

Generación de bioenergía a partir de biomasa residual Avícola

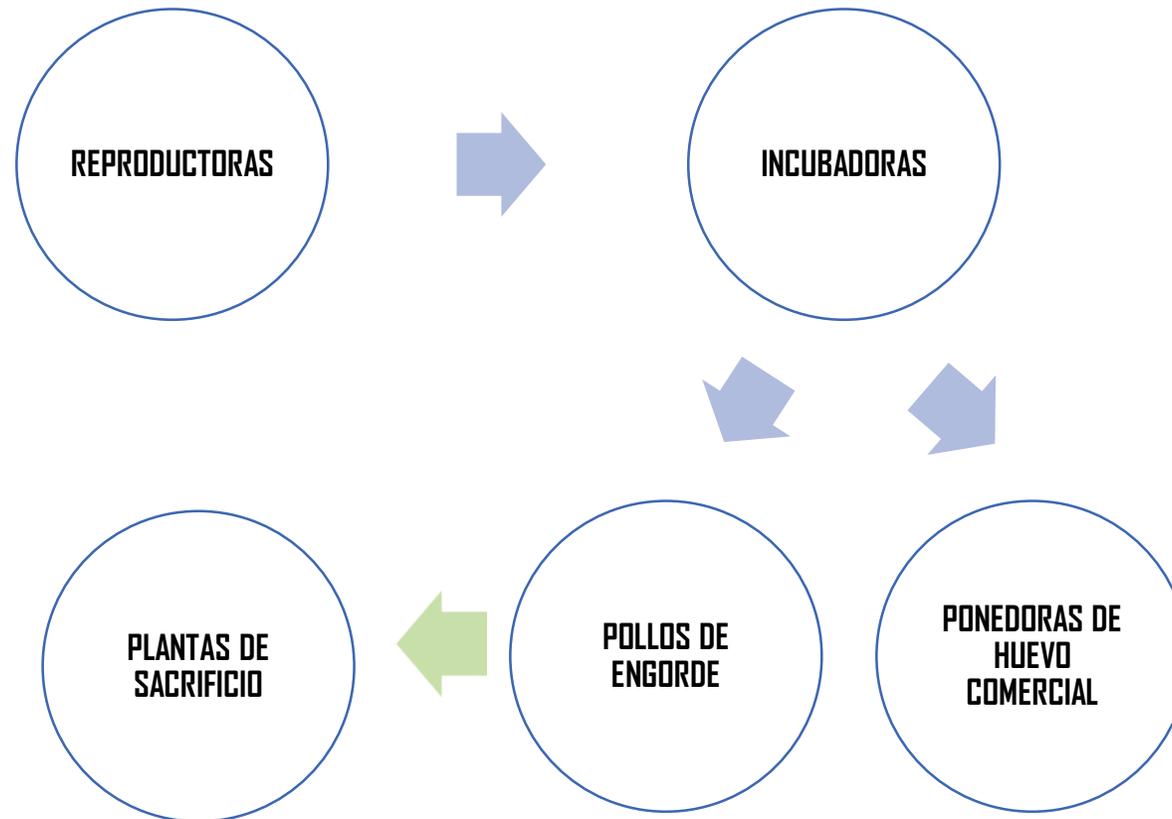
Alejandro Ruiz, Katherin Rivera, Carlos Uribe, John Uribe, Natalia Botero y Carlos Peláez

**Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
GIEM**

**Instituto de Química
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Antioquia**

Abril de 2018

Procesos productivos en la industria avícola



REPRODUCTORAS

- Mortalidad
- Gallinas de descarte
 - Gallinaza
- Aguas residuales

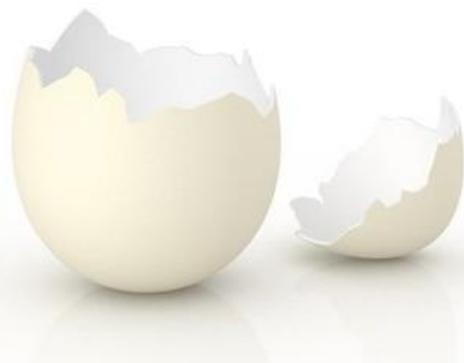
POLLOS DE ENGORDE

- Pollinaza
- Mortalidad
- Aguas de lavado



INCUBADORAS

- Huevo de rechazo
 - Cáscara
- Embriones muertos
- Huevos no fértiles
- Pollo de rechazo
- Aguas de lavado



PLANTAS DE SACRIFICIO

- Pollinaza
- Sangre
- Plumas húmedas
- Grasas y agua
 - Vísceras
- Aguas de lavado

PONEDORAS DE HUEVO COMERCIAL

- Mortalidad
- Gallinaza
- Aguas de lavado
- Cáscara de huevo



Alternativas a la disposición del Material Residual

RECUPERACIÓN ENERGÉTICA



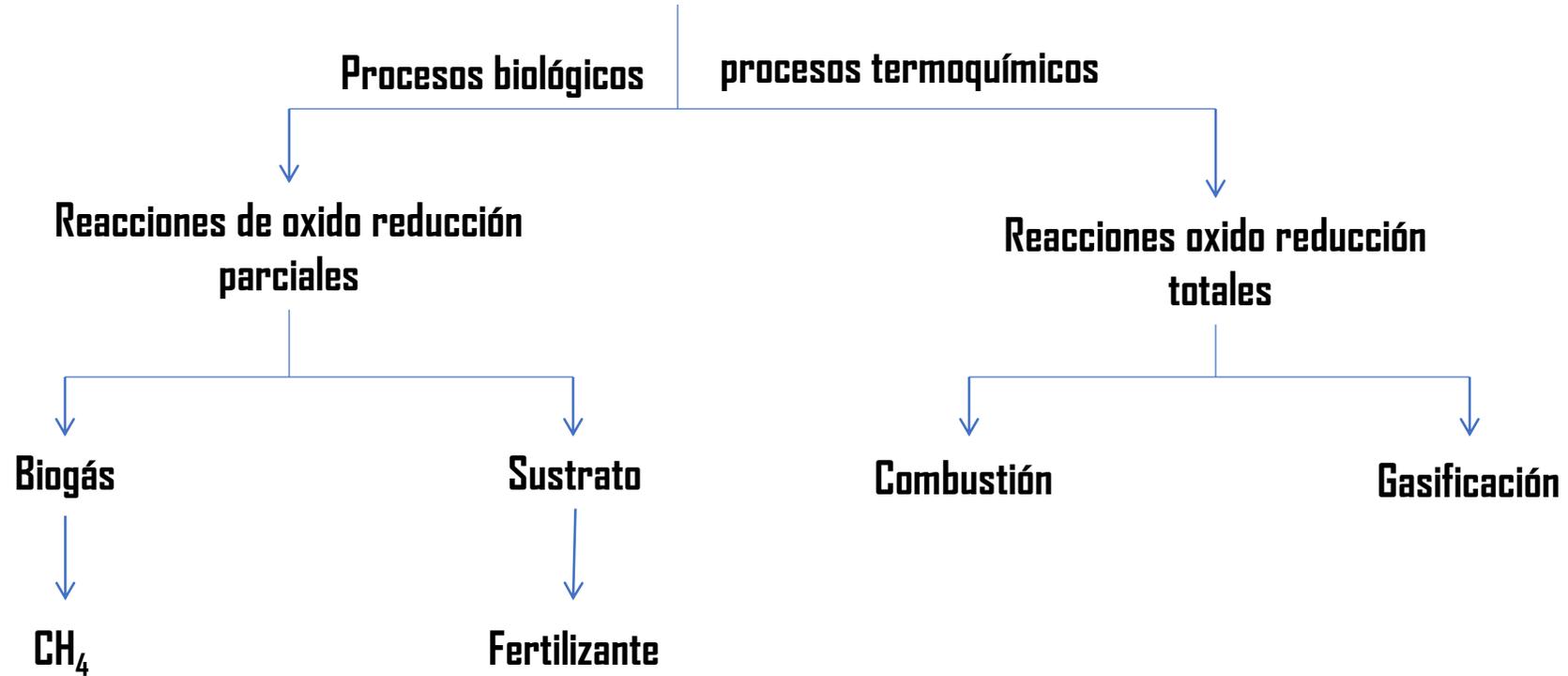
La ruptura de enlace se traduce en energía útil

RECUPERACIÓN MATERIAL



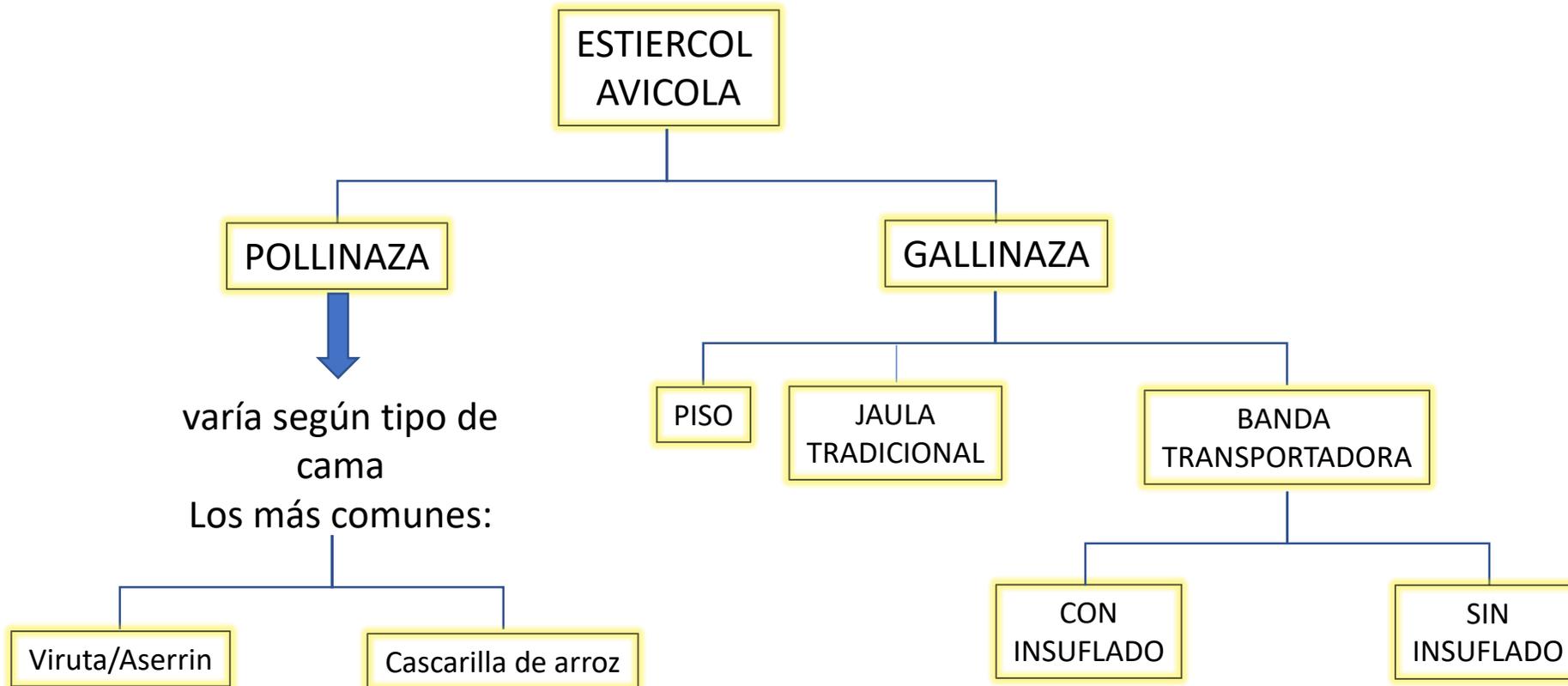
Obtención de metabolitos de alto valor agregado

RECUPERACIÓN ENERGÉTICA



Conversión de gallinaza y pollinaza en energía útil

Clasificación del material



Disponibilidad Tecnológica*

Tecnologia	Costos de Implementacion
Combustion	600 a 900 us por kw
Digestion Anaerobia	300 a 550 us por kw **
Gasificacion	3000 a 5000 us por kw

Tecnologia	Coproduktos		
Combustion	Energia termica	Cenizas (Fertilizante Inorganico)	
Digestion Anaerobia	Biogas	Fertilizante Organico liquido	Fertilizante Organico Solido
Gasificacion	Gas de sintesis	líquidos y sólidos	

** Disponibles en el mercado internacional

*Base de datos Grupo Quirema-UdeA

Caracterización

Análisis Próximo (%)

Análisis	Gallinaza	Carbón
Humedad	6,4 ± 1,0	5,3 ± 0,1
Materia volátil	53,4 ± 2,0	42,2 ± 0,3
Carbono fijo	3,3 ± 0,9	47,6 ± 0,1
Residuo	36,9 ± 1,9	4,9 ± 0,3

Análisis Elemental (%)

C	28,9 ± 2,4	74,1 ± 0,1
COOT	25,5	-----
H	3,7 ± 0,2	5,3 ± 0,1
N	4,4 ± 0,3	< LOD
NOT	4,8	-----
S	0,13 ± 0,02	-----
Poder calorífico (kJ/g)	8,8	25,9

Biogas

Características

Composición	55 – 70% metano (CH ₄) 30 – 45% dióxido de carbono (CO ₂) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

(Varnero, 2011)

Rendimiento de Estiércoles

Tipo de estiércol	Vacunos	Porcinos	Pollos
Kg estiércol/día/animal	23,587	3,401	0,0454
Biogás (m ³)/ Kg estiércol	0,023 - 0,040	0,040 - 0,059	0,065 – 0,116
Biogás (m ³)/Kg animal/día	$3,13 \times 10^{-3}$	$4,77 \times 10^{-3}$	$5,51 \times 10^{-3}$
Peso del animal (Kg)	500	70	2
Biogás (m ³)/animal/día	1,565	0,334	0,11
Energía (Kcal.)/animal/día	8295	1170	583

(Gon, 2008)

Cronología de estudios de recuperación energética y material de biomasa residual

En 1992 se forma el grupo de investigación con dos líneas de trabajo

- Química de metabolitos
- Recuperación energética y material de biomasa residual

En 1996 mediante convenio Fenavi-UdeA se inicia el estudio de la biomasa residual avícola

Entre 2000-2003 participación en el comité ICONTEC, Norma 5167 Productos Orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas del suelo. *

En 2004 acuerdo EPM-UdeA uso de porcinaza para producción de energía en sistemas no interconectados.

