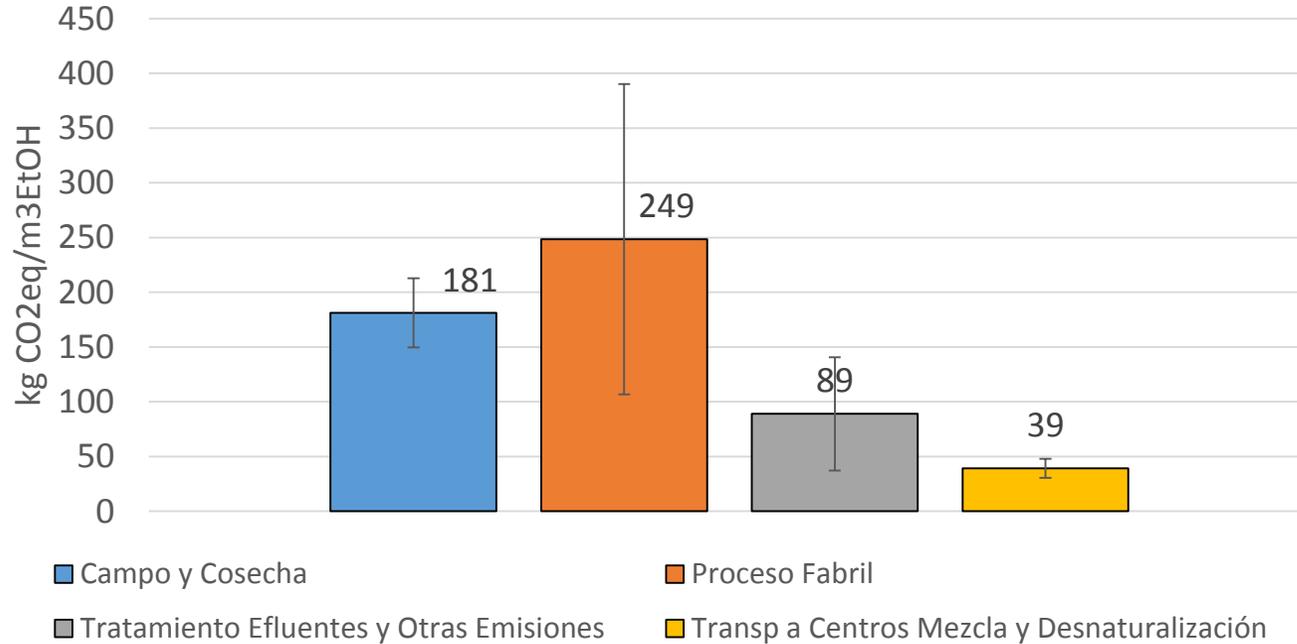
* Los porcentajes varían para cada ingenio

