Módulo ”Waste to Energy”

Santiago de Cali, Agosto 31 – Septiembre 1

De la Biomasa Residual a la Biorrefinería en Condiciones de Trópico

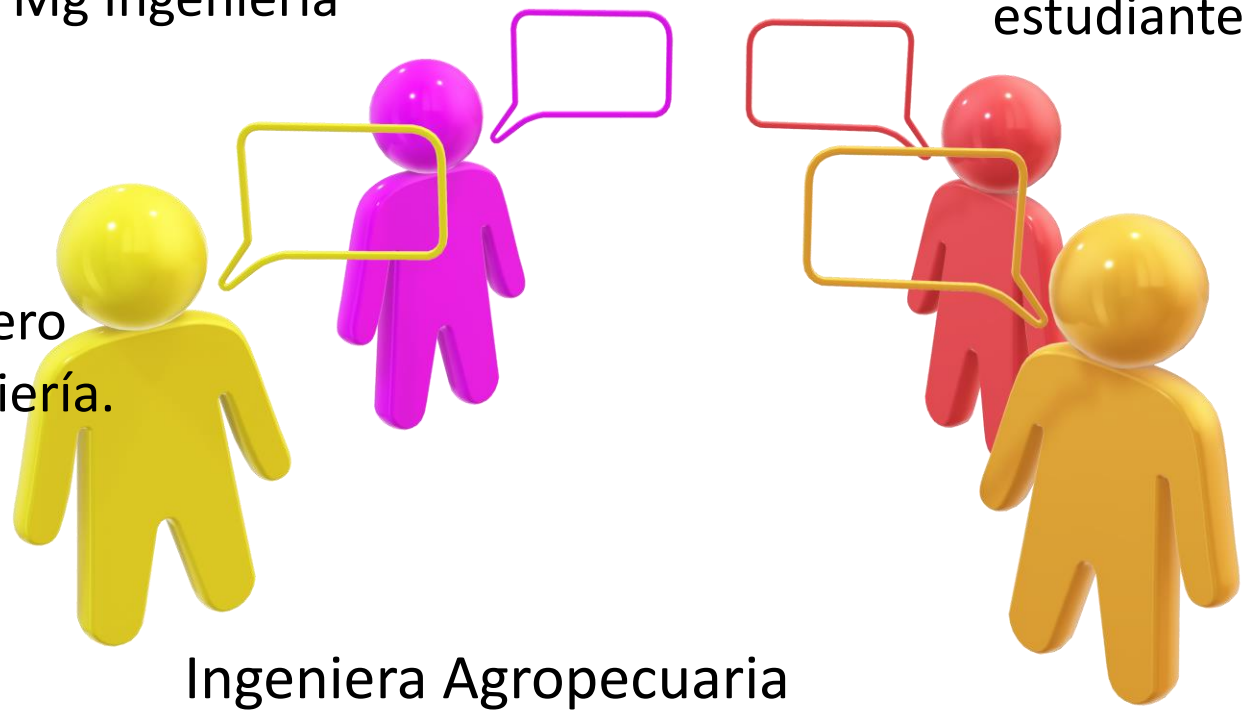
Nora Eugenia Restrepo Sánchez, PhD
Carlos Peláez Jaramillo, PhD

Universidad de Antioquia – Instituto de Química
Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares – GIEM
neugenia.restrepo@udea.edu.co

Equipo Interdisciplinario

Alejandro Ruiz. Químico, Mg Ingeniería

Yony Zapata. Biotecnólogo, estudiante maestría ingeniería



John Uribe. Biólogo, estud. maestría

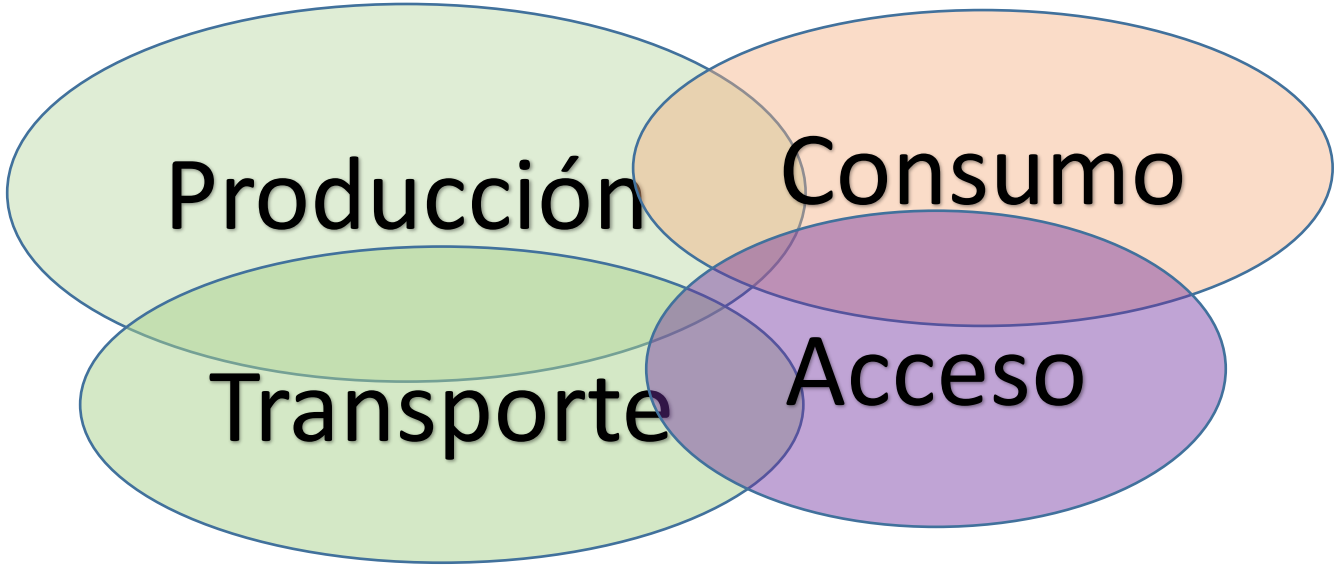
Joe Sánchez. Ingeniero Ambiental, Mg Ingeniería.

