

PRESENTACION DEL PROYECTO ANII
VALORIZACION DE SUBPRODUCTOS
FORESTALES PARA LA PRODUCCION
DE BIOETANOL

Dra. Mary Loprett
Coordinadora



Equipo de trabajo

- ▣ LATU Coordinación General del Proyecto
- ▣ Lic. Bioq. Ana Lopez
- ▣ Lic. Bioq. Florencia Perez
- ▣ Lic. Bioq. Gonzalo Perez
- ▣ Lic. Bioq. C. Ottati
- ▣ Dra. Mary Lopretti Investigador y coordinador general
- ▣ Se realizó en la Gerencia de Proyectos generales
- ▣ Ing Jorge Castro

EQUIPO DE TRABAJO

CONSUR- Evaluaciones económicas

Carlos Mermot

Isabel Loza

Juan Labat

Dra. Mary Lopretti (coordinación)

ALUR_ANCAP Piloto (pretratamiento)

Ing. Jorge Ramos

Ing. Mauricio Salvatierra

Ing. Fabiana Chalanza

Ing. Hector del Castillo

Equipo de trabajo

- ▣ Facultad de Ciencias
- ▣ Ms Sylvia Vazquez
- ▣ Lic. Silvana Bonifacino
- ▣ Lic. Luciana Buxedas
- ▣ Lic. Natalia Pi
- ▣ Lic. Bioq. Ma Belén Ramirez
- ▣ Dra. Mary Lopretti Investigador

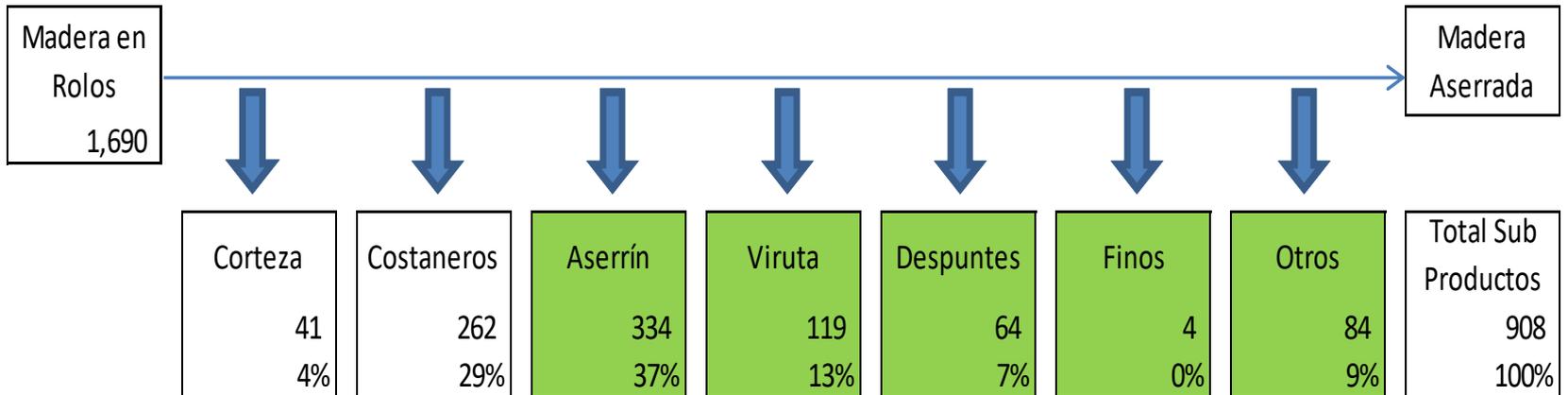
Problema

Cuadro 1.

Proceso de la Madera Aserrada y obtención de SubProducto (Materia Prima para el proceso en análisis - en verde)

Datos del 2012; en miles de m3.

Consumo.



[Fuente: presentación del Censo Foresto Industrial al Consejo Sectorial Forestal Mederero el 8/11/13.](#)

La corteza y el costanero no son tenidos en cuenta ya que tienen un destino comercial identificado como energético.

Cuadro 2.

Materia Prima	En miles de M3	Humedad Promedio*	Densidad MS (Tons/M3)**	En miles de Tons de MS
Aserrín	334	40%	0.60	120
Viruta	119	40%	0.60	43
Despunte	64	40%	0.60	23
Finos	4	40%	0.60	1
Otros	84	40%	0.60	30

*Humedad promedio de la madera en rolo consumida por aserraderos.

**Densidad promedio de la Materia Seca Madera.

Cuadro 3.

Composición de la Materia Prima*:

Subproducto de mayor volumen 60%		
Subproducto de menor volumen 40%		
Despunte + Viruta	66	60%
Aserrín + Finos + Otros	44	40%
Total Materia Prima Disponible	110	100%

En miles de Tons de MS

*Según estimaciones realizadas a nivel experimental.

Objetivos

Investigar sobre soluciones tecnológicas que agreguen valor a la biomasa generada como subproducto o residuo en aserraderos de madera;

Valorizar la viruta, aserrín y chips en aserraderos para su uso como mezcla en ración animal y/o producción de alcohol;

Valoración económica del proceso a través del cual se obtiene alcohol y en distintos escenarios de precios.

Es la madera un buen sustrato para la producción de Bioetanol ?

La madera es el lignocelulósico mas complejo de hidrolizar y fermentar por los inhibidores que están presentes

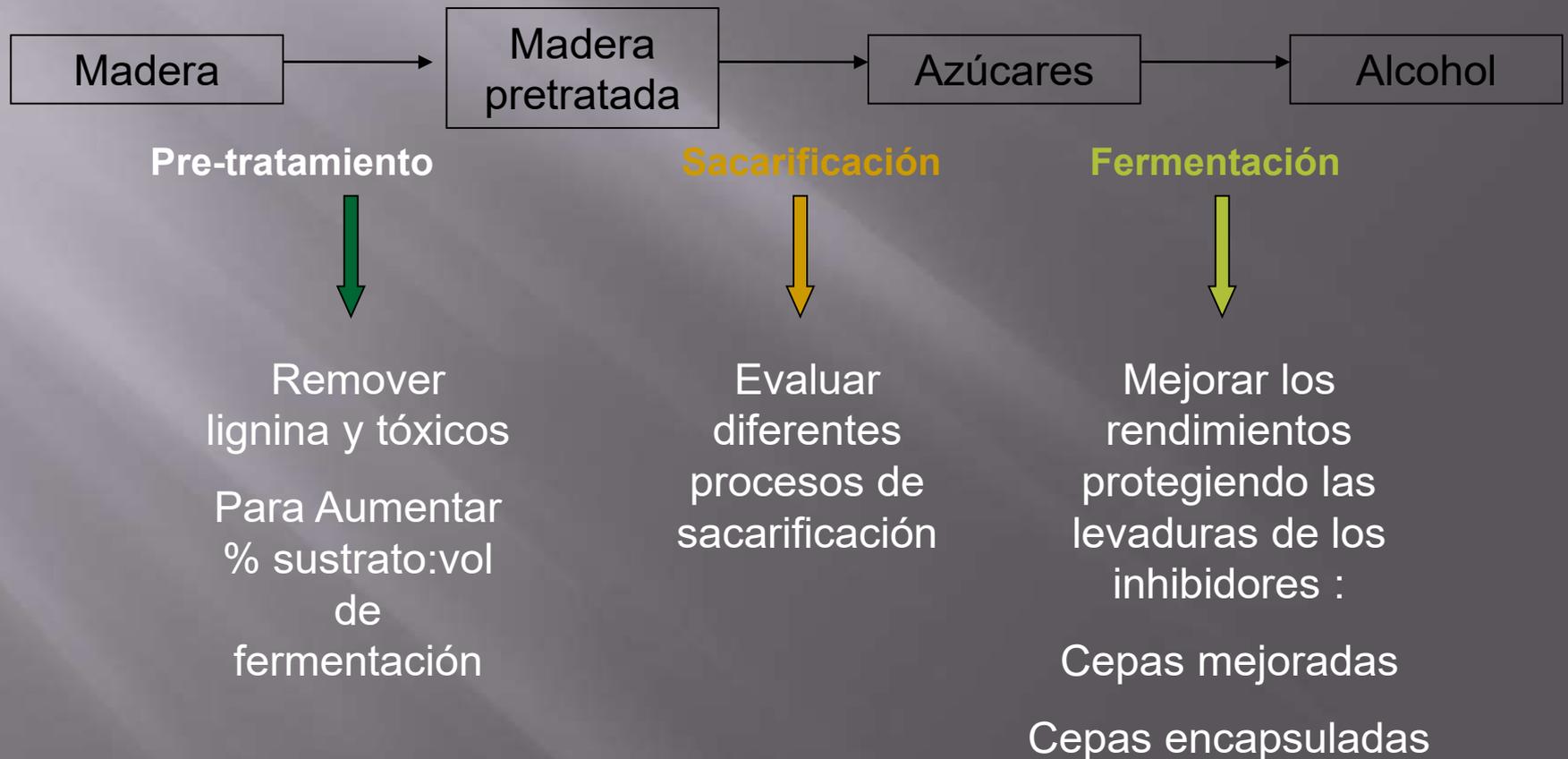
Los rendimientos de la Bibliografía a nivel laboratorio están en el orden de 70 % con lignocelulósicos de tipo rastrojos y menores con madera

