



*Tendencias en el tratamiento
Integral de Aguas Residuales*

Congreso Internacional Ambiental Manizales

“Tendencias en el tratamiento integral de aguas residuales”

Manizales, septiembre 18 - 21 de 2017



Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Sede Manizales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Universidad®
Católica
de Manizales





Planta de Bioprocesos y Agroindustria ***Como alternativa para el aprovechamiento de residuos*** ***sólidos y líquidos***

Sandra Montoya Barreto

Ing. Química, Esp. En Ciencia y Tecnología de alimentos, Magíster
en Ingeniería – Ingeniería Química, Doctora en Ciencias Agrarias

Directora

Motivación de la Conferencia

- Dar a conocer parte de los desarrollos de investigación y desarrollo que se llevan a cabo en la Planta de Bioprocesos y Agroindustria de la Universidad de Caldas.
- La Planta de Bioprocesos y Agroindustria como una alternativa viable para el aprovechamiento de residuos

Contactos:

Planta de Bioprocesos y Agroindustria: sandra.montoya@ucaldas.edu.co

Grupo de investigación: alimentosagroindustria@ucaldas.edu.co

Tel.: +57 (6) 8781500 Ext. 13436

Planta de Bioprocesos y Agroindustria



Planta de Bioprocesos y Agroindustria

Compostaje y lombricultivo

Cultivo experimental de macromicetos

Fermentación en fases sólida asistida con biorreactores

Fermentación sumergida asistida con biorreactores

Unidad de Operaciones Unitarias: bioseparaciones

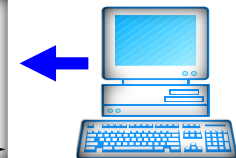
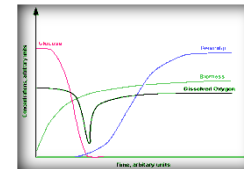
Unidad de secado y mínimo procesamiento

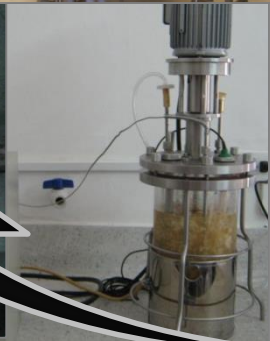
Laboratorio de instrumentación analítica
y microbiología general

Planta de tratamiento de aguas residuales

DIRECTRICES DE TRABAJO

- Tecnología de hongos comestibles y medicinales
- Producción y Suplementación de compost
- Aprovechamiento de sangre bovina
- Ingeniería de bioprocesos para obtención de bioproductos





Productos con valor y disminución del impacto ambiental

Residuos como generación de riqueza



Materias primas para bioprocesos

Cascarilla de café

Cascarilla de café

Residuos domésticos

Borra de café

Aserrín de roble

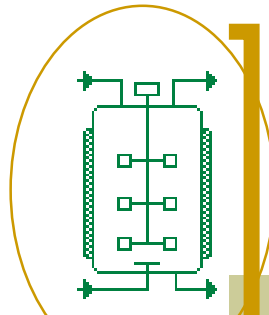
Aserrín de madera

Hojarasca

Capacho de coco

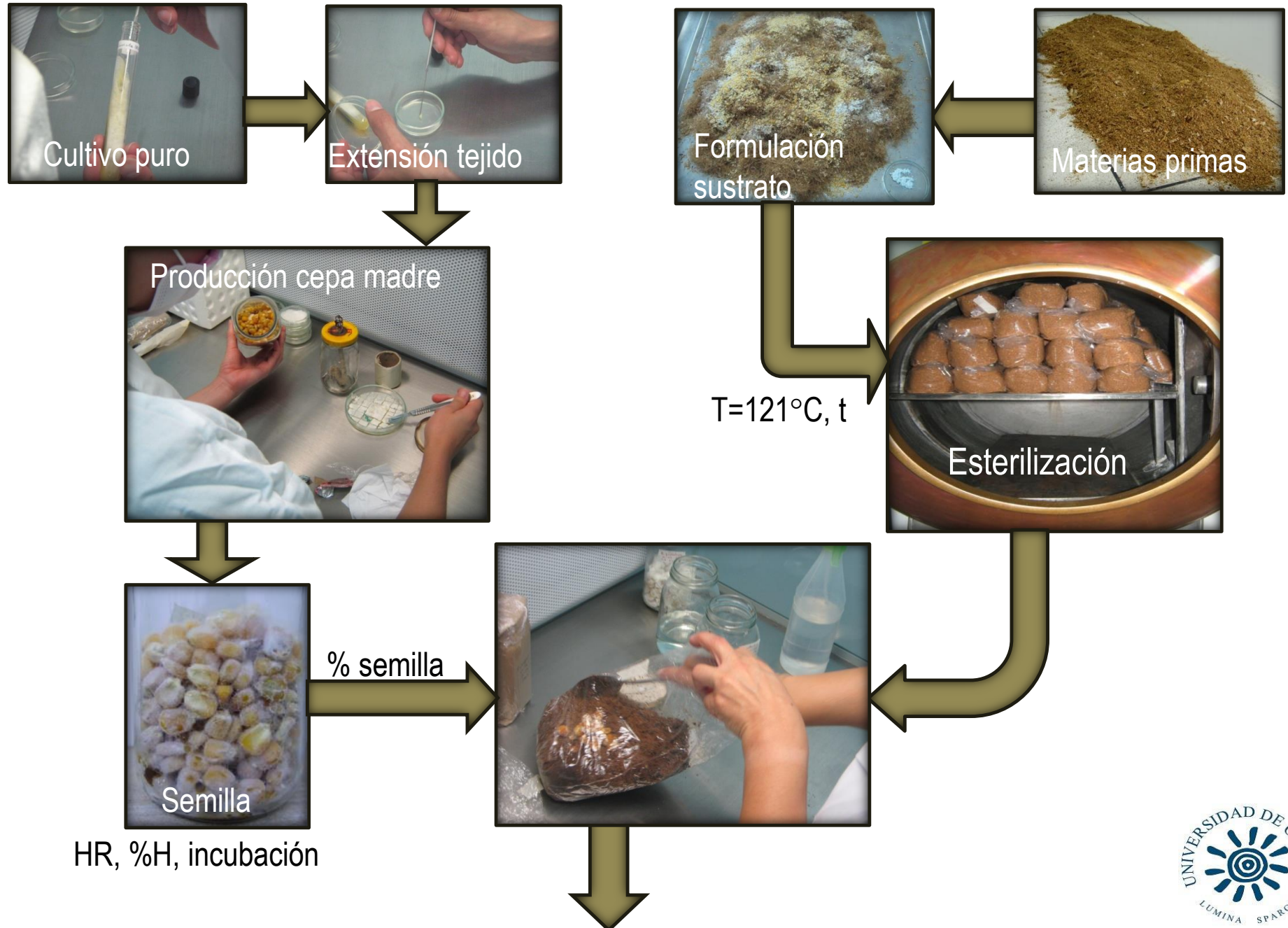
Capacho de coco

Cultivo experimental de hongos macromicetos



Adaptación cepa y producción de semilla

Producción de sustrato



Desarrollo y estandarización
de las condiciones de proceso
Producción de hongos



Incubación: sustrato
inoculado



T, HR, Luz, $[O_2]/[CO_2]$



T, HR, Luz, $[O_2]/[CO_2]$

Incubación: sustrato colonizado



T, HR, Luz, $[O_2]/[CO_2]$



Lentinula edodes



Grifola frondosa



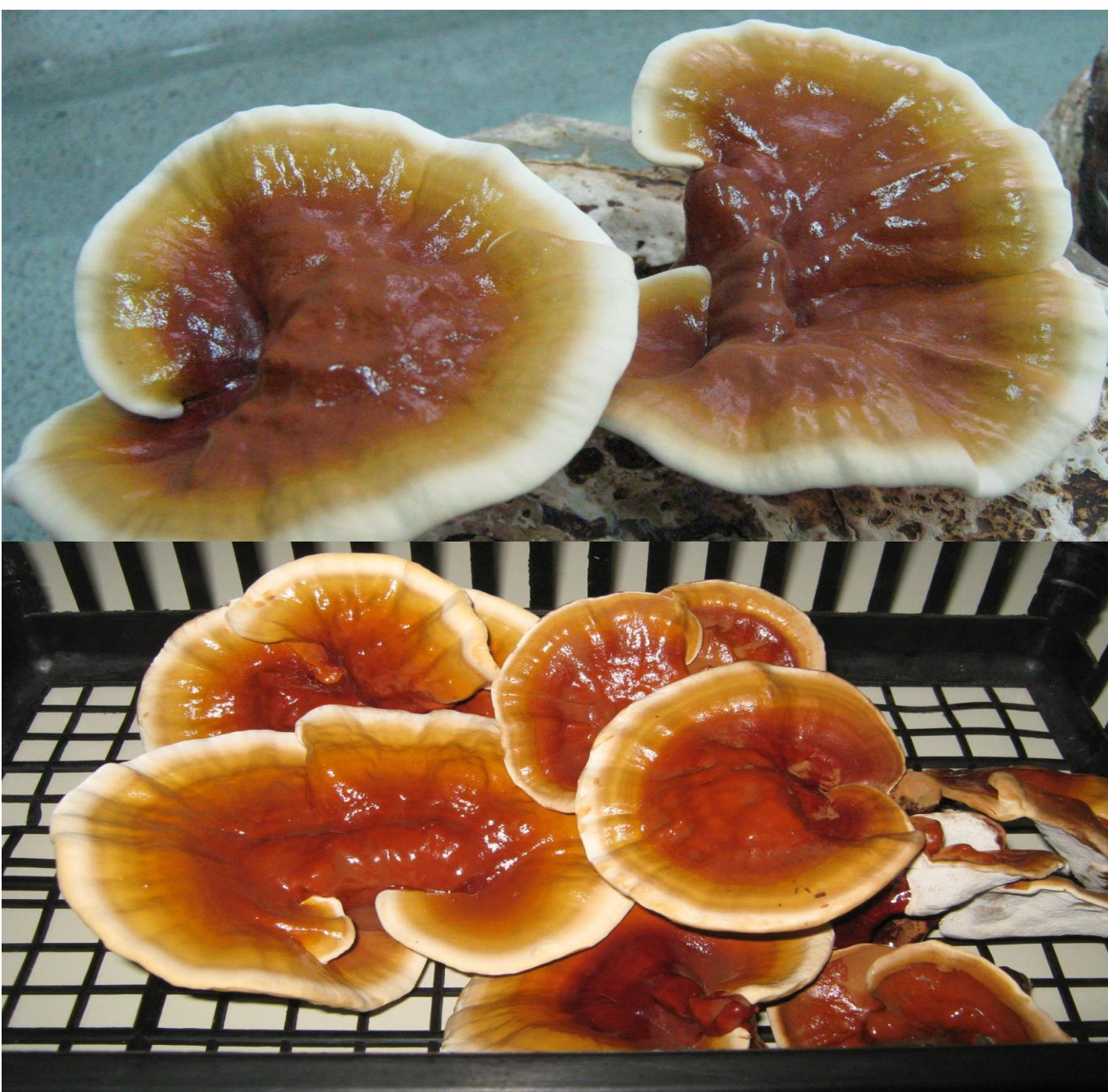
Pleurotus ostreatus



Ganoderma lucidum



Ganoderma lucidum



Trametes versicolor



Schizophyllum commune



Pleurotus ostreatus



Pleurotus eryngii



Grifola frondosa



Trametes troggi



Ganoderma appanatum



Lentinus edodes



Ganoderma australe



Hericium erinaceum



Schizophyllum commune



Composición química aproximada de macromicetos comestibles

Especie	Humedad	Proteína cruda	Grasa cruda	Carbohidratos	Fibra cruda	Cenizas	Valor energético
<i>Agaricus bisporus</i>	78,3-90,5	23,9-34,8	1,7-8,0	51,3-62,5	8,0-10,4	7,7-12	328-368
<i>Lentinula edodes</i>	90,0-91,8	13,4-17,5	4,9-8,0	67,5-78,0	7,3-8,0	3,7-7,0	3
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	90,1	26,6	2,0	50,7	13,3	6,5	300
<i>Flamulina velutipes</i>	89,2	17,6	1,9	73,1	3,7	7,4	378
<i>Boletus edulis</i>	87,3	29,7	3,1	59,7	8,0	7,5	362
<i>Volvariella volvacea</i>	89,1	25,9	2,4	-	9,3	8,8	276
<i>Auricularia spp.</i>	89,1	4,2	8,3	82,8	19,8	4,7	351

Todos los datos están en base seca y el valor energético está dado en kcal por 100 g de peso seco (Chang & Miles, 2004).