Carlos Uribe. Ingeniero Sanitario, estud. Doctorado

Ingeniera Agropecuaria
Biólogos (microbiología, entomología)
Químicos
Agronegocios

ENERGÍA INTELIGENTE

Energías renovables



La gran premisa:
La tierra es un sistema cerrado
(solo flujo de energía)

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Meteoros

Único flujo (entrada) de materia entre la tierra y el espacio

http://beforeitsnews.com/space/2013/02/incoming-meteors-san-diego-ca-sonic-boom-in-santa-barbara-video-2454968.html

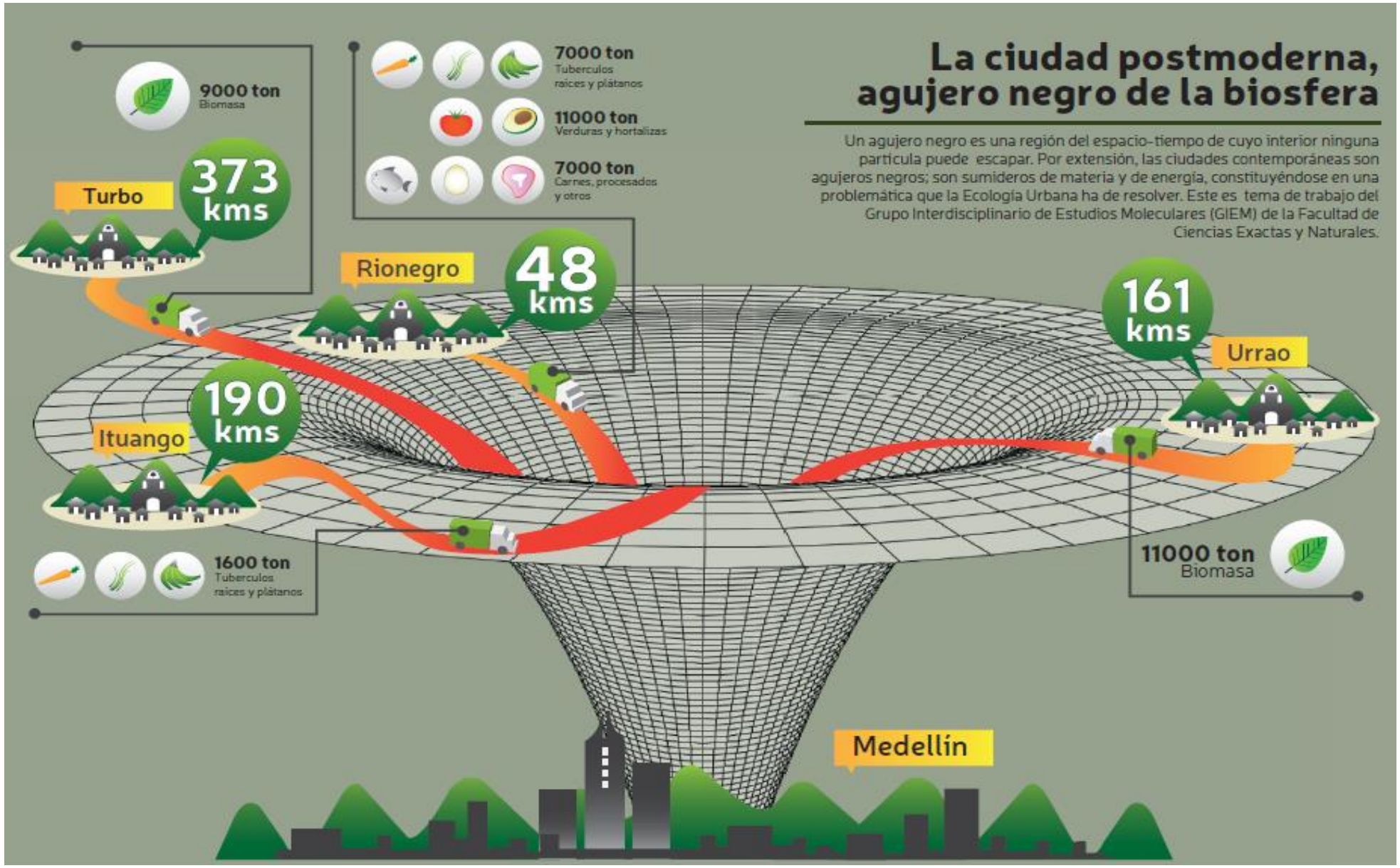
La Tierra como Sistema Cerrado

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

En consecuencia solo es posible la generación de nuevos productos si se recurre a la reserva de los depósitos naturales (minas), al reuso o al reciclaje.

El reciclaje es un proceso físico, químico o biológico al que se somete un producto que cumplió su ciclo, para obtener una nueva materia prima o un nuevo producto.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3