En 2006 Convenio Contegral-CIB-UdeA para recuperación energética y material de porcinaza

En 2009 Convenio Ministerio de Agricultura-UdeA Programa de recuperación energética y material de vinazas en planta de Bioetanol-Frontino.

2012 Convenio Gobernación de Antioquia-UdeA para recuperación energética y material de RSUsf

En 2014 Convenio Fenavi-UdeA para recuperación energética y material de Biomasa Residual Avícola

* Acevedo, Liliana; Peláez, Carlos (2003) Correlación de variables físico-químicas en el proceso de compostaje y su impacto en programas de fertilización. Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelos.

FASE I

Estudios básicos del
aprovechamiento energético avícola

Problemáticas

Tipo de fase

fermentación en fase sólida

fermentación en fase líquida

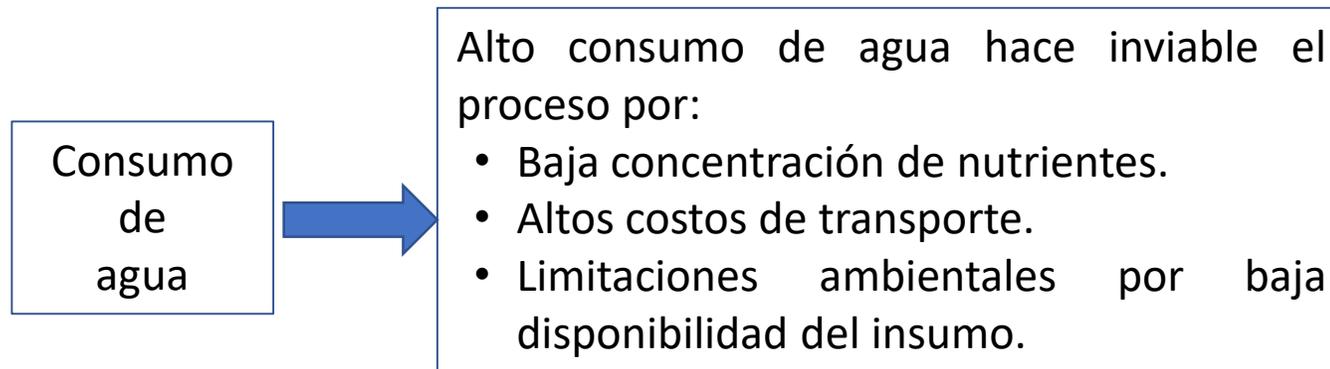
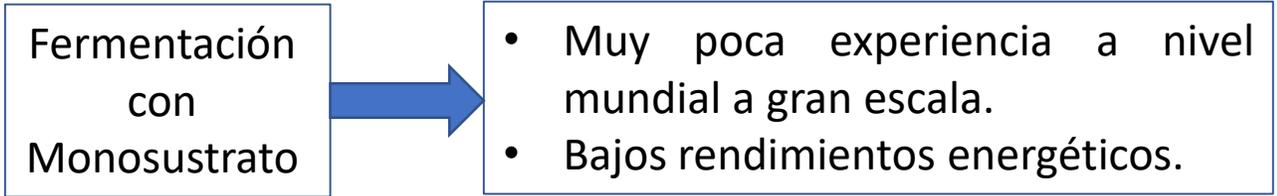
Contenido de
Nitrógeno y Azufre

$\text{NH}_3 \Rightarrow$ Inhibidor en fermentación

$\text{H}_2\text{S} \Rightarrow$ Contaminante

Relación C/N \Rightarrow Baja producción

Retos



SISTEMA EN FASE LÍQUIDA

Condiciones de operación biodigestor de Cama de Lodo alimentado con gallinaza con ST 3%

Capacidad del Reactor, 70 L

Q 14,4 L/día

Tiempo retención hidráulico (TRH) 3,0 días

Velocidad de carga orgánica (OLR) 5,8 kg SV/m³.dia

Temp . Operación 25 °C CH₄ 62-65%

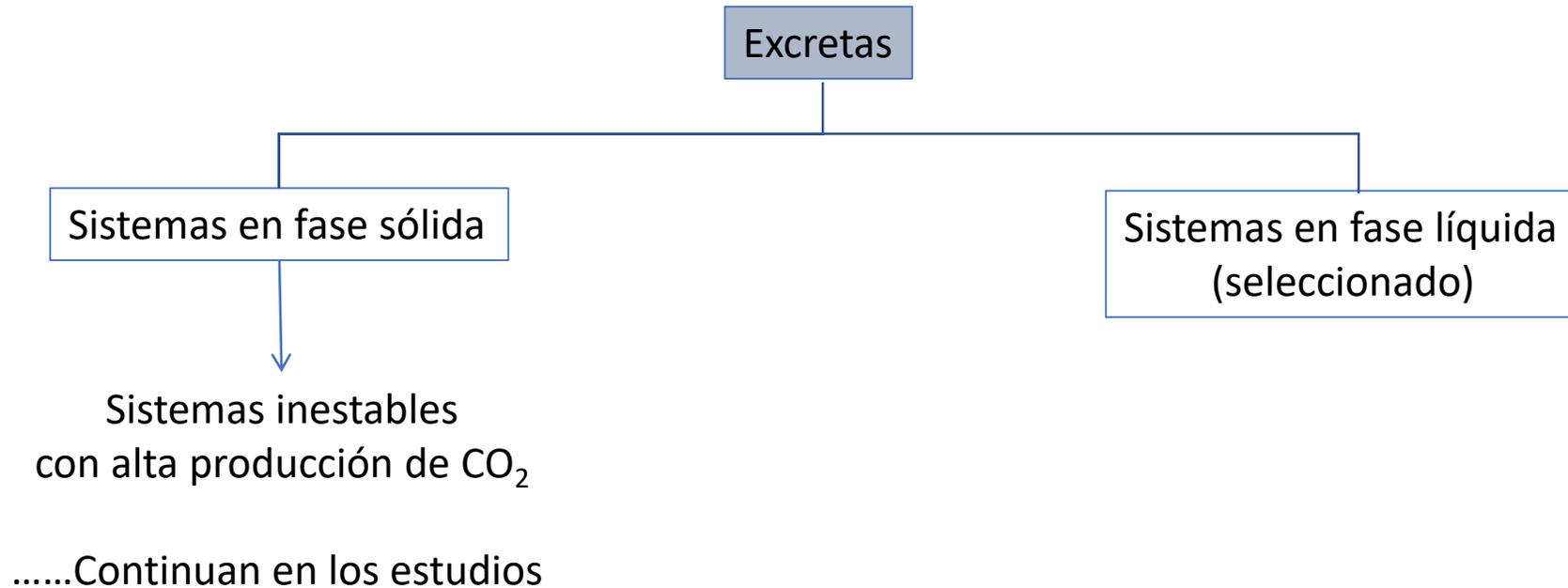
SISTEMA EN FASE SOLIDA

Condiciones de operación biodigestor alimentado con gallinaza con ST > 30 %

Capacidad del Reactor, 70 L

Temp . Operación 25 °C BIOGAS CO₂ MAYORITARIO
CH₄ < 20%

Sistemas para la recuperación Energética y Materia en estiércoles avícolas



Definida la fase líquida, se establecieron las siguientes premisas para implementar el modelo de recuperación energética y material

- Reducción significativa de la problemática de olores.
- Implementación de tecnología sin empleo de coproductos.
- Bajos tiempos de residencia que conduce a sistemas compactos.
- Fuente de ingresos para las compañías.
- Costos razonables en la implementación.
- Maximización

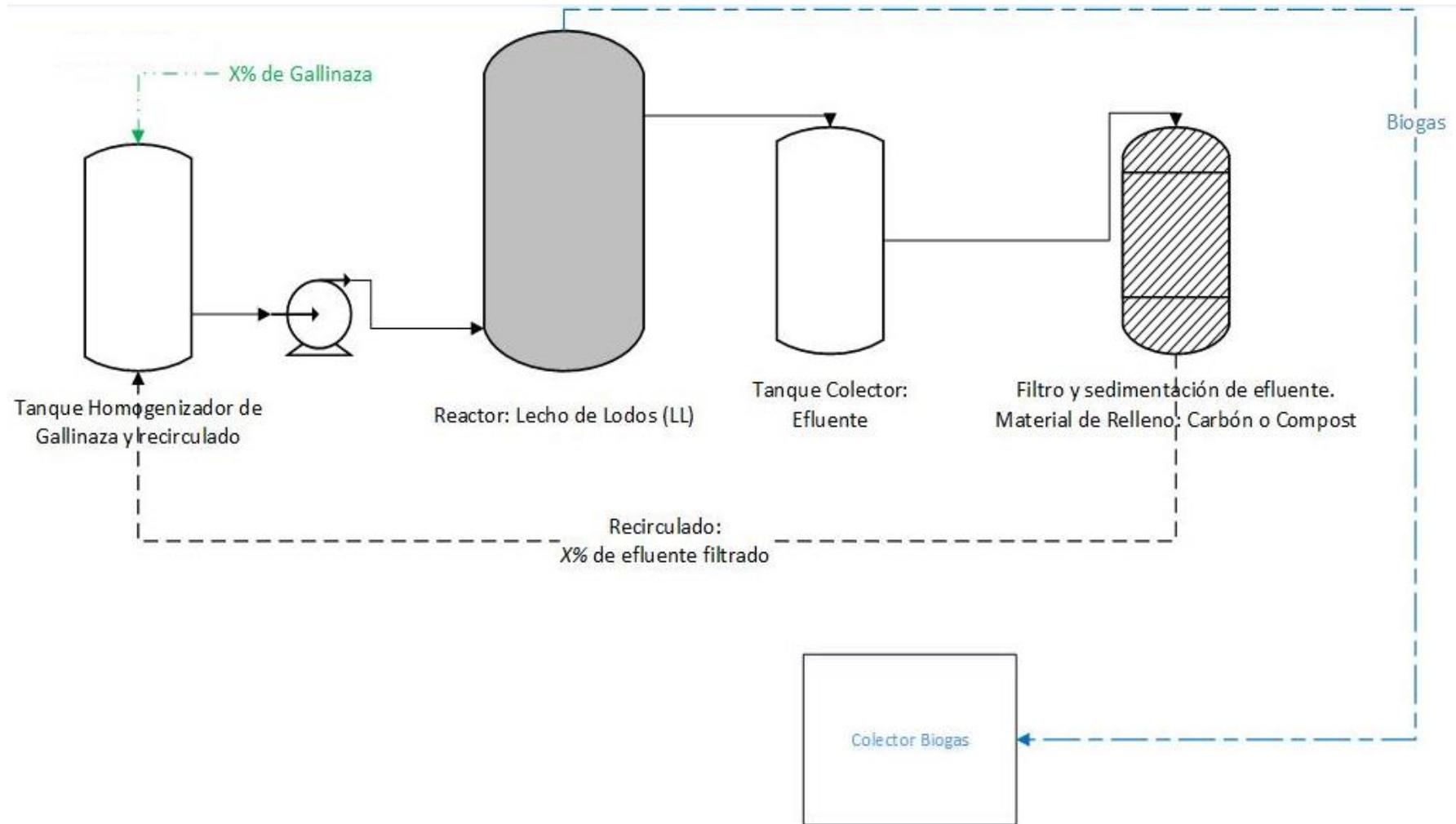
FASE II

Modelo experimental de laboratorio
para el aprovechamiento energético
de las excretas avícolas

Esquema conceptual del Sistema de Biometanización a partir de excretas avícolas (Sistema en fase líquida)

Premisas

1. Factor de dilución.
2. Sistemas de recirculación



Vw (L)	producción biogas* (l/h)
43	0.9
Flujo alimento (l/h)	0.6
Rendimiento Aprox	(l/kg Excreta)
0.1	

* Contenido de CH₄ >60 %

Productos del Proceso:

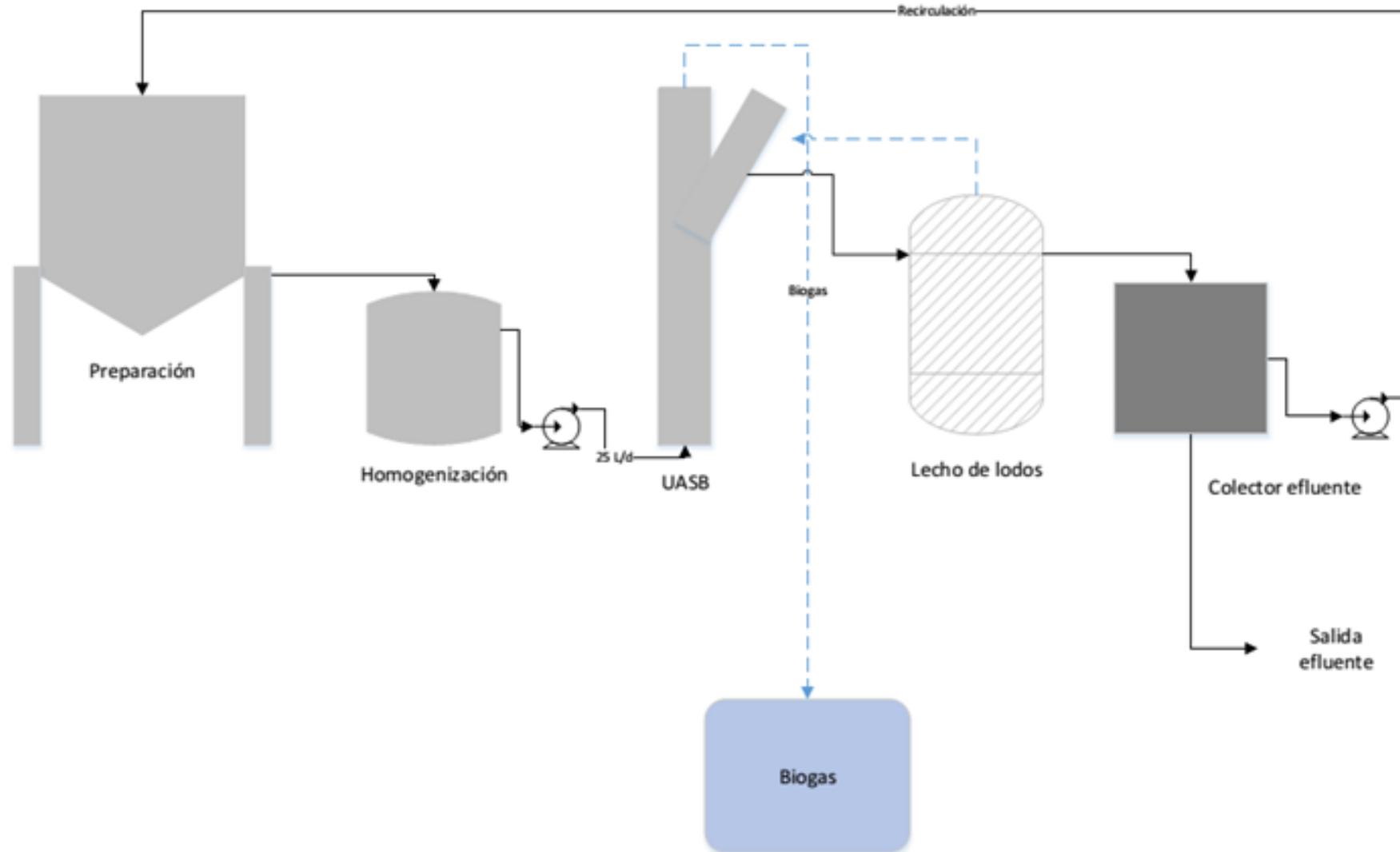
1. Biogas
2. Fertilizante líquido
3. Fertilizante sólido

Condiciones para aprovechamiento avícola

GALLINAZA

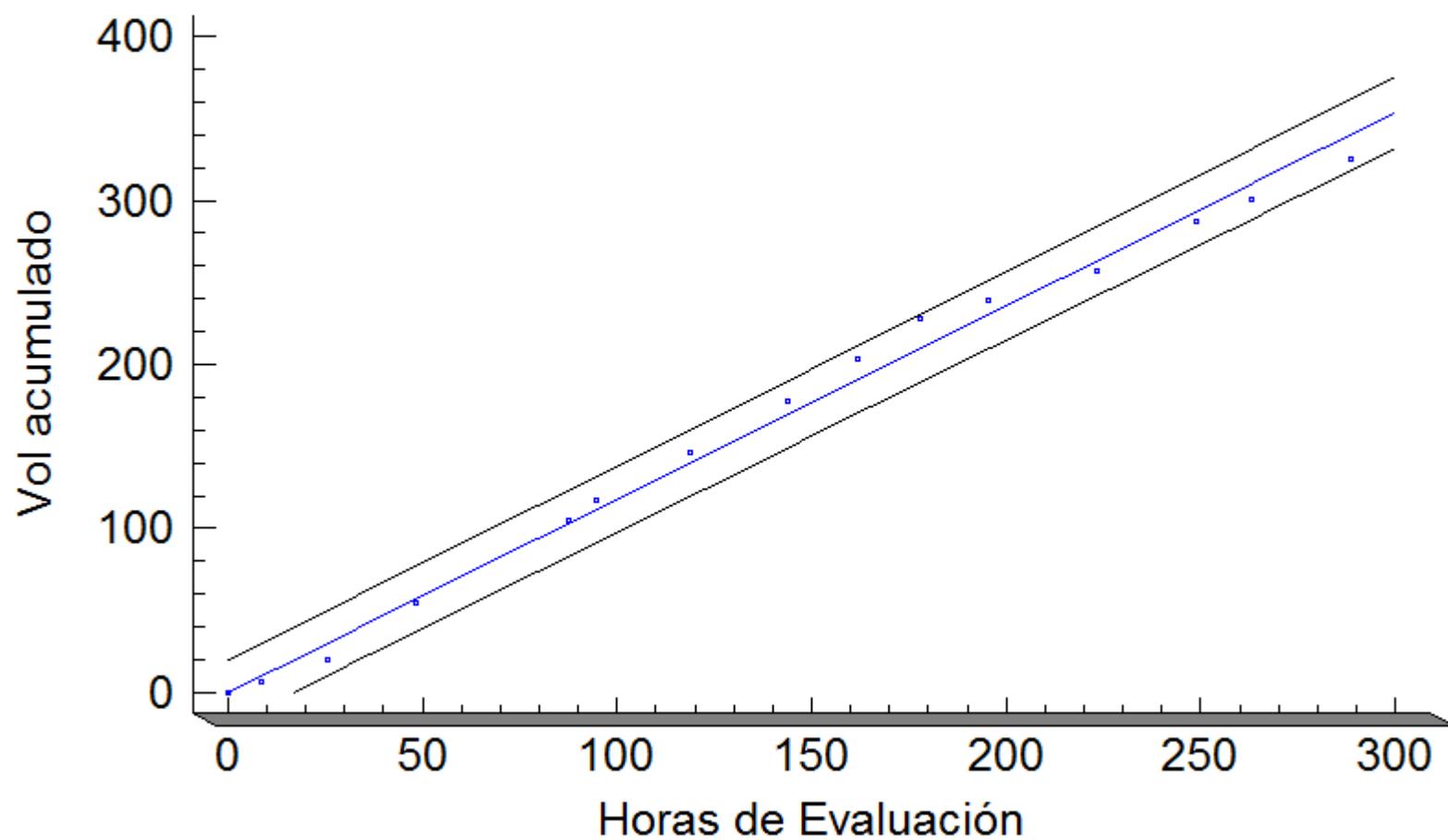
- No procesos codigestivos
- Bajo consumo de agua
- Sistemas compactos
- Maximización del rendimiento energético