Efectos medicinales de los hongos

- **Efecto hematológico:** Interacción entre la glicoproteína del hongo y los glóbulos rojos generan actividad hematológica.
- **Efecto antiviral:** Pruebas realizadas sobre virus de influenza, virus VIH.
- **Actividad antioxidante:** Previene oxidación que causa deterioro en ADN.
- **Efecto cardiovascular y renal:** Reguladores de colesterol, azúcar en la sangre, presión arterial.
- **Efecto antiinflamatorio**
- **Potenciador del sistema inmunológico:** pacientes sometidos a quimioterapia
- **Efecto antitumoral**

Polisacáridos bioactivos aislados de hongos con efecto antitumoral y anticáncer

Especie	Tumor o cáncer tratado	Origen del polisacárido	Estructura del polisacárido
<i>Coriolus versicolor</i>	Sistema digestivo	Cultivo micelial	Glico proteínas, (1-4), (1-3)- β -D-glucan
<i>Lentinula edodes</i>	Estómago	Cuerpo fructífero	(1-3)- β -D-glucan
<i>Schizophyllum commune</i>	Cervical	Micelio y carpóforo	(1-3), (1-6)- β -D-glucan
<i>Ganoderma lucidum</i>	Antitumor	Micelio y carpóforo	Ácido ganodérico, peptidoglucano
<i>Agaricus blazei</i>	Antitumor	Micelio y carpóforo	(1-6)- β -D-glucano
<i>Grifola frondosa</i>	Antitumor	Cuerpo fructífero	(1-3), (1-6)- β -D-glucano, Glicoproteínas

Chang & Miles (2004)

Proyectos en desarrollo

- **Proyecto en curso:** *Secuenciación genómica y ensamblaje de cuatro especies de hongos macromicetos de importancia biotecnológica* (Universidad de Caldas – BIOS – Sistema General de Regalías)
 - *Ganoderma australe*, *Grifola frondosa*, *Lentinula edodes*, *Agaricus subrufescens*
 - Estudiar la estructura y organización de los genomas de las cuatro especies
 - Verificar la taxonomía de las especies a partir de evidencia molecular
 - Identificar secuencias genéticas relacionadas con el metabolismo del mevalonato → terpenoides de importancia biotecnológica en la industria farmacéutica
- **Perspectivas de trabajo colaborativo:**
 - Dilucidación del metabolismo secundario de los hongos → triterpenoides, enzimas
 - Bioprospección en macromicetos

Contactos:

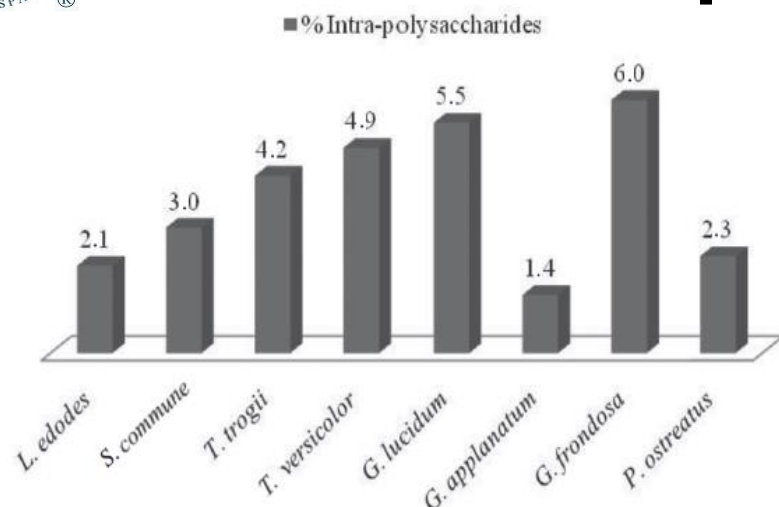
Dra. Sandra Montoya, sandra.montoya@ucaldas.edu.co

Dr. Gustavo Isaza, gustavo.isaza@ucaldas.edu.co

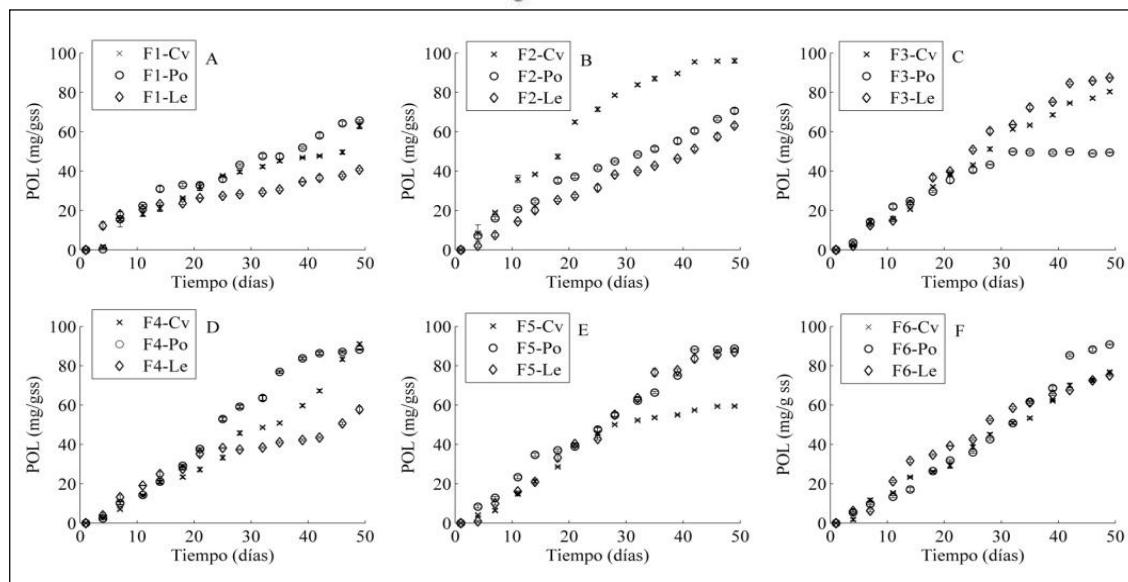
Dr. Luis Fernando Castillo, luis.castillo@ucaldas.edu.co

Tel.: +57 (6) 8781500 Ext. 13436

Obtención de polisacáridos bioactivos



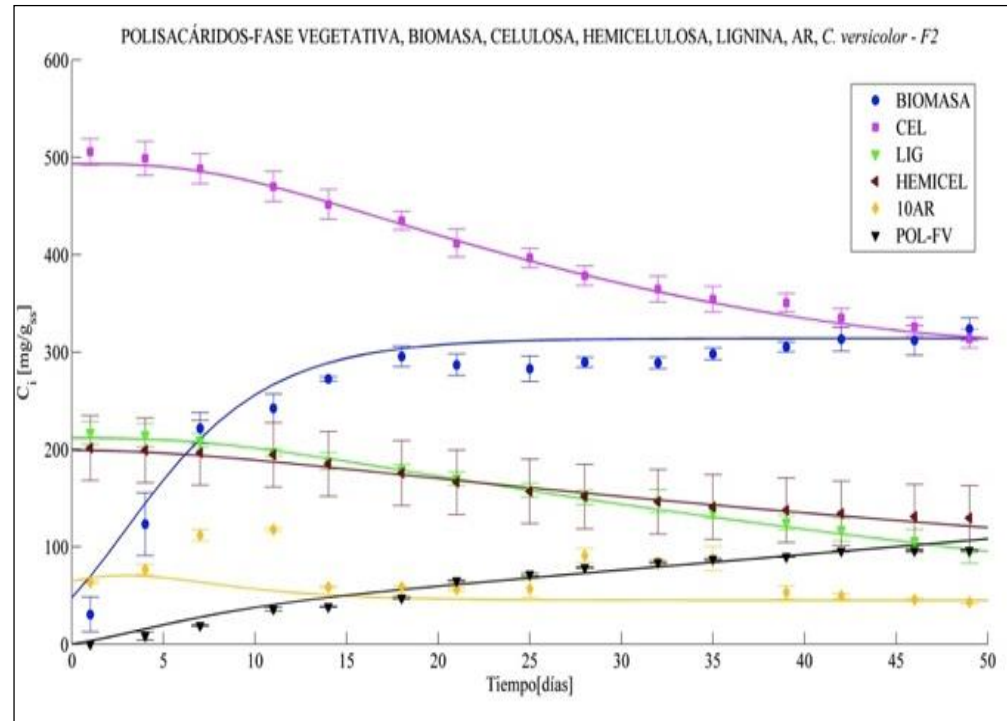
Contenido de polisacáridos intracelulares en los carpóforos (% en base seca)



Perfil en el tiempo de producción de polisacáridos a partir de *Coriolus versicolor*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinus edodes* sobre seis formulaciones de sustratos basados en residuos agroindustriales durante 49 días de incubación en bolsas

Modelamiento de la obtención de polisacáridos

Description	Equation	No.
Biomass	$\frac{dC_b}{dt} = \mu_m \cdot C_b \left(1 - \left(\frac{C_b}{C_{bm}} \right)^n \right)$	(1)
Reducing sugars	$\frac{dC_{AR}}{dt} = q_p \cdot \mu_m \cdot \frac{dC_b}{dt} \left[1 - (n+1) \cdot \left(\frac{C_b}{C_{bm}} \right)^n \right]$	(2)
Lignin	$\frac{dC_L}{dt} = -k_L \cdot C_{LAC} \cdot C_{MnP}$	(3)
Cellulose	$\frac{dC_C}{dt} = -k_C \cdot C_{ENG} \cdot C_{EXG}$	(8)
Polysaccharides	$\frac{dC_{POL}}{dt} = k_{POL} \cdot \frac{dC_b}{dt} + b \cdot C_b$	(12)



Predicción de deslignificación de residuos agrícolas para alimentación de rumiantes con contenido de polisacáridos con potencial actividad biológica.

* Evaluación de actividad biológica

Perspectivas de trabajo colaborativo:

- Separación y purificación de polisacáridos bioactivos de macromicetos
- Caracterización estructural de polisacáridos bioactivos de macromicetos
- Pruebas de actividades biológicas

Contactos:

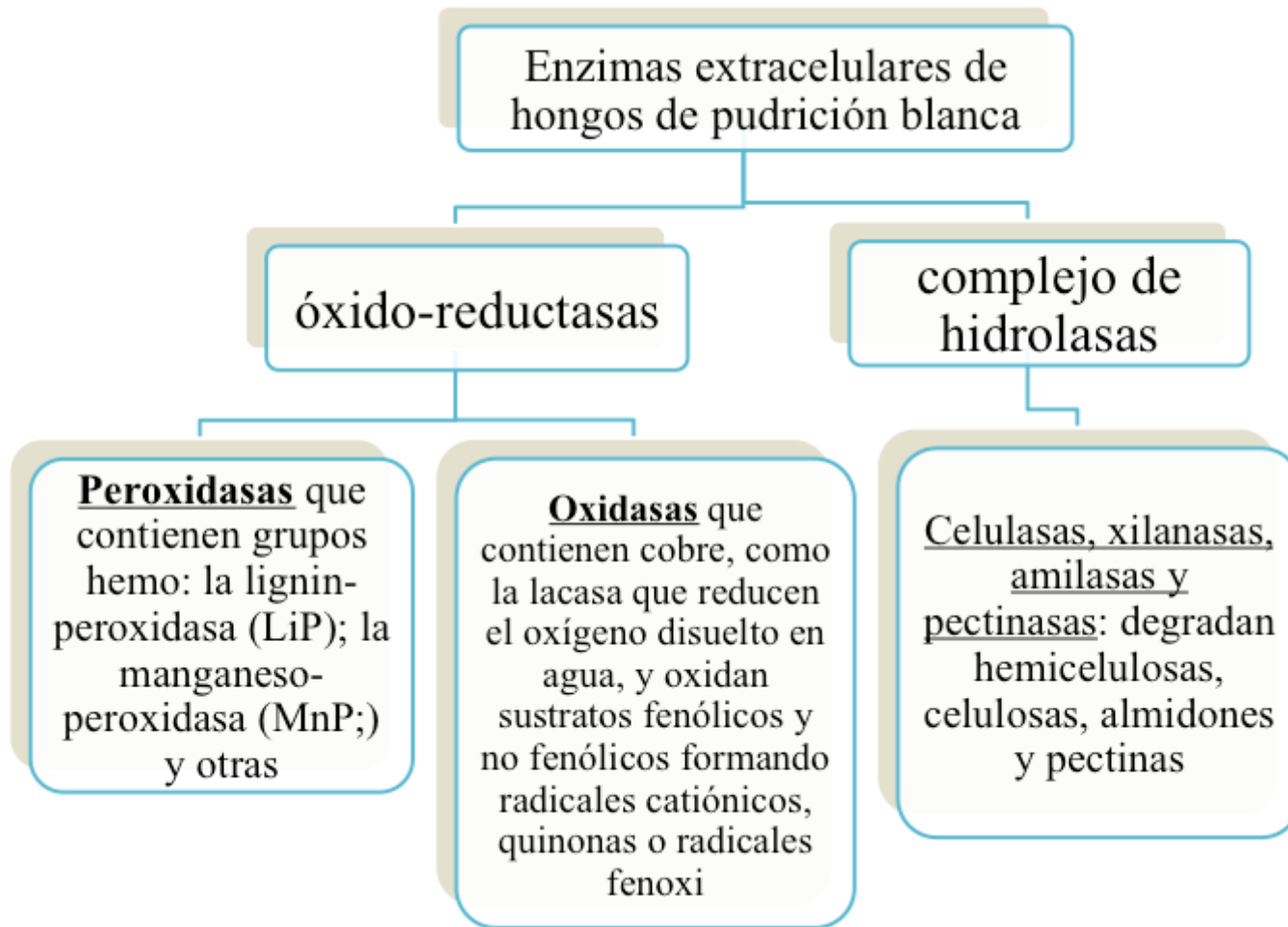
Dra. Sandra Montoya, sandra.montoya@ucaldas.edu.co