Los costos de producción de Bioetanol son todavía elevados en el mundo en relación a otros sustratos

METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL TRADICIONAL A PARTIR DE LIGNOCELULÓSICOS ESTADO ACTUAL



Se buscarán Innovaciones en las Etapas del proceso



Valoración de biomasa residual en aserraderos.

Proceso

Presentación de resultados.

Pretratamiento

Estado de situación antes del proyecto

▣ Tipo de PRETRATAMIENTO

- Métodos mecánicos
- Métodos químicos
 - ▣ H₂O₂ (costoso).
 - ▣ H₂SO₄ (tóxico).
 - ▣ NaOH (tóxico).
 - ▣ EtOH (costoso).
- Métodos físicos
- Explosión a vapor (el mas eficiente hoy pero costoso y tóxico).

Métodos biológicos

Producción de azúcares fermentables

Moléculas que intervienen como sustrato

Las paredes celulares de las plantas contienen:

Celulosa

Hemicelulosa

Proteínas

Lignina

Pectina

Los residuos y descartes a utilizar tienen distintos % de estos compuestos.

Metodología Ensayos de delignificación y apertura de fibra

- ▣ Biológico
 - Deslignificación (laboratorio y escalado)

- ▣ Fisicoquímico
 - Autoclave con impregnación (120°C, 1 hora)
 - Digestor
 - Explosión a vapor + biológico

- ▣ Remoción por lavado
 - Producto: material deslignificado y sin HMF

- ▣ Estudio con lignina

Pretratamiento Biológico escala laboratorio y escalado

- ▣ Inoculación con Hongos ligninolíticos y celulolíticos.
- ▣ Fermentación semisólida controlando humedad , temperatura y crecimiento fúngico
- ▣ Ensayos en triplicado durante 15 y 30 días en sistema FSS.
M1 (15 días) M2 (30 días) Escala laboratorio y posterior ensayo piloto

■ Escalado de Pretratamiento en ALUR-ANAP Paysandú

■ Control del proceso

- La humedad del sustrato debe ser mantenida en un 60% para lo cuál se realizan controles dos veces por semana, hidratándose en caso ser necesario.
- La temperatura se registra 1 vez por semana.
- Se toman muestras al inicio y durante el proceso para relizar las siguientes determinaciones:
 - Materia seca, ADF, NDF, % lignina, celulosa y hemicelulosa.

PRETRATAMIENTO



PRETRATAMIENTO

Fila 1

Fila 2

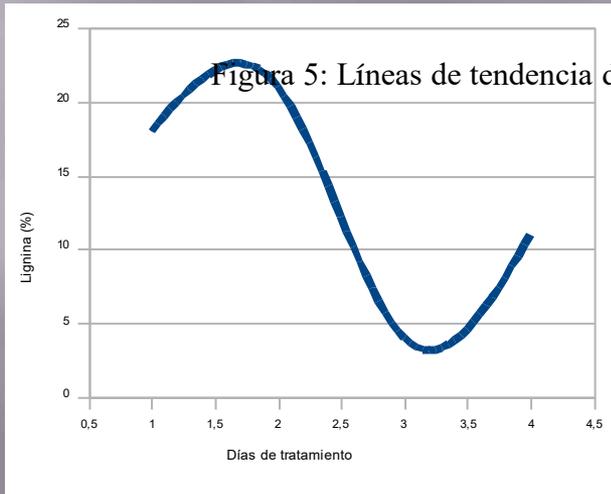


Figura 5: Líneas de tendencia del % de lignina en las Filas 1 y 2

Optimización de las condiciones de extracción de fenoles

- 1.- Secado en estufa a 80 °C.
- 2.- molienda utilizando una malla de 2mm.
- 3.- Inmersión en NaOH 1M durante 12 h
- 4.- Filtrado y medida espectroscópica a 254, 280, 310 y 354 nm.
- 5.- Se repitió el mismo proceso a cada muestra y se midió la absorbancia a cada uno de los filtrados obtenidos de la segunda extracción.