SISTEMA EN FASE DE LABORATORIO



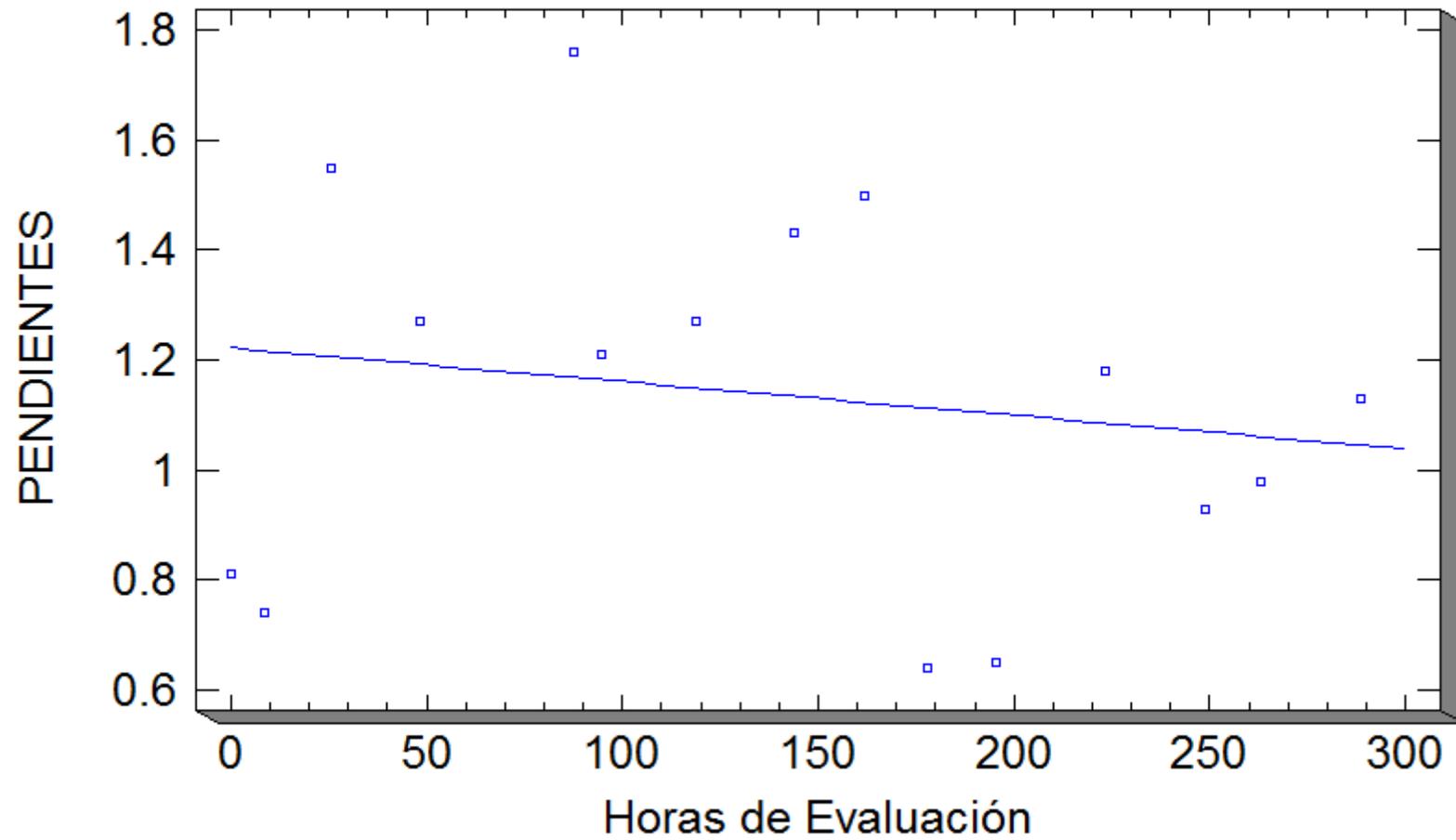


$$\text{Vol acumulado} = 1.17846 * \text{Horas de Evaluación}$$

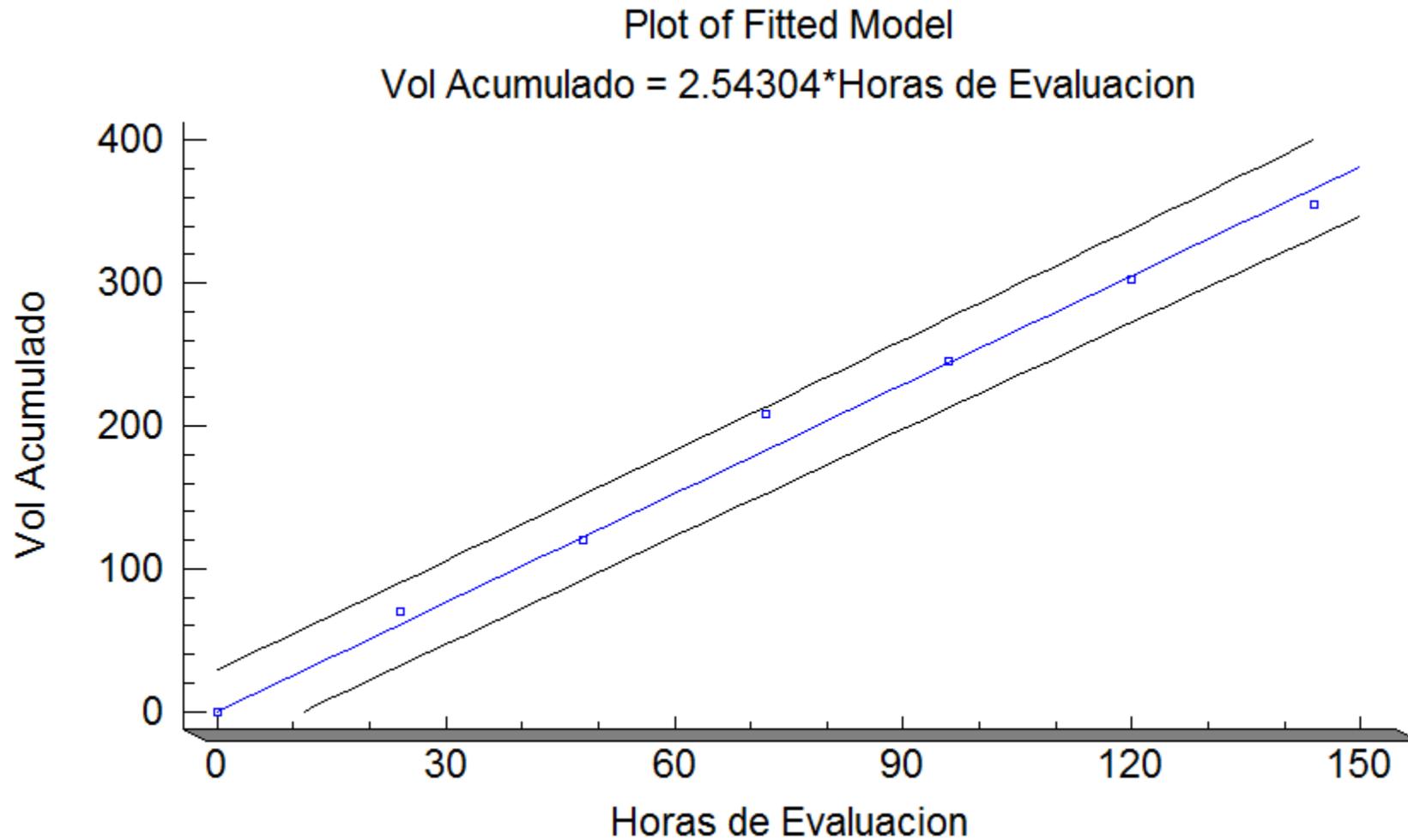


Plot of Fitted Model

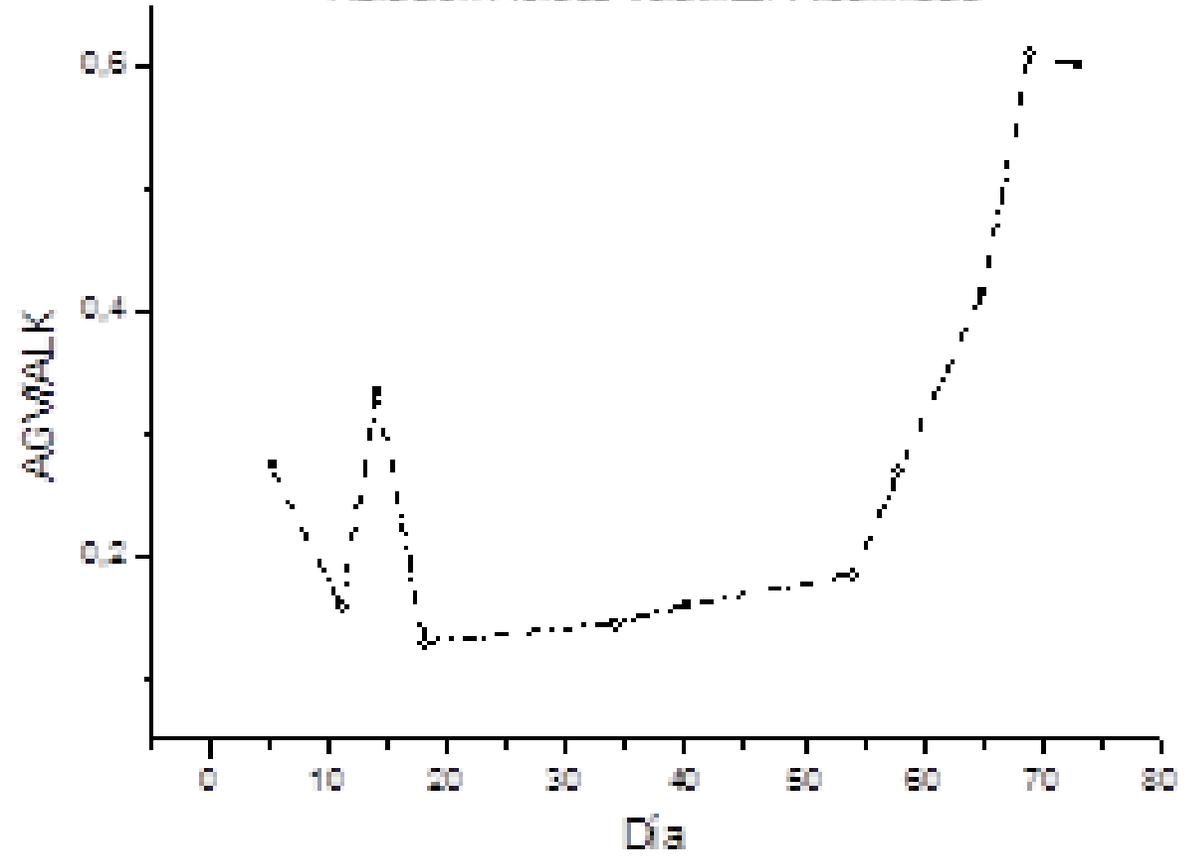
$$\text{PENDIENTES} = 1.22182 - 0.00061234 \cdot \text{Horas de Evaluación}$$



Al incrementar la rata de alimentación bajo la condición de no incrementar la presencia de Acidos Orgánicos de Bajo peso molecular, se maximiza el rendimiento tal y como se observa en el siguiente gráfico.



Relación Ácidos volátiles/ Alcalinidad



**Lo anterior implica que la producción de Biogas en nuestro caso
corresponde a:**

60.0 L biogas / Kg fresco de estiércol

Sistema con:

**5 recirculaciones
Monosustrato**

⇒

50 Kg en 50 L

Por tonelada se requieren 1000 L

Predicción de Producción

Excretas por gallina

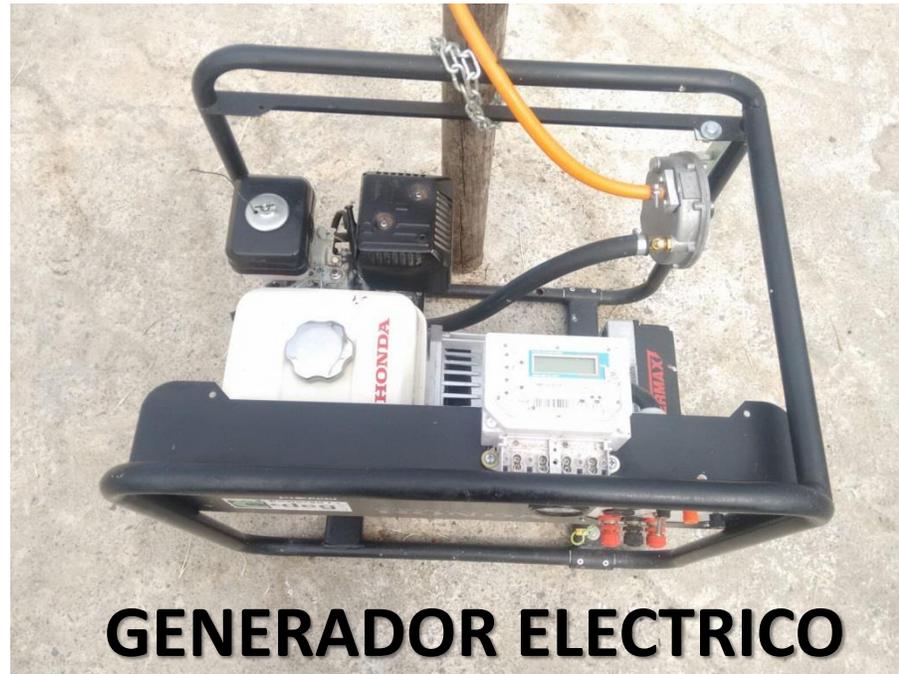
Para 100.000 gallinas se producen

Para el modelo se producirían

120 g de gallinaza /gallina

12 Ton de gallinaza

**720 m³ Biogas y 12 m³
de fertilizante líquido.**



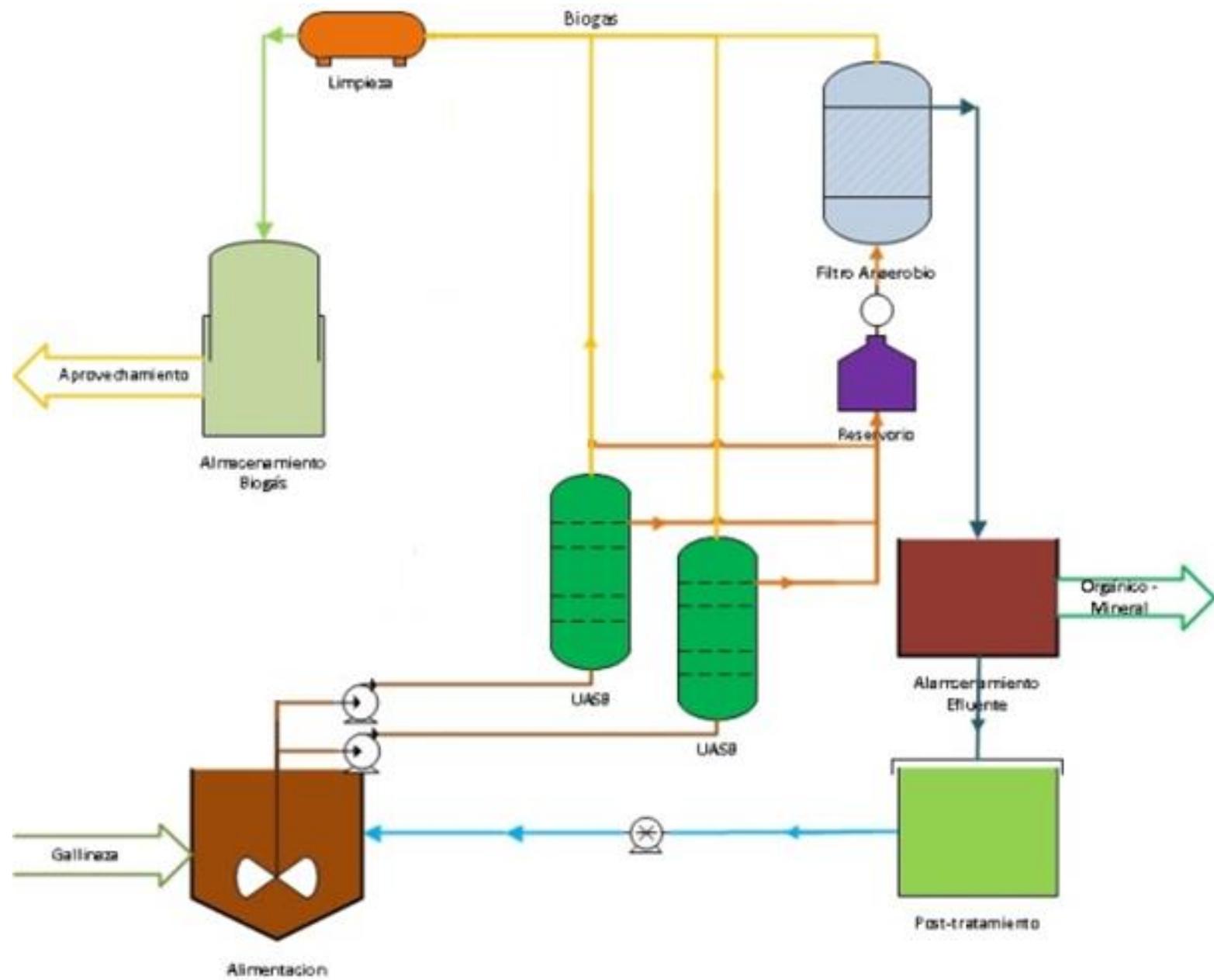
GENERADOR ELECTRICO



Para 1,5 kW de energía (lo del motor) el consumo es entre 1 y 1,2 m³ de biogas/hora.

FASE III

Modelo experimental en granja para
aprovechamiento de la gallinaza
como monosustrato