Dr. Óscar Julián Sánchez, osanchez@ucaldas.edu.co

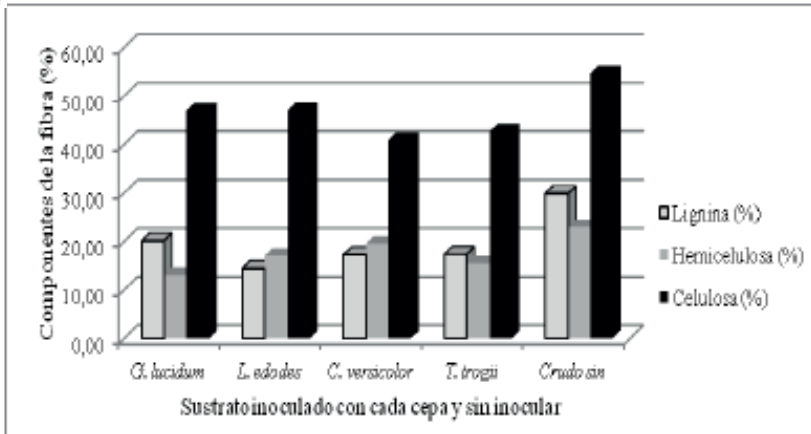
Ph.D. (c) Liliana María Vargas, liliana.2271323810@ucaldas.edu.co

Tel.: +57 (6) 8781500 Ext. 13233

Obtención de enzimas lignocelulolíticas

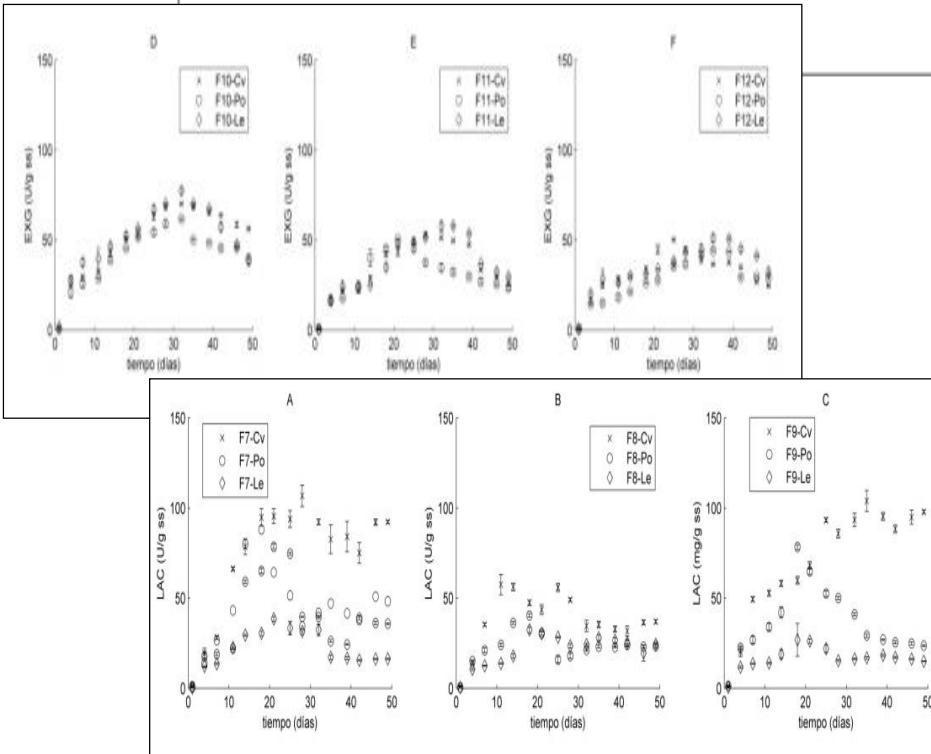


Obtención de enzimas lignocelulolíticas



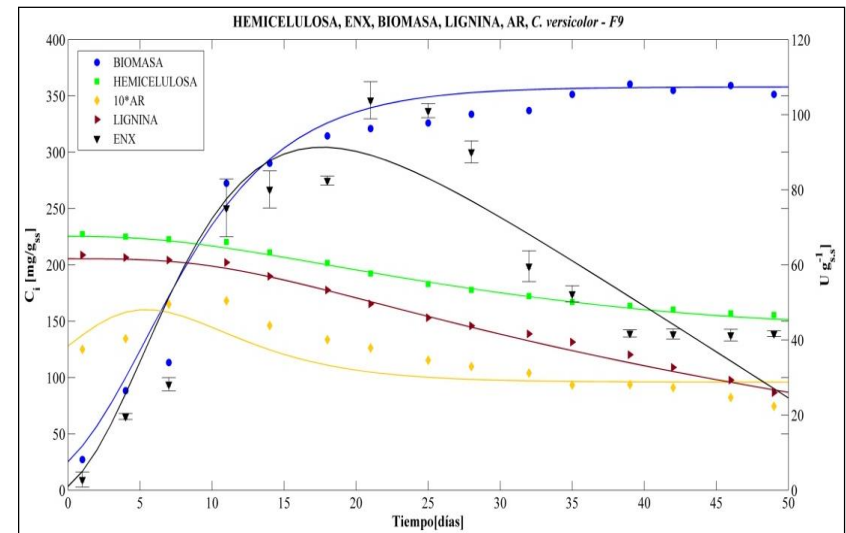
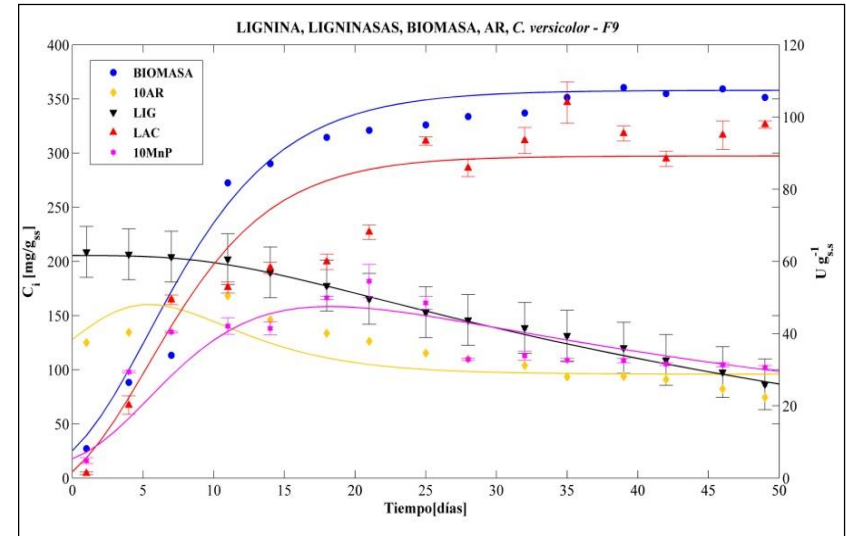
Degradación de los componentes del complejo lignocelulósico de residuos agroindustriales con enzimas producidas por hongos de pudrición blanca

Perfil en el tiempo de producción de endoglucanasas y lacasa de *Coriolus versicolor*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinus edodes* sobre tres formulaciones de sustratos basados en residuos agroindustriales durante 49 días de incubación en bolsas



Modelamiento de la obtención de enzimas lignocelulolíticas

Ecuación	Descripción
$\frac{dC_b}{dt} = \mu_m \cdot C_b \left(1 - \left(\frac{C_b}{C_{bm}} \right)^n \right) \quad (1)$	Biomasa
$\frac{dC_{AR}}{dt} = q_p \cdot \mu_m \cdot \frac{dC_b}{dt} \cdot \left[1 - (n+1) \cdot \left(\frac{C_b}{C_{bm}} \right)^n \right] \quad (2)$	Azúcares reductores
$\frac{dC_L}{dt} = -k_L \cdot C_{lac} \cdot C_{MnP} \quad (3)$	Lignina
$\frac{dC_{lac}}{dt} = k_{lac} \cdot \frac{dC_b}{dt} \cdot C_L - \mu_{lac} \cdot C_L \quad (4)$	LAC
$\frac{dC_{MnP}}{dt} = k_{MnP} \cdot \frac{dC_b}{dt} \cdot C_L - \mu_{MnP} \cdot C_L \quad (5)$	Manganeso peroxidasa (MnP)
$\frac{dC_{HM}}{dt} = -k_{HM} \cdot C_{ENX} \quad (6)$	Hemicelulosa
$\frac{dC_{ENX}}{dt} = k_{ENX} \cdot C_{HM} \cdot \frac{dC_b}{dt} - \mu_{ENX} \cdot C_{AR} \quad (7)$	ENX
$\frac{dC_C}{dt} = -k_C \cdot C_{ENG} \cdot C_{EXG} \quad (8)$	Celulosa
$\frac{dC_{ENG}}{dt} = k_{ENG} \cdot \frac{dC_b}{dt} \cdot C_C - \mu_{ENG} \cdot C_{AR} \quad (9)$	ENG
$\frac{dC_{EXG}}{dt} = k_{EXG} \cdot \frac{dC_b}{dt} \cdot C_C - \mu_{EXG} \cdot C_{AR} \quad (10)$	EXG
$\frac{dC_{BG}}{dt} = k_{BG} \cdot \frac{dC_b}{dt} - \mu_{BG} \cdot C_{AR} \quad (11)$	β -glucosidasa



Perspectivas de trabajo colaborativo:

- Enzimología de los diferentes tipos de enzimas ligninolíticas de macromicetos
 - Caracterización bioquímica y de actividad enzimática
- Medición intracelular del contenido de enzimas ligninolíticas y celulolíticas y de los metabolitos asociados
 - Estudios metabólicos
 - Modelos estructurados de biosíntesis de las enzimas
 - Escalamiento y control de bioprocesos de producción de ligninasas y celulasas de macromicetos
- Mejoramiento de la actividad enzimática de ligninasas → ingeniería de proteínas
- Degradación enzimática de contaminantes

Contactos:

Dra. Sandra Montoya, sandra.montoya@ucaldas.edu.co

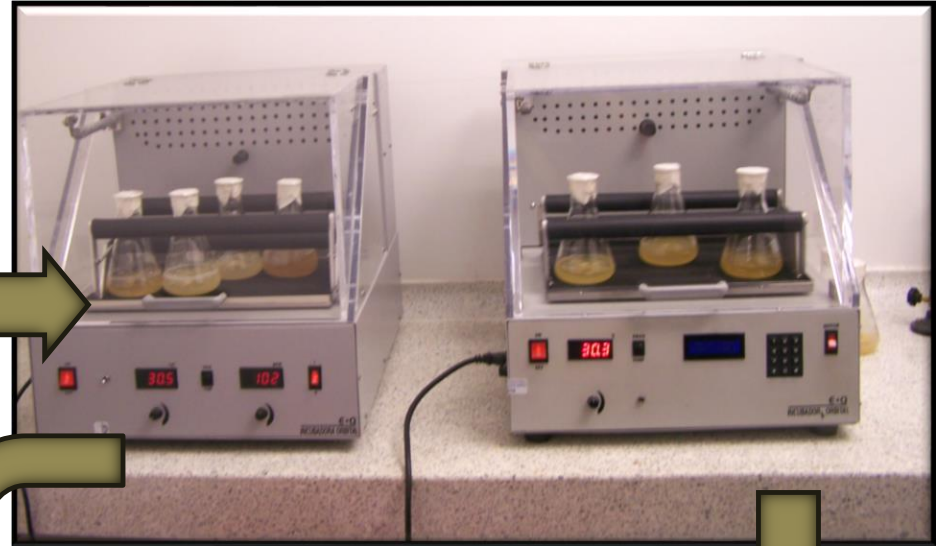
Dr. Óscar Julián Sánchez, osanchez@ucaldas.edu.co