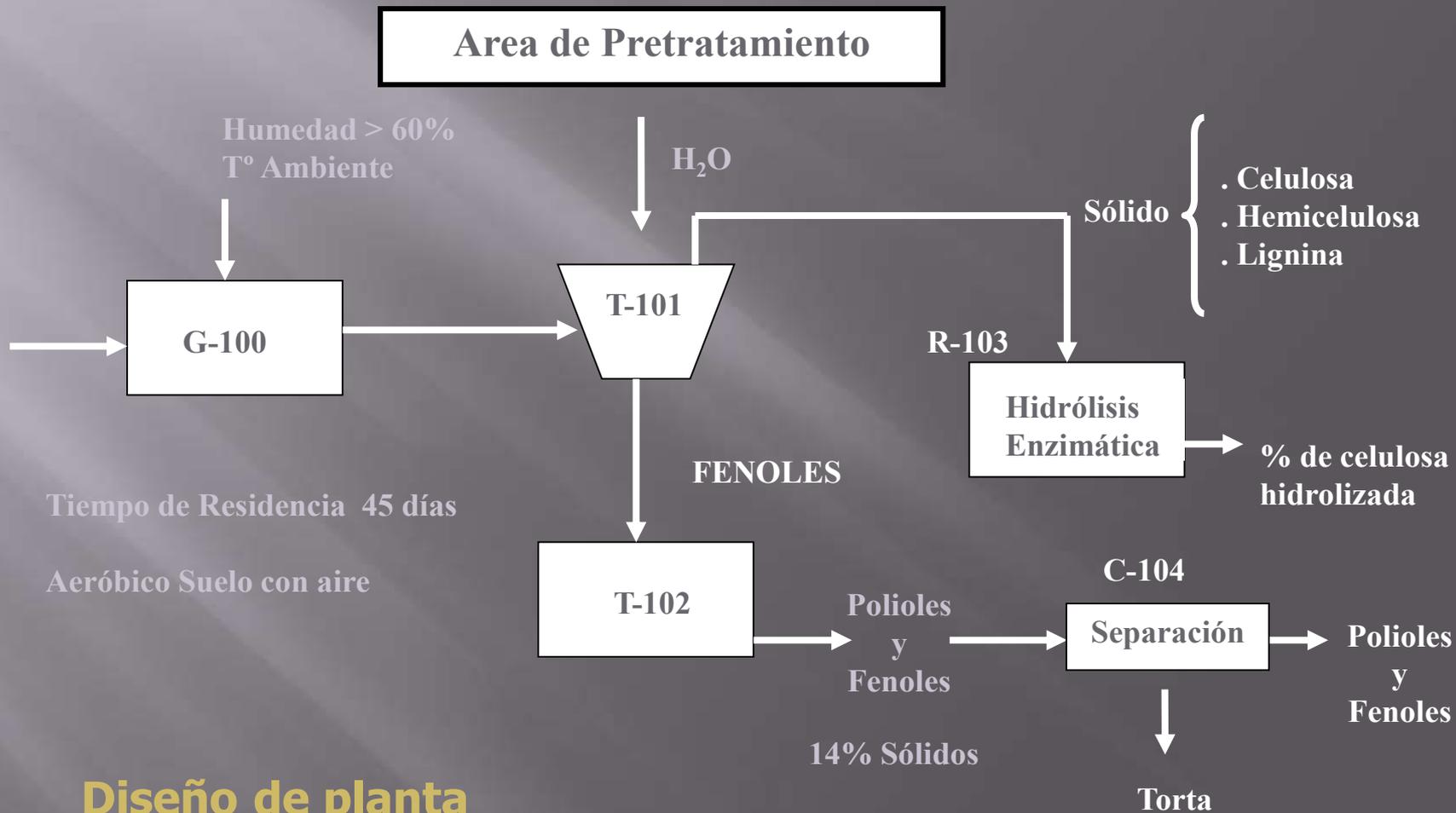
PRETRATAMIENTO

	Materia seca	% lignina	% celulosa	% hemicelulosa
Muestra Fila 1 Blanco	38,2	32	50	12,8
Muestra Fila 1 Día 20	31,0	18	50,4	16
Muestra Fila 1 Día 56	95	4	62	14
Muestra Fila 2 Blanco	42,6	21,5	44	10,8
Muestras Fila 2 Día 34	86,5	4	59	21
Muestra Fila 2 Día 55	20	7	63	13

IDENTIFICACION	Abs 280 nm (Dilución 1/2)	Abs 280 nm (Dilución 1/4) (1/8)	Concentración (g/l)	Concentración (g/l)
Pila 1 - 4/10 (al azar) Primer extracción	5.000	4.8029	0,96	7,68
Pila 1 - 4/10 (al azar) Segunda extracción	4.8029	1.8181	0,35	2,8
Pila 1 - 4/10 (con crec. Fúngico) Primer extracción	5.0000	4.8029	0,96	7,68
Pila 1 - 4/10 (con crec. Fúngico) Segunda extracción	4.8029	1.2574	0,24	1,92
Pila 2 - 4/10 Primer extracción	4.8029	1.9729	0,39	3,12
Pila 2 - 4/10 Segunda extracción	2,9395	0.7325	0,13	1,04
Pila 3 - 4/10 (Blanco) Primer extracción	5.000	1.2591	0,24	1,92
Pila 3 - 4/10 (Blanco) Segunda extracción	4.3269	0.9915	0,19	1,52

IDENTIFICACION	Abs 280 nm (Dilución 1/2)	Abs 280 nm (Dilución 1/4) (1/8)	Concentración (g/l)	Concentración (g/l)
Pila 1 - 25/10 Primer extracción	5.000	4.8029	0,96	7,68
Pila 1 - 25/10 Segunda extracción	4.8029	2.7328	0,54	4,32
Pila 2 - 25/10 Primer extracción	4.8029	3.2281	0,65	5,2
Pila 2 - 25/10 Segunda extracción	4.8029	1.5744	0,30	2,4
Pila 3 - 25/10 Primer extracción	5.000	1.5903	0,31	2,48
Pila 3 - 25/10 Segunda extracción	4.5027	1.1404	0,22	1,76
Pila 4 - 25/10 Primer extracción	4.8029	1.9567	0,38	3,04
Pila 4 - 25 /10 Segunda extracción	4.0267	1.0017	0,19	1,52

DISEÑO LINEA DE PRETRATAMIENTO Y PRESACARIFICACIÓN:



Diseño de planta

- ▣ SACARIFICACIÓN
- ▣ Acido (H_2SO_4 concentrado a reflujo)
- ▣ Enzimático(Enzima celulasa Sunson, Enzima celuclast Novozime
- ▣ Acido + enzimático
- ▣ Métodos analíticos :
- ▣ Determinación azucares reductores por DNS
- ▣ Determinación de productos de la deslignificación por espectrometría UV-Visible
- ▣ Determinación de los cambios en la constitución del sustrato en celulosa , lignina y h celulosa por Técnicas de ADF y NDF

Sacarificación

■ Sacarificación ácida

- Se colocaron 10g de sustrato molido en un balón de 250ml y se adicionaron 100ml de agua destilada y 4% (v/v) de ácido sulfúrico concentrado (98%). Se colocó el balón a reflujo por 4 horas a 100°C.

Tiempo (hs)	Azúcares reductores (g/l)
0	0,158
4	15,34

COSTO TOTAL para producir 1kg de azúcar: U\$S 0,9

■ Sacarificación enzimática + ácida

□ Sacarificación enzimática

- Los ensayos se realizaron en matraces de 250ml a los cuales se les adicionó 10% de sustrato molido sin pretratar y 15 gramos de celulasa (750FPU/g de sustrato húmedo) en un volumen total de 100ml.
- Los matraces se incubaron a 50°C y 130rpm.
- Se mantuvo la incubación por 24 horas y luego se realizó la sacarificación ácida.

□ Sacarificación ácida

- Se traspasó el material obtenido luego de la sacarificación a un balón de 250ml y se adicionó 4% (v/v) de ácido sulfúrico concentrado (98%). Se colocó el balón a reflujo por 4 horas a 100°C.

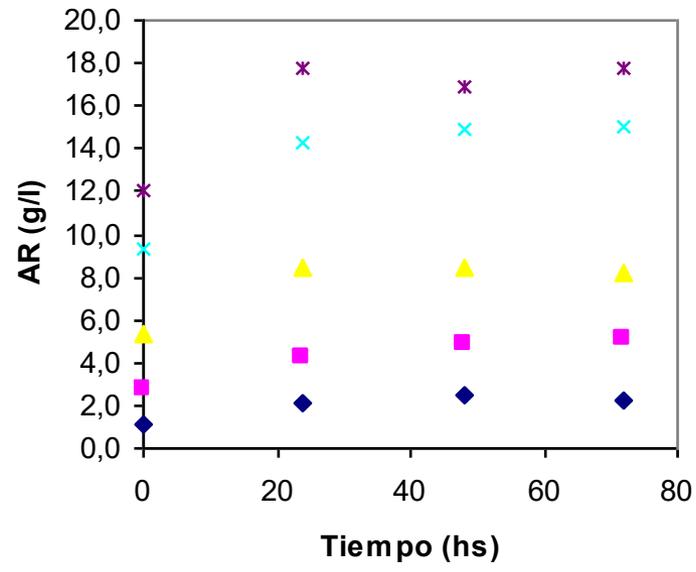
Tiempo (hs)	Azúcares reductores (g/l)
0	0,158
24	2,89
Final sacarificación ácida	20,65

**COSTO TOTAL para producir 1kg de azúcar: U\$S
1.14**

■ Sacarificación Enzimática

□ Estudio con diferentes concentraciones de enzima

- Se realizaron sacarificaciones al 1,1 % de sustrato seco (m/v) en matraces Erlenmayer de 125 ml, cada uno conteniendo 50 ml de buffer acetato de sodio 0,1 M (pH=4,8).
- Las concentraciones de enzima utilizadas fueron: 16, 32,5, 65, 130 y 195 kFPU (filter paper unit) por gramo de sustrato seco.
- Se incubó en shaker (Labnet I5311-DS) a una temperatura de 50 °C y 125 rpm.
- Se tomaron muestras cada 24 horas para analizar los azúcares reductores por la técnica de DNS.