Relacion AGV/ALK Piloto Kakaraka

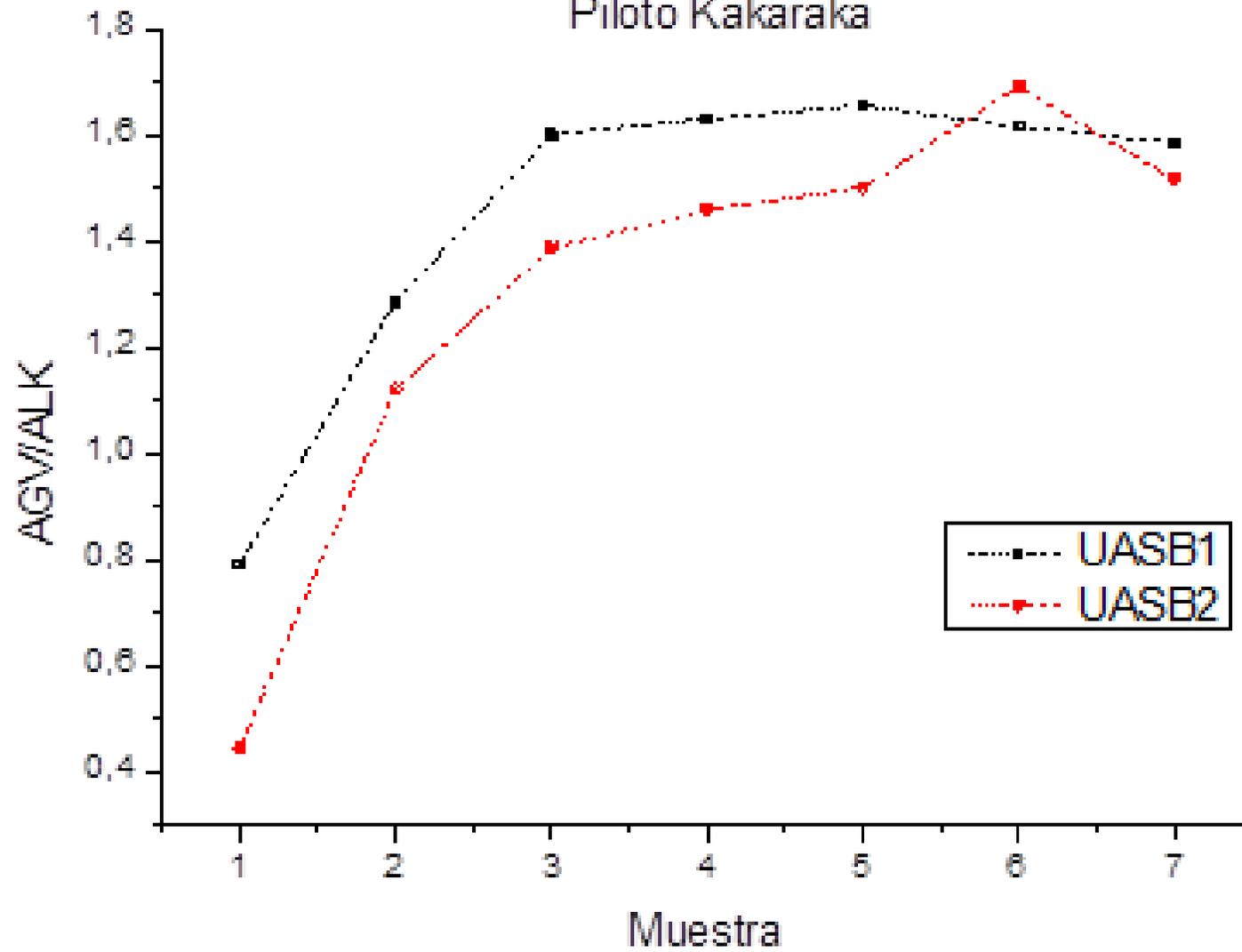
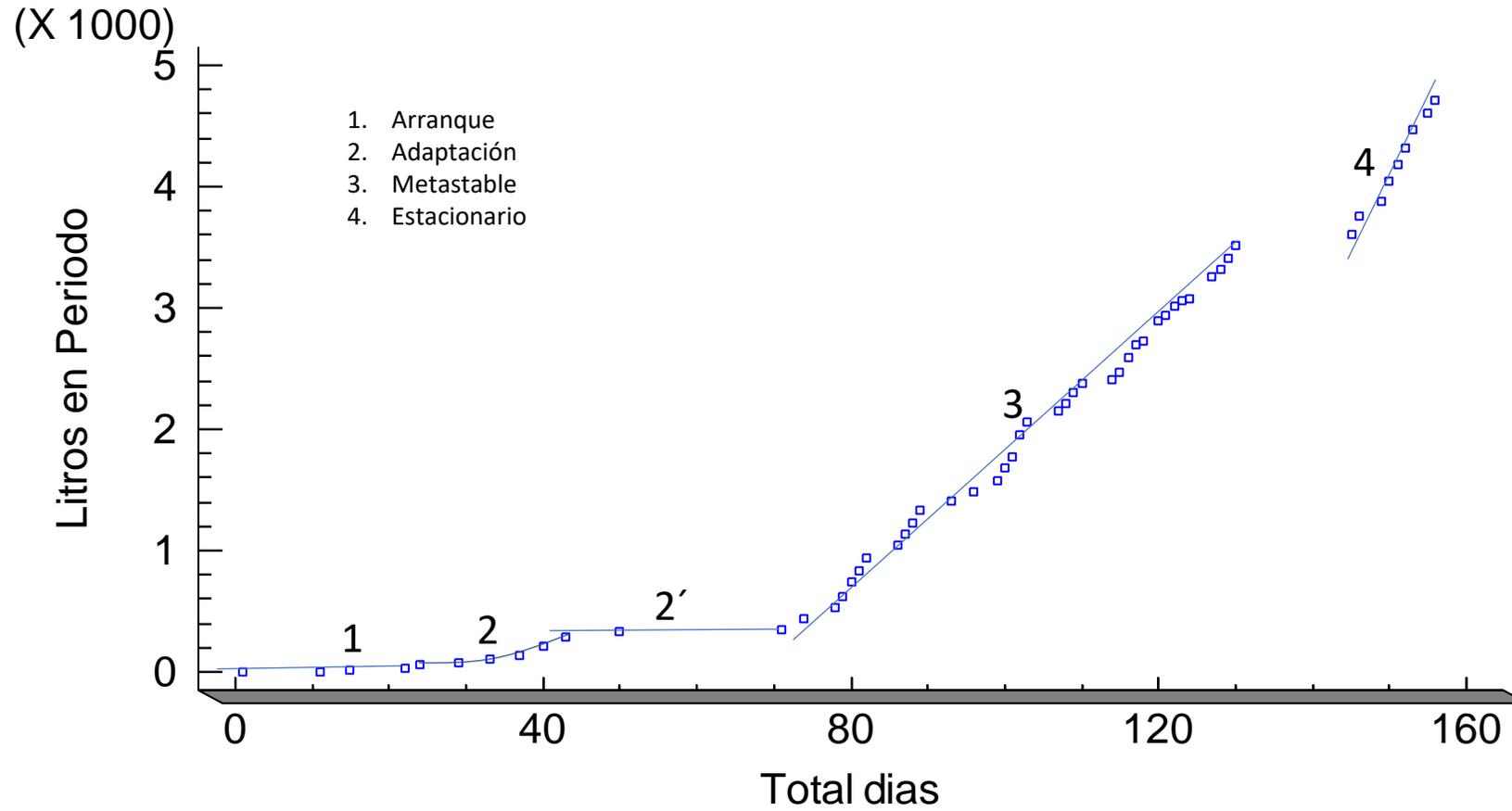
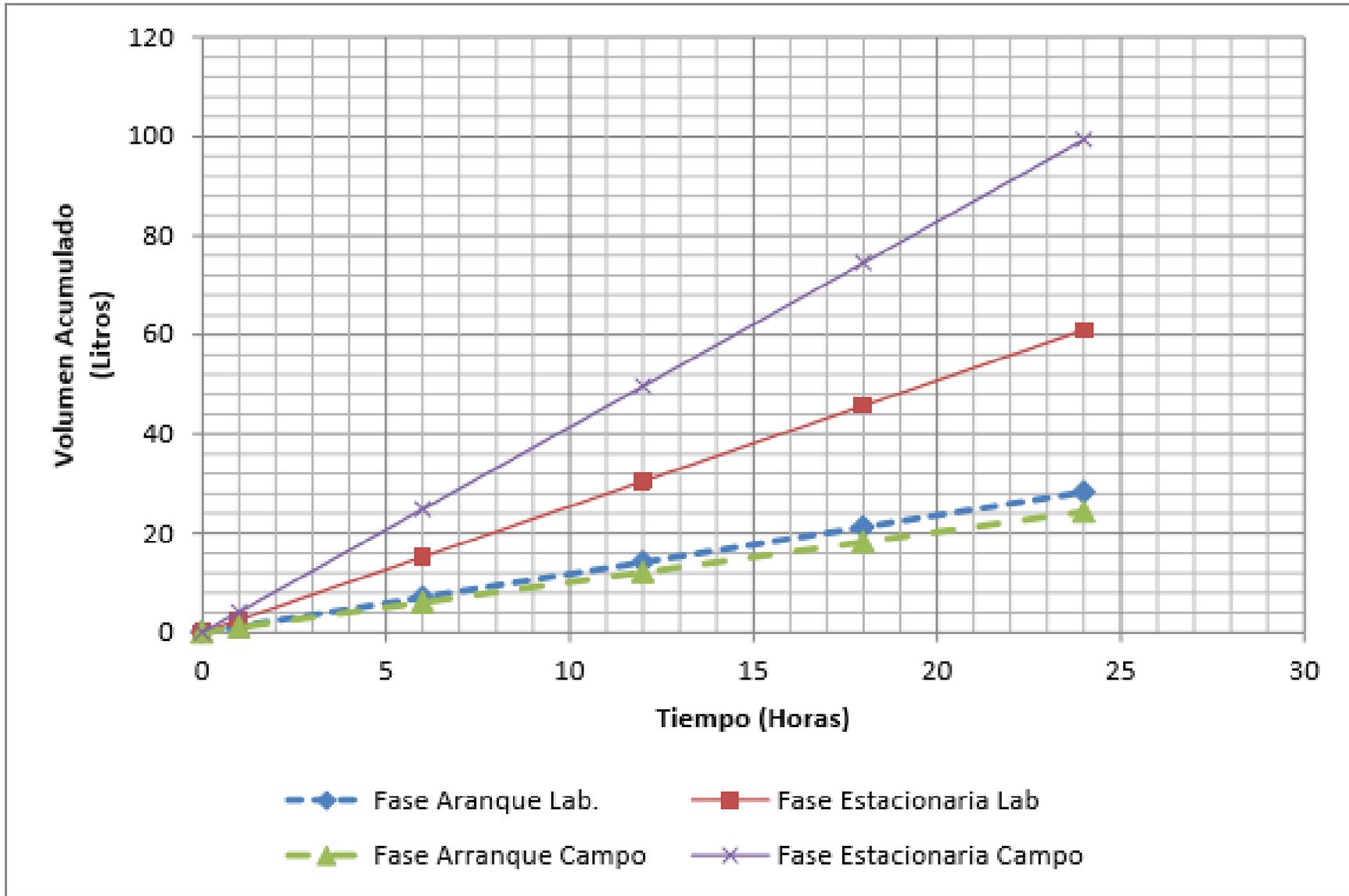


Figura 3. Plot of Litros en Periodo vs Total dias





FASE IV

Modelo experimental para estudio de aprovechamiento en función de la altura sobre el nivel del mar