Tel.: +57 (6) 8781500 Ext. 13233

Fermentación Sumergida



Etapa preparatoria: adaptación de la cepas



Micelio a formación de *pellets*



Escalamiento de proceso
Fermentación sumergida



Productos: micelio,
biosustancias

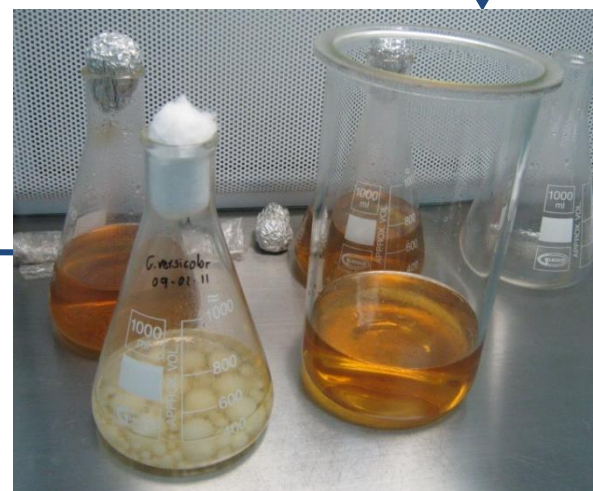


Biorreactores de 14
y 60 Litros

Procesos de fermentación sumergida

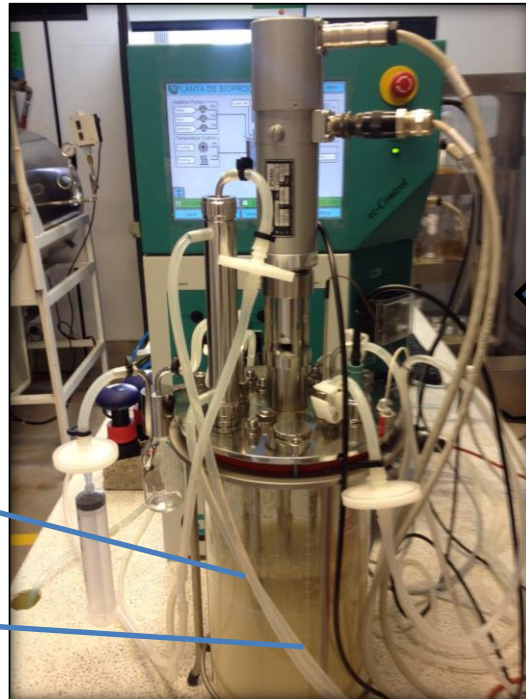
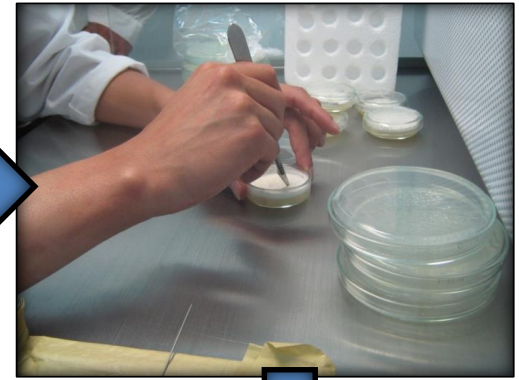
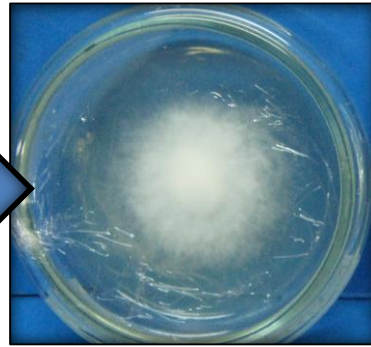


- Optimización de medios líquidos de cultivo para macromiceto
- Determinación de polisacáridos en caldos



- Estudios cinéticos en diferentes configuraciones de biorreactores de varias escalas
- Evaluación de actividades enzimáticas en caldos

Fermentación sumergida



Extracted:
EXP

IPS

Fermentación en estado sólido



Biorreactores de FES



Biorreactor de lecho fijo

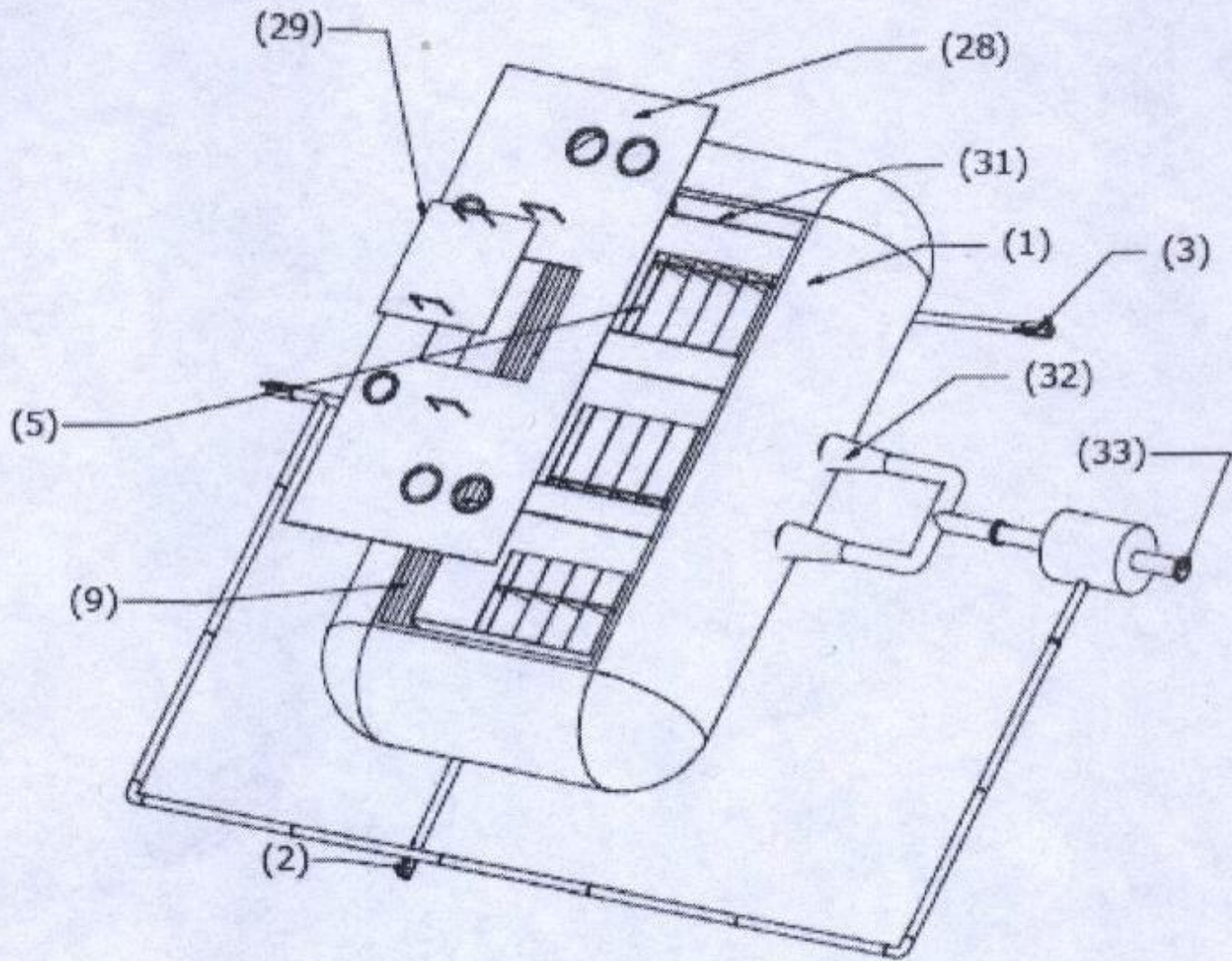


Figura 1

Fermentación en fase sólida en biorreactor



Operaciones Unitarias para bioseparaciones



Lixiviador



Evaporador



Extractor líquido - líquido



Procesador Alimentos/
Hidrocaavitación

Perspectivas de trabajo colaborativo:

- Mejoramiento de la estabilidad de ligninasas durante las etapas de recuperación
→ ingeniería de proteínas
- Estudios de actividad enzimática para obtención de preparados comerciales:
 - Interacción de las ligninasas y celulasas con excipientes y sales → vida útil

Contactos:

Dr. Luis Fernando Gutiérrez, fernando.gutierrez@ucaldas.edu.co

Dr. Óscar Julián Sánchez, osanchez@ucaldas.edu.co

Dra. Sandra Montoya, sandra.montoya@ucaldas.edu.co

Tel.: +57 (6) 8781500 Ext. 13233

Suplementación de compost

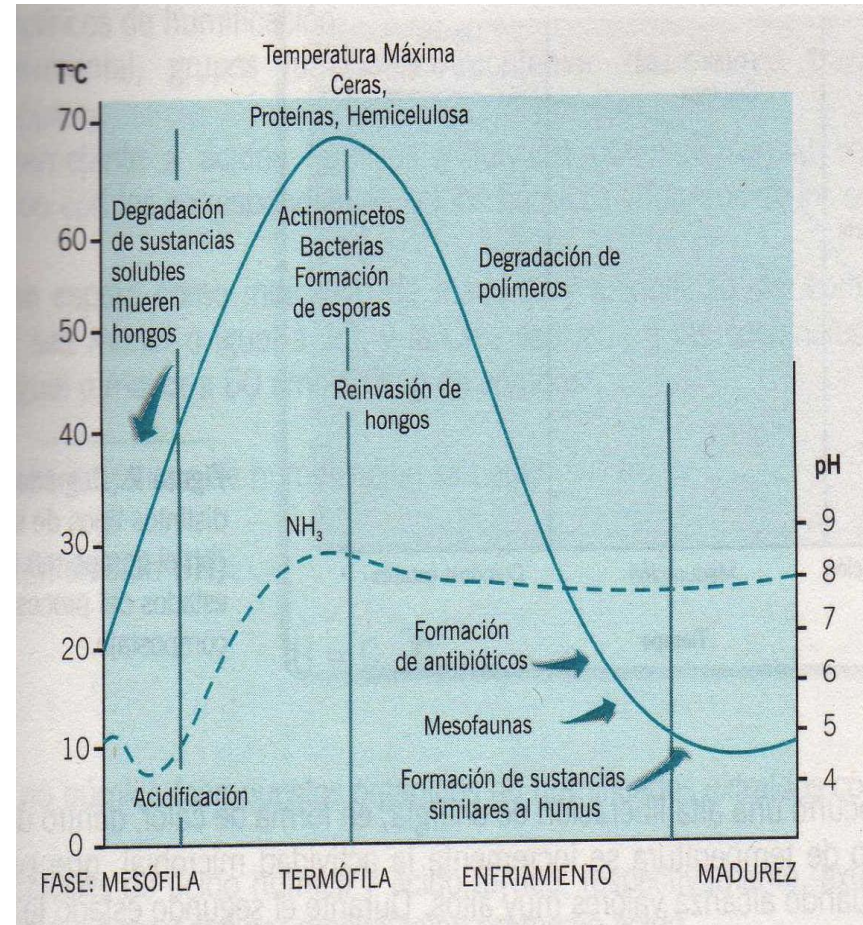
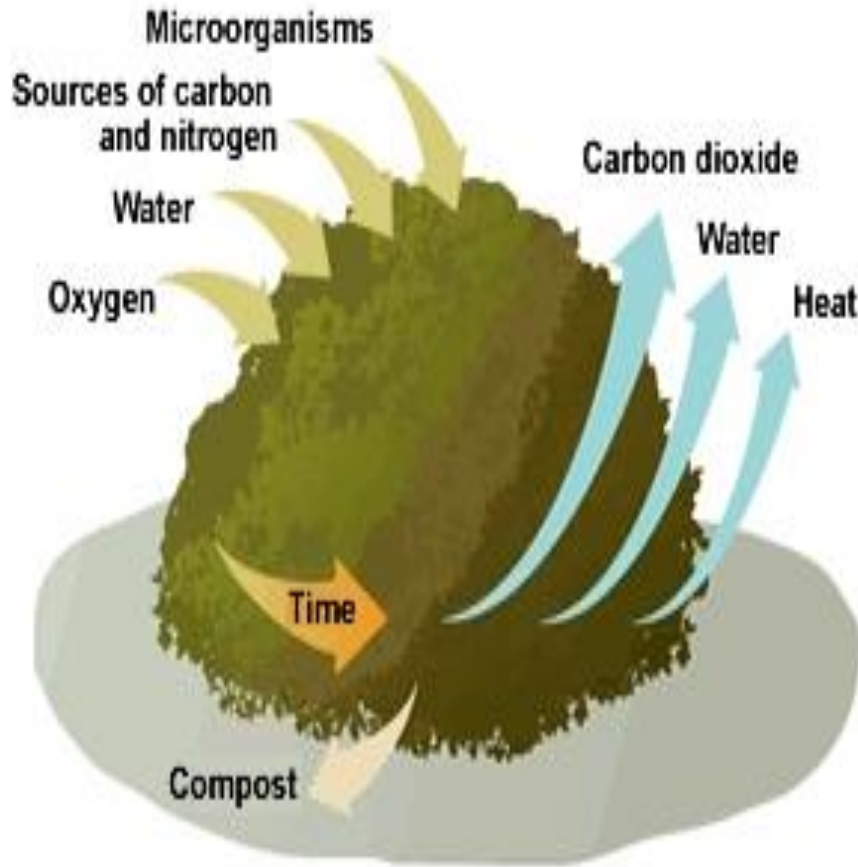