- ◆ 16 kFPU/g sustrato seco
- ▲ 65 kFPU/g sustrato seco
- ✱ 195 kFPU/g sustrato seco
- 32,5 kFPU/g sustrato seco
- ✕ 130 kFPU/g sustrato seco

RESULTADO Condiciones óptimas de la sacarificación enzimática en bach

- ▣ Materia prima 5% w/v
- ▣ Enzimas 1% del peso de materia prima
- ▣ Tiempo 48h de sacarificación y luego fermentación simultánea
- ▣ Muy importante Importante agitación
- ▣ Temperatura óptima a 50°C
- ▣ Costo promedio k de azúcar 1,2U\$D

Fermentación escala laboratorio Levaduras y técnicas utilizadas

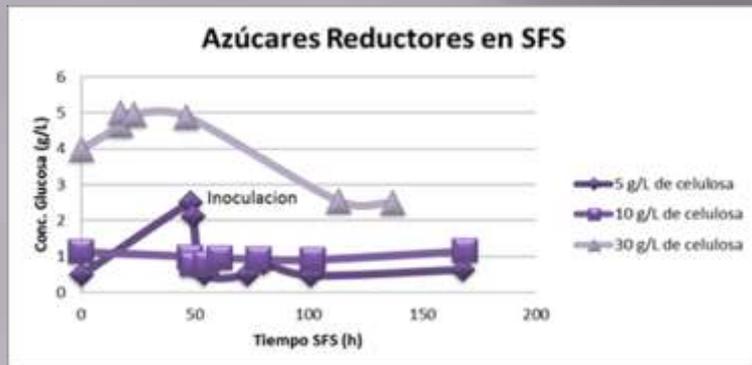
- ▣ ATCC Saccharomyces 522

- ▣ Saccharomyces irradiada y seleccionada por tolerancia a fenoles (Técnica de inducción de mutaciones)

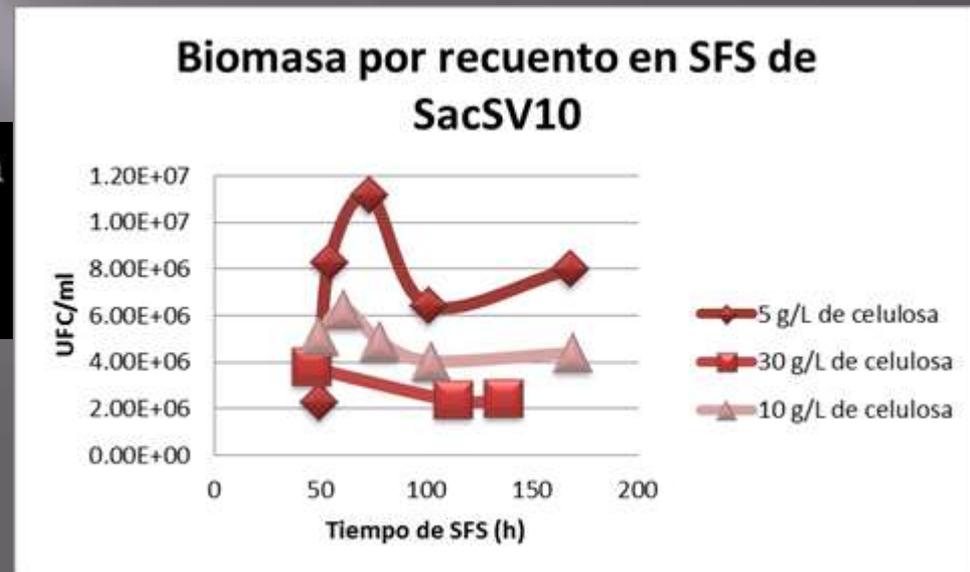
- ▣ Kluyveromyces ATCC

- ▣ Encapsulación de levaduras (Técnica de encapsulación)
 - Kluyveromyces

SACARIFIACION Y FERMENTACION EN SIMULTANEO



Concentraciones de azúcares reductores en SFS de SacSV-10 inoculada a las 48 horas con diferentes concentraciones de madera.



SACARIFIACION Y FERMENTACION EN SIMULTANEO



ESCALADO (LATU)



ESCALADO (CARTIF, ESP)

- ▣ Condiciones de trabajo definidas anteriormente a nivel laboratorio
- ▣ A.- reactor de procesamiento de sólidos con agitación por rotación con madera con vapor saturado a 100°C-120°C y 1 atmósfera de presión
- ▣ B.-Lixiviado para remover ác. Fenólicos
- ▣ C.-Hidrólisis enzimática en reactor agitado con control de T°C y agitación y pH . Volumen de trabajo 200 Lts
- ▣ D.- Traspase de hidrolizado , tamizando partículas superiores a 1 mm a fermentador con calentamiento , enfriamiento y agitación.

ESCALADO (CARTIF, ESP)

- ▣ Todo el proceso se realizó según indicaciones del LATU
- ▣ E.-Hidrólisis enzimática (Sunson) 50^aC 72 hs pH 5.5 con 700 gr de enzima sobre 150 L de tanque
- ▣ F.-Fermentación a 30°C. 48 hs con *S. cerevisiae*
- ▣ El ensayo se realizó con 7k de madera (seca 4%H) pretratada LATU % de celulosa 60%

ESCALADO (CARTIF, ESP)

- ▣ 7 K DE MADERA SUPONEN 4200 G DE CELULOSA QUE SUPONE EN CONDICIONES ÓPTIMAS **1,67 %** DE ETANOL EN LOS 150 l DE AGUA DEL ESCALADO
- ▣ SEGÚN LOS DATOS DEL ENSAYO 4200 G DE CELULOSA CON 80% DE RENDIMIENTO GENERAN 3360 G DE GLUCOSA LIBRE LO QUE APORTARÍA **1,33%** DE ETANOL EN LOS 150 l DE AGUA

ESCALADO (CARTIF, ESP)

- ▣ Rendimiento :
- ▣ Se determinó azúcares fermentables por DNS y HPLC
- ▣ Se determinó alcohol por destilación
- ▣ Resultado :
- ▣ 1,1% de etanol en los 150 L que correspondieron a 18,59 g/L de azúcar fermentable.
- ▣ El proceso global presenta un rendimiento del 65,87 % de los 7 k de madera a alcohol
- ▣ (este % es menor que el 80% que da a nivel de laboratorio)

ESCALADO (CARTIF, ESP)

- ▣ Litros de alcohol por tonelada de madera
- ▣ Con el máximo de rendimiento obtendríamos **357,86 litros de alcohol por tonelada**
- ▣ En el caso real del escalado realizado se obtuvieron **235,71 litros de etanol por tonelada.**

Escalado CARTIF





ESCALADO (CARTIF, ESP)



Valoración de biomasa residual
en aserraderos.

Informe: Valoración
microeconómica.

Presentación de resultados.

Principales supuestos.

Consideramos la operativa de una empresa promedio industrializadora de madera de la zona de Paysandú.

Se procesan 200 toneladas de materia prima (biomasas residual) mensuales, con una humedad promedio del 40%, compuesta 20% por aserrín, 40% de viruta y 40% por chips.

El material pretratado será obtenido en el propio aserradero para luego ser enviado a la Planta Industrial de ALUR en Paysandú, en la cual se podría llevar a cabo distintas técnicas de sacarificación y fermentación para obtener alcohol.

Proceso

Pretratamiento:

Se dispone la materia prima en bins para abrir sus fibras mediante agregado de vapor;

Luego se dispone la materia prima en camellones para ser inoculada buscando descender la proporción de lignina;

Se seca el material pretratado llevando su nivel de humedad al porcentaje recomendable para su molienda y comercialización.

Estimación de Costos Industriales para el procesamiento de :		200.00	Tons. de materia prima mensuales	
Suponiendo nivel de producción y venta potencial.		2,400.00	Tons. de materia prima anuales	
Pretratamiento		Materia Prima (Tons.)	Humedad	Materia Seca (Tons.)
20%	Aserrín	480.00	40%	288.00
40%	Chips	960.00	40%	576.00
40%	Viruta	960.00	40%	576.00
100%	Materia prima	2,400.00	40%	1,440.00
10%	Inóculación (Vehículo+Hongo) en camellones	2,640.00	40%	1,584.00
100%	Humidificación (Agua)	2,640.00	40%	1,584.00
85%	Mano de Obra para Inoculación, Humidificación y Control de Proceso	2,244.00	40%	1,346.40
100%	Molienda	2,244.00	40%	1,346.40
95%	Mezcla para ración animal en aserradero	2,131.80	40%	1,279.08
100%	Flete	2,131.80	40%	1,279.08
100%	Mezcla para ración entregada	2,131.80	40%	1,279.08

Proceso

Sacarificación y fermentación:

Se traslada el material pretratado a la Planta Industrial y se realiza una de las siguientes técnicas de sacarificación y fermentación:

- Sacarificación ácida y fermentación del azúcar obtenido;
- Sacarificación ácida-enzimática y fermentación del azúcar obtenido;
- Sacarificación enzimática y fermentación del azúcar obtenido;
- Sacarificación y fermentación simultánea.