Se trabajaron tres alturas

500 msnm



Olaya

1400 msnm



Heliconia



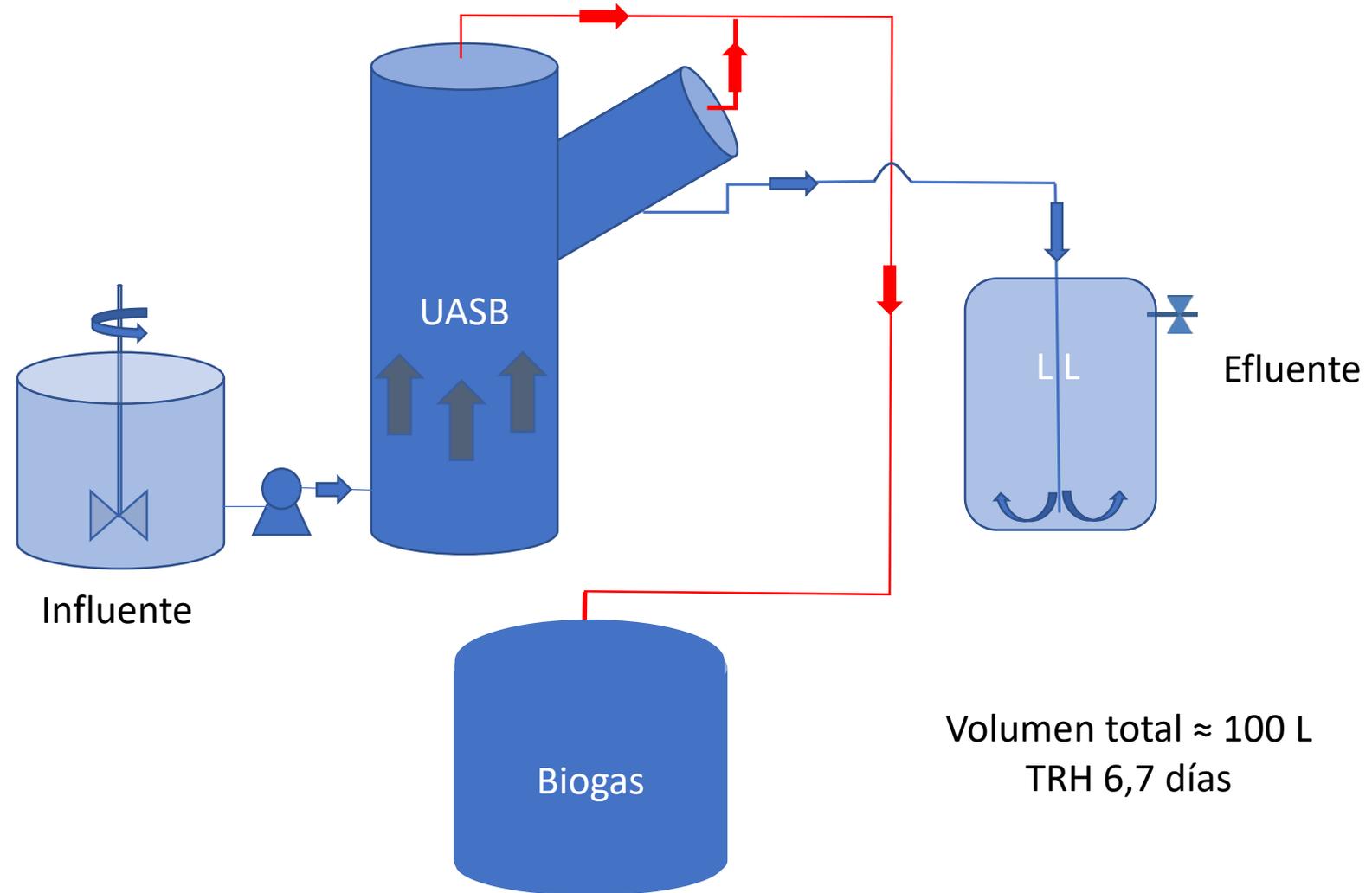
Medellín

2180 msnm



Rionegro

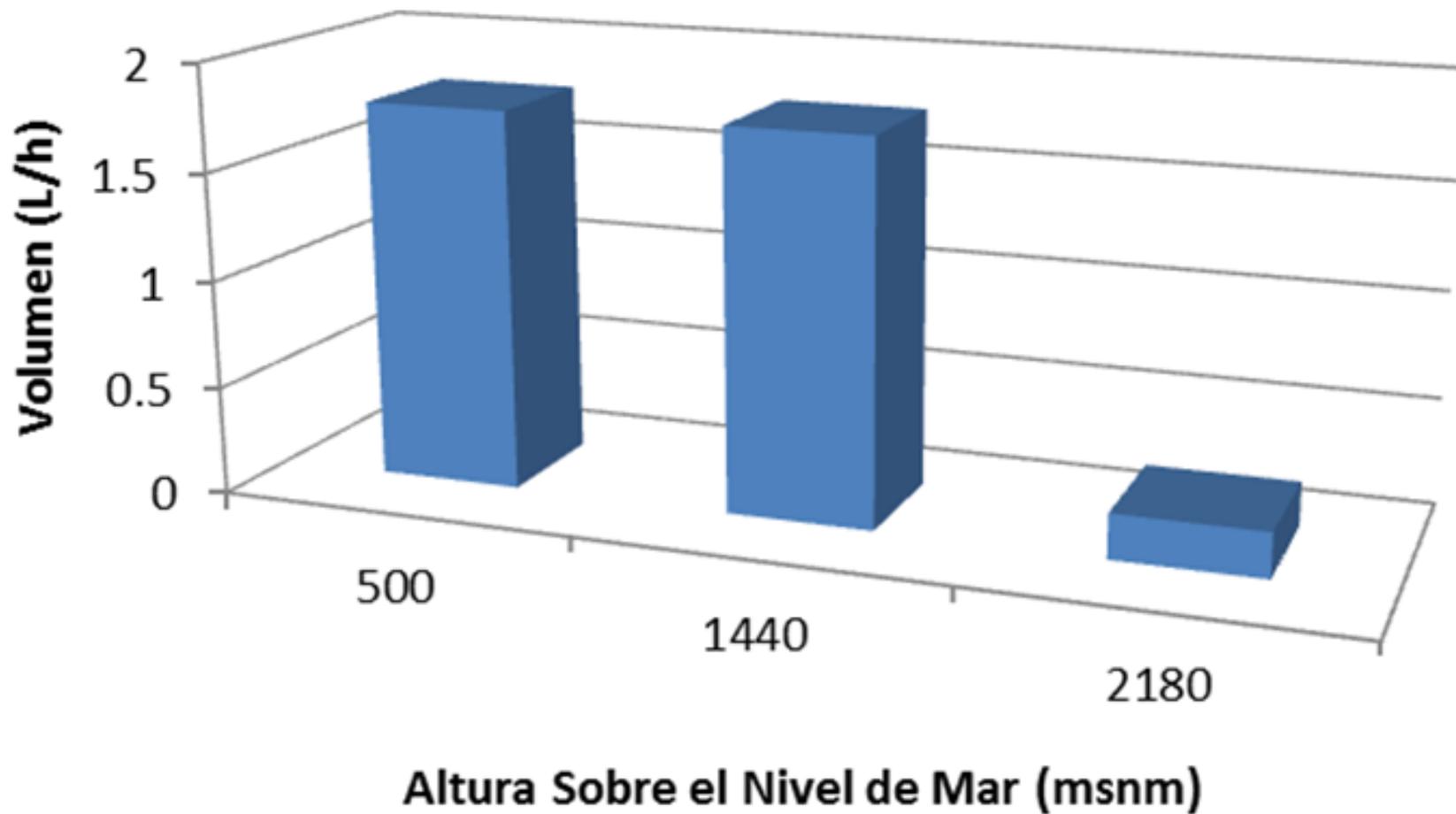
Modelo Conceptual



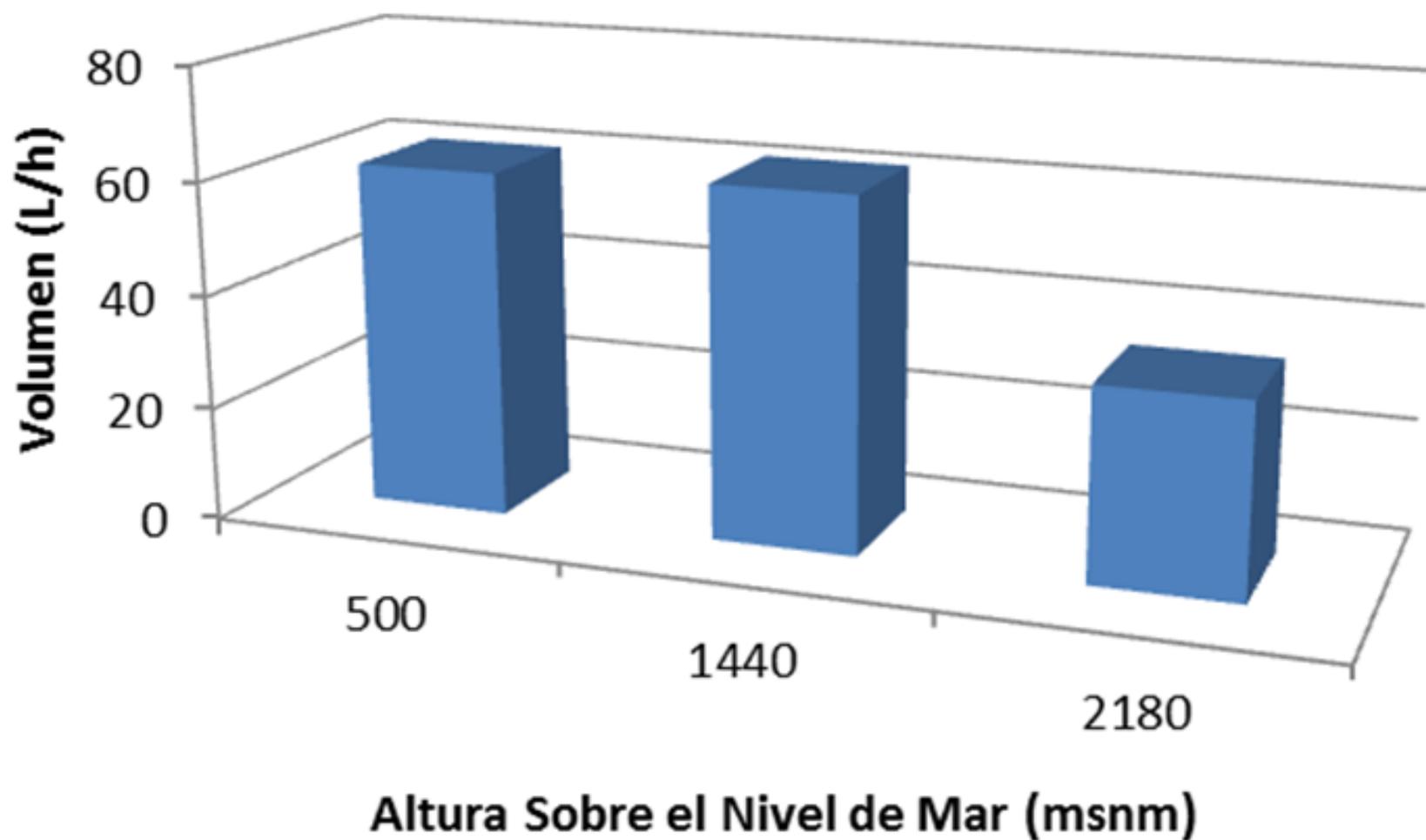
Condiciones de operación

Variables	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
ALTITUD (m.s.n.m)	500	1440	2180
Tipo de Sustrato	Gallinaza Jaula Banda Transportadora sin insuflado		
Carga de Hidrolizado	0.2 kg/L		
Flujo de Carga Total	15 L/dia		
Operación Bomba	Cada 2 horas, 10 min		

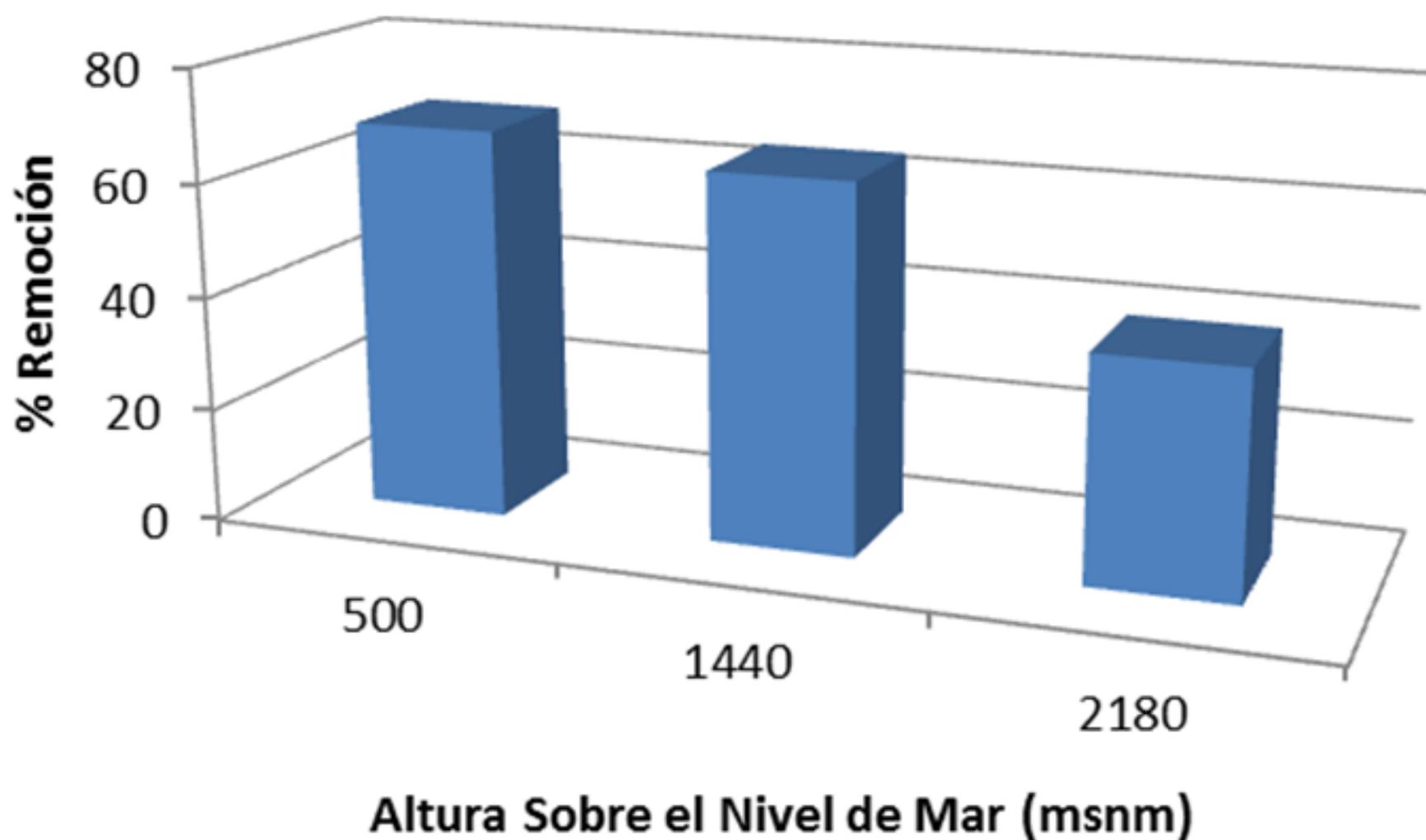
Producción de Biogas (L/h) en Sistemas de Biorreactores a diferentes alturas sobre el nivel del mar



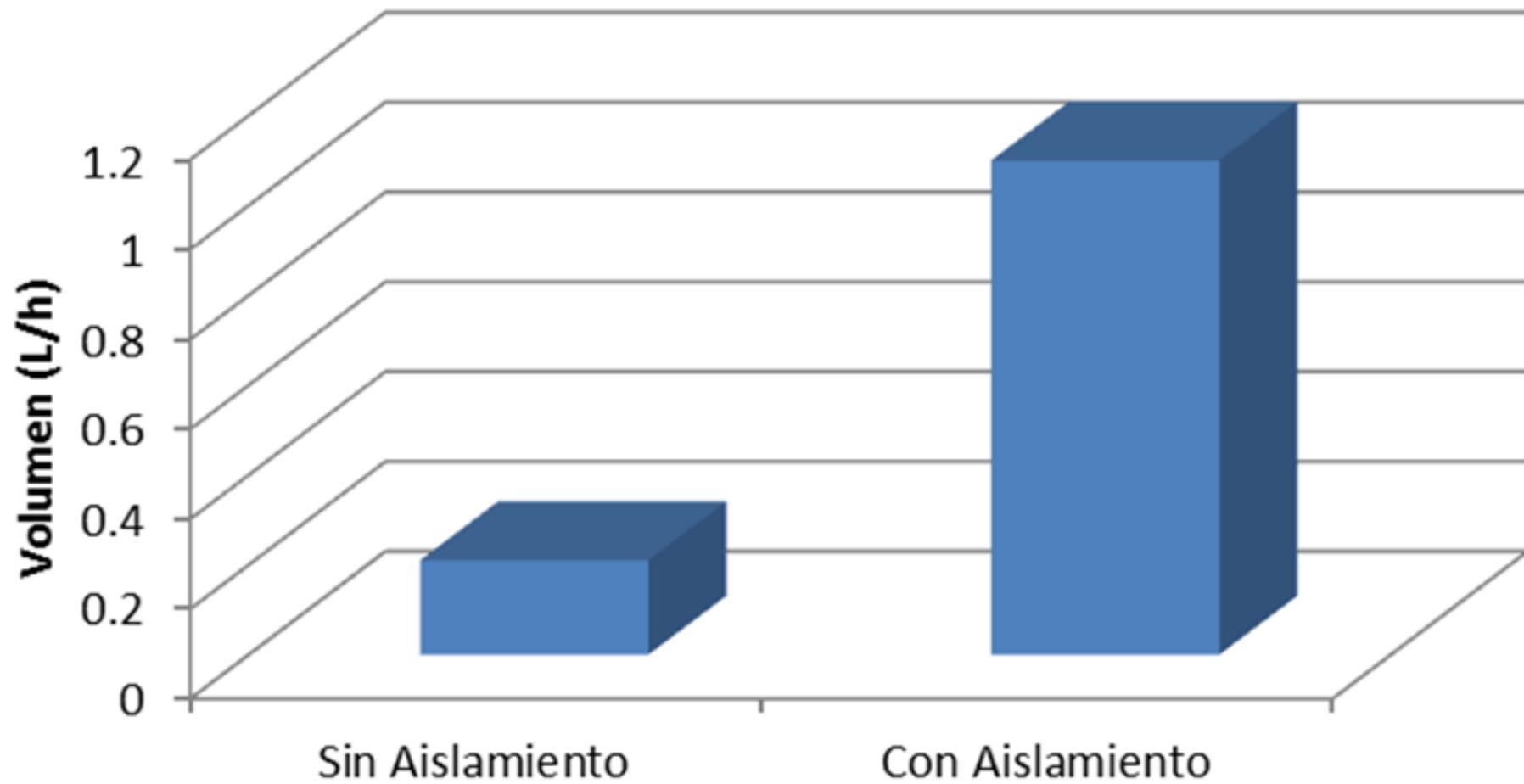
Calidad del Biogas (% CH₄) en Sistemas de Biorreactores a diferentes alturas sobre el nivel del mar



Porcentaje de remoción (en DQO) a la salida del Sistemas de Biorreactores y a diferentes alturas sobre el nivel del mar



Comparación de la producción de Biogas con y sin recubrimiento en sistemas a 2180 msnm



La variable temperatura puede afectar de manera inversa la productividad de los sistemas de recuperación energética si se está en alturas superiores a los 1500 nsnm. Para este caso se recomienda realizar aislamiento térmico y *no calentamiento*.