Proceso de compostaje



Compostaje

Residuos Orgánicos + Microorganismos + O_2 + H_2O → CO_2 + H_2O + Calor + Compost



Zapata (2009)

Suplementación con roca fosfórica

Compost residuos orgánicos
putrescibles



Sin fósforo

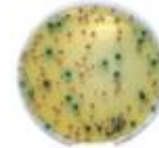
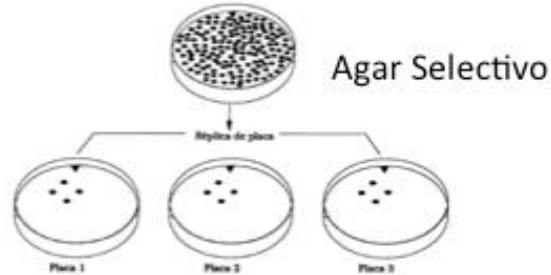
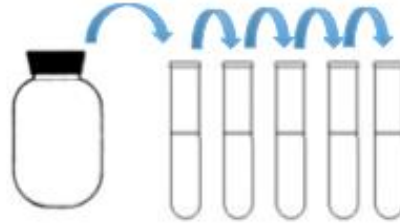


Con fósforo

Variables respuesta a evaluar

Carbono total
Azúcares reductores
Lignina, celulosa y hemicelulosa
Nitrógeno total, amoniacal, nítrico y nitroso
Fósforo total, fósforo asimilable y no asimilable
Temperatura, pH y humedad

Aislamientos microbiológicos

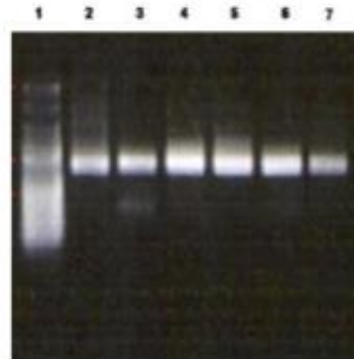


Identificación

PCR



Electroforesis



20

Técnicas metagenómicas para identificación de principales grupos de bacterias en el compost

Perspectivas de trabajo colaborativo:

- Metatranscriptómica de las comunidades bacterianas presentes en el compost
- Metatranscriptómica de las comunidades bacterianas solubilizadoras de fósforo presentes en el compost
- Estudios metabólicos de las comunidades bacterianas del compost
 - Transformadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y potasio
- Desarrollo de cepas solubilizadoras de fósforo altamente eficientes

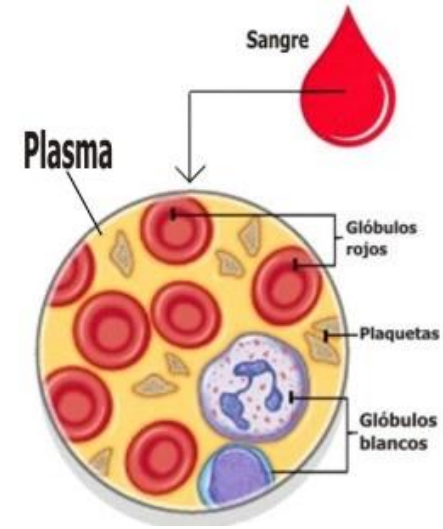
Contactos:

Dr. Óscar Julián Sánchez, osanchez@ucaldas.edu.co

Dra. Sandra Montoya, sandra.montoya@ucaldas.edu.co

M.Sc. Diego Ospina, diego.2271323807@ucaldas.edu.co

Aprovechamiento de sangre bovina



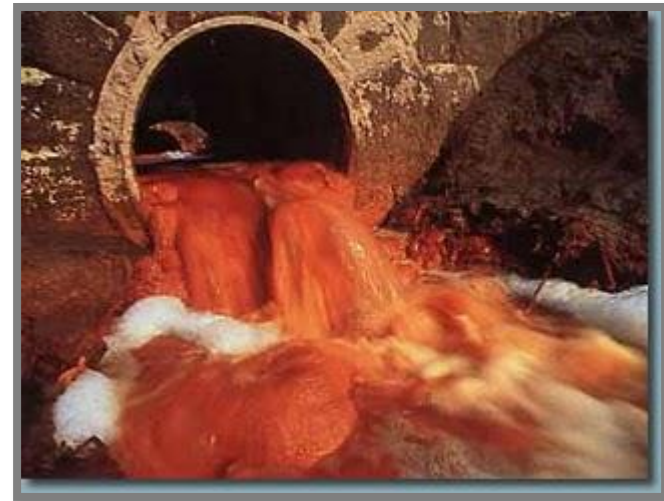
Sangre

- El primer subproducto que se obtiene en la etapa de sacrificio de animales
- Su rendimiento es de alrededor del 4,5% del peso vivo del animal en bovinos
- En la mayoría de los casos se desecha o se subutiliza

Problemática

Las centrales de sacrificio en Colombia enfrentan una seria problemática ambiental:

- 99% no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado
- 93% vierte sus aguas residuales directamente a un cuerpo de agua, al alcantarillado o a campo abierto
- **33% no hace en lo absoluto ningún uso de la sangre resultante de los procesos de sacrificio y faenado**



Fuente: Guerrero y Ramírez (2004)

Aprovechamiento de sangre bovina

La sangre bovina es una valiosa fuente de proteína animal para:

- Alimentos consumo humano
- Concentrados para animales
- Aplicaciones de laboratorio
- Aplicaciones médicas
- Fertilizante de suelos



Plasma sanguíneo bovino (PSB)

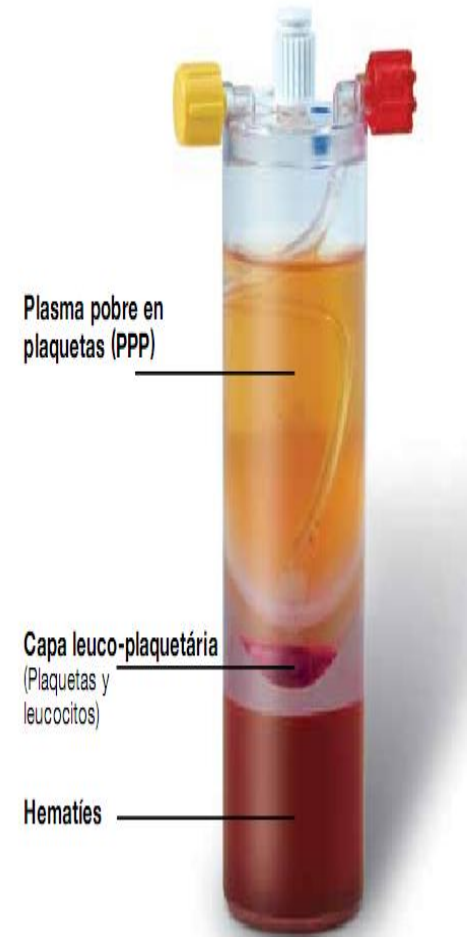


Composición de la sangre, plasma líquido y paquete celular bovino (g/100mL)

Componente	Sangre	Plasma (60%)	Paquete celular (40%)
Agua	80-85	90-92	70-78
Proteínas	15-18	6-8	25-29
Lípidos	0,15	0,5-1	0,2
Hidratos de	0,1	0,08-0,12	---
Carbono	1	0,8-0,9	Trazas
Sales Minerales	0,55	0,2-0,3	---
Otras sustancias	15-20	8-10	22-30
Materia Seca			

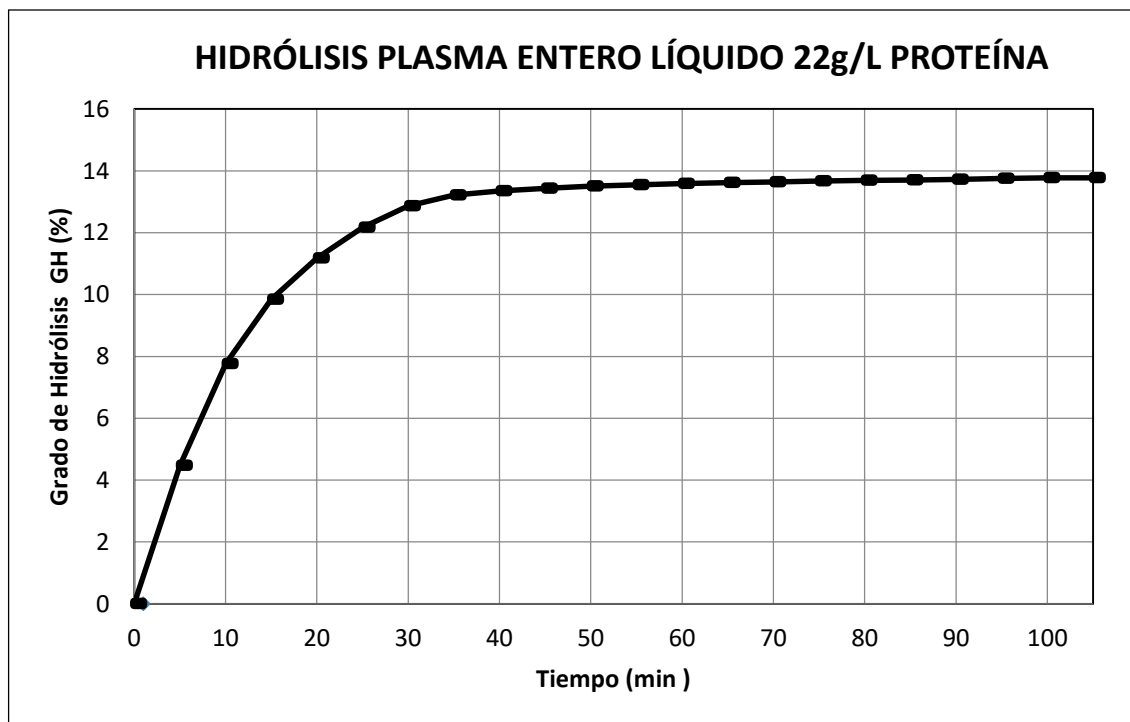
Estudios sobre plasma bovino

1. Evaluación de la eficiencia del plasma (hidrolizado o entero) como componente base de un medio líquido de fermentación para el crecimiento de cultivos lácticos iniciadores de la maduración en productos cárnicos.
2. Evaluación del crecimiento celular en el tiempo de *Lactobacillus* sp. en un medio a base de plasma sanguíneo bovino a nivel de banco.
3. Determinación del efecto de la incorporación del plasma con proteínas hidrolizadas y sin hidrolizar sobre el perfil sensorial y de textura de jamón de conejo.

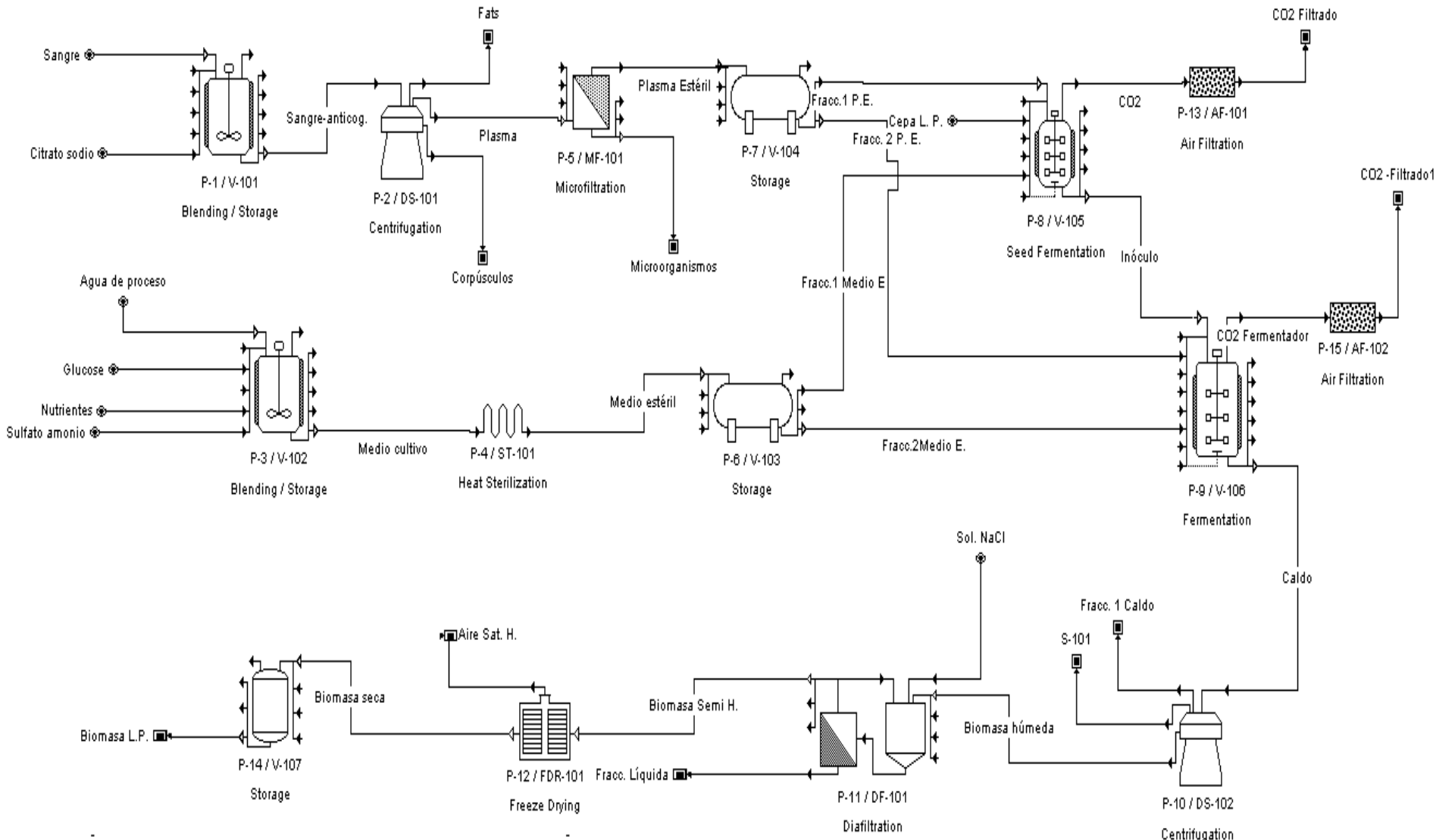


Ensayos de hidrólisis enzimática plasma sanguíneo (17,5g/L proteína)