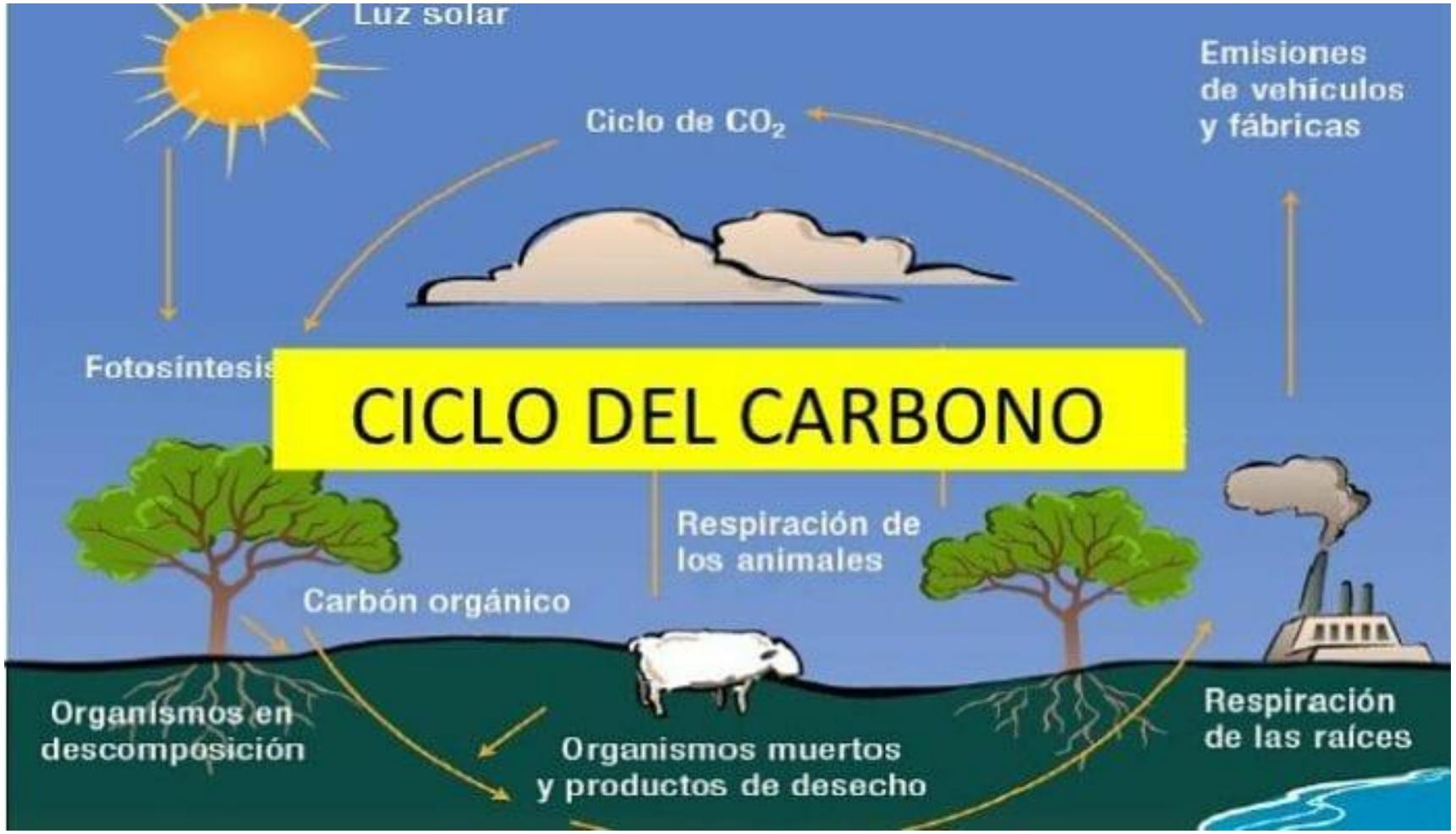
https://revistas.udea.edu.co/index.php/experimenta/article/view/24595

Flujo Materia Orgánica

De las ciudades a los rellenos

https://pxhere.com/en/photo/348762

Disrupción de Ciclos Biogeoquímicos



Condiciones de Trópico

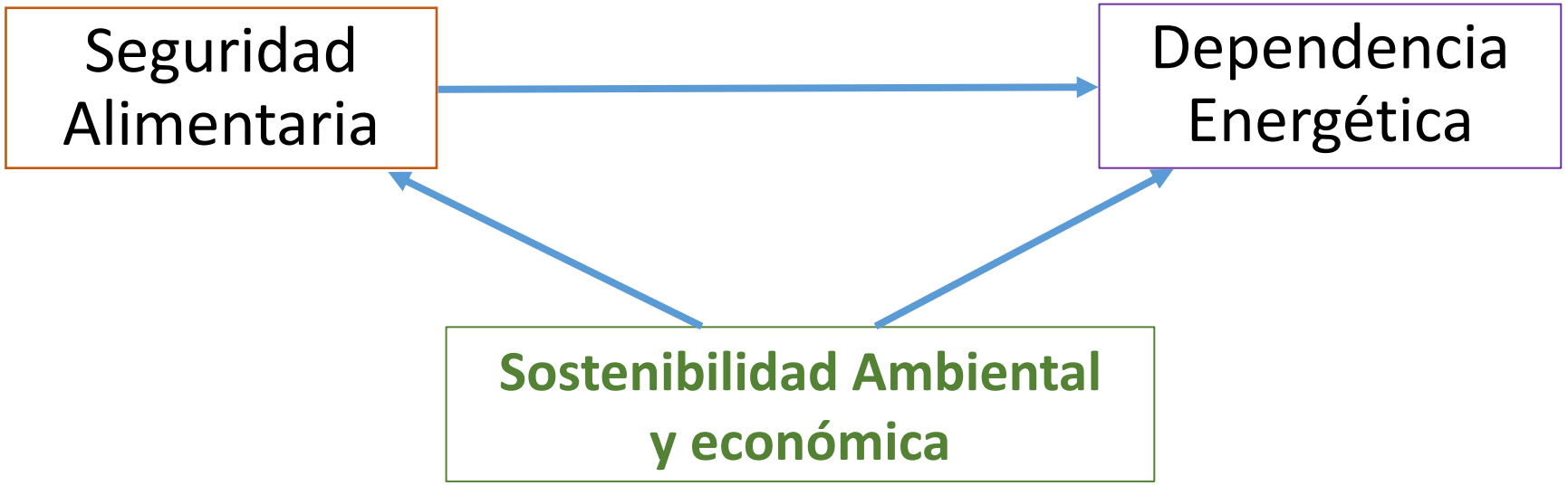
Mayor degradación del suelo

Mayor necesidad de restitución de carbono

https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/ciclo-del-carbono/

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

RETO



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

ENERGÍAS
PETROQUÍMICA / ALTERNATIVA

COP 21 (2015)

