



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

LUBRICANTES Y COMBUSTIBLES

Unidad 2: Biocombustibles



Ing. Christian Ismael Montaleza Guamán, M.Sc.



OBJETIVO DE LA UNIDAD



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

- ❑ Comprender los conceptos fundamentales de los biocombustibles, sus tipos, procesos de producción, ventajas y desafíos en comparación con los combustibles tradicionales.

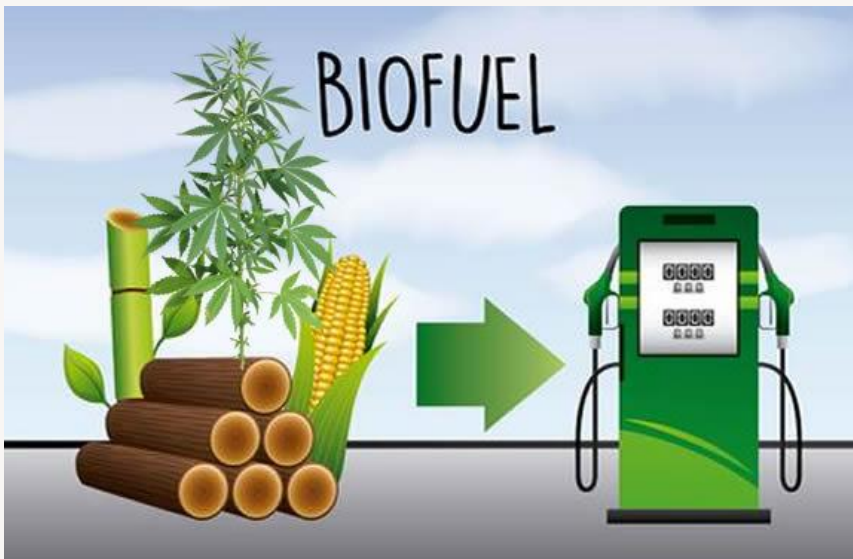


CONTENIDO UNIDAD 1

- 2.1 Tipos de biocombustibles.
- 2.2 Biodiésel.
- 2.3 Bioetanol.
- 2.4 Biogás.
- 2.5 Densidad.
- 2.6 Viscosidad.
- 2.7 Ppm de minerales contaminantes
- 2.8 Normativa y estándares (ISO, ASTM, INEN)

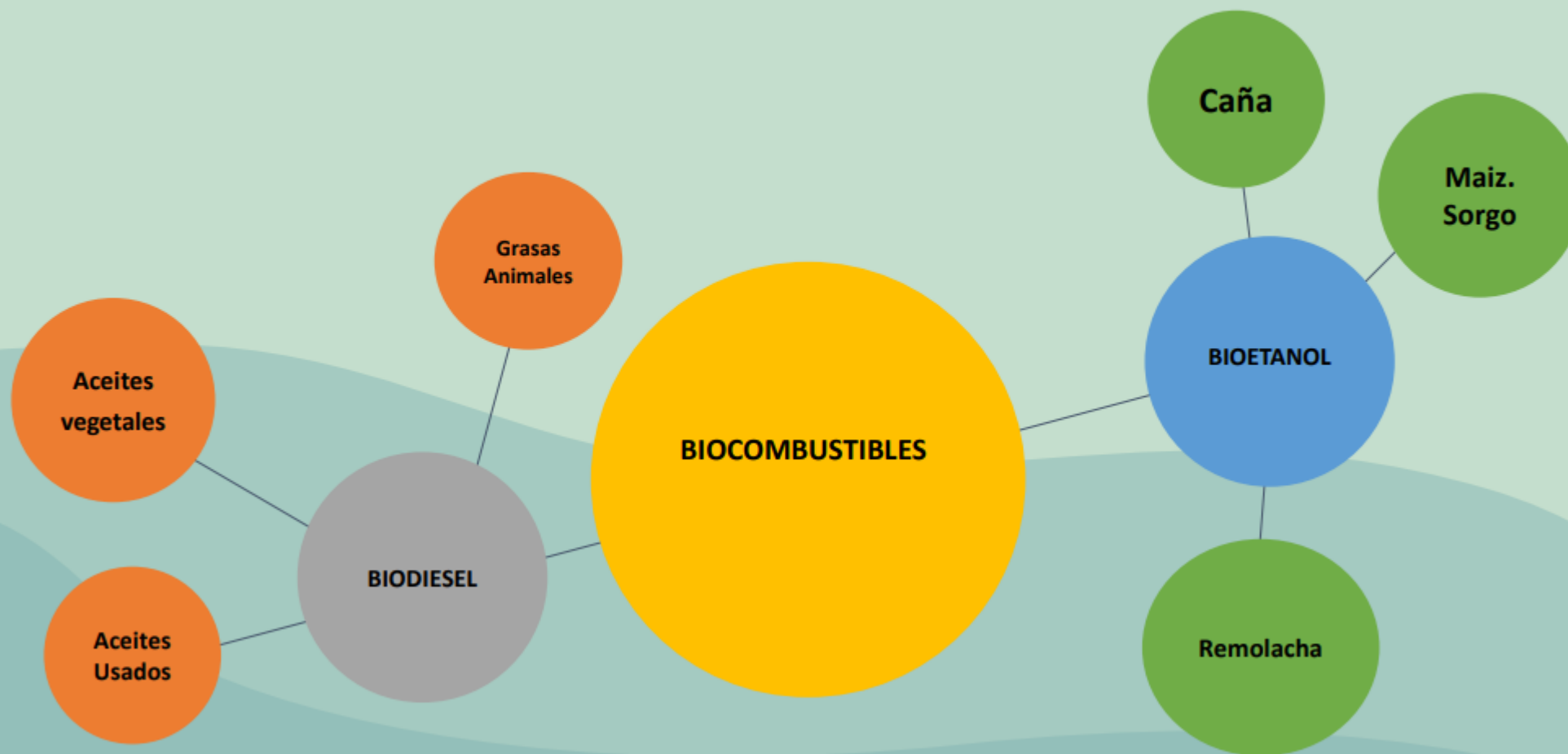
2.1 Tipos de biocombustibles

Los **biocombustibles** son combustibles líquidos, gaseosos o sólidos producidos a partir de **materia orgánica renovable**, como plantas, residuos agrícolas, forestales o urbanos. A diferencia de los combustibles fósiles, los biocombustibles contribuyen a **reducir las emisiones netas de CO₂** y promueven la **independencia energética** de los países.