Proceso

	Ácida		Ácida + Enzimática		Enzimática			
					Batch		Simultánea	
Sacarificación	Concentración	0.100 kgs de MS PreT/Lt en reactor	Concentración	0.100 kgs de MS PreT/Lt en reactor	Concentración	0.050 kgs de MS PreT/Lt en reactor	Concentración	0.100 kgs de MS PreT/Lt en reactor
	Tiempo de operación	6.00 horas	Tiempo de operación	12.00 horas	Tiempo de operación	72.00 horas	Tiempo de operación	24.00 horas
	Temperatura promedio	50.00 °C	Temperatura promedio	50.00 °C	Temperatura promedio	50.00 °C	Temperatura promedio	50.00 °C
	Material PreT	400.00 kgs de MS	Material PreT	400.00 kgs de MS	Material PreT	200.00 kgs de MS	Material PreT	400.00 kgs de MS
	Rendimiento en azúcar	60.00%	Rendimiento en azúcar	72.00%	Rendimiento en azúcar	88%	Rendimiento en azúcar	
	Rendimiento en SubProd	40.00%	Rendimiento en SubProd	28.00%	Rendimiento en SubProd	12%	Rendimiento en SubProd	
Producción de azúcar	240.00 kgs de MS	Producción de azúcar	288.00 kgs de MS	Producción de azúcar	176.00 kgs de MS	Producción de azúcar		
Producción de SubProd	160.00 kgs de MS	Producción de SubProd	112.00 kgs de MS	Producción de SubProd	24.00 kgs de MS	Producción de SubProd		
Fermentación	Tiempo de operación	24.00 horas	Tiempo de operación	24.00 horas	Tiempo de operación	24.00 horas	Tiempo de operación	56.00 horas
	Temperatura promedio	40.00 °C	Temperatura promedio	40.00 °C	Temperatura promedio	40.00 °C	Temperatura promedio	40.00 °C
	Azúcar	240.00 kgs de MS	Azúcar	288.00 kgs de MS	Azúcar	176.00 kgs de MS	Azúcar	
	Rendimiento en alcohol	50.00%	Rendimiento en alcohol	50.00%	Rendimiento en alcohol	100.00%	Rendimiento en alcohol	80.00%
	Rendimiento en SubProd	50.00%	Rendimiento en SubProd	50.00%	Rendimiento en SubProd	0.00%	Rendimiento en SubProd	20.00%
	Producción de alcohol	120.00 kgs de MS	Producción de alcohol	144.00 kgs de MS	Producción de alcohol	176.00 kgs de MS	Producción de alcohol	320.00 kgs de MS
	Densidad alcohol	0.78 kgs/lit	Densidad alcohol	0.78 kgs/lit	Densidad alcohol	0.78 kgs/lit	Densidad alcohol	0.78 kgs/lit
	Producción de alcohol	153.85 lts	Producción de alcohol	184.62 lts	Producción de alcohol	225.64 lts	Producción de alcohol	410.26 lts
	Producción de SubProd	120.00 kgs de MS	Producción de SubProd	144.00 kgs de MS	Producción de SubProd	- kgs de MS	Producción de SubProd	80.00 kgs de MS
	Producción de SubProd Total	280.00 kgs de MS	Producción de SubProd Total	256.00 kgs de MS	Producción de SubProd Total	24.00 kgs de MS	Producción de SubProd Total	80.00 kgs de MS
Rendimientos:		Rendimientos:		Rendimientos:		Rendimientos:		
Alcohol	384.62 lts de alcohol / Ton de MS Material PreT	Alcohol	461.54 lts de alcohol / Ton de MS Material PreT	Alcohol	1,128.21 lts de alcohol / Ton de MS Material PreT	Alcohol	1,025.64 lts de alcohol / Ton de MS Material PreT	
SubProd	0.70 Tons de MS SubProd/Ton de MS Material PreT	SubProd	0.64 Tons de MS SubProd/Ton de MS Material PreT	SubProd	0.12 Tons de MS SubProd/Ton de MS Material PreT	SubProd	0.20 Tons de MS SubProd/Ton de MS Material PreT	

Aclaraciones:

PreT = Material Pretratado proveniente del aserradero

SubProd = Subproducto del proceso

*Considerando los ingresos por venta del SubProd.

Resultados

<u>Precio de la Materia Prima (aserrin, chips, viruta) (US\$/Ton MS)</u>	<u>Costo de Producción del Material PreTratado (US\$/Ton MS)</u>
-	65.47
12.50	80.95
25.00	96.43

Proceso:	Ácida	Ácida + Enzimática	Enzimática Batch	Enzimática Simultánea	
<u>Costo Neto de Producción de Alcohol*</u>	3.70	4.19	4.03	2.03	US\$/Lt
Precio de la Materia Prima (aserrin, chips, viruta)	-	US\$/Ton de MS			
Precio de las enzimas	1.00	US\$/Kg de enzima			

*Considerando los ingresos por venta del SupProducto como mezcla para ración animal.

Conclusiones

La principal conclusión que se extrae del análisis realizado es que existen oportunidades de negocios (o “bionegocios”) para los subproductos aserrín, chips y viruta de la operativa de un aserradero, lo que se recomienda analizar y detallar para cada unidad empresarial en particular.

Si se considera por ejemplo el precio de compra de la materia prima en US\$ 12,50 por tonelada de Materia Seca y el precio de venta del material pretratado en US\$ 120 por tonelada de Materia Seca (entregado en el aserradero), valor similar al del rastrojo de trigo, se obtendría un margen de ganancia sobre costo del 48%.

Además de lo anterior, el material pretratado puede ser utilizado para la producción de alcohol pensando en su sustitución como combustible en las naftas. Según los cálculos presentados, se puede obtener alcohol a un costo de US\$ 2,03 por litro, costo comparable con el precio actual de las naftas que se ubica en \$ 42,10 por litro para el caso de la Premium 97 SP y con el hecho de que la sustitución alcohol por nafta es de “uno a uno”. En este sentido corresponde tomar en consideración la oportunidad de bionegocio existente para un aserradero pensando en la producción de alcohol para la sustitución por nafta y utilización en su flota cautiva (para lo cual debería analizarse la contratación a fazón del proceso de producción de alcohol) o para su venta del material pretratado a ANCAP/ALUR.

Valoración de biomasa residual
en aserraderos.

Informe: Valoración microeconómica
producción alimento animal.

Presentación de resultados.

- ▣ A continuación se presenta un cuadro que detalla la evolución del volumen de la materia prima en el proceso descrito.
- ▣ Estimación de Costos Industriales para el procesamiento de : 200.00 Tons. de materia prima mensuales Suponiendo nivel de producción y venta potencial. 2,400.00 Tons. de materia prima anuales Materia Prima (Tons.)
Humedad Materia Seca (Tons.) 20%

Características del producto final

- ▣ Los Nutrientes digestibles totales (NDT)
- ▣ Este indicador es normalmente estimado a partir del contenido de FDA de una muestra.
- ▣ Existen muchas ecuaciones para predecir el NDT.
- ▣ Si se usa la relación para promedio para posturas mezclas tenemos los siguientes resultados:
- ▣ **NDT** Para la muestra de madera sin tratar con un valor de ADF de 57.7 el valor de NDT presenta un valor de : **56.98**
- ▣ Para la muestra de madera tratada con un valor de ADF de 24.5 el valor de NDT presenta un valor de : **83.205**
- ▣ Si lo comparamos con una pastura ej alfalfa con un valor de ADF de 28 presenta un valor de NDT de : **74**

Características del producto final

- ▣ **Energía neta (EN):**
- ▣ Se puede calcular a partir del valor de FDA. Las ecuaciones para calcular estos valores suelen incluir un descuento estándar por nivel de consumo,
- ▣ Como la EN es utilizada de diferente forma por el animal según el estado fisiológico que se considere cada alimento tiene varios valores de EN.. Pueden ser para lactación, para mantenimiento, y para ganancia de peso..
- ▣ En este caso la energía neta para ganancia de peso es .:
- ▣ **Madera sin tratar : 0.64**
- ▣ **Madera tratada : 1.40**
- ▣ **Alfalfa : 1.15**