Estimación de Emisiones de GEI

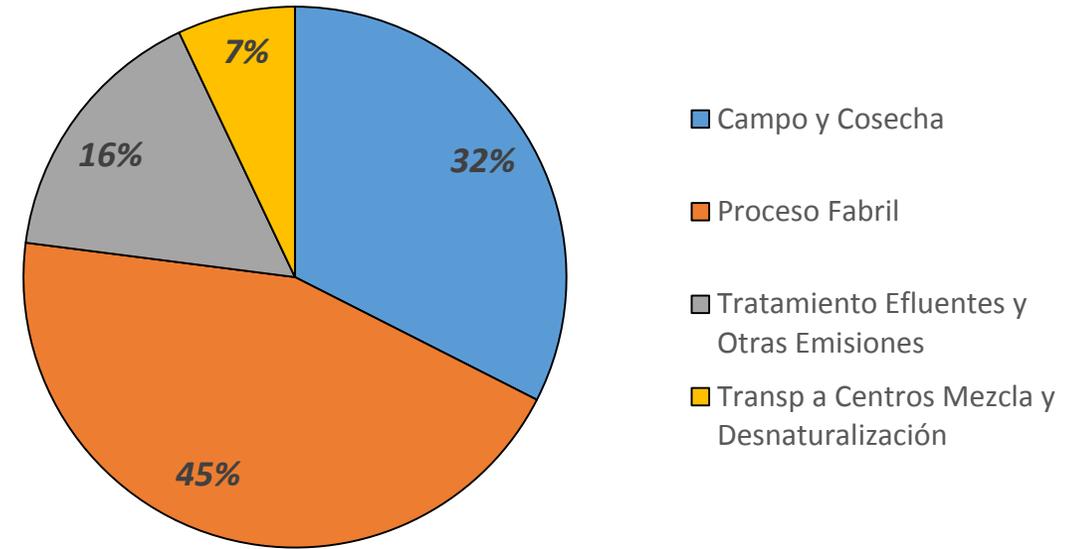
Promedios ponderados 6 ingenios duales

Huella de carbono del etanol anhidro combustible

Huella de Carbono Etanol Anhidro Combustible



Huella de Carbono Etanol Anhidro Combustible



kgCO ₂ eq/m ³ EtOH	Promedio Ponderado	Máximo	Mínimo
2016	551	673	439
2017	558	694	394

****Promedios ponderados para datos de 6 ingenios duales***

El etanol carburante es el primer producto al que se le regulan sus emisiones de GEI en Colombia.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) teniendo en cuenta los compromisos de Colombia en el acuerdo de París expidió la **Resolución 1962 de 2017**:

“Por la cual se expide el límite del indicador de cociente del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado y se adoptan otras disposiciones”.

- *El sector agroindustrial de la caña es el primero en reportar oficialmente el inventario de GEI al estado colombiano.*

Límites establecidos en Resolución 1962 de 2017

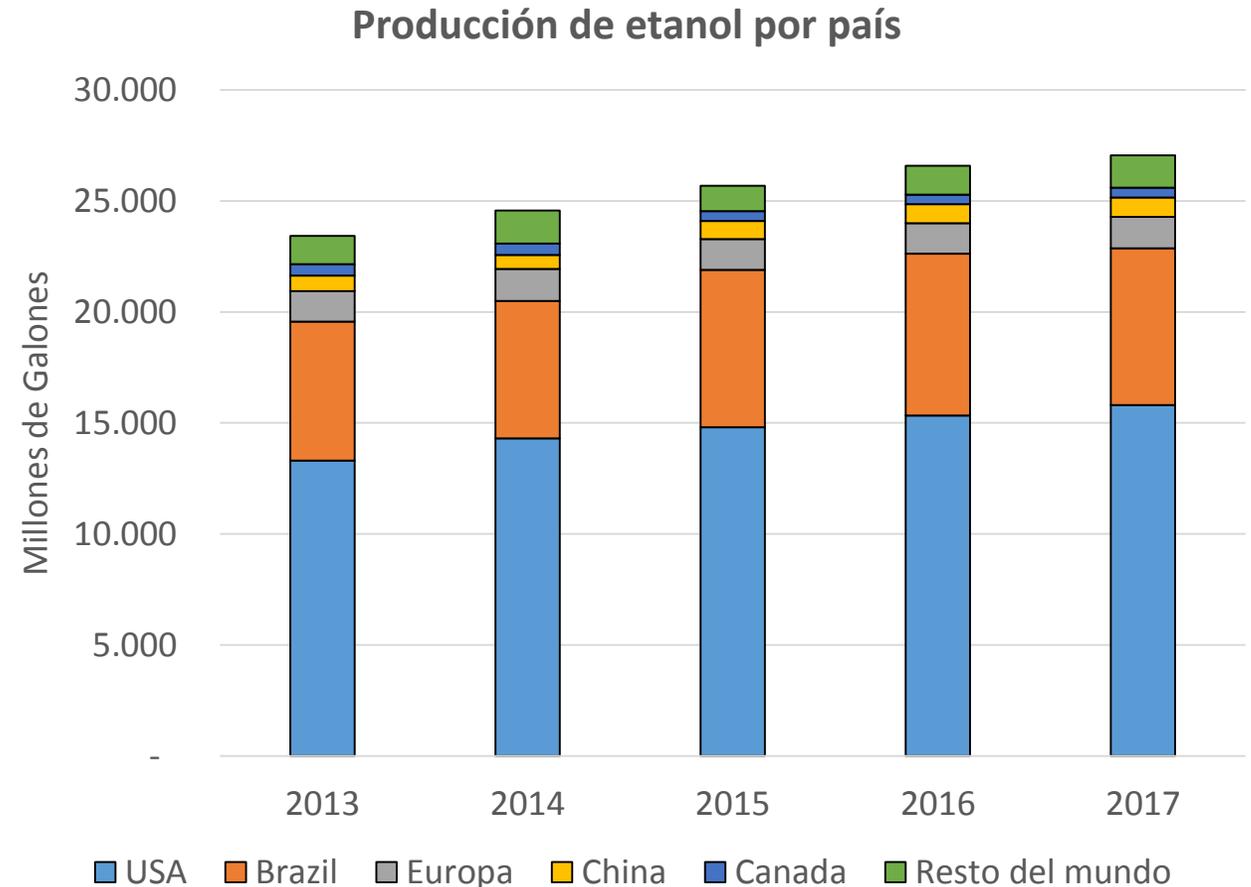
kgCO _{2eq} /m ³ Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado						
Año	Año Base	2017	2018	2019	2020	2021
Límite	962	924	889	853	817	780