Biocombustibles





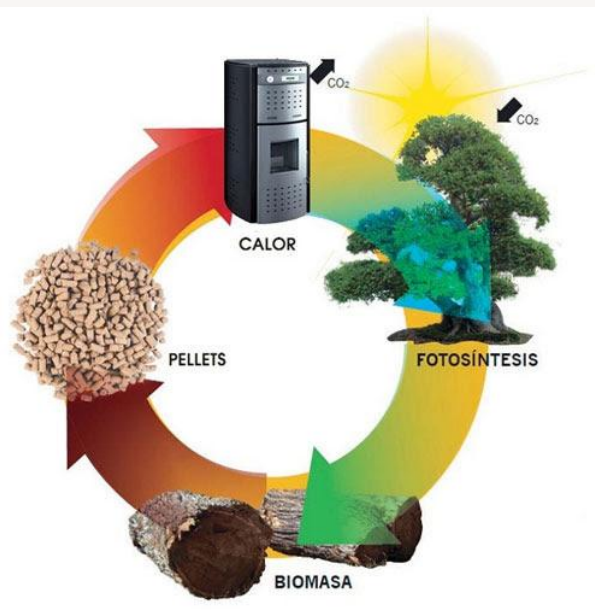
TRANSFORMACIONES FÍSICAS O QUÍMICAS



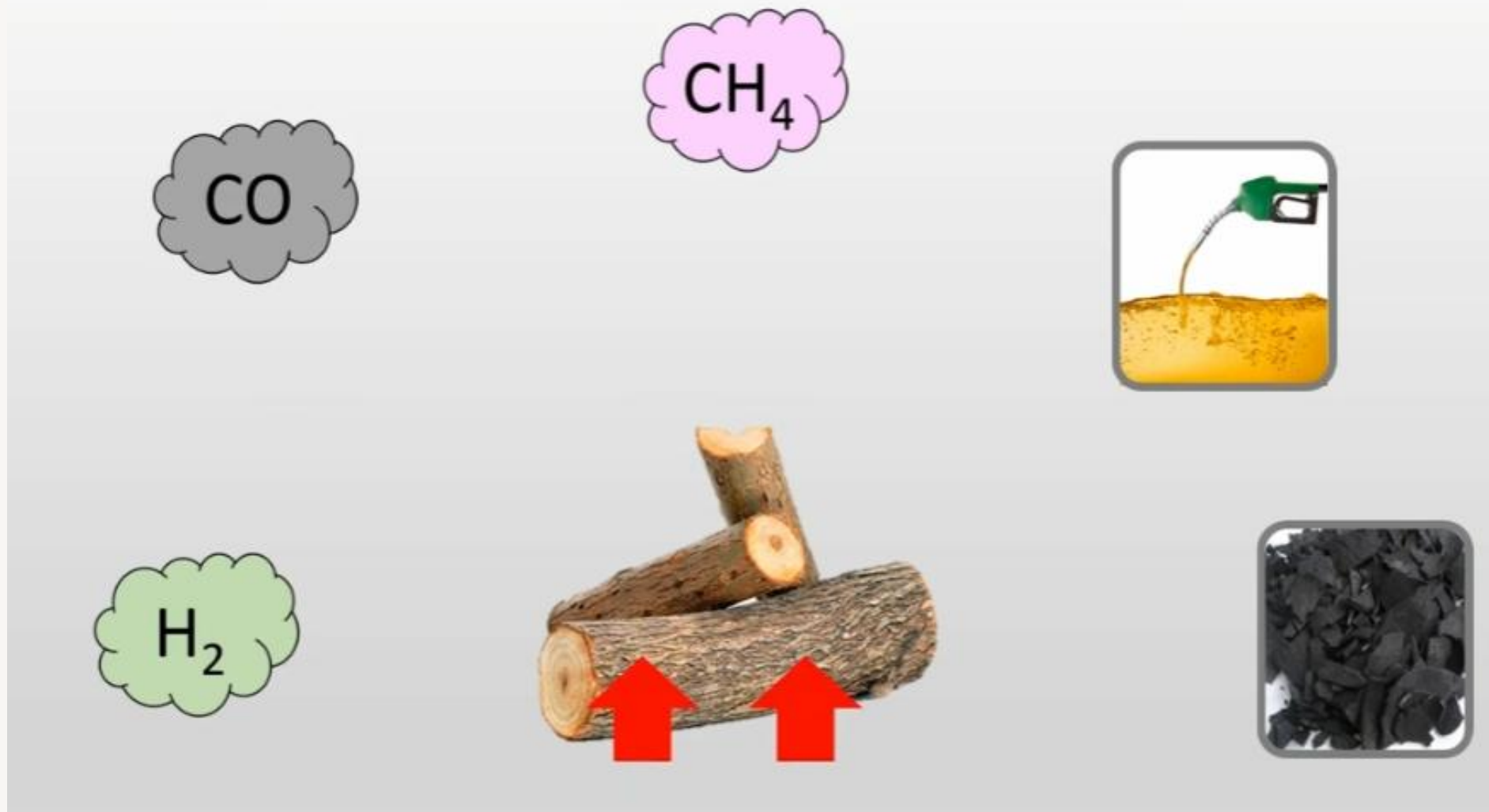
BIOMASA



BIOCOMBUSTIBLE



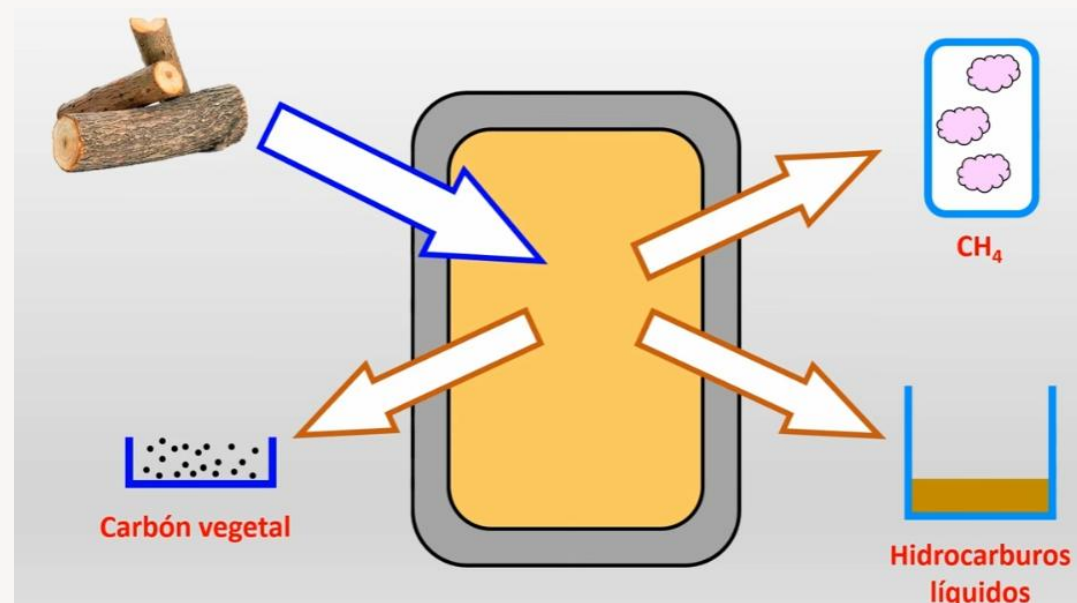
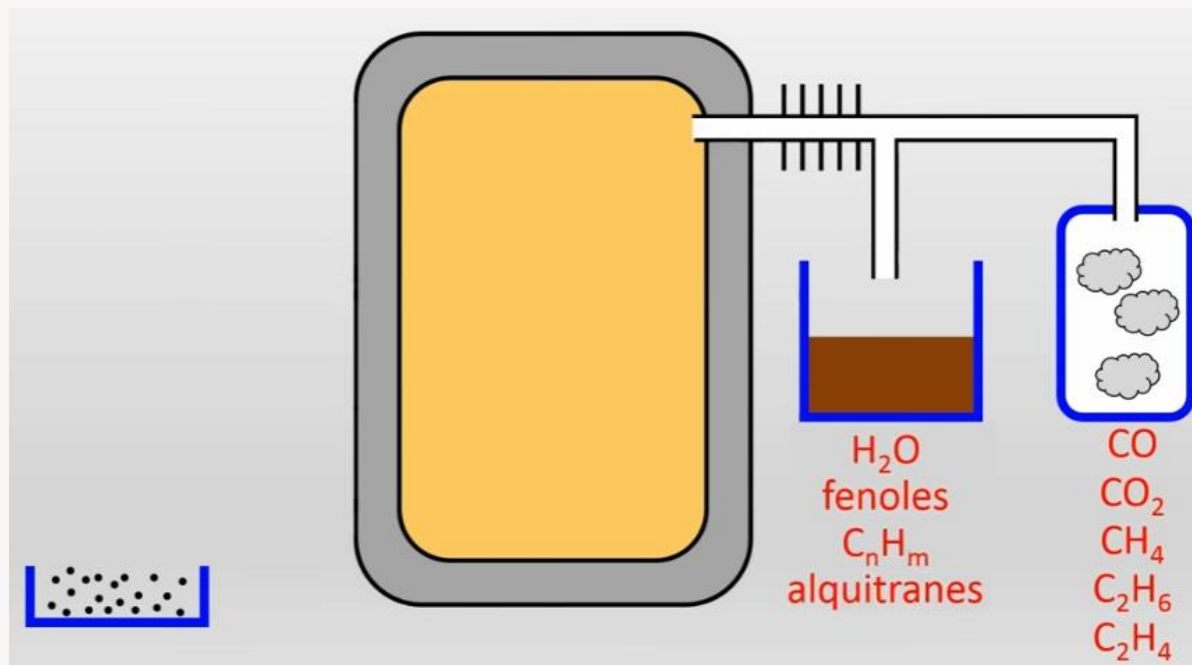
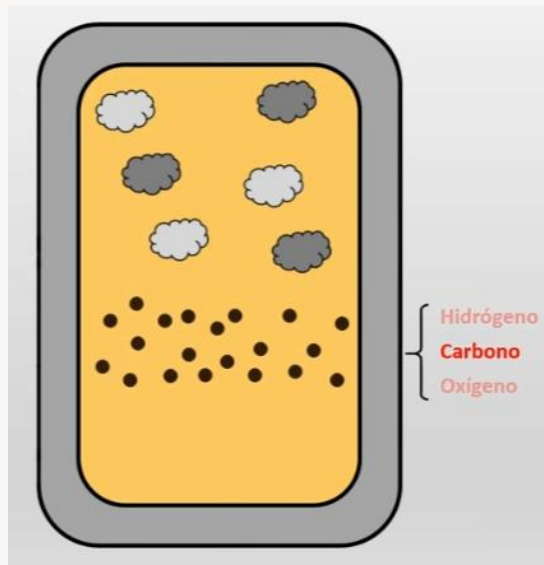
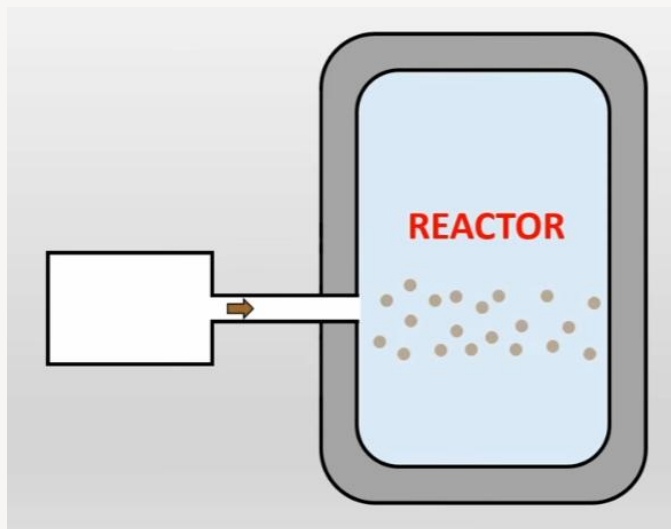
La **biomasa** es toda materia orgánica de origen vegetal o animal que puede ser transformada para obtener energía renovable.



PILORIS



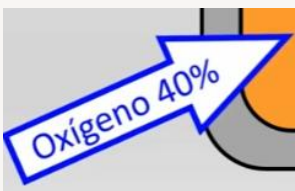
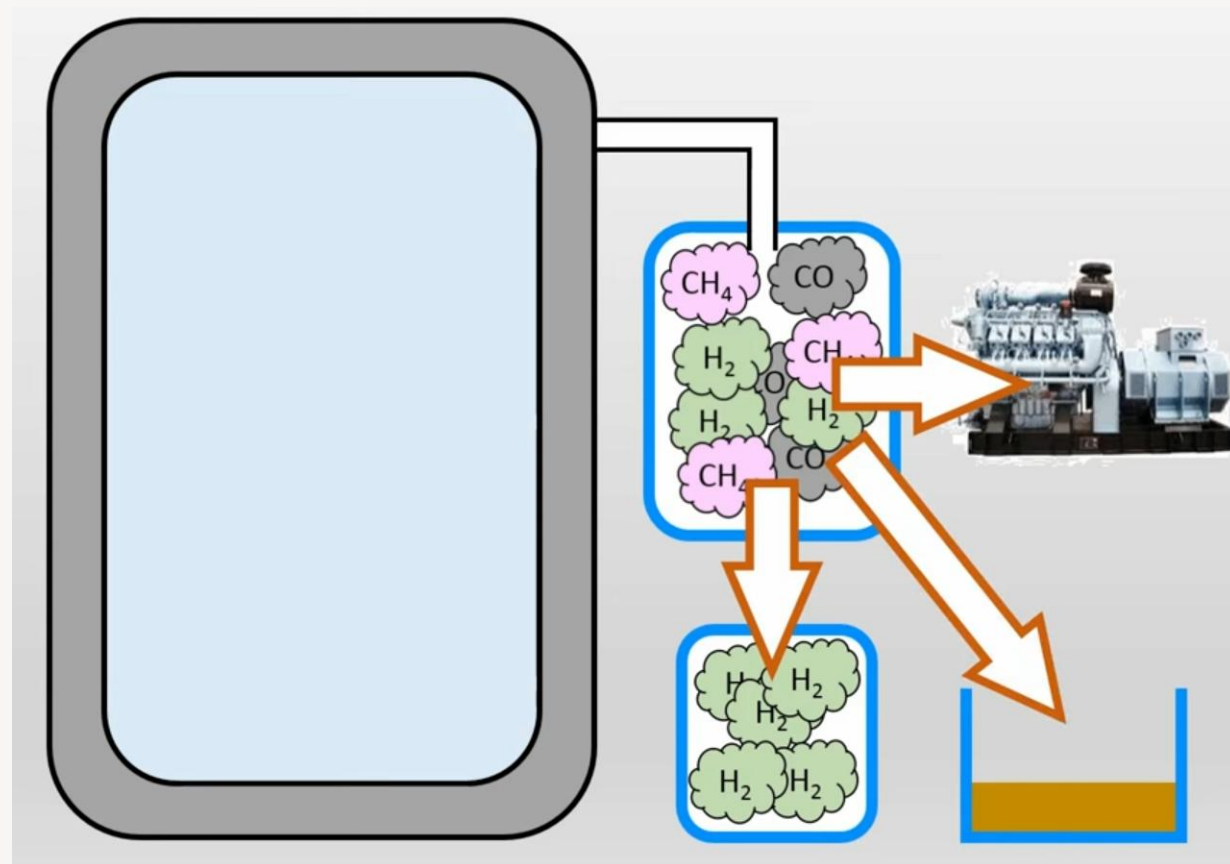
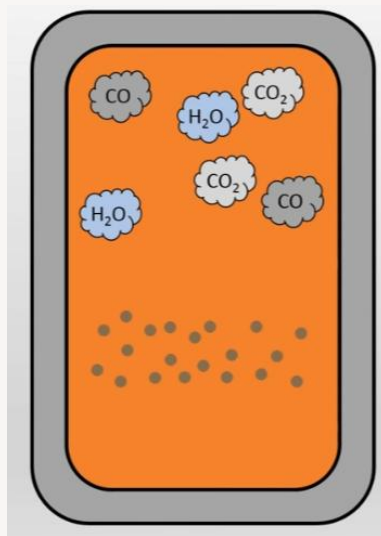
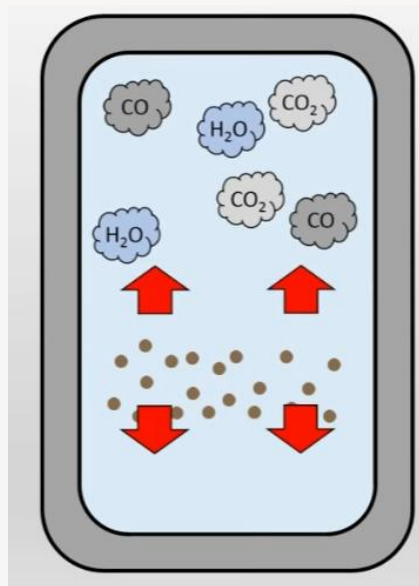
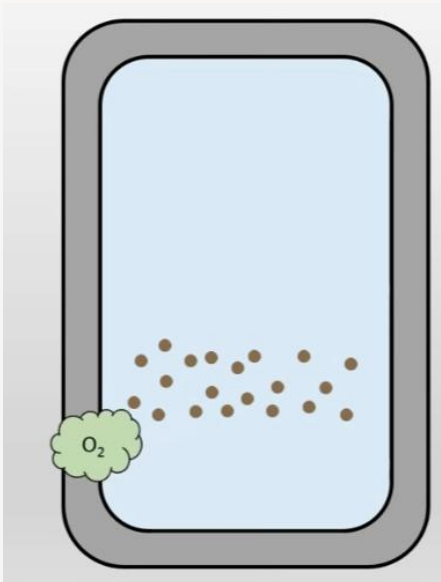
INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO



GASIFICACIÓN

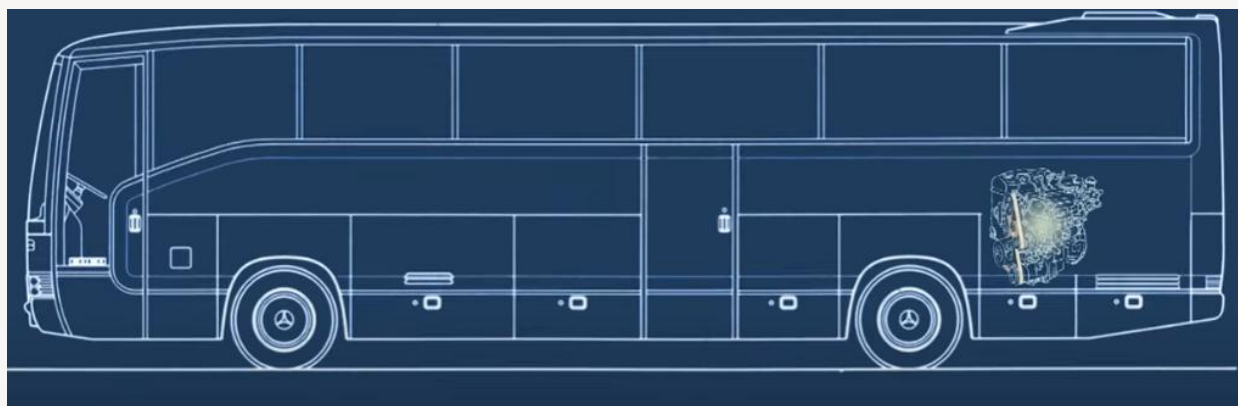
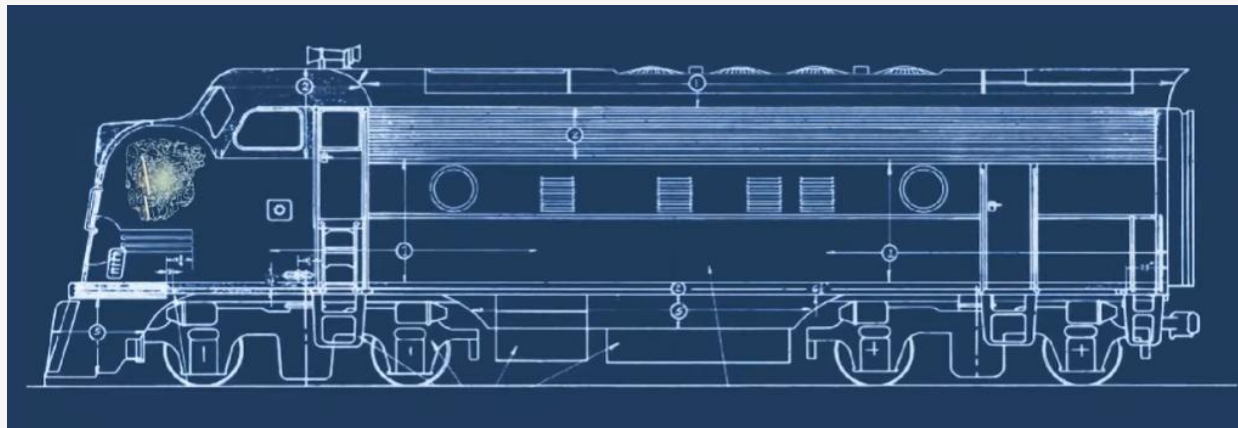


INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO



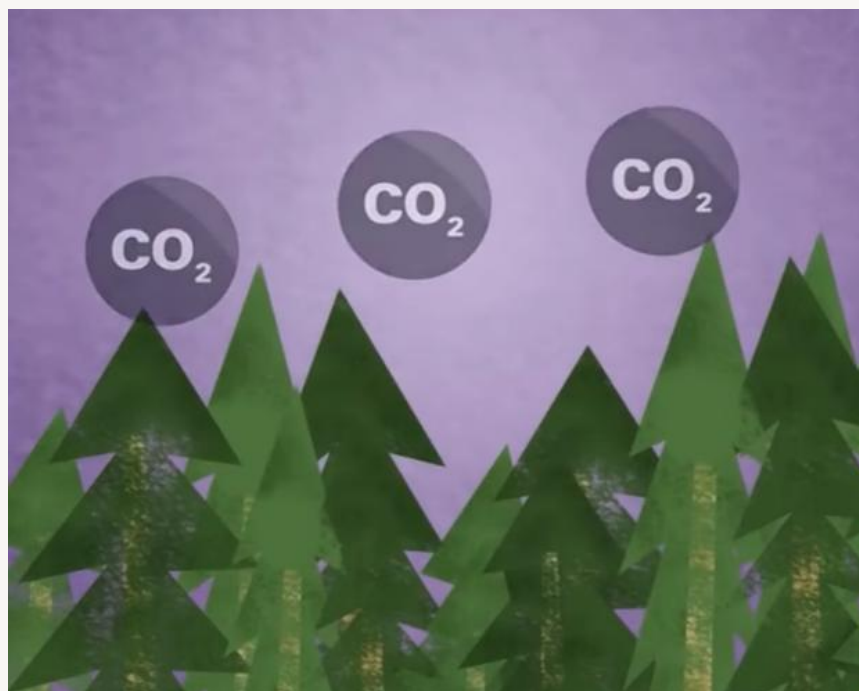
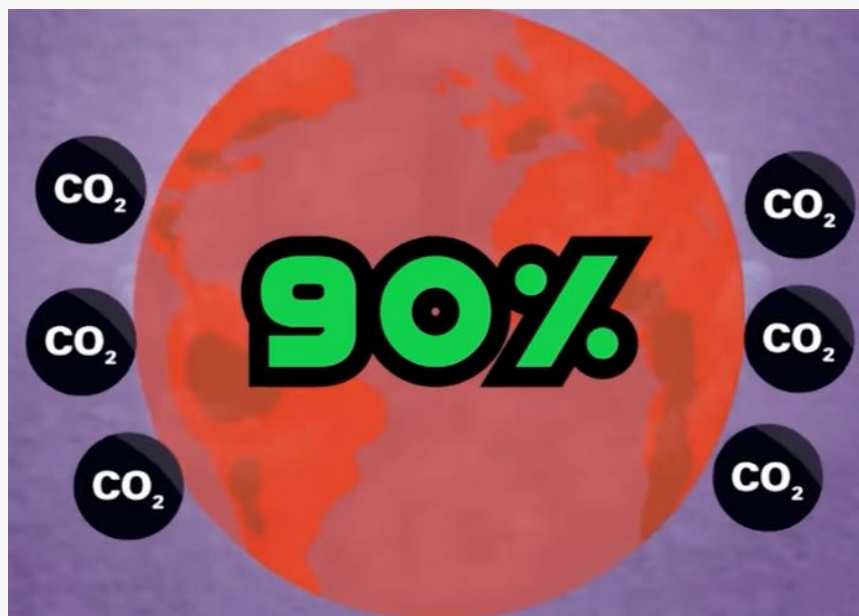


¿En que vehículo se puede usar el biocombustible?





CO_2



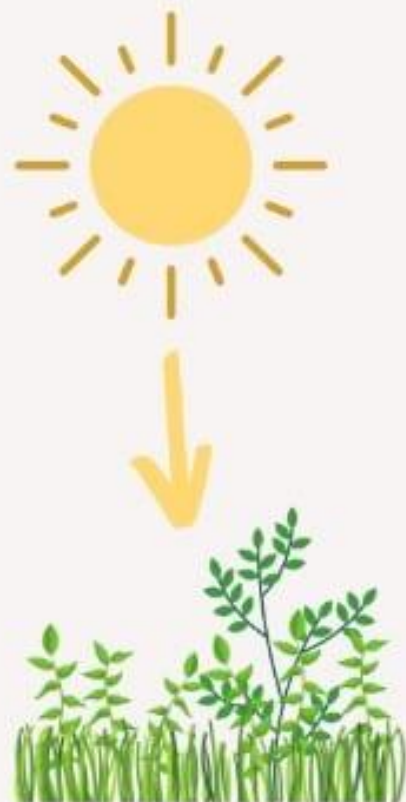
Clasificación general de biocombustibles

Los biocombustibles se clasifican según su **origen y proceso de producción** en **tres generaciones principales**, y actualmente se estudia una **cuarta generación** de desarrollo tecnológico avanzado.