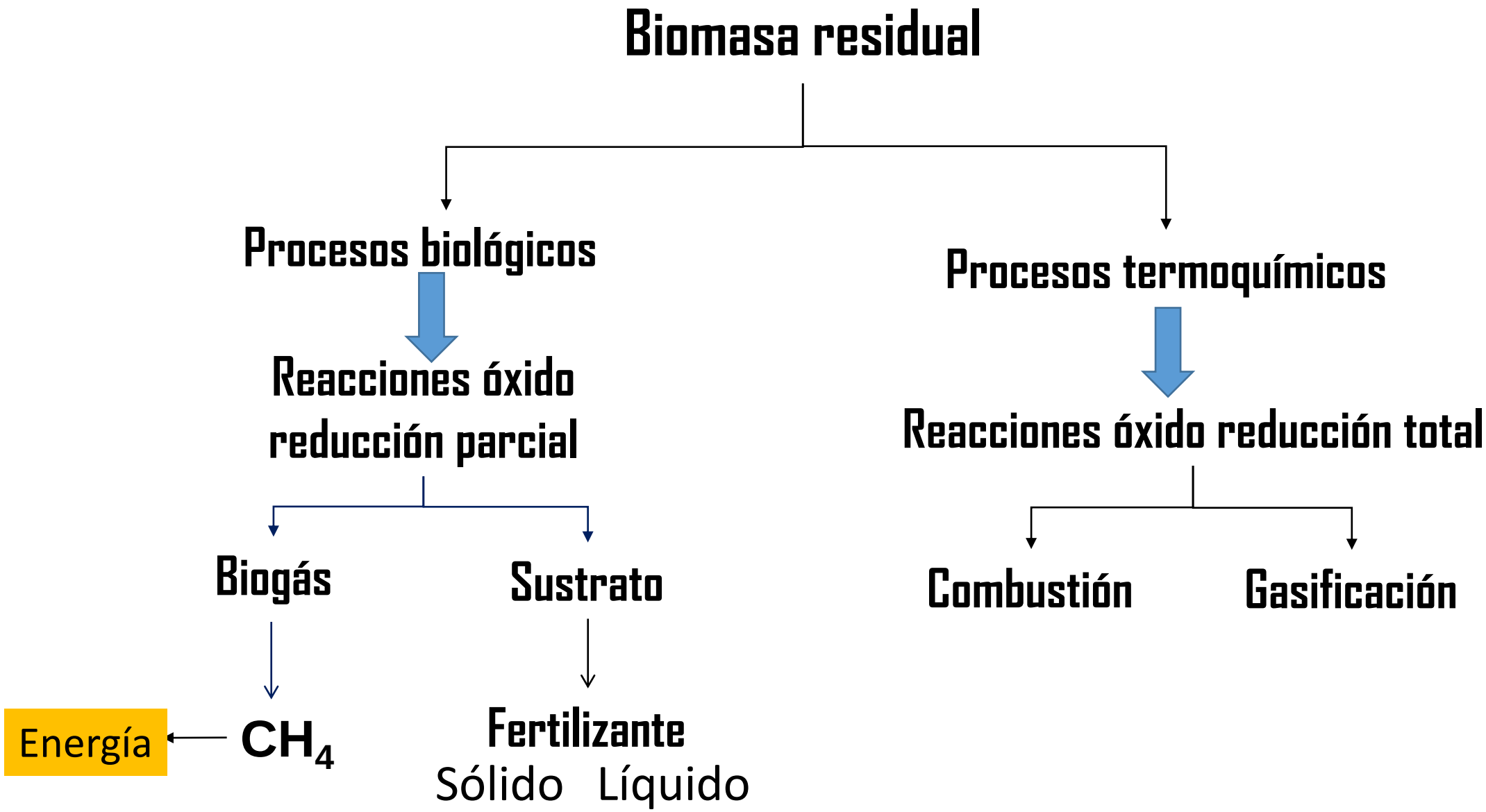
No cambiar alimento por energía

BIOMASA RESIDUAL

Mayor aprovechamiento **material** / Rentabilidad

“Black to Green”