HIDRÓLISIS DEL PLASMA ENTERO LÍQUIDO 17,5/L Proteína (FRIGOCENTRO) 10% Alcalasa 2.4L FG		
t(min)	Vol NaOH	% G H
0	0	0
5	8,558	4,47035552
10	14,862	7,76331196
15	18,844	9,84334885
20	21,4	11,1785006
25	23,31	12,1762079
30	24,626	12,8636335
35	25,298	13,2146593
40	25,554	13,3483834
45	25,716	13,4330057
50	25,85	13,5030019
55	25,944	13,5521037
60	26,01	13,5865795
65	26,074	13,6200105
70	26,106	13,636726
75	26,172	13,6712018
80	26,204	13,6879173
85	26,24	13,7067222
90	26,27	13,722393
95	26,336	13,7568688
100	26,37	13,774629
105	26,376	13,7777632



Producción de *Lactobacillus plantarum* por fermentación sumergida



Reporte de evaluación económica de Producción *L-P-Biomasa*

Evaluación Económica	
Inversión total de capital	U\$ 3.692.000
Costos de operación	U\$ 6.045.000/ año
Producción anual de <i>Lactobacillus plantarum</i>	6.621,66 kg / año
Costos de producción por unidad	U\$ 912,84 /kg
Ingresos totales	U\$ 6.622.000/ año
Margen bruto	8,72 %
Retorno sobre la inversión	18,16 %
Tiempo de recuperación de la inversión	5,51 años
TIR	15,23 %
VPN (con 11.0% Interés)	U\$ 744.000

Perspectivas de trabajo colaborativo:

- Estudios de cinética enzimática para degradación de otros residuos pecuarios:
 - Visceras de pollo, residuos de carnaza, plumas, cascos
 - Hidrolizados como fuente de proteínas en fermentaciones industriales
 - Obtención y caracterización de péptidos bioactivos
- Modelos estructurados de hidrólisis enzimática

Contactos:

Dr. Óscar Julián Sánchez, osanchez@ucaldas.edu.co

Ph.D. (c) Pedro José Barragán, pbarragan@ucaldas.edu.co

Tel.: +57 (6) 8781500 Ext. 13233

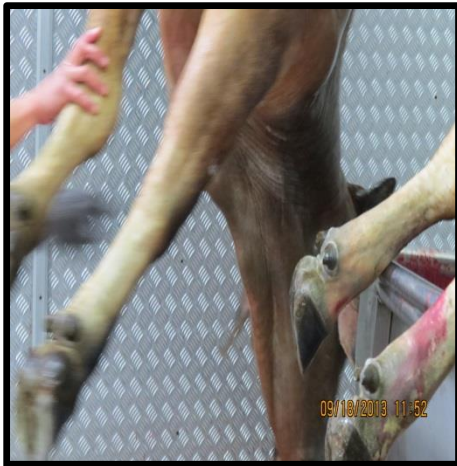
***¡Gracias por su
atención!***



Carpóforos de macromicetos



Obtención del Plasma Sanguíneo Bovino (PSB)



Lavado a presión del
semoviente



Desinfección del cuello



Desinfección cuchillo
corte



Toma de muestras



Sangría



Batea recolección de sangre



Obtención del Plasma Sanguíneo Bovino (PSB)



Envase



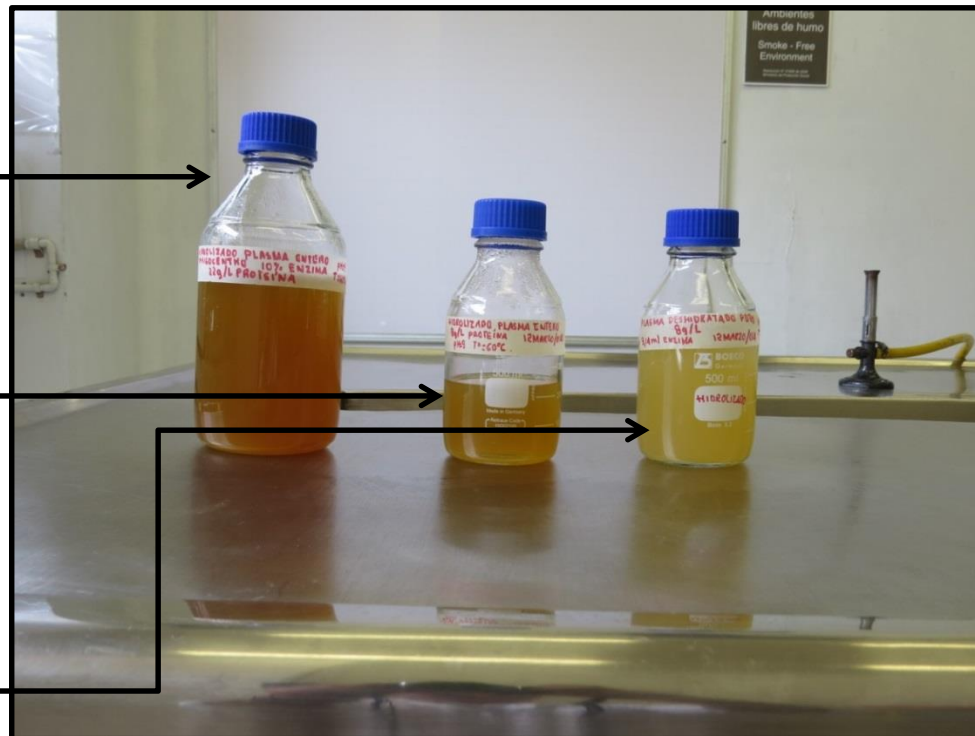
Centrifugado

Hidrolizados de plasma sanguíneo con Alcalasa 2,4L

- Plasma Sanguíneo Bovino
Líquido 17,5g/L proteína.

- Plasma Sanguíneo Bovino
Líquido 8,0g/L proteína.

- Plasma Sanguíneo Bovino
reconstituido 8,0g/L
proteína.

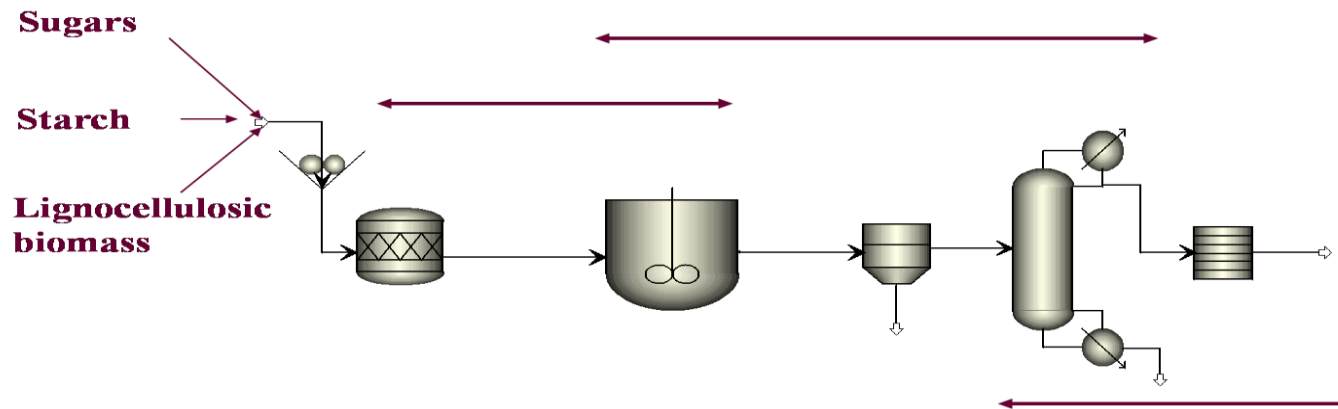


Simulación de la Producción de *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 por fermentación sumergida en medio a base de Plasma Sanguíneo Bovino

- Para la simulación se utilizó el software *SuperPro Designer* (Intelligen, Inc., EUA).
- Se realizó una integración de operaciones de Ingeniería de procesos para la simulación de producción de biomasa del ***Lactobacillus***.
- Se propone el plasma como fuente de Nitrógeno para producción del *Lactobacillus* sp., por ser un subproducto de alta disponibilidad, bajo costo y alto contenido proteico en la cadena cárnica.
- Se propone implementar la producción por lotes con equipos convencionales.

Objeto de investigación

- El alcohol carburante se ha convertido en un bien básico muy importante en el mercado global de energía
- La producción de etanol está aún lejos de ser eficiente considerando criterios económicos y ambientales
- Colombia está implementando un ambicioso programa de biocombustibles que incluye E10 y B5
- La variedad de materias primas afecta directamente la economía del proceso
- Colombia ofrece un gran potencial debido a la enorme disponibilidad de materias primas



Cultivo sumergido

Aprovechamiento del Suero de Leche

- El lactosuero es considerado como un subproducto de bajo valor o un desecho altamente contaminante
- Se ha intentado aprovechar:
 - en alimentación animal (porcinos)
 - como aditivo en bebidas
 - en la obtención de jarabe de suero



- como medio de cultivo en fermentaciones industriales



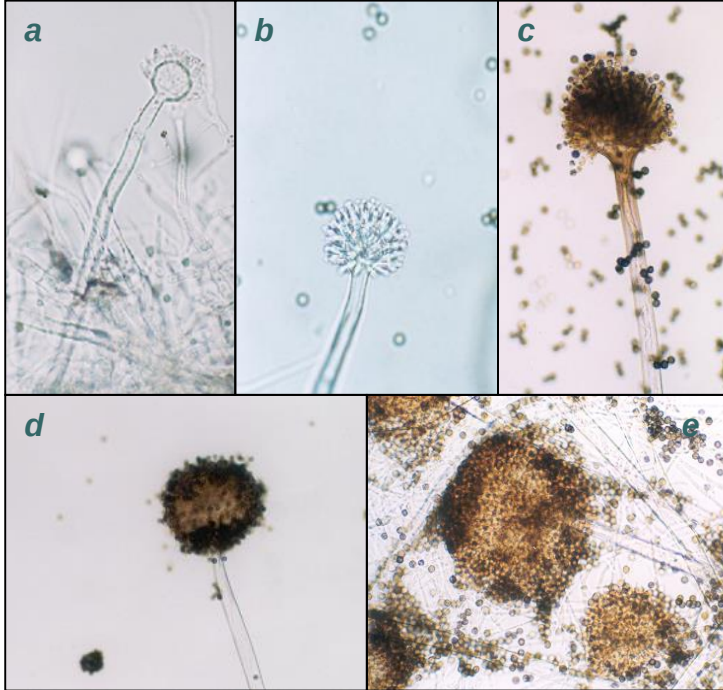
Composición del Suero de Leche

<i>Composición</i>	<i>% (p/v)</i>
Lactosa	4,9
Proteínas	0,9
Cenizas	0,6
Grasas	0,3
<i>pH</i>	6,6
<i>DBO₅</i>	30.000 – 50.000 mg/L

El suero de leche puede ser utilizado como medio de cultivo para fermentaciones industriales

Las proteínas del suero han demostrado tener importantes propiedades funcionales, en particular emulsificantes.