Tipos de Biocombustibles	Materia prima	Ventajas	Desventajas
Primera generación	Cultivos alimentarios	- Costo eficiente - Simplicidad y solidez del proceso - No requiere pre-tratamientos	- Conflictos alimentos vs combustible - Alta demanda de superficie de tierra y agua
Segunda generación	Residuos	- Valorización de residuos - Economía circular - No hay conflicto alimentos vs combustible	- Pre-tratamientos costosos - Procesos más complejos que 1ra generación - Recolección de residuos
Tercera generación	Algas	- Captura directa de CO2 - No se utiliza suelo/agua - No hay conflicto alimentos vs combustible	Altos costos de refinamiento de combustible para su comercialización



Cuarta Generación	Ingeniería genética con captura directa de carbono
-------------------	--



Cultivos y proveedores
de materias primas



Biorrefinerías y plantas
de procesamiento



Centros de distribución



Mercados





INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

TEST DE BIOCOMBUSTIBLES

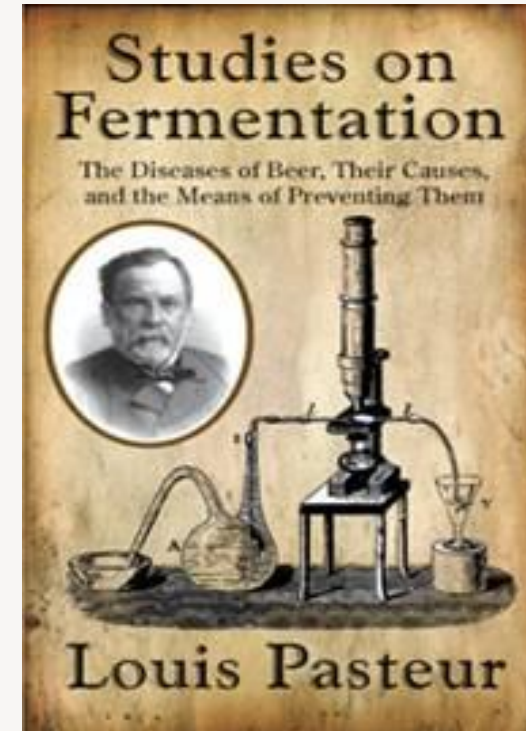
<https://www.youtube.com/watch?v=-G7uFG8PO44>

2.2 Bioetanol

Desde la antigüedad se obtenía el etanol por fermentación anaeróbica de una disolución con contenido en azúcares con levadura



Este proceso se denomina fermentación alcohólica y fue descubierto y descrito por Pasteur en 1856



La fermentación alcohólica

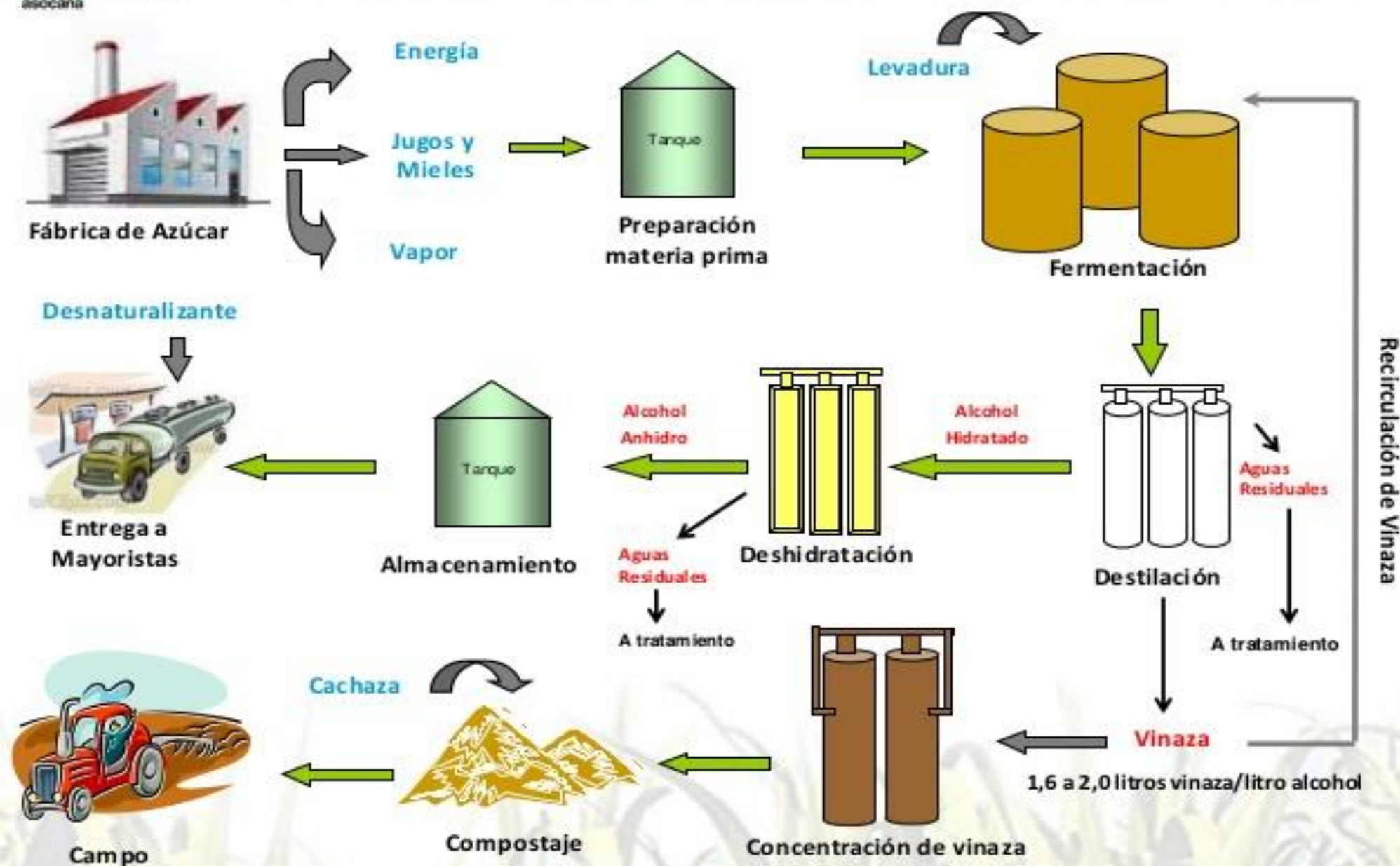
La fermentación alcohólica permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono.

El etanol es un metabolito primario



El rendimiento teórico estequiométrico para la transformación de glucosa en etanol es de 0.511 g de etanol y 0.489 g de CO_2 por 1g de glucosa (cuantificado por Gay Lussac)





Etanol como combustible

- El etanol presenta varias ventajas sobre los derivados del petróleo para ser empleado como combustible.
- Se produce a partir de cultivos agrícolas.
- Puede obtenerse a partir de cultivos propios de una región, permitiendo la producción local del **biocombustible**.
- Produce mucho menos emisiones nocivas para los seres vivos, el agua y el aire.
- El uso en vehículos de transporte reduciría de manera importante las emisiones CO₂.
- Si un litro de gasolina se reemplaza por un litro de bioetanol, se evitaría el 75% de emisiones de gas con efecto de invernadero.

2.3 Biodiésel

El biodiesel es un combustible de origen vegetal y animal que sirve para ser usado en motores diesel en forma pura sin modificaciones.

Es el resultado de procesar el aceite contenido en semillas y plantas que nos brinda la naturaleza.

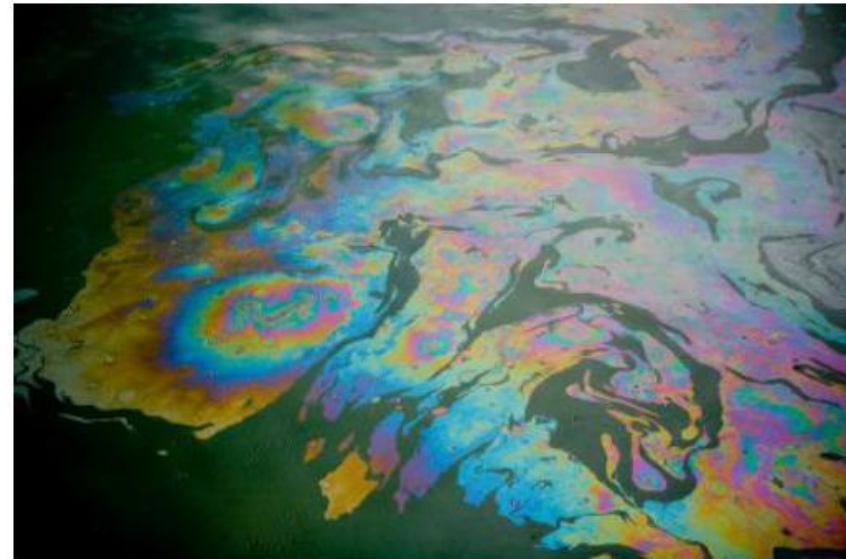


Una alternativa es el llamado *biodiesel* para sustituir en forma parcial o total a los combustibles actuales (*naftas, gasolinas, fueloil, etc.*). Y este biocombustible puede lograr un balance de emisiones tóxicas mucho más favorable.

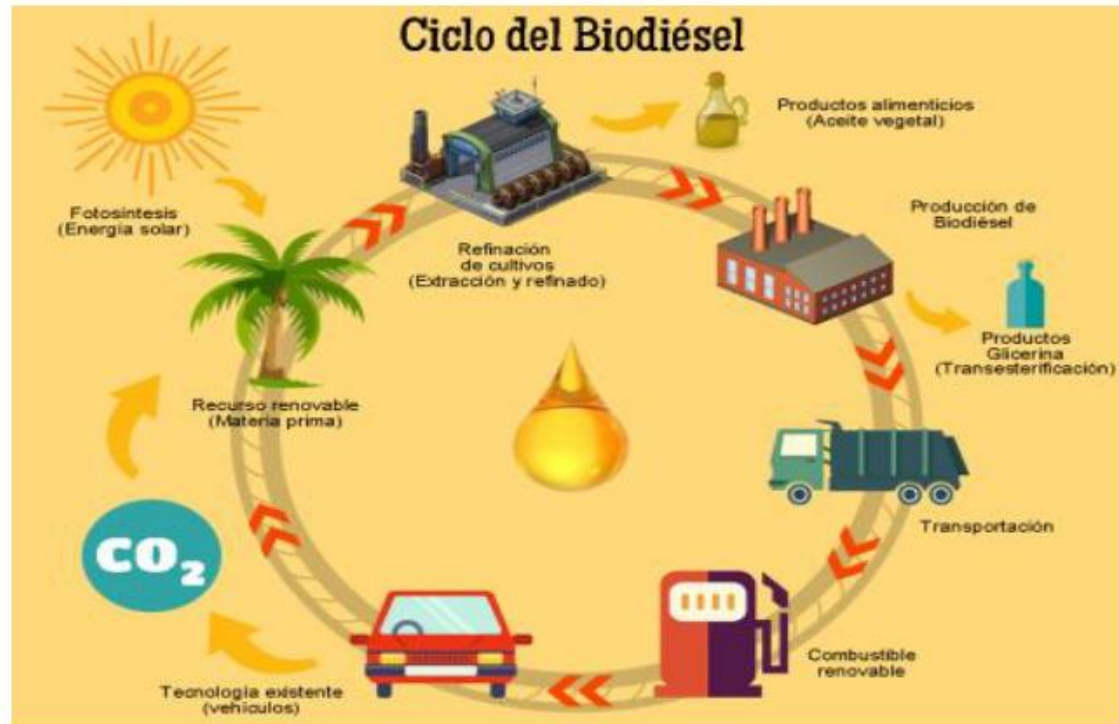


Precisamente uno de los principales problemas de contaminación generado en las viviendas, es el derrame de remanentes de aceite comestible al drenaje.