RECUPERACIÓN ENERGÉTICA y MATERIAL



DIGESTIÓN ANAEROBIA

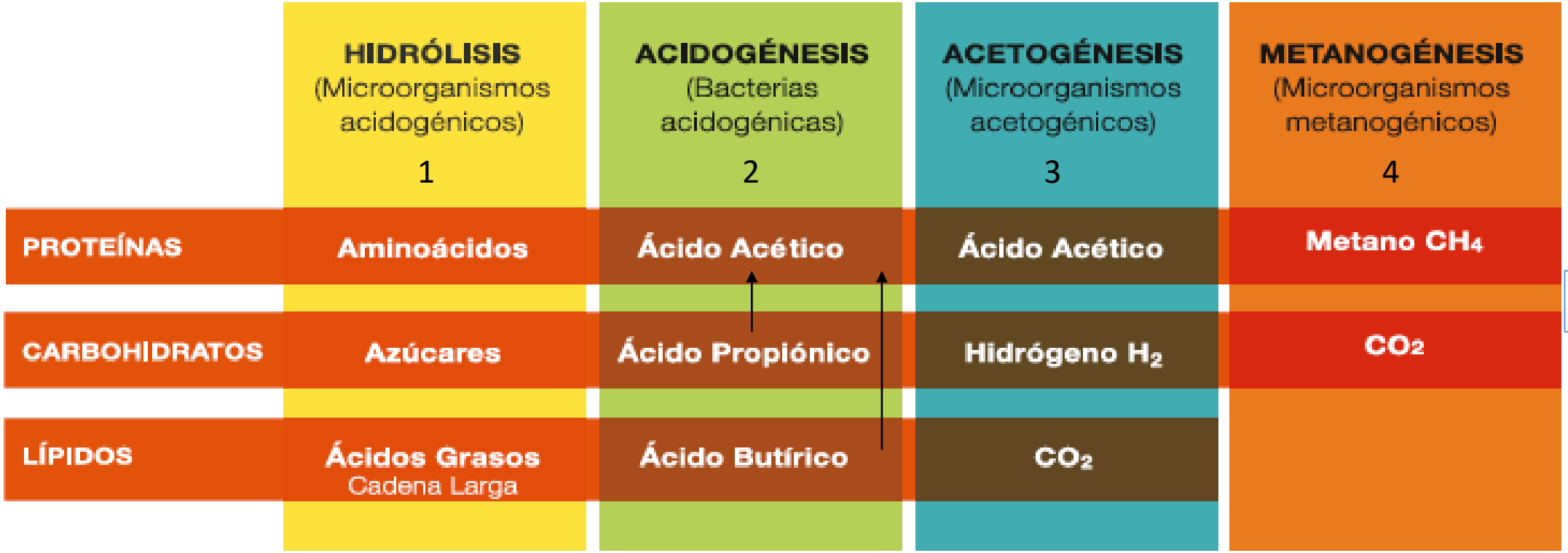
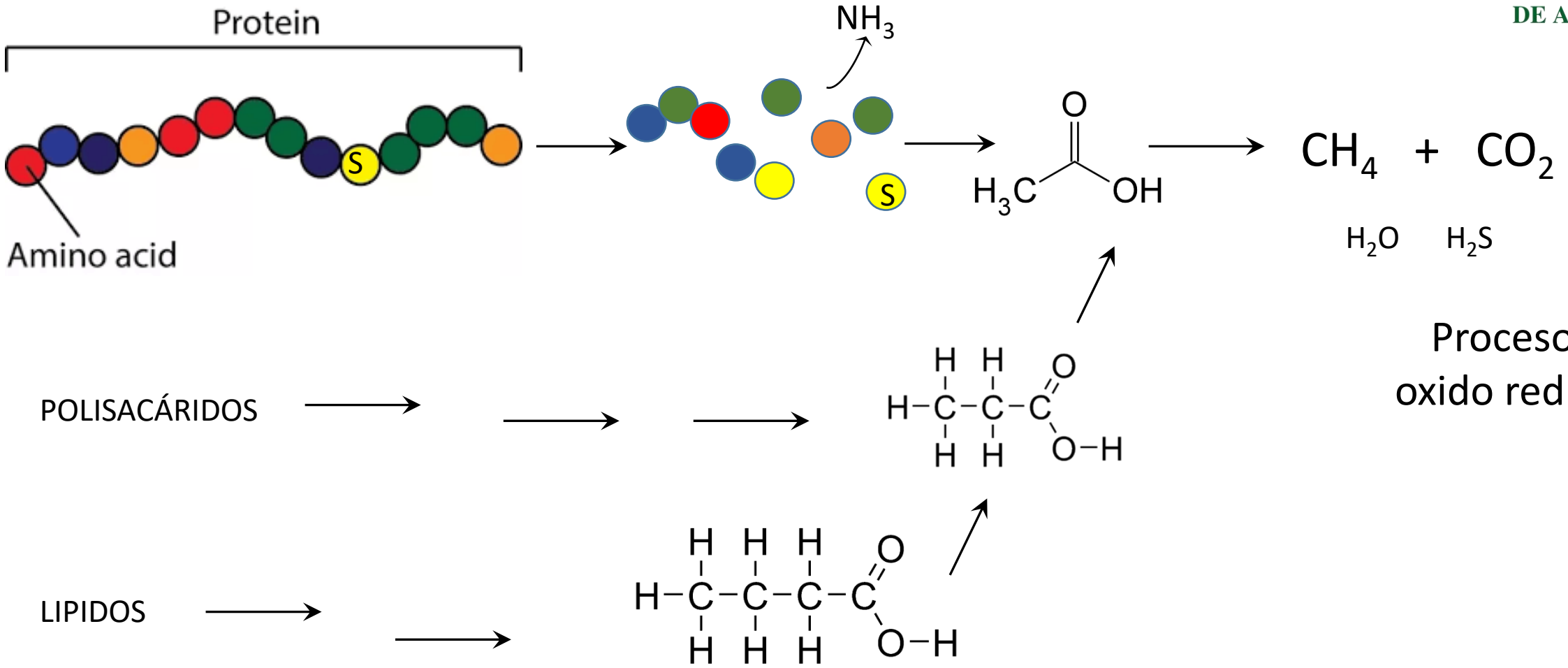


Imagen tomada de: Jaime Martí-Herrero et al, Manual - Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador, 2015.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Imagen tomada de. https://www.crushpixel.com/big-static7/preview4/breaking-wall-61548.jpg



Procesos de oxido reducción

SUSTRATOS

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Fracción Orgánica
Residuos Sólidos Urbanos
FORSU