Inventario de GEI Etanol Anhidro Combustible

kgCO _{2eq} /m ³ EtOH	Promedio Ponderado	Máximo	Mínimo	Límite 2021
2016	551	673	439	780
2017	558	694	394	

Producción etanol en el mundo

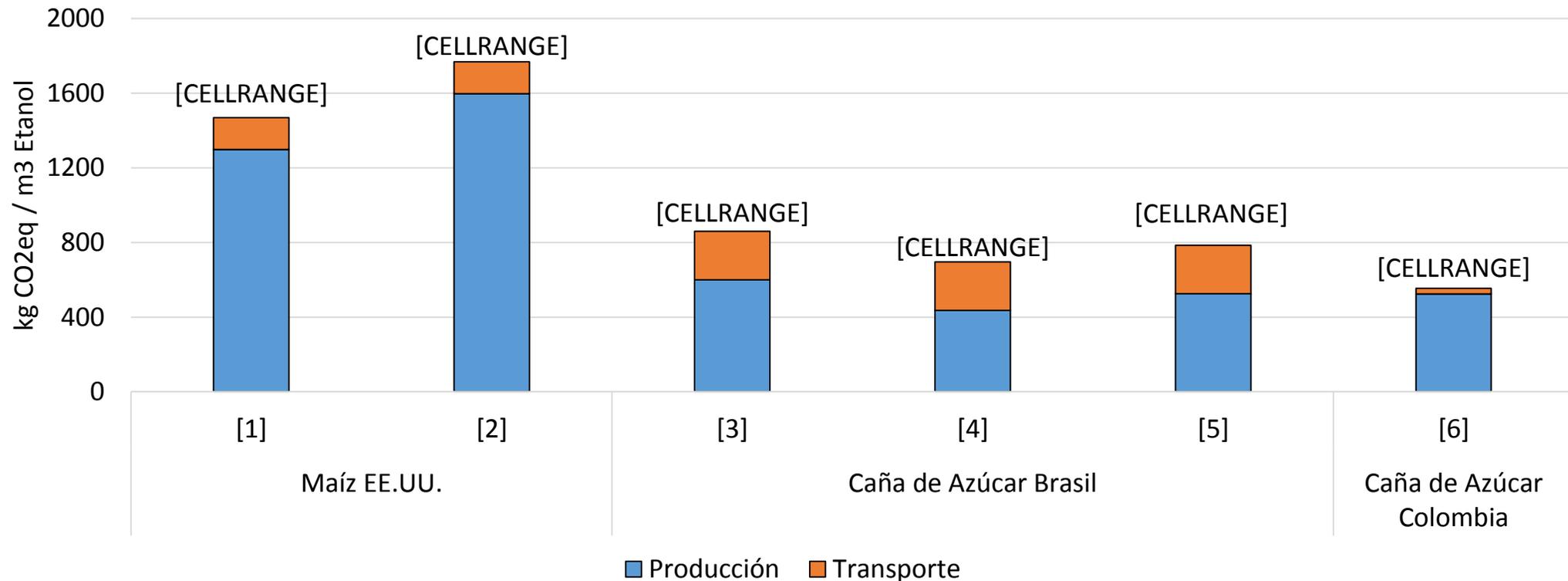
- Aumento en la demanda de combustibles y sustitución de combustibles fósiles.
- **Reducción de la emisión de GEI**
- Aumento mundial en la producción de Biocombustibles.
- Mayores productores:
 - EE.UU. (Maíz) y Brasil (Caña)
- Colombia produce el 0.36% del etanol mundial.