Este contamina el agua de los mantos acuíferos, debido a que el aceite derramado, permanece en la superficie no permitiendo la oxigenación ni la entrada de luz.

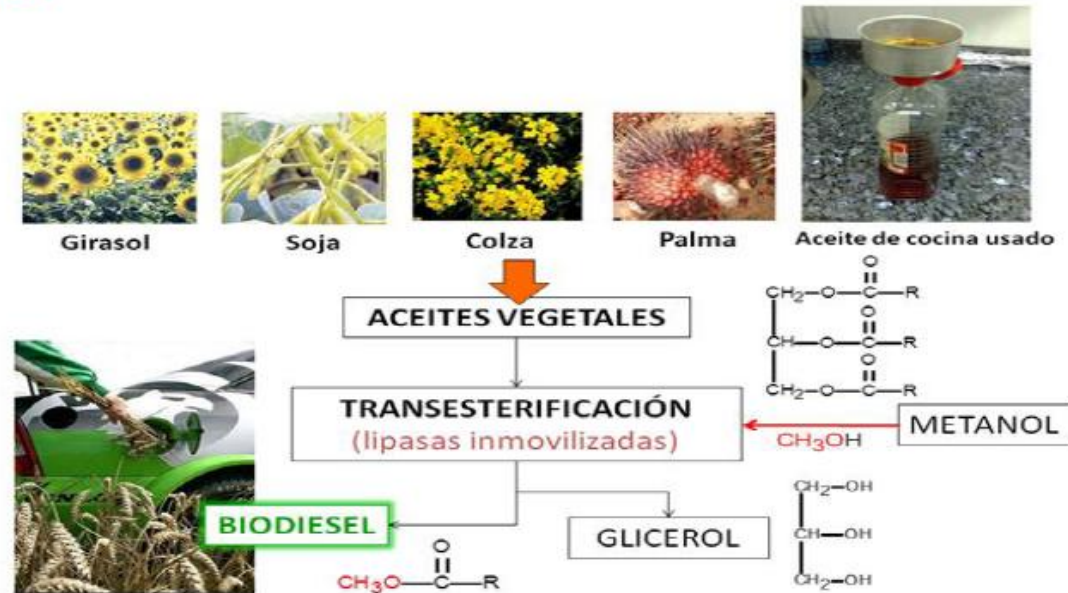


La idea de producir biocombustibles a partir de aceites vegetales no es nueva. **Rudolf Diesel** en el año 1900 utilizó aceite de cacahuete para impulsar el motor que había construido. Sin embargo, en aquel entonces no se le dio la suficiente importancia a los biocombustibles, ya que se pensaba que los combustibles fósiles eran inagotables. (Kemp, 2006).



TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITES VEGETALES

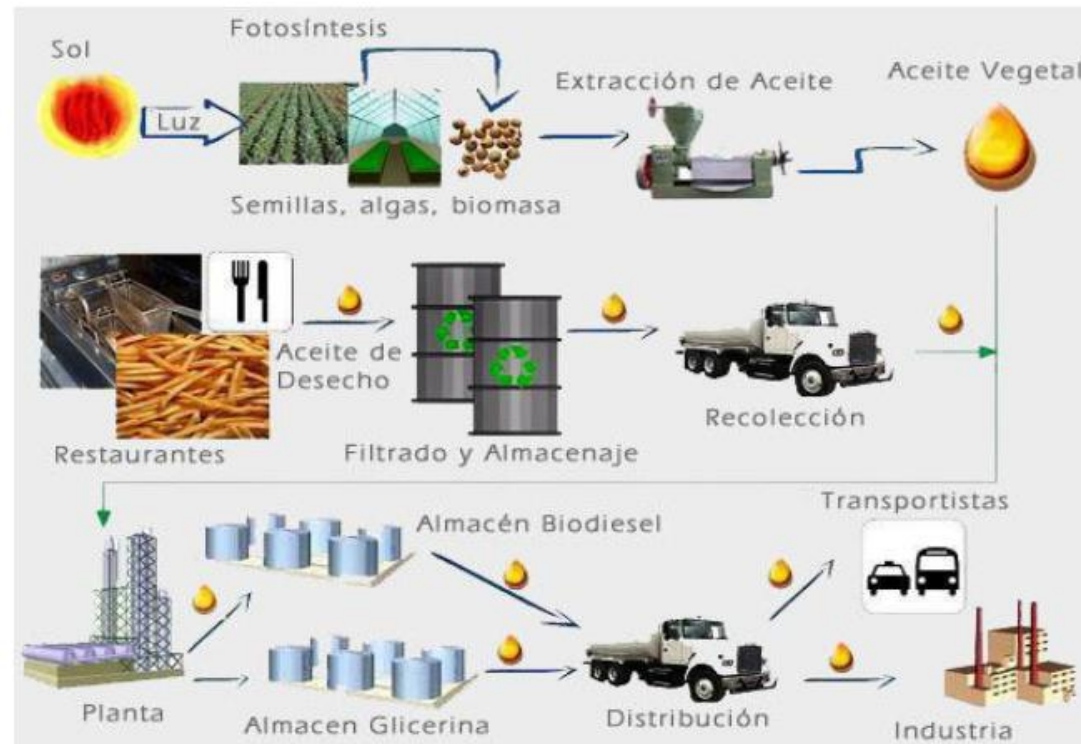
- ✓ La manera más común de sintetizar biodiesel es mediante una reacción de transesterificación, en la cual un triglicérido reacciona con un alcohol (metanol, etanol, propanol o butanol) en presencia de un catalizador.
- ✓ Debido a la naturaleza reversible de esta reacción es recomendable emplear exceso de alcohol para favorecer el equilibrio hacia la formación de *biodiesel*.