Fermentación en fase sólida

SSF

Excretas

Bovinaza

Porcinaza

Gallinaza/Pollinaza

Otros
Agroindustriales

Pome

Vinazas

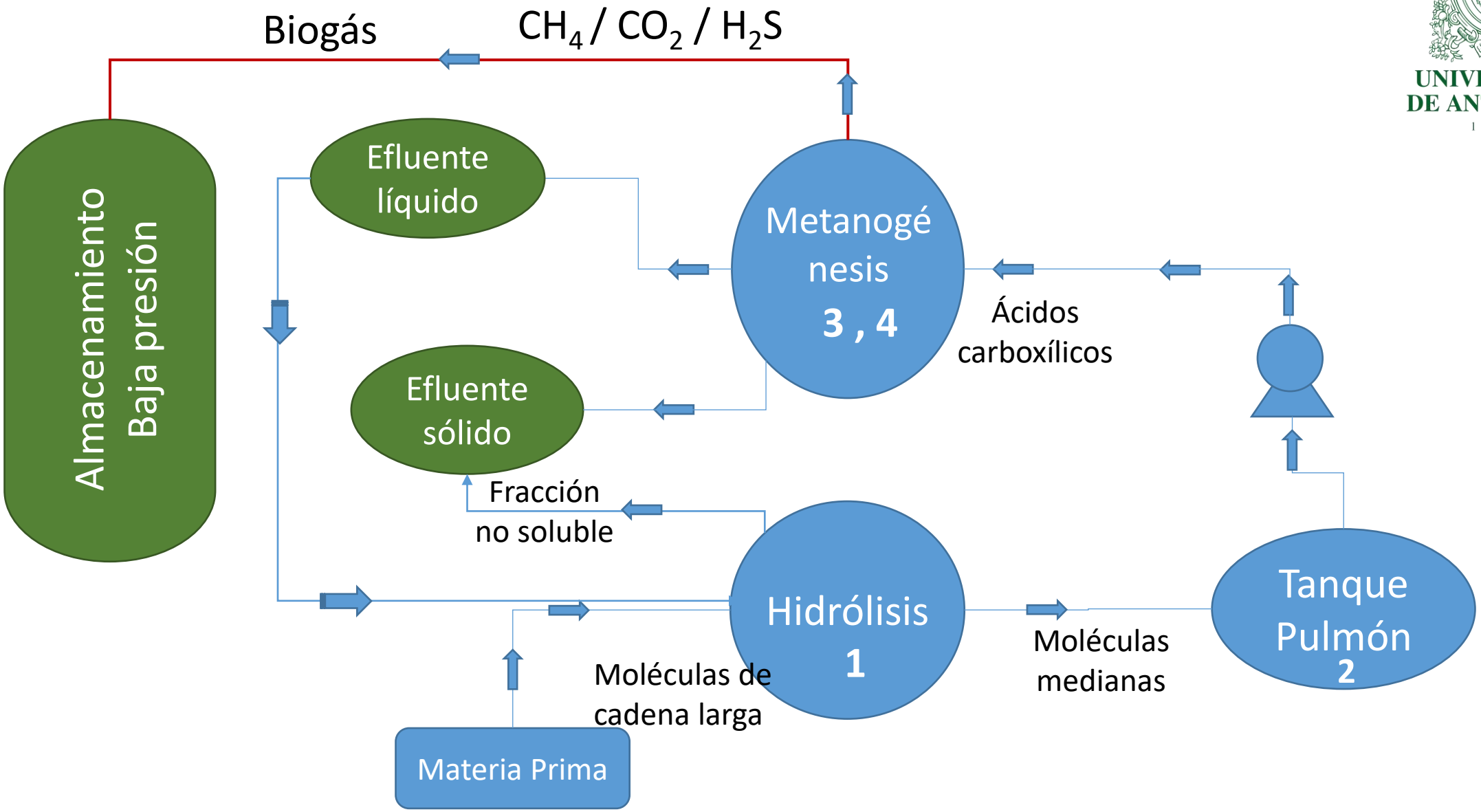
Jugo
Fique

Agua sangre
/ rumen

Fermentación Sumergida

SMF

Diseño conceptual del Sistema



UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET - UASB

Inóculos propios
Comunidad de microorganismos endógenos

Flujo Ascendente

Biogás
(metano 65%)

Reactor Metanogénico
Ausencia de oxígeno

Metano CH_4 reducido
CO_2 oxidado

Materia orgánica
en solución
estabilizada

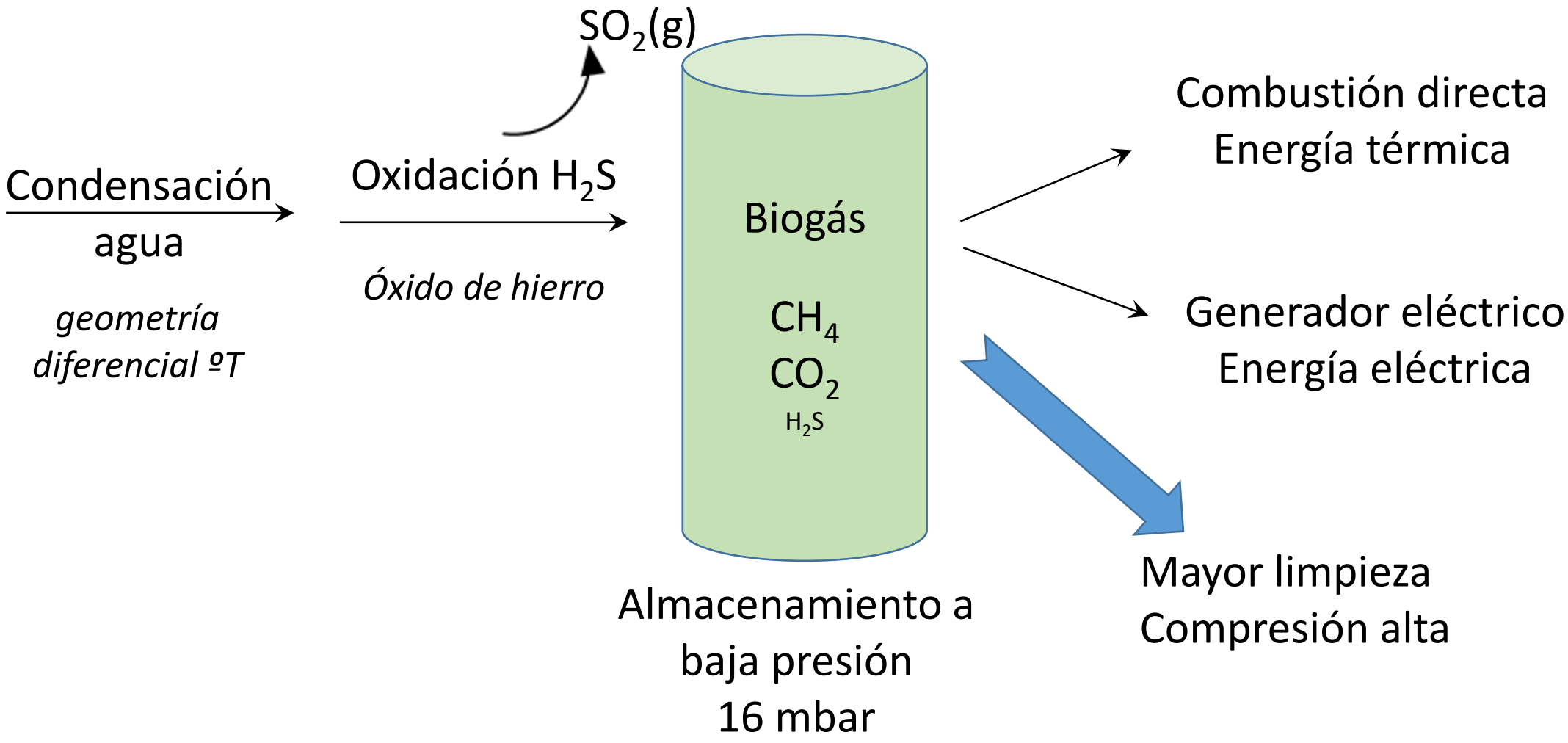
Entrada

Tanque
Pulmón

Lodos
Materia orgánica
estabilizada

Fertilizantes

LIMPIEZA – COMPRESIÓN BIOGÁS



DIFERENTES ESCALAS – GEOMETRÍAS

Gallinaza

Generador eléctrico

Tres montajes
en diferentes
sistemas productivos

Biogás

23.8 kg de excretas/cerdos

fermentación →

1 m³ de biogás

60-40
Metano-CO_2

1.43 kw/h
5500 Kcal/m^3

- 0.61 litros de gasolina
- 0.55 litros de ACPM
- 0.58 litros kerosene
- 0.5-1.5 Kg de leña
- 0.74 Kg carbón vegetal