Obtención de ácido cítrico a partir de lactosuero



Micrografías de las etapas del desarrollo de la estructura fructífera del hongo *A. carbonarius* NRRL 368: a y b (10X) - inicio de la maduración; c, d (10X) y e (40X) – estructuras maduras.



Aspecto del cultivo del hongo *A. niger* NRRL 3 en erlenmeyer después de 8 días de fermentación en medios basados en suero de leche.

Obtención de ácido cítrico a partir de lactosuero



Montaje utilizado para el cultivo de *A. niger* NRRL 3 en suero de leche para la obtención de ácido cítrico en un biorreactor agitado de 3 L.

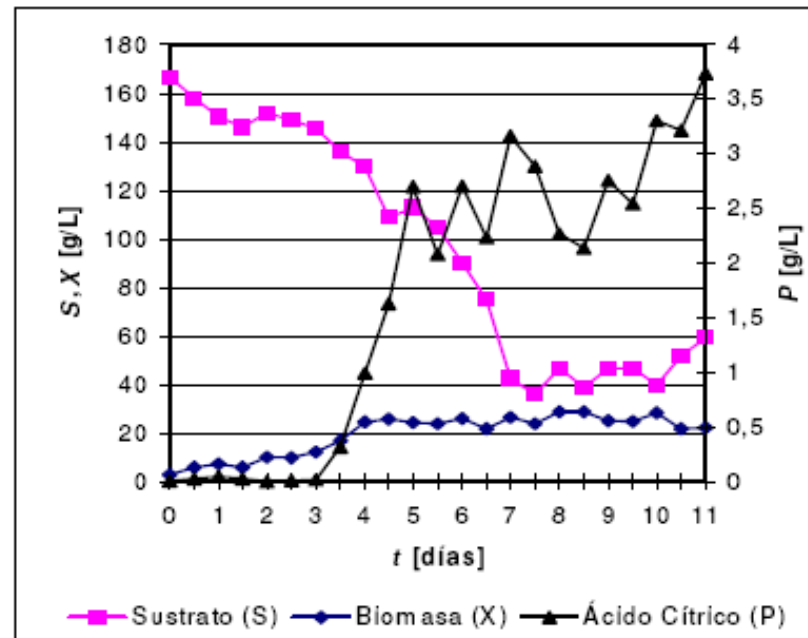
Obtención de ácido cítrico a partir de lactosuero

Biosíntesis de ácido cítrico por varias cepas de *Aspergillus* para diferentes tratamientos de suero de leche.

Cepa	Tratamiento del Suero	Promedio de Concentraciones de Ácido Cítrico (g/L)
<i>Aspergillus carbonarius</i> NRRL 368	SE	6,72
	SD	8,69
	SDH	10,51
	SDHE	11,15
<i>Aspergillus carbonarius</i> NRRL 67	SE	6,51
	SD	7,13
	SDH	0,93
	SDHE	7,58
<i>Aspergillus niger</i> NRRL 3	SE	0,34
	SD	0,06
	SDH	3,07
	SDHE	5,77

Observaciones: SE – Suero entero. SD – Suero desproteinizado. SDH – Suero desproteinizado, hidrolizado. SDHE – Suero desproteinizado, hidrolizado, evaporado. Resultados publicados en: Sánchez O.J., Ortiz M.C., Betancourt A.L. 2004. Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación con *Aspergillus* spp. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6 (1):43-54.

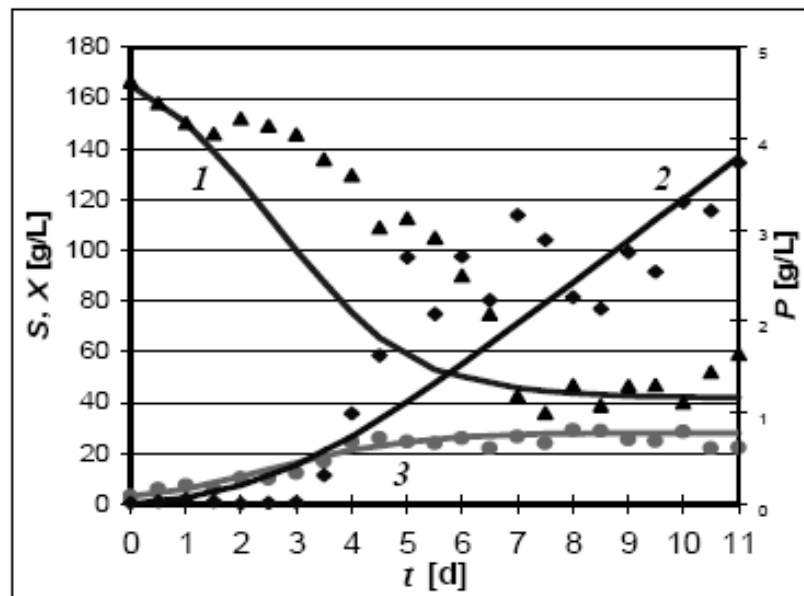
Obtención de ácido cítrico a partir de lactosuero



Consumo de sustrato, crecimiento de biomasa y biosíntesis de ácido cítrico durante el cultivo sumergido de suero de leche desproteínizado, hidrolizado y evaporado con *A. niger* NRRL 3. Resultados publicados en: Sánchez O.J., Ortiz M.C., Betancourt A.L. 2004. Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación con *Aspergillus* spp. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6 (1):43-54.

Obtención de ácido cítrico a partir de lactosuero

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \epsilon X - \beta X^2 \\ \frac{dS}{dt} &= -\frac{1}{Y_{\frac{X}{S}}} \cdot \frac{dX}{dt} \\ \frac{dP}{dt} &= q_P \cdot X \end{aligned} \right\}$$



Simulación de la fermentación para la producción de ácido cítrico a partir de suero de leche con *A. niger* NRRL 3. Datos experimentales: (▲) Sustrato, *S*; (●) Biomasa, *X*; (♦) Producto, *P*. Curvas calculadas a partir del modelo: 1 – Sustrato; 2 – Biomasa; 3 – Producto. Las líneas continuas corresponden a los datos calculados por el modelo, las curvas con puntos discretos corresponden a los datos experimentales.

Obtención de ácido cítrico a partir de lactosuero

Concentración de ácido cítrico obtenida por fermentación de lactosuero en varios estudios

Cepa	Tipo de Cultivo	Tratamiento del Suero	Tiempo de Cultivo (d)	Acido Cítrico (g/L)	Referencia
<i>A. niger</i> IMI 41874	Sumergido	Permeado	10	5,0	Hossain et al.
<i>A. niger</i> IMI 51433	Sumergido	Permeado	10	2,6	
<i>A. niger</i> ATCC 26550	Sumergido	Permeado	10	2,5	
<i>A. niger</i> MH 15-15*	Sumergido	Permeado	8	8,3	
<i>A. niger</i> CAIM 111	Sumergido	Entero	9	1,1	El-Samragy et al.
<i>A. niger</i> ATCC 9642	Superficial	Entero	10	2,3	El-Holi y Al-Delaimy
<i>A. niger</i> NRRL 3 (ATCC 9029)	Sumergido	Desproteínizado, hidrolizado, evaporado	10	5,7	Este trabajo
<i>A. carbonarius</i> NRRL 368	Sumergido	Varios	10	9,3	Este trabajo

* Mutante de la cepa IMI 41874

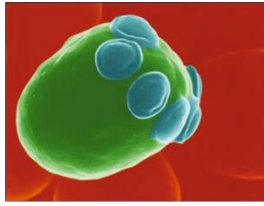


OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO Y EMULSIFICANTE A PARTIR DE SUERO DE LECHE POR MÉTODOS BIOTECNOLÓGICOS

Grupo de Inv. en Alimentos y Agroindustria,
Departamento de Ingeniería

Universidad de Caldas
InBIOTECH

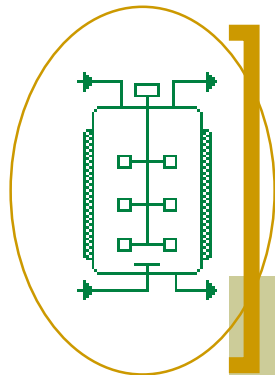


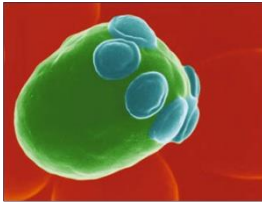


MICROORGANISMOS

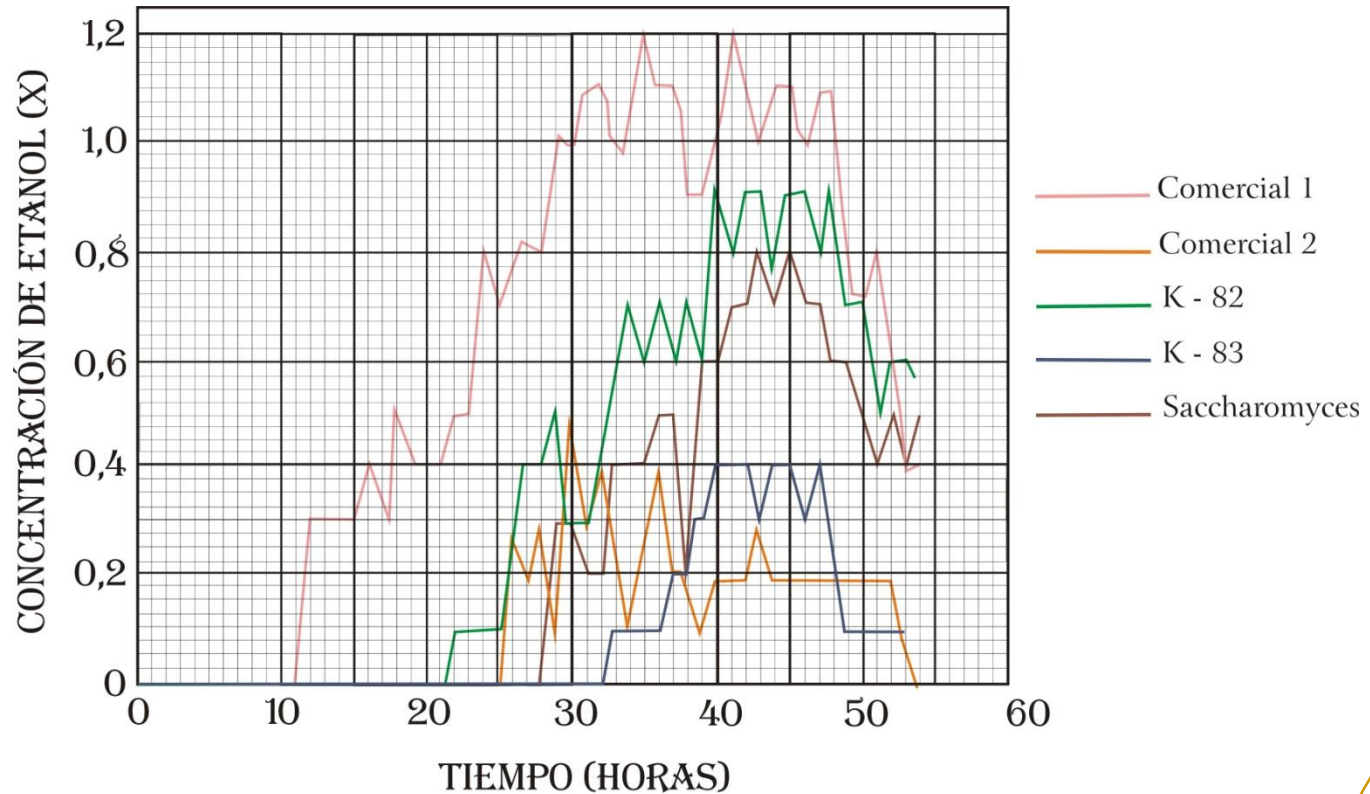
Se estudiaron cinco cepas de levadura para evaluar su habilidad para producir etanol:

- ✓ Dos cepas de levadura comercial ampliamente utilizadas en la industria.
- ✓ Dos cepas del género *Kluyveromyces* (K-82 y K-83) escogidas por su capacidad de asimilar lactosa.
- ✓ Levadura silvestre del Lab. de Procesos Agroindustriales de la Universidad de Caldas

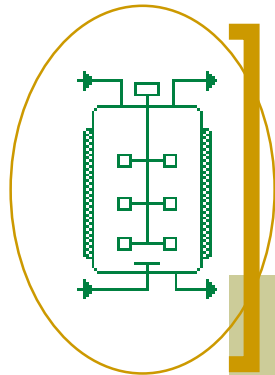




MICROORGANISMOS



Producción de etanol a partir de suero de leche para diferentes cepas de levadura.