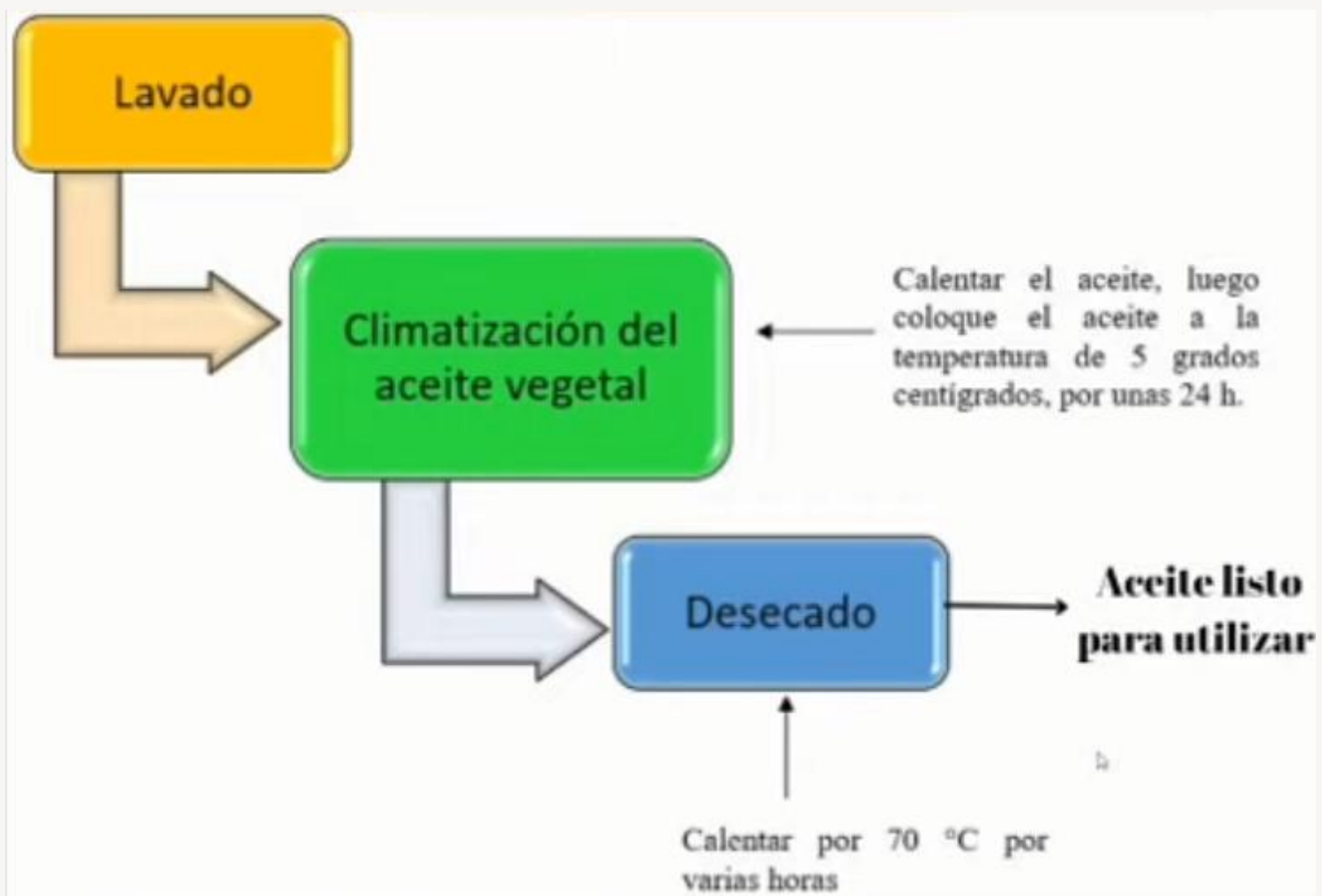


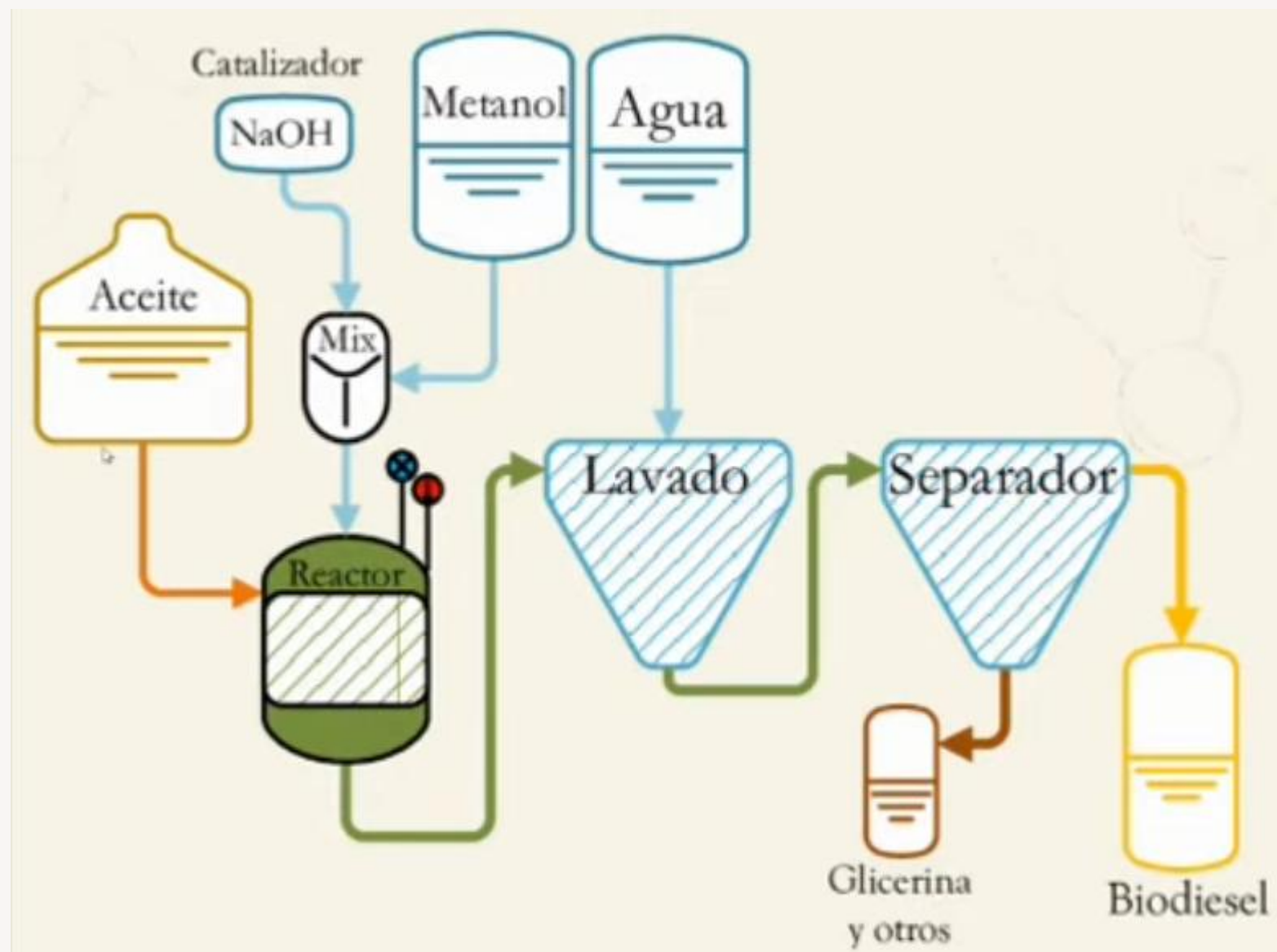
MATERIAS PRIMAS

Las materias primas que se pueden emplear en la obtención de biodiesel son muy variadas y pueden clasificarse en: **aceites vegetales: girasol, colza, soja y coco**; aceites de fritura usados; grasas animales: sebo de distintas calidades.

Materiales propios de Proceso Productivo, tales como: **Sosa caustica, metanol y agua.**



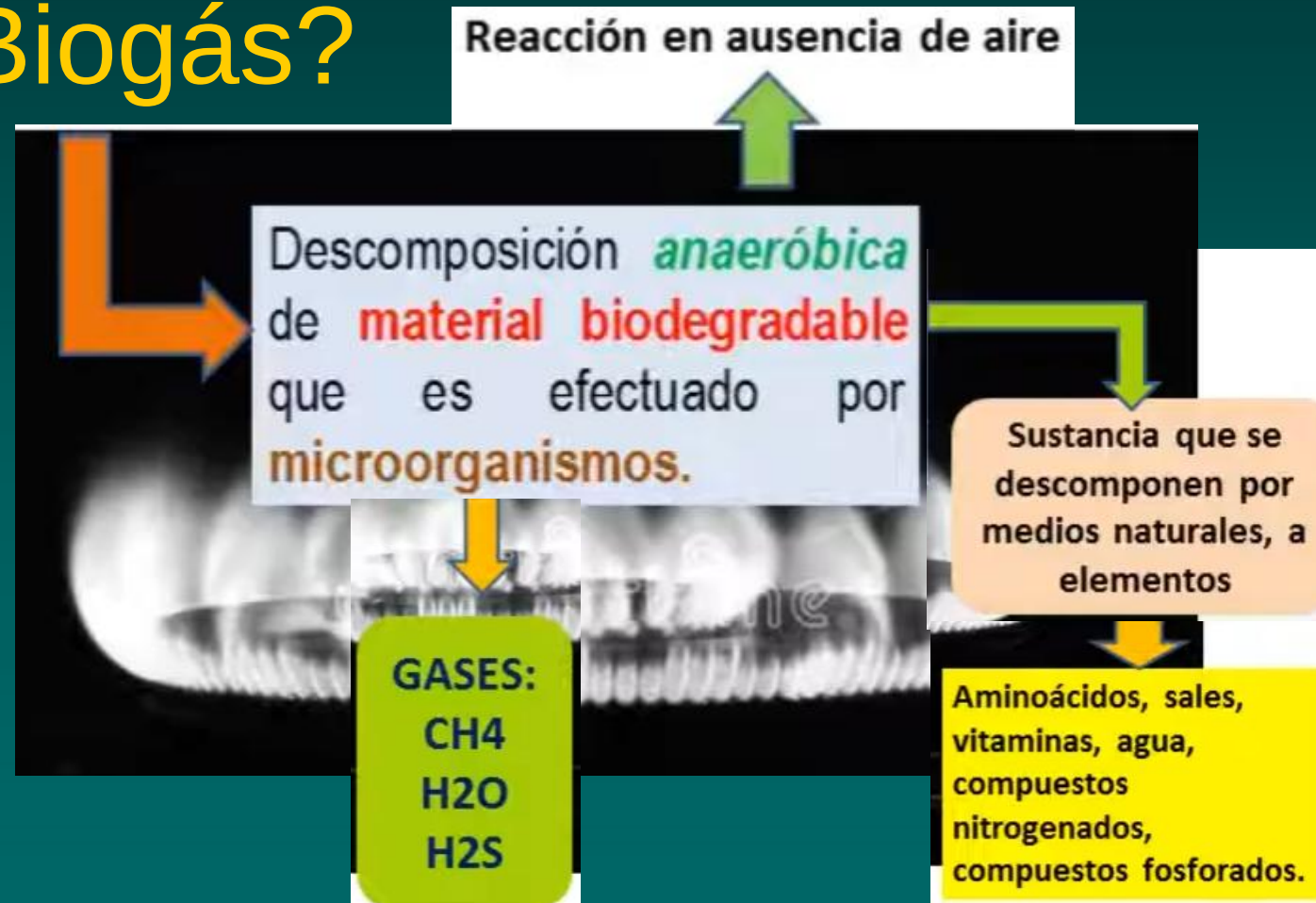




2.4 BIOGÁS

(Energías Renovables)

¿Qué es el Biogás?



BIOGÁS

MATERIALES BIODEGRADABLES

Cascaras de frutas, verduras

**Material animal, grasas pieles
huesos.**

Papeles y cartón

Desechos de animales

Desechos de personas

AGUA para
ayudara las
reacciones de
descomposición



**NO USAR
Materiales
inorgánicos**

**Vidrios
Metales
Plásticos
Gomas
Piedras**

NO DETERGENTES

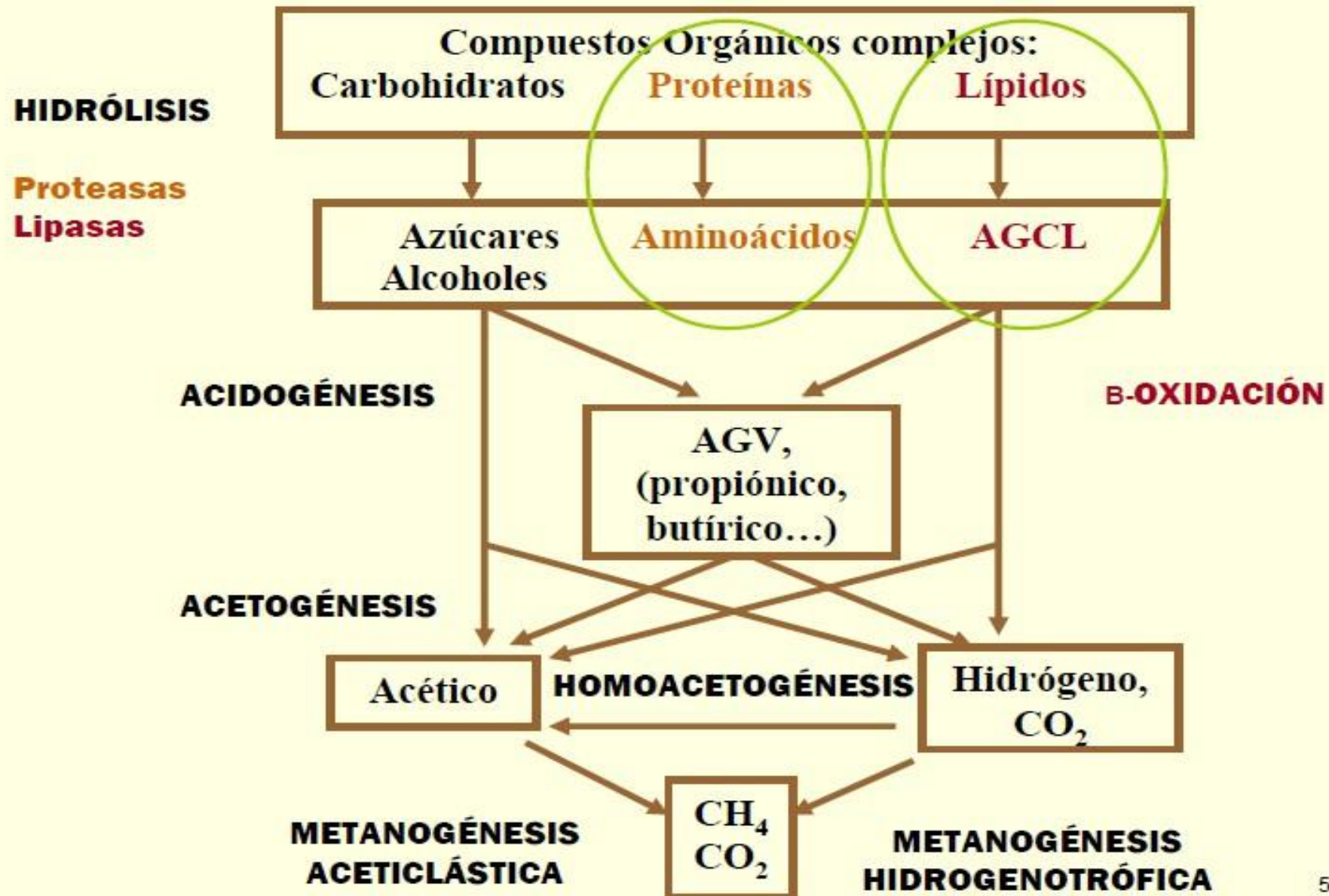
**Eliminan las bacterias y
microorganismos.**

Biogás

El principal componente del biogás es el gas *METANO*, cuya composición depende del tipo de materia orgánica utilizada y las condiciones de la descomposición. Este gas metano es el que le brinda al biogás las propiedades de combustible.