- ▣ Precio de la Materia Prima (aserrin, chips, viruta) (US\$/Ton MS) - 12.50 a 25.00
- ▣ Costo de Producción del Material PreTratado (US\$/Ton MS) 65.47

Precio de Compra de la Materia Prima (US\$/Ton MS) 12.50

Precio de Venta en Aserradero (**US\$/Ton MS**) **120.00**

Margen de Ganancia 39.05

Margen sobre Costo 48%

Competencia: Rastrojo de Trigo o tonelada de alfalfa

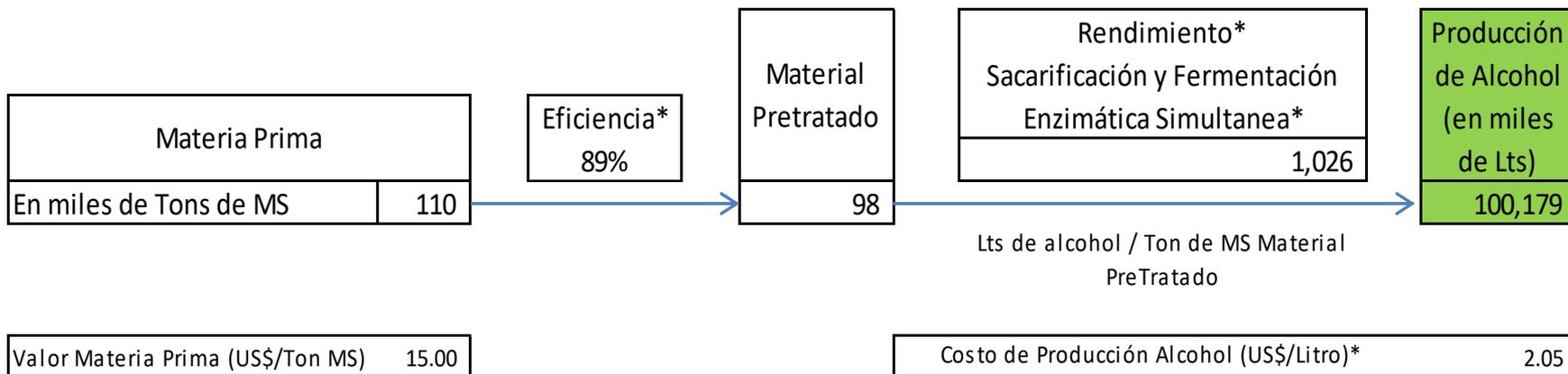
**Valoración de biomasa “residual” en
aserraderos.**

**Valoración macroeconómica de la
producción de alcohol.**

Presentación de resultados.

Cuadro 4.

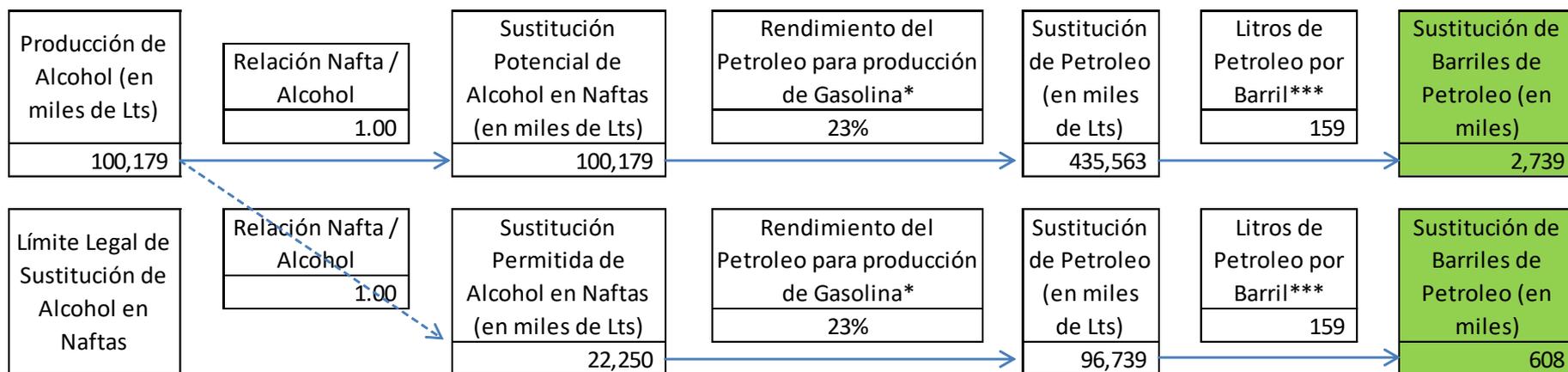
Producción de Alcohol a partir de Resiudos de Aserraderos.



*Ver Anexo "Informe Valoración económica para producción de alcohol. Ag 2013".

Cuadro 5.

Sustitución de Alcohol en Naftas y Petroleo.



445,000 Consumo de Gasolines Automotoras -Naftas (en miles de Lts)*
 5% Tope por Ley de sustitución de Alcohol en Naftas**

*Según web de Ancap; Ingeniería en Producción / Combustibles.

**Según Ley 18.195 de noviembre de 2007.

***Definición de Barril como unidad de medida.

Cuadro 6.

Beneficios a Nivel Nacional.

Ahorro de Divisas por Sustitución de Importaciones:

Refiere al ahorro de divisas que se generaría por el hecho de disminuir las importaciones de petróleo que son pagos al exterior por la compra del alcohol en el mercado interno.

<u>Sustitución potencial de alcohol en naftas.</u>		
Sustitución de Barriles de Petróleo (en miles)	Precio Promedio del Barril de Petróleo Importado (US\$ CIF)*	Ahorro de Divisas (en US\$)
2,739	81.34	222,828,457

<u>Sustitución permitida de alcohol en naftas.</u>		
Sustitución de Barriles de Petróleo (en miles)	Precio Promedio del Barril de Petróleo Importado (US\$ CIF)*	Ahorro de Divisas (en US\$)
608	81.34	49,490,506

Ahorro Fiscal:

Refiere al ahorro que obtendría el Estado (vía Ancap) por la compra de alcohol en lugar de petróleo. El ahorro sería aún mayor si se considerará el costo industrial de la refinación del petróleo para la obtención de las naftas. Cabe mencionar que el ahorro sería menor ya que no se está valorando la obtención de otros subproductos (ejemplo: gasoil, gas licuado de petróleo) en el proceso de refinación del petróleo.

Importación de Petróleo Sustituible (US\$ CIF)	Costo Producción de Alcohol	Ahorro Fiscal (en US\$)
222,828,457	205,237,295	17,591,162

Importación de Petróleo Sustituible (US\$ CIF)	Costo Producción de Alcohol	Ahorro Fiscal (en US\$)
49,490,506	45,583,485	3,907,021

Aumento del Valor Agregado Nacional:

Refiere a la estimación del valor que es posible agregar a la Materia Prima (que es un residuo o subproducto del proceso de aserrío de la madera) a nivel nacional. Actualmente el mayor potencial de uso que los Aserraderos hacen a dicha Materia Prima es su venta para combustible estimada en un valor de US\$ 15 /tonelada de MS.

Valorización Potencial de la Materia Prima (en US\$)	Costo Producción de Alcohol (en US\$)	Aumento del Valor Agregado Nacional (en US\$)
1,649,451	205,237,295	203,587,844

Valorización Potencial de la Materia Prima (en US\$)	Costo Producción de Alcohol (en US\$)	Aumento del Valor Agregado Nacional (en US\$)
366,345	45,583,485	45,217,140

*Importaciones 2012.