Fuentes: www.afdc.energy.gov/data/
www.ethanolrfa.org

Comparativo de emisiones alcohol anhidro combustible

Emisiones de la cuna a la puerta de cada planta
(no incluye transporte ni desnaturalización)



[1] Mueller & Unnash, 2016; [2] Alverson, 2013; [3] Galdos, Cavalett, Seabra, Nogueira, & Bonomi, 2013; [4] Macedo, Seabra, & Silva, 2008; [5] Ecoinvent 3, 2016; [6] Emisiones GEI Etanol Colombia 2016

Transporte desde Sao Paulo (Brasil) y Mineapolis (USA) hasta Bogotá

Estrategias y acciones para la disminución de las emisiones de GEI

Estrategias y acciones para la reducción de las emisiones de GEI



- Disminuir la aplicación de insumos en campo:
 - Desarrollo de variedades con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno.
 - El manejo de enfermedades y plagas del cultivo se basa principalmente en el control biológico, desarrollo de variedades con resistencia genética, el uso de semilla sana y el uso de mejores prácticas durante el desarrollo del cultivo.
 - Desarrollo del sistema experto de fertilización: Optimización de aplicación de nutrimentos basado en los requerimientos específicos del cultivo (agricultura específica por sitio).



Estrategias y acciones para la reducción de las emisiones de GEI



- Incrementar la eficiencia en el uso de combustibles fósiles en campo y cosecha:
 - Desarrollo de investigaciones para minimizar la cantidad de horas de laboreo en campo, disminuyendo el número de labores.
 - Con apoyo de Cenicaña, se ha implementado la utilización de vagones de mínimo peso, disminuyendo así en un 5% el consumo de combustible en el transporte de la caña.



Estrategias y acciones para la reducción de las emisiones de GEI



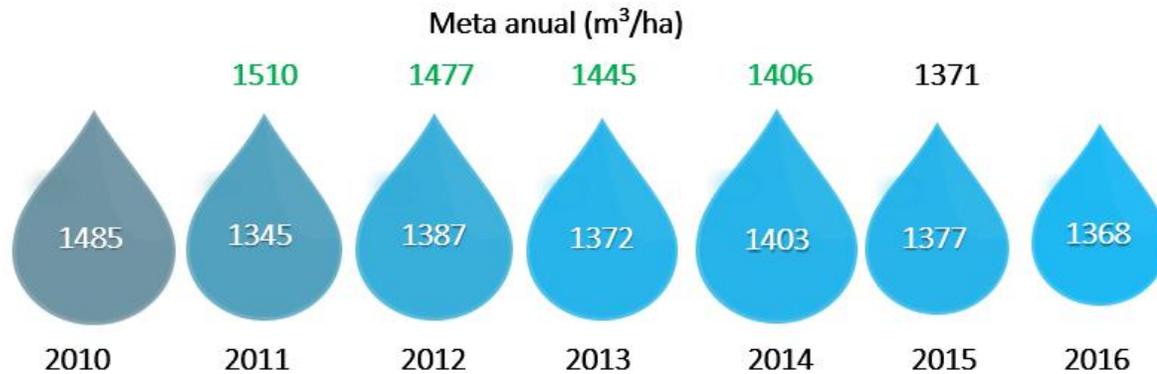
- Incrementar la eficiencia en la generación y uso de energía térmica y eléctrica.
- Mayor aprovechamiento de biomasa en las calderas como fuente de combustible:
 - Investigaciones en curso para el aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha (RAC).



Estrategias y acciones para la reducción de las emisiones de GEI

- Cenicaña en conjunto con los ingenios y con el apoyo de la mesa del agua (campo y fábrica). Ha desarrollado tecnologías y estrategias de operación para la disminución del consumo de agua tanto en campo como en fábrica.

Consumo de agua en la fuente por evento de riego por gravedad (m³/ha/evento)



Indicador de captación – Fábricas de azúcar (m³/t caña)



- Disminución en consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles para bombeo.
- Disminución del efluente final a tratar en las fábricas.

Desde el año 2014, los ingenios han dejado de captar **9'724.346 m³** de fuentes superficiales y subterráneas de agua.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló y validó la metodología para el cálculo del inventario de GEI y la huella de carbono de sus productos.
- Las emisiones del etanol anhidro combustible, producido por el sector agroindustrial de la caña de azúcar de Colombia, están dentro de los límites establecidos por la autoridad ambiental.
- El sector de la caña de azúcar de Colombia está implementando estrategias para la reducción de las emisiones de GEI y así aportar a la meta propuesta por Colombia.



Agradecimientos

A los ingenios y cultivadores de la agroindustria de la caña de azúcar de Colombia, por su aporte en el desarrollo de las herramientas orientadas a la sostenibilidad.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

www.cenicana.org