1 Ton FORSUsf

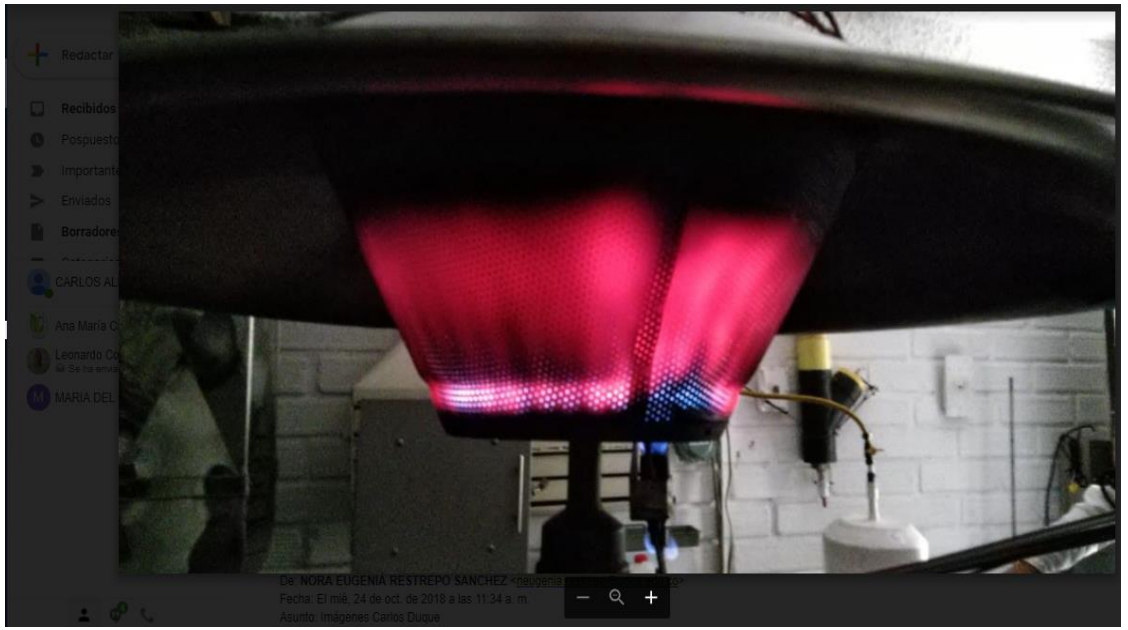
fermentación →

55 m³ de biogás

Ensayos Combustión

En granja por reemplazo de GLP

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3



Autoconsumo (gastos evitados)

Equipo desarrollo conjunto grupo de Diseño Mecánico – GIEM UdeA

Ensayos de Compresión a mediana presión

hasta 70 psi

A esta escala se podría llegar hasta 200 psi

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Sistema Caramanta hasta 2 ton/mes FORSU

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Originalmente operado en Támesis
En 2020 trasladado a Caramanta

Residuos Sólidos Urbanos – Fracción Orgánica (FORSU)

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

60 ton/mes hidrólisis-percolación
TRH: 15 días

Reactor de Hidrólisis

Residuos Sólidos Urbanos – Fracción Orgánica (FORSU)

Capacidad máxima reactor metanogénico 150 ton/mes FORSU, con ampliación etapa de hidrólisis

Etapa metanogénica
hasta TRH: 10-12 días

WV 30 m^3

Támesis, Antioquia

Cuatro sistemas
Desde 1 ton/mes

El Peñol
Carmen de Viboral
Caramanta
Támesis

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

Residuos Sólidos Urbanos – Fracción Orgánica (FORSU)

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

SEPARACIÓN EN FUENTE

Norma Técnica Colombiana NTC5167

Productos usados como fertilizantes y acondicionadores de suelo

Calidad de Producto (Digestato estabilizado – Fertilizante Sólido)

Parámetro	Materia Prima	Digestato	NTC 5167	unidades
Cenizas	19	44,3	60 max	%
Carbono Orgánico Oxidable Total	46,5	15,8	15 minm	%
Nitrógeno orgánico total	2,43	1,79	reporte >1	%
Relación C/N	19,1	8,8		
Fósfoto total	0,43	1,236	reporte >1	%
CIC	NA	44,2	30 minm	dS/m
CIC / CO	NA	280		
CRA	NA	144	100 min	%
Densidad	0,17	0,39	0,6 max	g/cm^3
Humedad	74,5	8,9	30 max	%
pH (dilución 10%)	5,56	7,73	4 - 9	

Carmen de Viboral, Antioquia

PORCINAZA

24 – 30 m^3/día etapa metanogénica
TRH: 24 horas etapa hidrólisis
TRH: 4 - 6 días etapa metanogénica
Acoplado a Digestor tipo Taiwan
(metanogénico 2ª etapa)