Sustancia	Símbolo	Porcentaje (%)
Metano	CH_4	50 – 70
Dióxido de carbono	CO_2	30 – 40
Hidrógeno	H_2	5 – 10
Nitrógeno	N_2	1 – 2
Vapor de agua	H_2O	0.3
Ácido sulfhídrico	H_2S	Trazos

Etapas del proceso anaerobio



Tipo de Residuo	Producción biogás			FUENTE = UNL	
	(m3/Tn ST)	Promedio			
Estiércol vacuno	15 - 40	27,5			
Estiércol porcino	50 - 70	60		GRANJAS	
Estiércol Aviar parrillero	30 - 50	40			
Estiércol Aviar ponedoras	35 - 55	45			
Desechos de huerta	39 - 63	51		MERCADO CENTRAL	
Residuos amiláceos	100	100			
Residuos de comida	75 - 120	97,5		FORSU	
Sorgo granífero	550	550			

Con esto ...



Se puede
obtener esto...

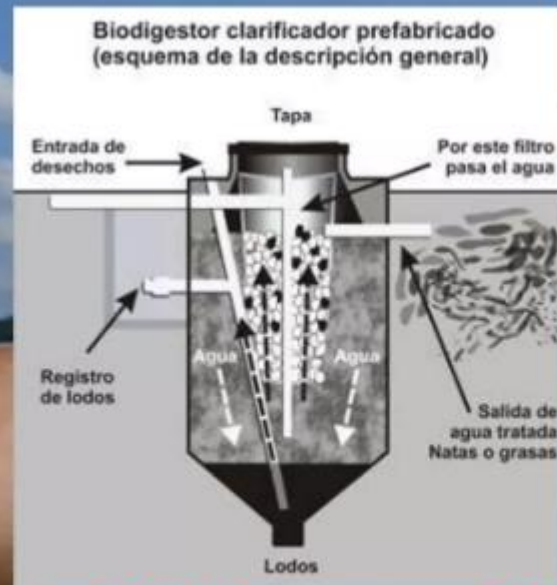
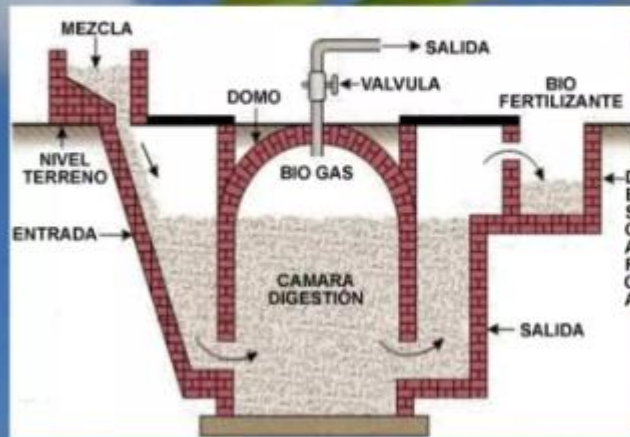


BIODIGESTORES de BAJA ESCALA

Gasómetro

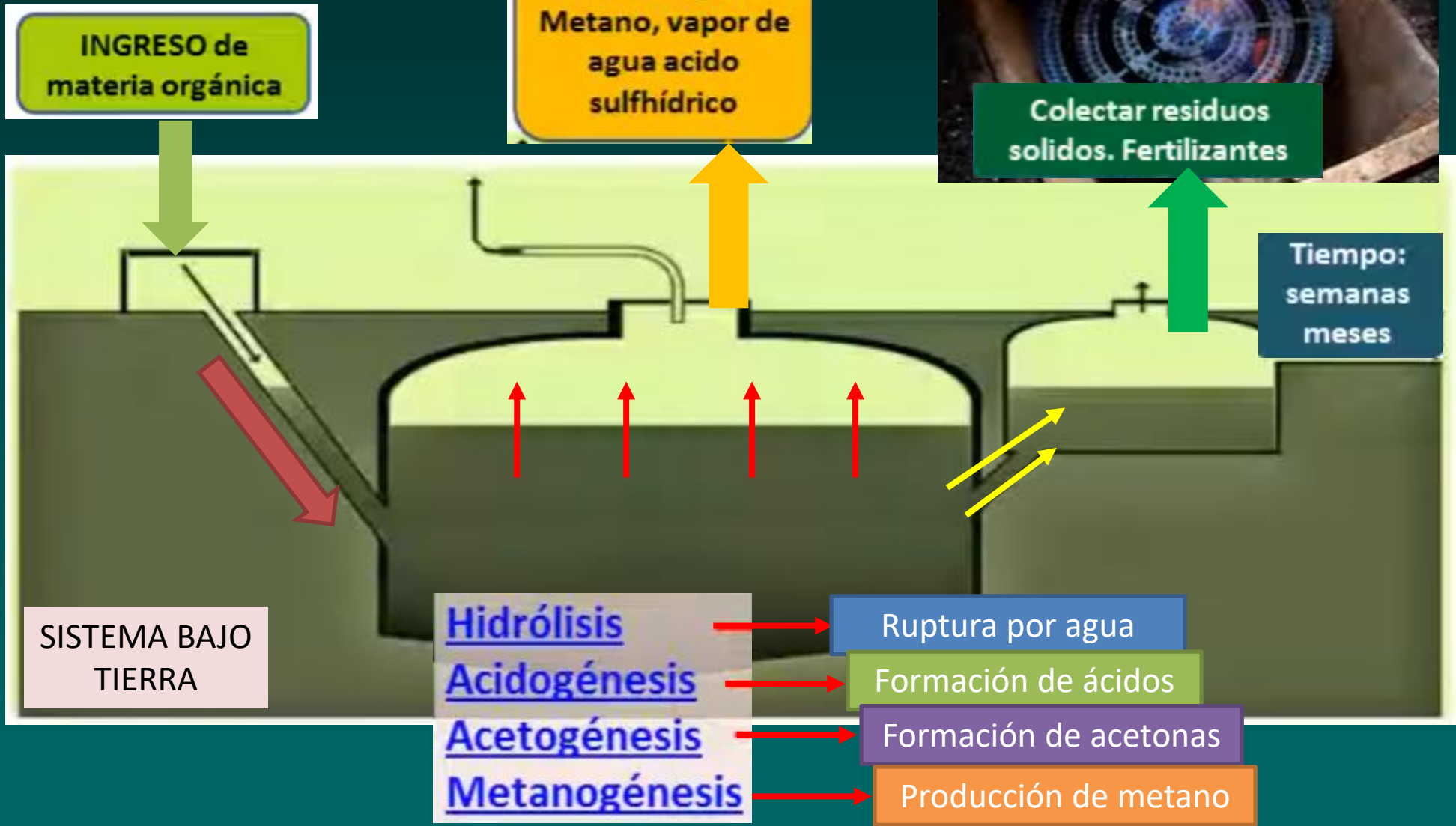


Funcionamiento de un Biodigestor



“Biogas, El Verdadero Gas Natural”

Biodigestor



Matriz Cuatro Acciones

ELIMINAR

Emisiones de gases de Efecto Invernadero (SF6, entre otros).

Contaminación de las aguas.

Utilización de Combustibles Fósiles.

INCREMENTAR

Conciencia en el uso Eficiente de la Energía Eléctrica

Desarrollo Sustentable (Impacto Social)

BIOGAS

REDUCIR

Impacto Ambiental

Costo de Combustible

Complejidad Operativa

CREAR

Un sistema de producción de Biogas para ser utilizado como combustible para la Generación Eléctrica, económica, alternativo y de muy bajo impacto ambiental.

Construcción de un Biodigestor casero

Figura 1. Orificios en la tapa del bidón



Figura 2. Entrada de materiales



Figura 3. Salida del biogas



Figura 4. Unión de la cámara y la manguera con una abrazadera



Figura 5. Tubo T que une al biodigestor con la cámara y salida del biogas



Figura 6. Biodigestor construido





Pros



Contras

BIOMASA SÓLIDA

Renovable, reduce
residuos, desarrollo rural

Emisiones de partículas,
requiere espacio de
almacenamiento

BIOETANOL

Menos emisiones de CO₂,
biodegradable

Menor eficiencia energética,
competencia con cultivos
alimentarios

BIODIÉSEL

Menos emisiones de CO₂
y SO₂, biodegradable

Mayor viscosidad, costos
de producción

BIOGAS

Reduce residuos, puede ser
usado en generación de energía

Contiene CO₂, costos de
infraestructura

COMBUSTIBLES FÓSILES

Alta densidad energética,
infraestructura establecida

Emisiones de CO₂ y
contaminantes, no renova

E-DIESEL

2.5 Densidad

La **densidad** es una de las propiedades físico-químicas más importantes en el estudio de los **combustibles y biocombustibles**, ya que influye directamente en la **energía contenida por unidad de volumen**, el **rendimiento del motor**, el **sistema de inyección**, y la **determinación de la masa de combustible** que se suministra.



2.5 Densidad

La densidad de un biocombustible depende del tipo específico de biocombustible. A continuación se presenta una lista con densidades típicas de algunos biocombustibles comunes, medidas a temperatura ambiente (aprox. 15–20 °C):

Biocombustible	Densidad aproximada (kg/m ³)		Densidad aproximada (g/cm ³)
Bioetanol	789 kg/m ³	720 kg/m ³	0.789 g/cm ³
Biodiésel (B100)	870–900 kg/m ³	850 kg/m ³	0.87–0.90 g/cm ³
Biobutanol	810–810 kg/m ³		0.81 g/cm ³
Aceite vegetal usado	900–930 kg/m ³		0.90–0.93 g/cm ³
Biogás (metano)	~0.72 kg/m ³		— (gas)



Estas densidades pueden variar ligeramente dependiendo de la materia prima utilizada, el proceso de producción y la temperatura de medición.

2.5 Densidad



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

FACTORES QUE AFECTAN LA DENSIDAD

Factor	Efecto sobre la densidad	Ejemplo
Temperatura	A mayor temperatura, menor densidad (la sustancia se expande).	Biodiésel a 40°C $\approx$ 870 kg/m ³ ; a 15°C $\approx$ 880 kg/m ³
Presión	A mayor presión, aumenta ligeramente la densidad (más relevante en gases).	Biogás comprimido
Composición química	Cuantos más oxígenos o ésteres tenga la molécula, mayor densidad.	Biodiésel > Diésel
Impurezas y humedad	Incrementan artificialmente la densidad.	Biodiésel contaminado

2.6 Viscosidad

La **viscosidad** es una de las propiedades más importantes de los **combustibles y biocombustibles**, ya que influye directamente en el **flujo del combustible**, el **funcionamiento de la bomba de inyección**, la **formación del chorro pulverizado** y, en consecuencia, la **combustión dentro del motor**.



En biocombustibles como el **biodiésel**, la viscosidad suele ser mayor que en combustibles fósiles, lo cual tiene ventajas (mayor lubricidad) y desventajas (mayor dificultad de atomización).

2.6 Viscosidad

La viscosidad de un biocombustible también varía según el tipo de combustible y la temperatura.