Innovaciones

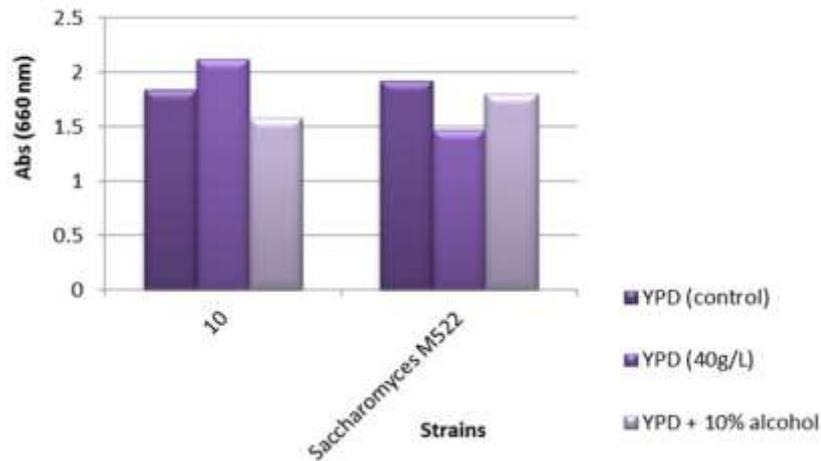
- ▣ Pretratamiento Biológico : Nuevo consorcio de hongos y procedimiento piloto
- ▣ Obtención de cepas seleccionadas por gama irradiación tolerantes a fenoles Cepa estable
- ▣ Obtención de cepas encapsuladas en un sistema muy efectivo de PVA

Producción de cepas de levaduras con tolerancia a fenoles por el método de inducción de mutación por irradiación a altas dosis gama

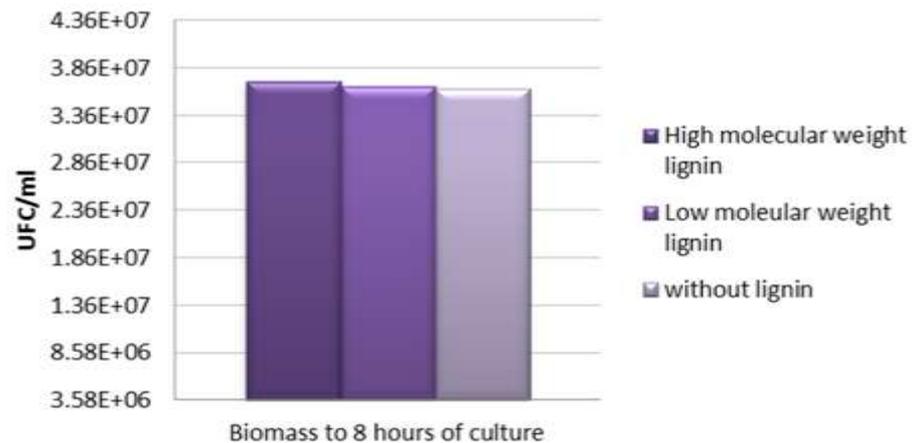
- ▣ Metodología
- ▣ A.- determinación de dosis letal 50
- ▣ B.-cultivo de levaduras tolerantes de radiaciones
- ▣ C.- Selección de mutantes
- ▣ D.- Ensayos de tolerancia
- ▣ E.- ensayos de fermentación

NUEVOS AVANCES: CEPA MUTANTE

Tolerance to extreme conditions of culture

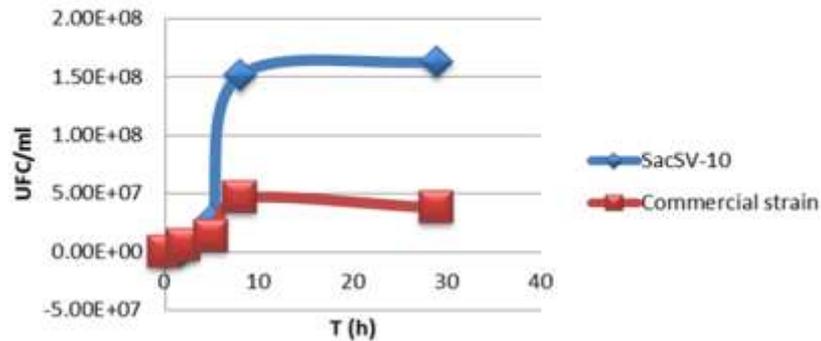


Lignin tolerance

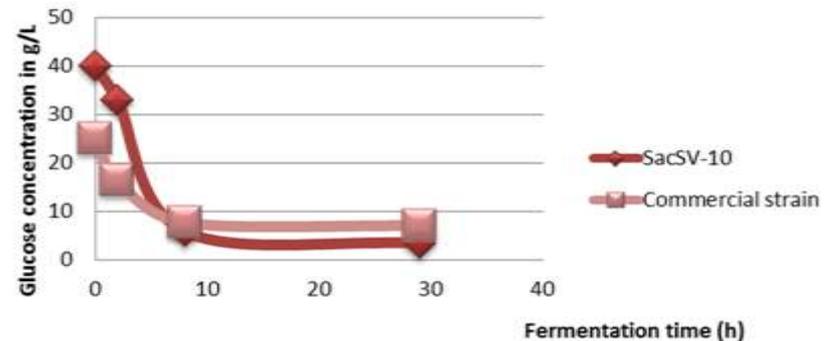


NUEVOS AVANCES: CEPA MUTANTE

SacSV-10 and Commercial strain's Biomass

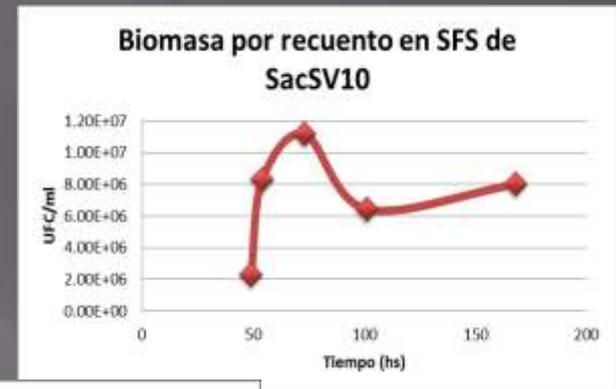


Glucose consumption in the fermentation



SFS de SacSV-10

- Inoculación de la levadura a las 48 hs.
- Celulasa comercial Samsun.
- 66 % de rendimiento



NUEVOS AVANCES: MICROENCAPSULACION DE LEVADURA

- ▣ Se prepararon cápsulas de alginato , alcohol polivinílico y quitosano
- ▣ La metodología fue la utilizada en trabajos anteriores para esferas vacías
- ▣ Luego de preparadas se las utilizó como soporte de crecimiento de levaduras
- ▣ Crecidas las levaduras se realizaron fermentaciones con levaduras libres y con levaduras inmovilizadas con el objetivo de evaluar protección y aumento de rendimiento en la fermentación

Crecimiento de *K. marxianus*

- Se realizó un cultivo de *K. marxianus* a 40°C en 500mL de YPD (glucosa 20g/L, extracto levadura 10g/L y peptona 20g/L), sin agitación durante 24 hs.
- Esta metodología se repitió 3 veces incorporando en el medio, esferas de alginato, de quitosano y de alcohol polivinílico respectivamente.
- Luego de las 24 hs se controló por microscopía el crecimiento de la levadura , y se reservaron a 4° C para ser utilizadas en los ensayos de fermentación.

Fermentación con *K. marxianus* libre

- Se fermentaron 1.10^6 cel/mL de *K. marxianus* a 40°C en 500mL de YPD (glucosa 20g/L, extracto levadura 10g/L y peptona 20g/L), sin agitación.
- La fermentación se realizó durante 24 hs.
- Posteriormente al tiempo final de fermentación se determinaron azúcares fermentables por DNS y grados de alcohol por la técnica de destilación.

Fermentación con *K. marxianus* libre con inhibidores de la fermentación

- Se fermentaron 1.10^6 cel/mL de *K. marxianus* a 40°C en 500mL de YPD al cual se le agregó:
 1. 0.1% w/v de polifenoles de lignina con tratamiento térmico 4 hs en autoclave a 121°C.
 2. 0.1% de xilosa modificada por tratamiento térmico en autoclave 2 hs a 121°C.
- La fermentación se realizó durante 24 hs. Posteriormente al tiempo final de fermentación se determinaron azúcares fermentables por DNS y grados de alcohol por la técnica de destilación.