El resto de variables bioclimáticas de altura (presión, concentración de oxígeno, no tienen efectos significativos sobre la recuperación energética.

FASE V

Modelo a escala real:

Programa Avícola Santa Rita-UdeA

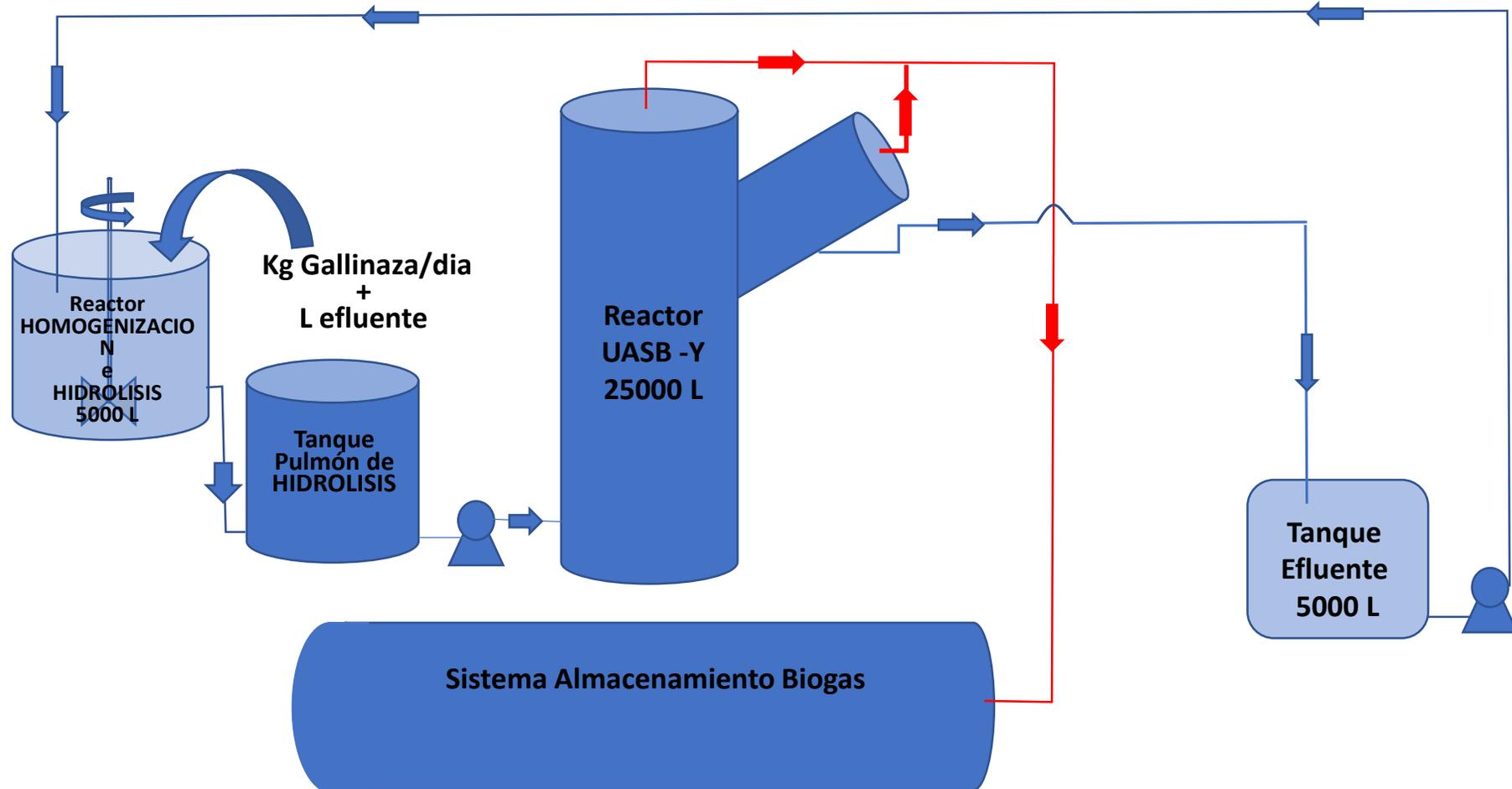


Bioenergía

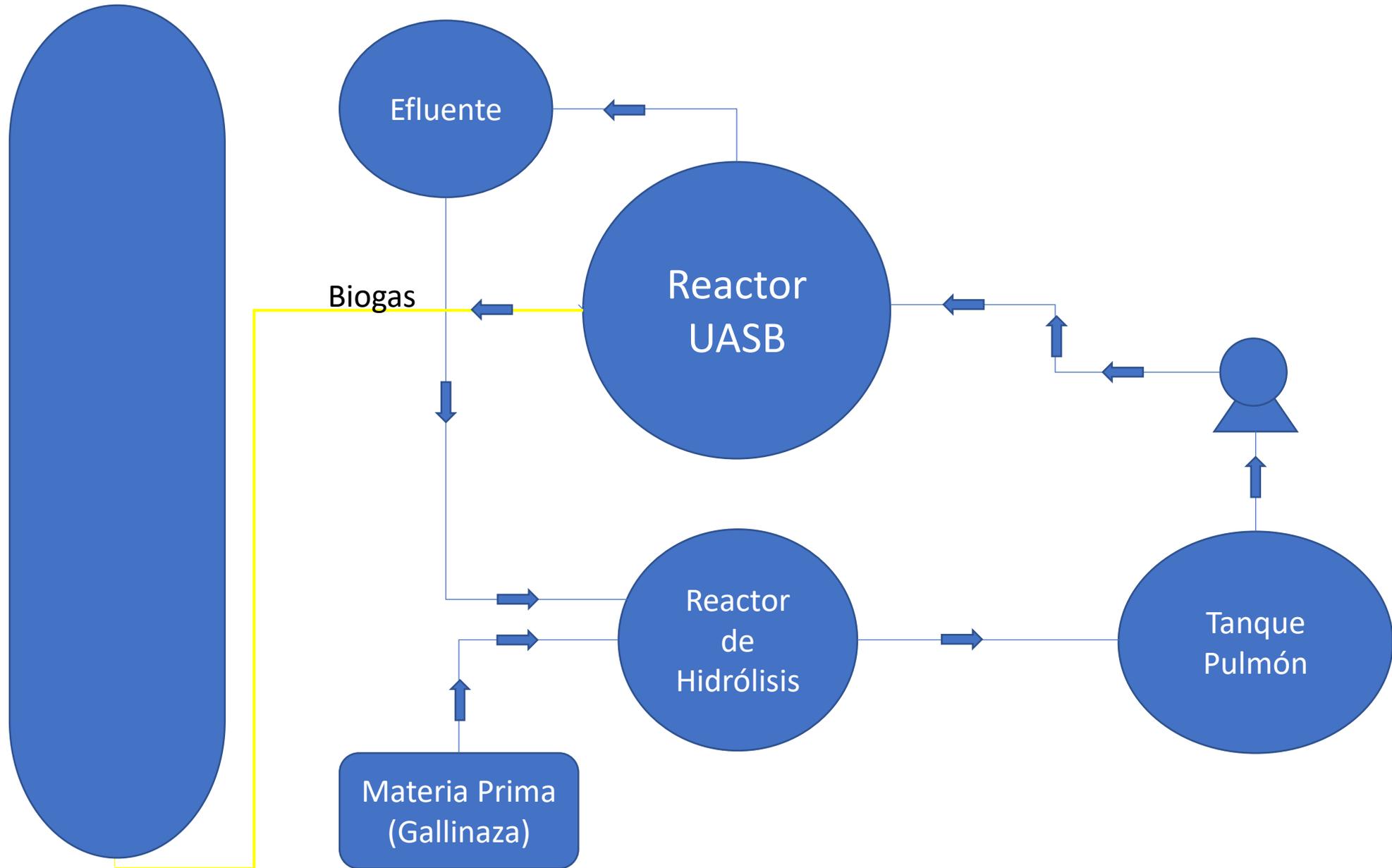
Esquema del Aprovechamiento Energético y Material con Sistema de Reactores: 2^{da} generación-Multietapas- Sistemas redundantes

- Reactores de Segunda Generación: Mantienen el inóculo (microorganismos) dentro del reactor, No hay salida de lodo, maximizando el rendimiento del sistema, bajos tiempos de residencia.
- Multietapas: La digestión anaerobia se “compartimentaliza”.
- Redundantes: Sistemas modulares que permiten ante fallas, establecer rutas alternativas para completar operación.

Esquema del Aprovechamiento Energético y Material de Gallinaza con Sistema de Reactores de 2^{da} generación-Multietapas- Sistemas redundantes



Diseño conceptual del Sistema



Sistema a escala 1:1 (25 m³) en Avícola Santa Rita







FASE VI

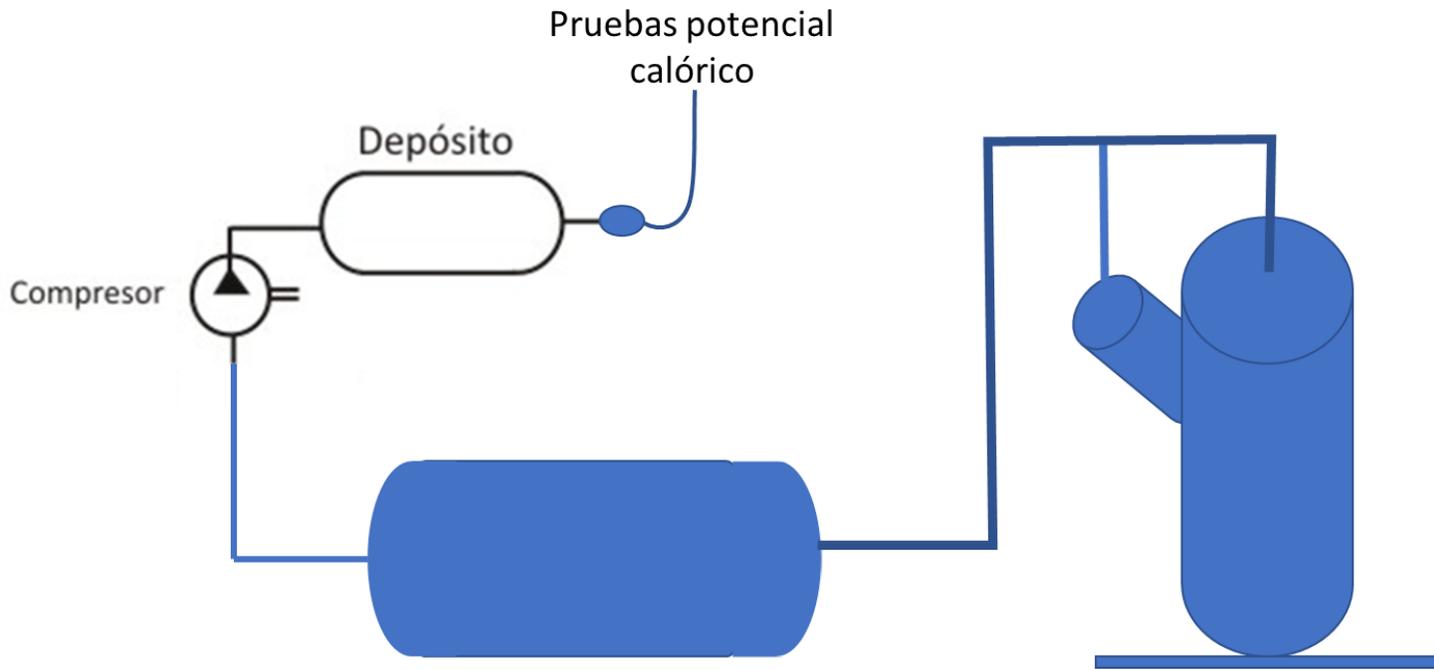
Modelo experimental para presurización y
aprovechamiento térmico

Programa

(Fenavi-Avícola Santa Rita-UdeA)