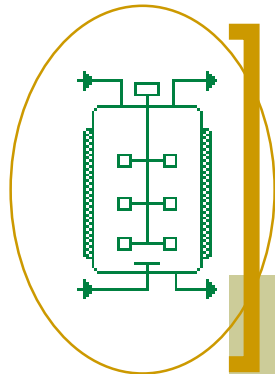


OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO Y EMULSIFICANTE

ETANOL

El diseño experimental arrojó los mejores resultados para la cepa comercial 1 a un pH de 5, una temperatura de 28°C y usando suero desproteínizado.

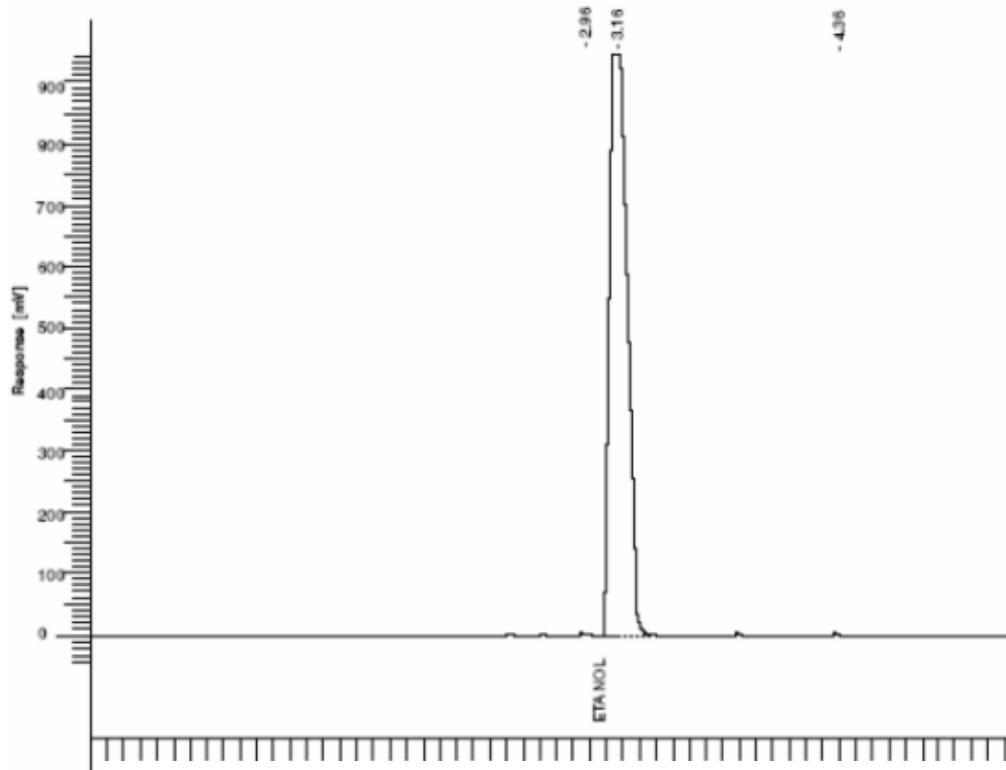
Los ensayos en planta piloto mostraron que para producir 1 L de etanol es necesario transformar 30 L de suero.





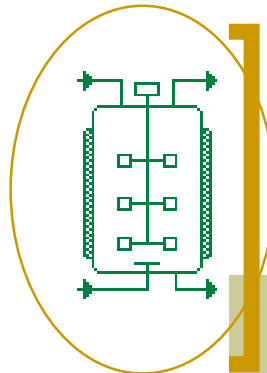
OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO Y EMULSIFICANTE

Cromatograma del destilado luego de la fermentación y destilación en planta piloto. Columna PE-WAX (columna polar de polietilenglicol).



para metanol
o tiene trazas de
alcoholes superiores
generar sabores o

rectificado para su
a de bebidas.



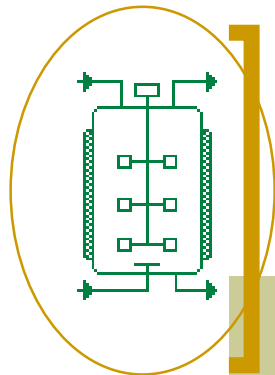


OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO Y EMULSIFICANTE

EMULSIFICANTE

A través del diseño experimental se estableció que el tratamiento más adecuado para lograr una óptima desproteínización es a un pH de 4,8 con un tiempo de ebullición de 15 minutos.

Los ensayos en planta piloto mostraron que para producir 1 kg de emulsificante son necesarios 46 L de suero.





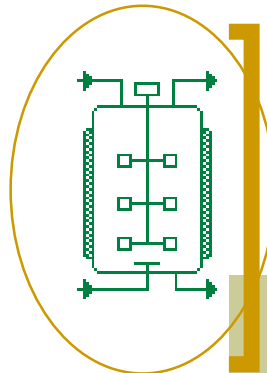
OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO Y EMULSIFICANTE

- El emulsificante obtenido es un producto en polvo constituido por proteína y agua (4-5% de humedad).
- El análisis sensorial comprobó la factibilidad de su uso como emulsificante natural



Análisis sensorial para diferentes productos formulados con emulsificante obtenido a partir de suero de leche.

PRODUCTO	APARIENCIA	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
Salchicha	75%	100%	62,5%	87,5%	75%
Helado	50%	70%	30%	60%	70%
Salsa de Tomate	70%	90%	90%	80%	90%

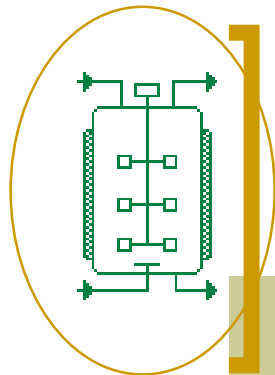




ESTUDIO DE INGENIERÍA

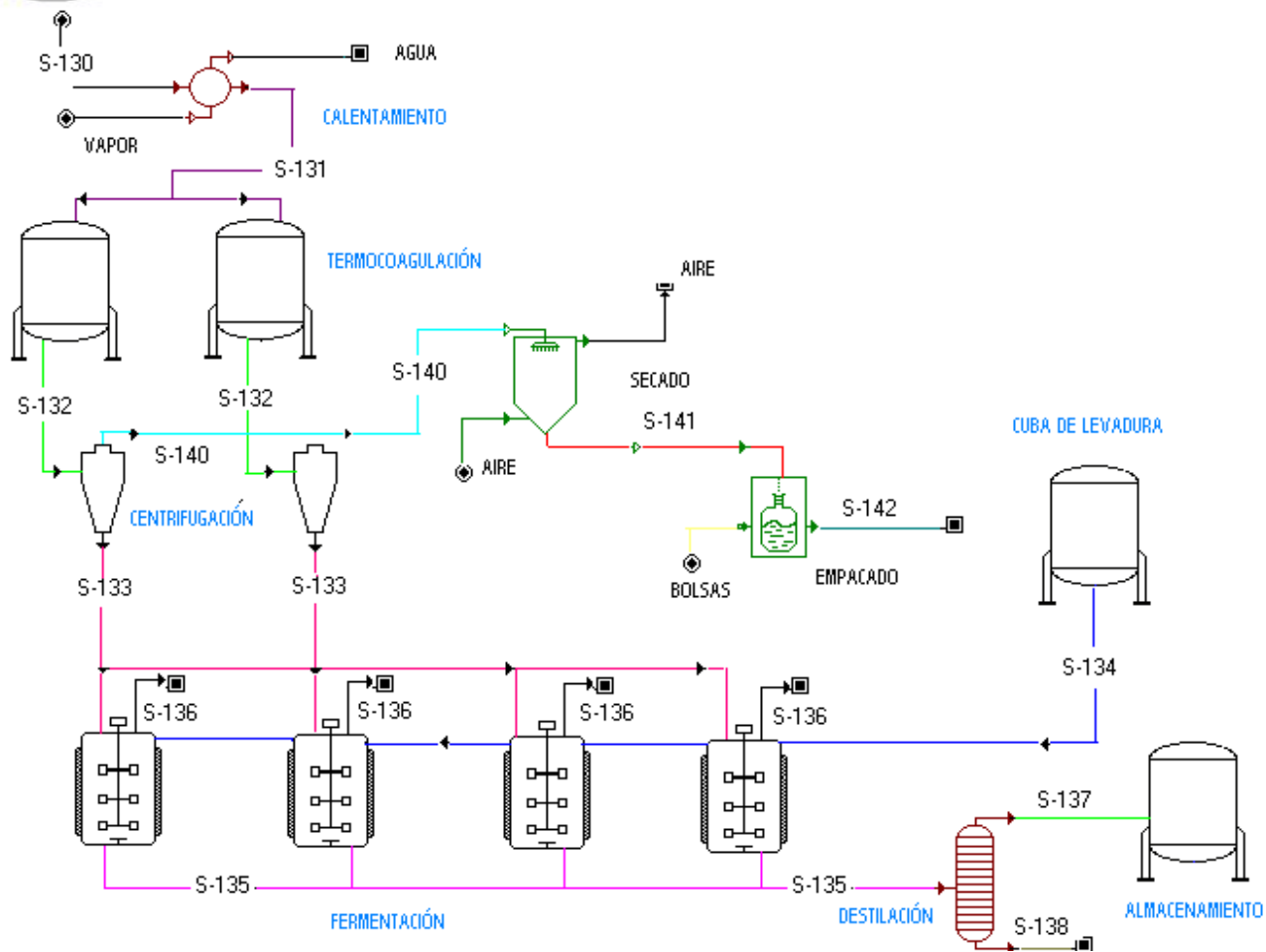


- Evaluación del secado por aspersión
- 3,5% (v/v) EtOH (este trabajo)
- 3,3% (v/v) EtOH, suero reconstituido y suplementado con extracto de levadura, fuentes inorgánicas de nitrógeno y otros nutrientes (Grba *et al.*, 2002)





ESTUDIO DE INGENIERÍA





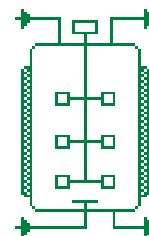
ESTUDIO DE INGENIERÍA

COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE DBO₅, DQO Y ST PARA LA MATERIA PRIMA Y EL EFLUENTE

PRUEBAS	MATERIA PRIMA	EFLUENTE	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN
DBO ₅	27.350 mg/L	16.519 mg/L	39,6%
DQO	79.600 mg/L	57.741 mg/L	30%
ST	8,49g / 100g	3,9g / 100g	54,1%

MARCO LEGAL: Programa de Tasas Retributivas

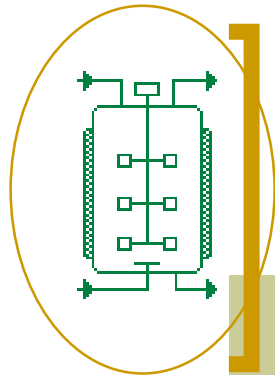
	CARGA CONTAMINANTE	TASA RETRIBUTIVA
ANTES DE IMPLEMENTAR EL PROYECTO	212.331,456 kg/día	\$ 273'737.713,1
DESPUÉS DE IMPLEMENTAR EL PROYECTO	94.883,02 kg/día	\$ 122'323.191,3



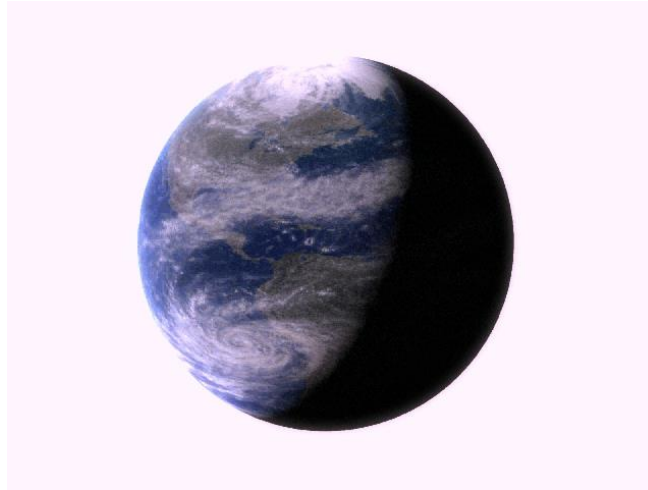


ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA

- Del estudio de mercado realizado se estableció una capacidad instalada de procesamiento de lactosuero de aproximadamente 320.000 L, la cual corresponde a la empresa que más produce suero en el país.
- Una planta que procese este volumen estaría en capacidad de satisfacer el 9,15% de la demanda nacional mensual de etanol para la industria de alimentos y bebidas y cubriría el 100% de la demanda nacional de emulsificante (210 ton/año: 90% importado, 10% nacional)
- Se tiene estimado que el mercado nacional demanda **2.000.000 de litros de alcohol y 210 toneladas de emulsificante año**, de las cuales el 90% esta representado por los productos importados y el 10% restante por producción nacional.



Resultados del Proyecto



InBIOTECH
Investigaciones Biotecnológicas

Patente de invención (en trámite)
Premio internacional *Elizabeth Grose* (2005)