Biocombustible	Viscosidad cinemática (mm ² /s o cSt a 40°C)
Biodiésel (B100)	4.0 – 6.0 cSt
Bioetanol	~1.2 cSt
Biobutanol	~3.6 cSt
Aceite vegetal usado	30 – 40 cSt (puede variar mucho)
Diésel fósil	2.0 – 4.5 cSt (para comparar)



- El **biodiésel** tiene mayor viscosidad que el diésel fósil, pero aún dentro de los límites aceptables para motores diésel.
- Los **aceites vegetales crudos** tienen viscosidades muy altas, lo que puede causar problemas en inyectores y sistemas de combustión si no se procesan adecuadamente.
- La **viscosidad disminuye** con el aumento de la temperatura

2.6. Viscosidad



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

FACTORES QUE AFECTAN LA VISCOSIDAD

Factor	Efecto sobre la viscosidad	Comentario técnico
Temperatura	Al aumentar la temperatura, la viscosidad disminuye.	En biodiésel, la fluidez mejora notablemente sobre 40°C.
Composición química	Cuanto mayor sea la longitud de las cadenas de ácidos grasos o saturación, mayor viscosidad.	Biodiésel de sebo > biodiésel de soya.
Presencia de impurezas o agua	Aumenta la viscosidad y causa inestabilidad.	Necesario secado y filtrado.
Oxidación o envejecimiento	Incrementa la viscosidad con el tiempo.	El almacenamiento prolongado degrada el biodiésel.

2.7 PPM de minerales contaminantes



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

Calcular las ppm de 1.8 mg de magnesio en 350 g de disolución

Datos **Soluto**
Magnesio = 1.8 mg
Disolución = 350 g
ppm = ¿?
Solvente

¿Qué es PPM?

PPM significa partes por millón, una unidad de medida para concentraciones muy pequeñas.

1 ppm = 1 parte de soluto por 1,000,000 partes de solución.

$$\text{ppm} = \frac{\text{g soluto}}{\text{ml o g disolución}} \times 1\,000\,000$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg soluto}}{\text{L o Kg disolución}}$$

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{masa del soluto (mg)}}{\text{masa de la solución (kg)}} \right)$$

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{masa del soluto (mg)}}{\text{volumen de la solución (L)}} \right)$$

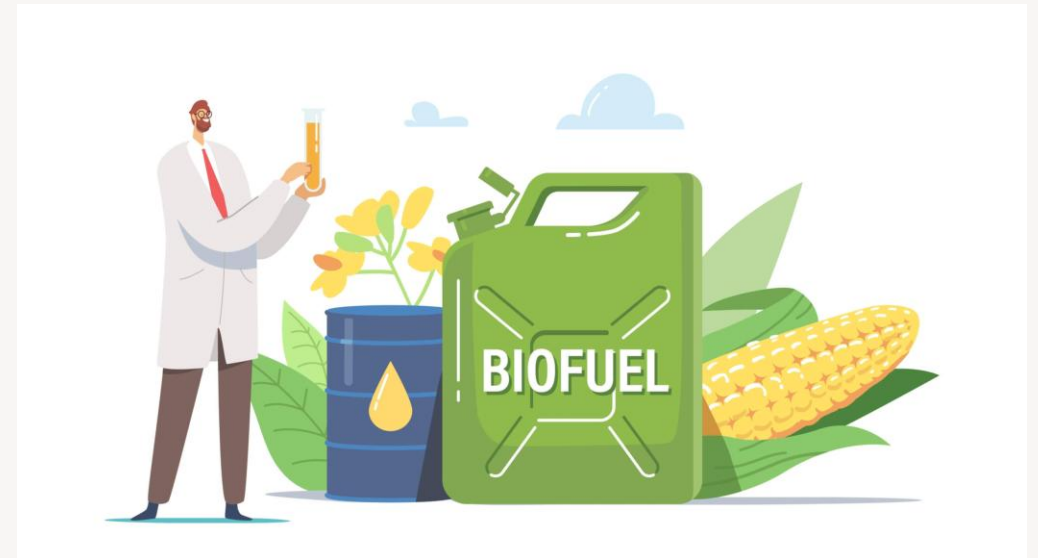


Minerales contaminantes

Los **minerales contaminantes** en los **biocombustibles** son elementos inorgánicos presentes en la materia prima vegetal o animal utilizada para producir biocombustibles, y que **pueden causar problemas ambientales, técnicos o de salud** cuando el biocombustible se quema o procesa

♦ ¿Cómo llegan estos minerales al biocombustible?

- Absorción por las plantas desde el **suelo** o el **agua**.
- Uso de **fertilizantes** o **pesticidas**.
- Contaminación durante la **recolección** o **procesamiento**.



Minerales contaminantes



- Aunque en menor cantidad que en el petróleo, puede estar presente si se usaron cultivos tratados con fertilizantes ricos en azufre.
- **Contaminante:** Dióxido de azufre (SO_2) al quemarse.



♦ 2. Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg)

- Son minerales comunes en biomasa vegetal.
- No son tóxicos, pero al quemarse pueden:
 - Formar cenizas y depósitos en motores o calderas.
 - Causar corrosión o disminuir la eficiencia energética.

Minerales contaminantes

◆ 3. Cloro (Cl)

- Presente si la biomasa creció en suelos salinos o si se usó agua contaminada
- Puede formar ácido clorhídrico (HCl) al quemarse.



◆ 4. Fósforo (P)

- Derivado de fertilizantes usados en cultivos para biodiésel (como soya o palma).
- Puede causar formación de cenizas pegajosas y también problemas de corrosión.



◆ 5. Metales pesados (trazas)

- Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Arsénico (As): Pueden acumularse si la biomasa fue cultivada en suelos contaminados.
- Aunque en cantidades muy pequeñas, su combustión puede liberar contaminantes peligrosos.





Efectos de los metales contaminantes en el biocombustible

Elemento	Efecto principal	Consecuencia en el motor o emisiones
Sodio (Na)	Residuos del catalizador	Formación de cenizas y depósitos en inyectores
Potasio (K)	Residuos del catalizador	Corrosión y obstrucción de filtros
Calcio (Ca)	Jabones de ácidos grasos	Incremento de cenizas y pérdida de lubricidad
Magnesio (Mg)	Jabones metálicos	Sedimentos y problemas de filtrado
Hierro (Fe)	Corrosión del tanque o bomba	Cataliza la oxidación del biodiésel
Cobre (Cu)	Contaminación metálica	Oxidación acelerada y degradación del color
Zinc (Zn)	Corrosión o aditivos metálicos	Aumento de depósitos sólidos en el motor
Fósforo (P)	Antioxidantes o fertilizantes	Daña el catalizador del convertidor catalítico
Azufre (S)	Impurezas del aceite o catalizador	Aumento de emisiones SO ₂ y corrosión



Los minerales contaminantes en biocombustibles son compuestos inorgánicos que, aunque en menor cantidad que en los combustibles fósiles, pueden afectar negativamente el ambiente y la tecnología usada para aprovecharlos, si no se controlan adecuadamente.



2.7 PPM de minerales contaminantes

Las **normas y estándares** en el ámbito de los **biocombustibles** establecen los **requisitos de calidad, métodos de ensayo y límites permisibles** que garantizan su **seguridad, eficiencia y compatibilidad** con los motores y el medio ambiente.

Los biocombustibles deben cumplir con especificaciones técnicas similares a las de los combustibles fósiles para evitar **problemas de funcionamiento, emisiones elevadas o daños al motor**.

A nivel mundial, las normas más empleadas son:

- **ASTM International (Estados Unidos)**
- **EN/ISO (Europa y global)**
- **INEN (Ecuador)**

Estas normas aseguran que el producto cumpla con las condiciones necesarias desde su producción hasta su consumo final.



2.7 PPM de minerales contaminantes

Organismos normativos principales

Organismo	País / Región	Función principal	Ejemplo de norma
ASTM International	Estados Unidos	Define estándares técnicos de ensayo y calidad de combustibles.	ASTM D6751 (Biodiésel), ASTM D4806 (Bioetanol)
CEN / EN (Comité Europeo de Normalización)	Unión Europea	Regula combustibles y medio ambiente bajo la Directiva RED III.	EN 14214 (Biodiésel), EN 15376 (Bioetanol)
ISO (International Organization for Standardization)	Global	Establece normas armonizadas a nivel mundial.	ISO 3679 (Punto de inflamación), ISO 12185 (Densidad)
INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización)	Ecuador	Adopta y adapta normas internacionales a condiciones locales.	INEN 2 232:2017 (Biodiésel B100)



2.7 PPM de minerales contaminantes

Límites máximos permitidos (según norma ASTM D6751 / INEN 2 232:2017)

Elemento / Contaminante	Límite máximo (ppm)	Norma de referencia
Sodio + Potasio (Na + K)	5 ppm	ASTM D6751 / EN 14214
Calcio + Magnesio (Ca + Mg)	5 ppm	ASTM D6751 / EN 14214
Fósforo (P)	4 ppm	ASTM D4951
Azufre (S)	15 ppm (máx.)	ASTM D5453 / INEN 2 232
Hierro (Fe)	1 ppm	Control interno de calidad
Cobre (Cu)	0.1 ppm	ASTM D5185
Glicerina total	<0.24%	ASTM D6584

Ejercicios:

Ejercicio 1: Cálculo directo de PPM

Un litro de biodiésel contiene 6 mg de calcio (Ca). ¿Cuál es la concentración en PPM?

Solución:

$$\text{PPM} = \frac{6 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = 6 \text{ PPM}$$

⚠ Este valor excede el límite (5 PPM) → No apto para uso en motores según norma EN 14214.

- Formar **cenizas y depósitos** en motores o calderas.
- Causar **corrosión** o disminuir la eficiencia energética.

Ejercicios:

Ejercicio 2: Mezcla de minerales

Un análisis revela lo siguiente en 1 litro de biodiésel:

- Sodio (Na): 2.5 mg
- Potasio (K): 2.8 mg

¿La mezcla cumple con la norma de $\text{Na} + \text{K} \leq 5 \text{ PPM}$?

Solución:

$$\text{Na} + \text{K} = 2.5 + 2.8 = 5.3 \text{ PPM}$$

⚠ No cumple → riesgo de obstrucción en el sistema de inyección.



Ejercicios:

◇ Ejercicio 3: Cálculo a partir de masa de muestra

Si tienes 2 kg de biodiésel y se encuentran 8 mg de magnesio (Mg), ¿cuál es su concentración en PPM?

Solución:

$$\text{PPM} = \left(\frac{8 \text{ mg}}{2 \text{ kg}} \right) = 4 \text{ PPM}$$

✓ Aceptable si el límite es 5 PPM.



Actividad en Clase:

Resuelva los siguientes ejercicios e indique si cumple o no con la normativa.

Ejercicio 1: Se analizaron **5 kg de biodiésel** y se detectaron **12.5 mg de sodio (Na)**.

¿Cuál es la concentración de Na en PPM?

Ejercicio 2: Un litro de biodiésel contiene **4.2 mg de potasio (K)**. ¿Cuál es la concentración en PPM?

Ejercicio 3: Un análisis revela lo siguiente en 1 litro de biodiésel:

- Sodio (Na): 3.1 mg

- Potasio (K): 2.2 mg

¿La mezcla cumple con la norma de $\text{Na} + \text{K} \leq 5 \text{ PPM}$?

Ejercicio 4: Si tienes **3 kg de biodiésel** y se encuentran **9 mg de calcio (Ca)**, ¿cuál es su concentración en PPM?

Ejercicio 5: La concentración de CO₂ en el aire es de 350ppm. ¿Cuántos mg de CO₂ hay en 10L de aire)