Pruebas de compresión



Condiciones de compresión

Capacidad del compresor. Hasta 120 psi 100 L
Intervalo (On/Off) 19,5-72,5 psi







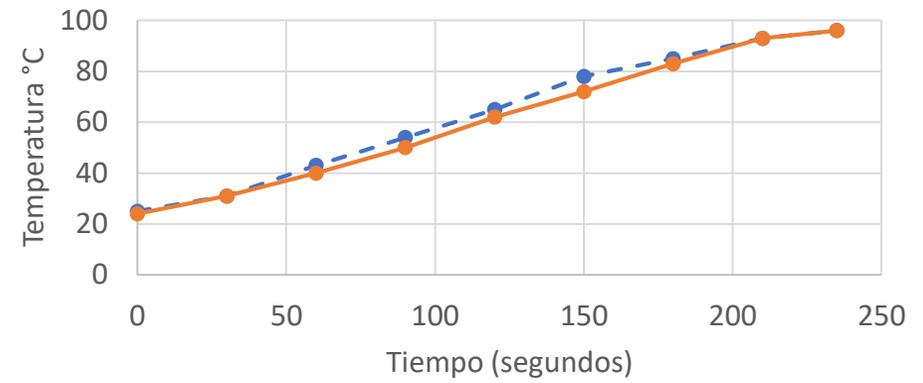




Modificación del boquerele

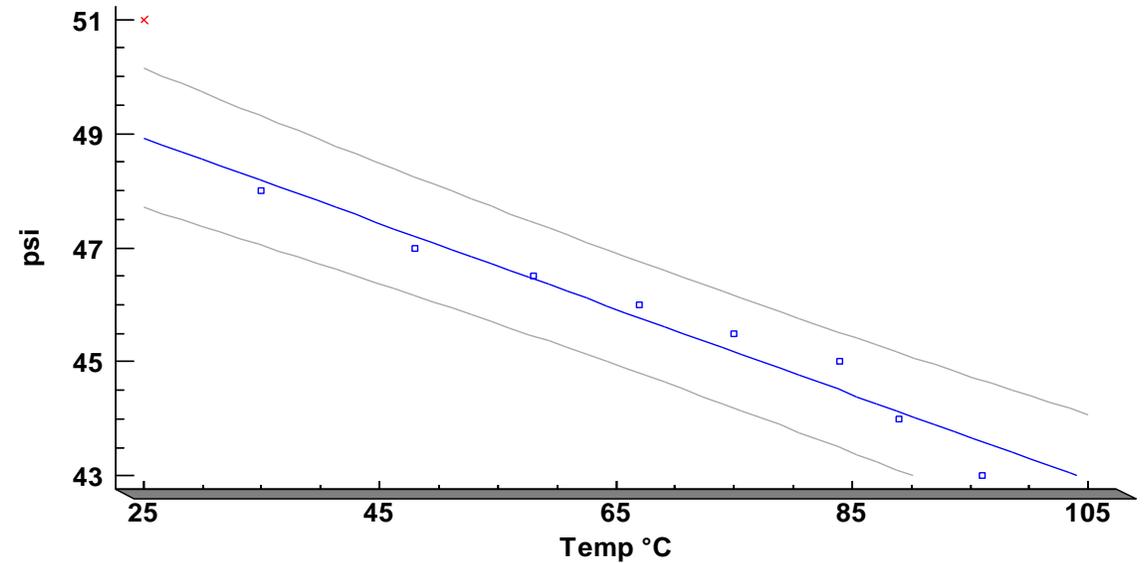


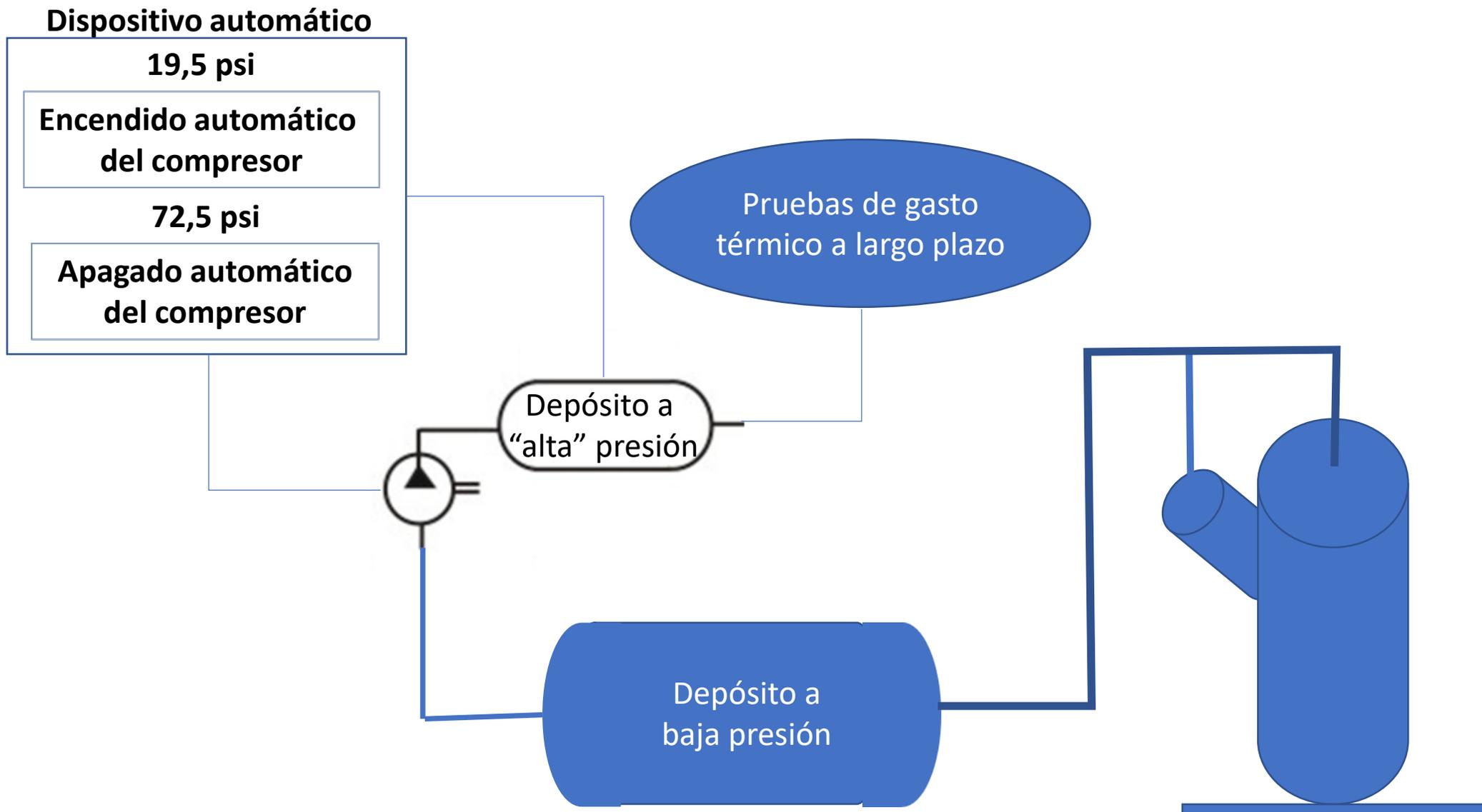
Comparación Propano y Biogas



—●— Propano —●— Biogas

Gráfica del Modelo Ajustado
 $\text{psi} = 50.8022 - 0.0750321 \cdot \text{Temp } ^\circ\text{C}$



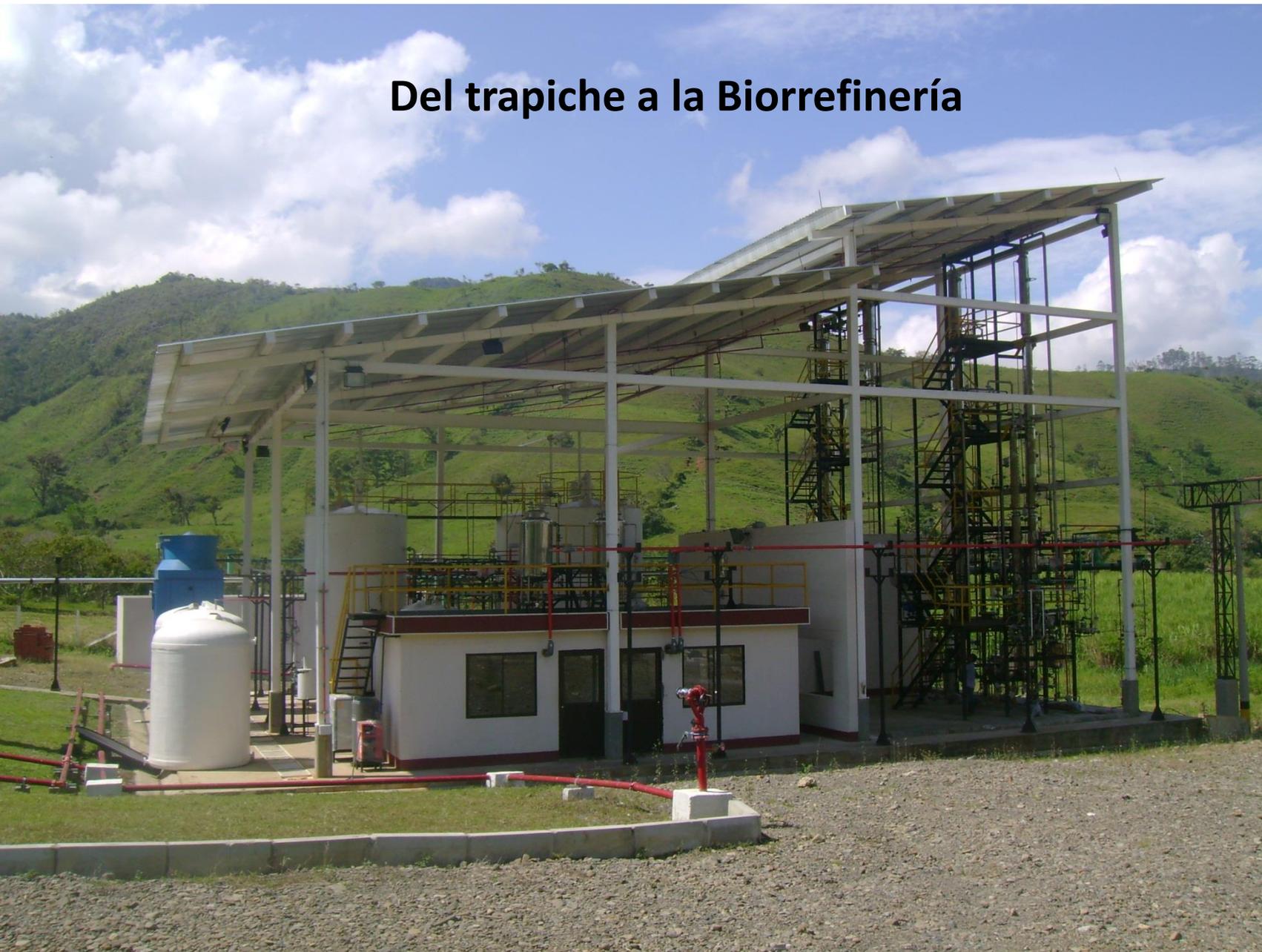


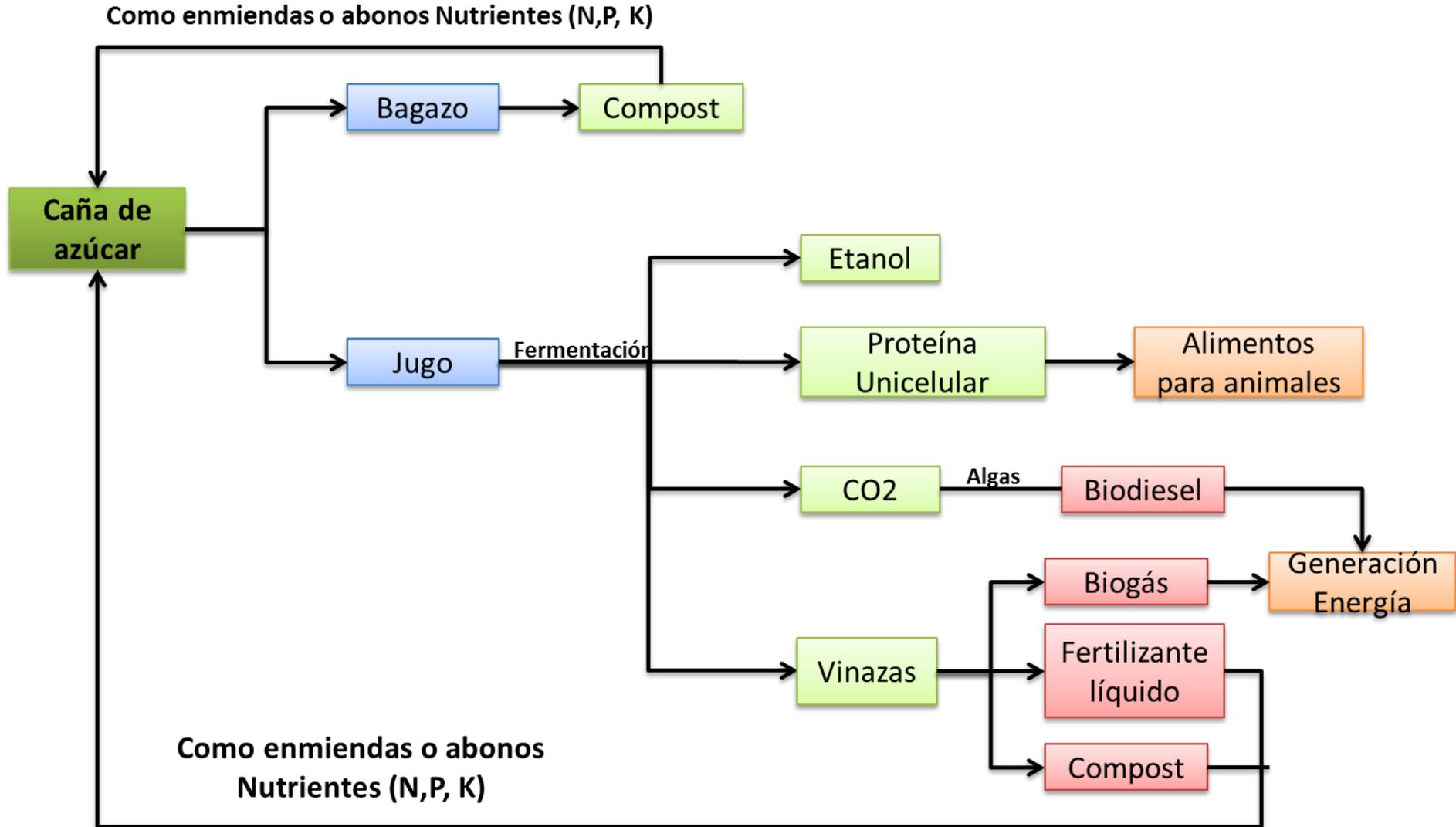
Siempre que se cuente con disponibilidad de biogás en el sistema de baja presión, se puede mantener el suministro constante de combustible

Otros aprovechamientos energéticos



Del trapiche a la Biorrefinería





Agradecimientos

Avícola Santa Rita

Fenavi

Universidad de Antioquia