Video La Casona

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

Tres sistemas

La Casona
La Florida
La Venturosa

EXPERIENCIA GIEM

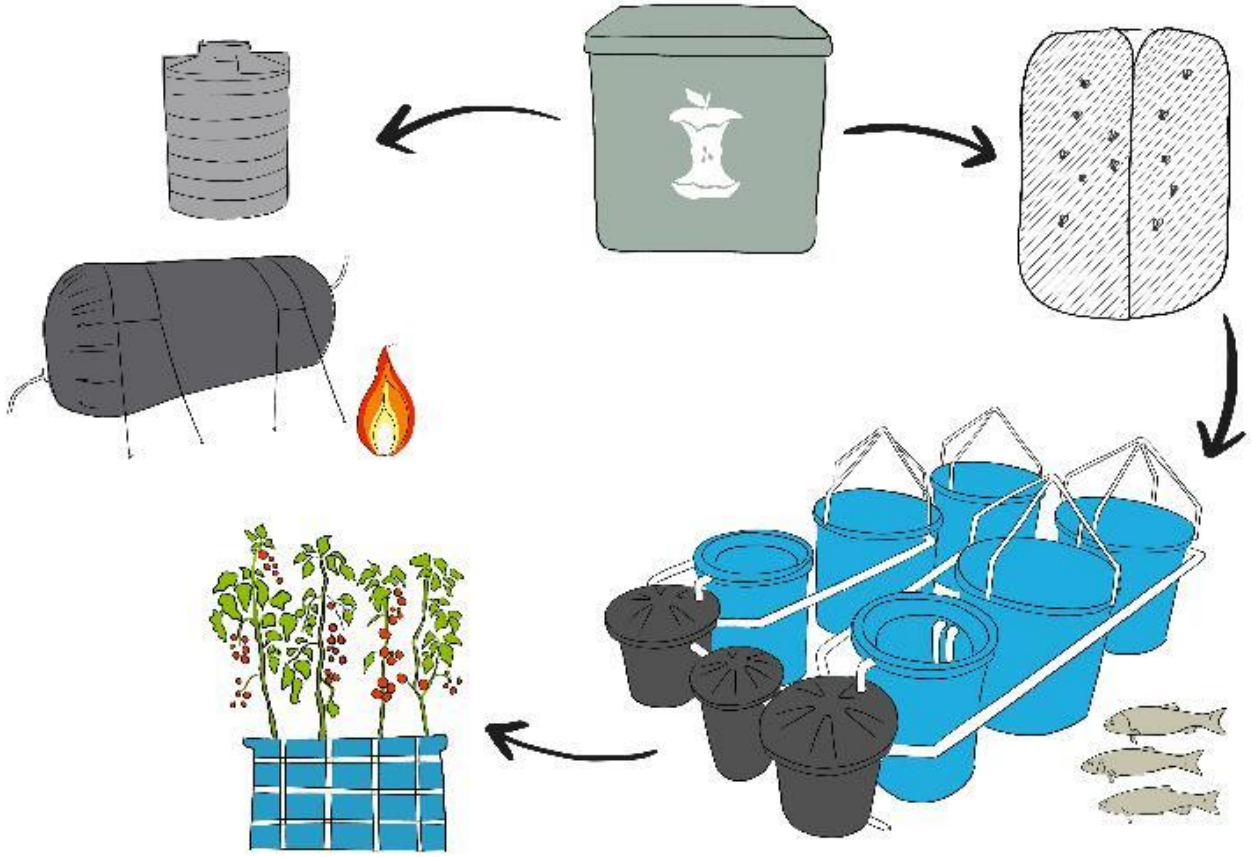
Porcinaza – 66 m3 WV

Vinazas (destilación etanol a partir de banano rechazo)

2000 - 2022

Biorrefinería a Partir de FORSU
Morro Moravia, Medellín

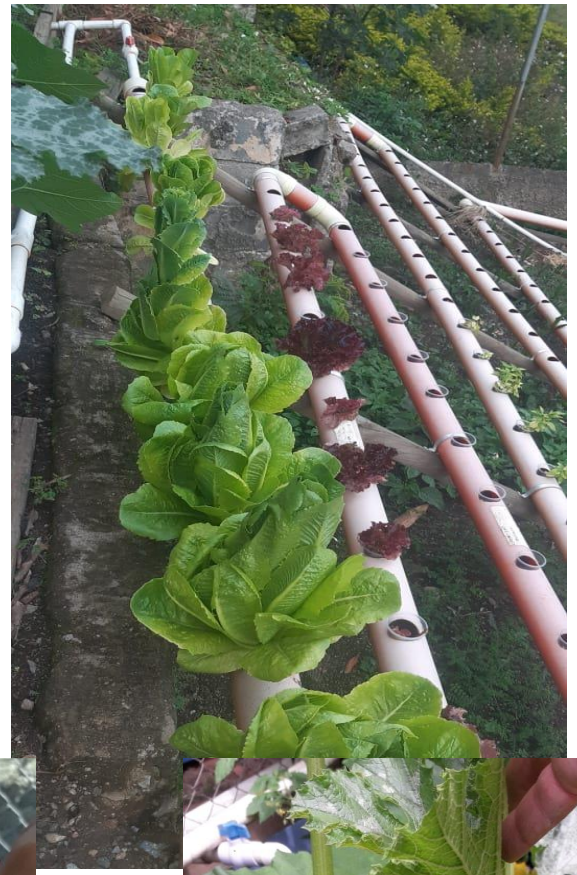
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3



Accesibilidad

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA



RETORNO A LA INVERSIÓN

- Bajos costos de energía eléctrica y biogás en Colombia en comparación con Europa
- Los programas de aprovechamiento material (fertilización) permiten el cierre financiero
- Tiempos de retorno estimados de 4 años

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS (FORSU)

- Reducción de emisiones de gases con efecto invernadero
- Reducción de costos operativos en los municipios
- Reducción de costos de manejo de zonas verdes
- Eficiencia en la gestión de residuos
- Mejor calidad del material Reciclado
- Posible reducción de tarifa de aseo

RETOS – OPORTUNIDADES

- **OPERACIÓN:** Factor crucial para sostenibilidad en el tiempo
  Soporte técnico desde los grupos de investigación
  Empresas que se especialicen en operación y/o acompañamiento permanente.

- **APROVECHAMIENTO DE PRODUCTOS MATERIALES**
  agroindustria: inhouse (energía), fertilizantes

  - **FORSU :** térmica, sistemas no interconectados (accesibilidad), movilidad sostenible

- **APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS**

GRACIAS