Fermentación con *K. marxianus* encapsulado

- Se utilizaron:
 - 2.0 g de esferas de alginato con crecimiento de *K. Marxianus*
 - 1.56 g de esferas de PVA con *K. Marxianus*
 - 1.52 g de esferas de quitosano con *K. Marxianus* (respectivamente en cada ensayo)
 - En 500mL de YPD (glucosa 20g/L, extracto levadura 10g/L y peptona 20g/L).
- La fermentación se realizó durante 24 hs sin agitación.
- Posteriormente al tiempo final de fermentación se determinaron azúcares fermentables por DNS y grados de alcohol por la técnica de destilación.

Fermentación con *K. marxianus* encapsulado en medio con inhibidores de la fermentación

- Se utilizaron:
 - 2.2 g de esferas de alginato con crecimiento de *K. Marxianus*
 - 1.60 g de esferas de PVA con *K. Marxianus*
 - 1.58 g de esferas de quitosano con *K. Marxianus* (respectivamente en cada ensayo)
 - En 500mL de YPD al cual se le agregó:
 1. 0.1% w/v de polifenoles de lignina con tratamiento térmico 4 hs en autoclave a 121°C
 2. 0.1% de xilosa modificada por tratamiento térmico en autoclave 2 hs a 121°C.

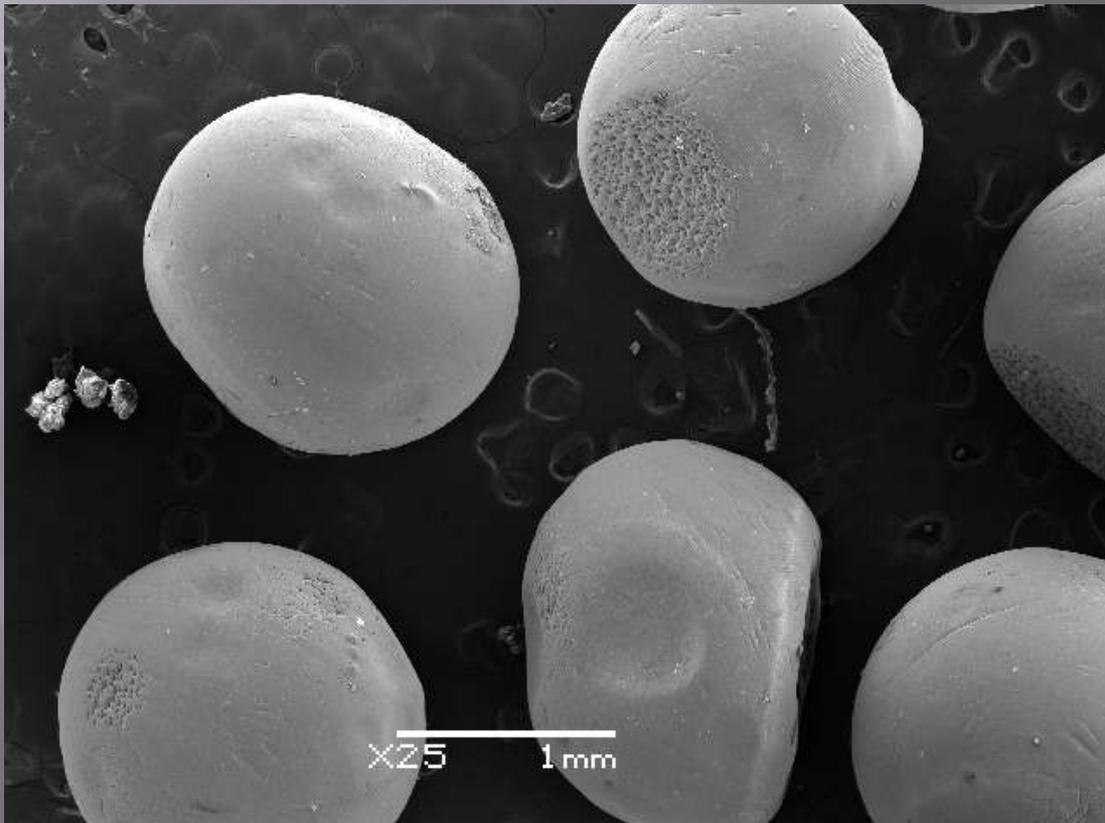
- La fermentación se realizó durante 24 hs sin agitación. Posteriormente al tiempo final de fermentación se determinaron azúcares fermentables por DNS y grados de alcohol por la técnica de destilación.

Técnicas de evaluación

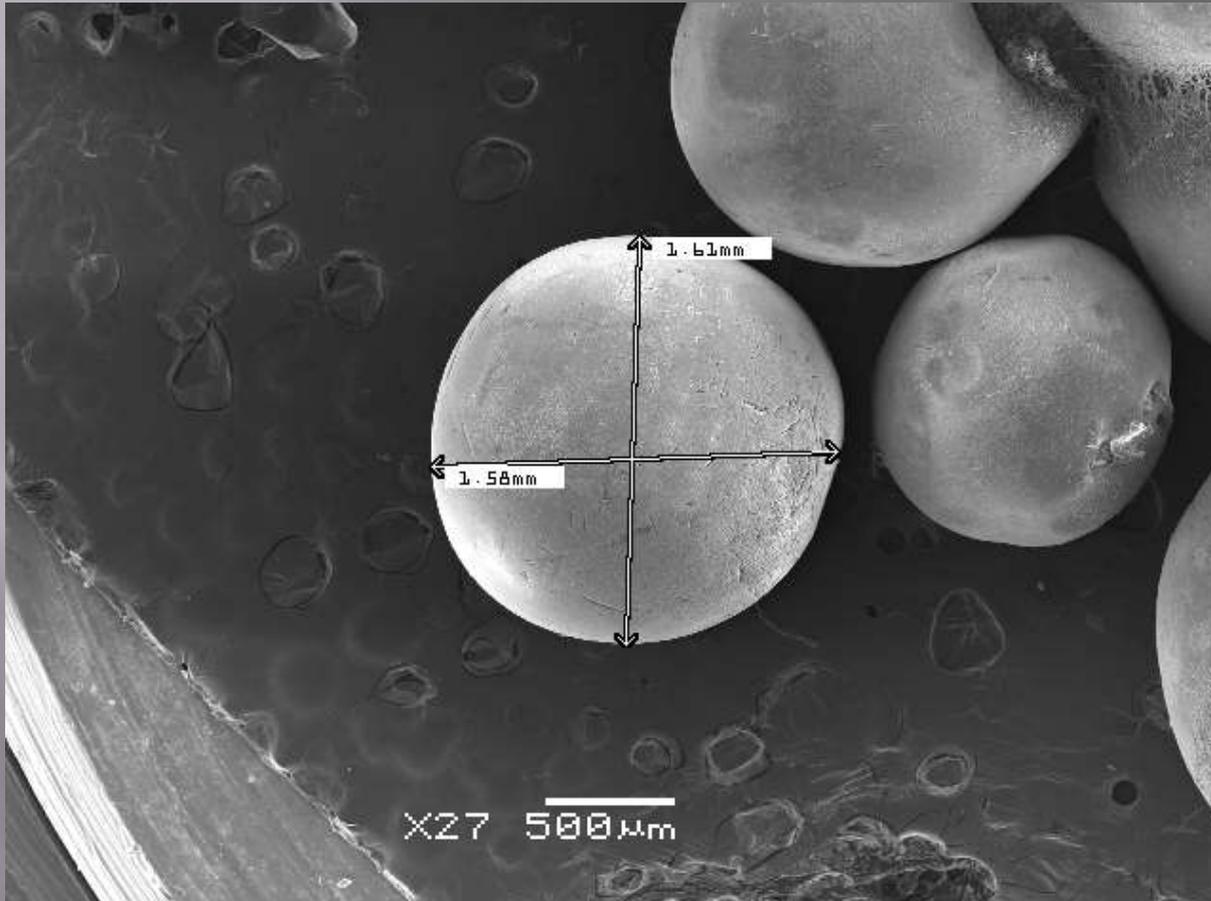
- Microscopía electrónica de barrido
- Determinación de azúcares reductores por DNS
- Determinación de alcohol por destilación
 - Se utilizó la técnica de destilación tradicional destilando 250 cc de solución de la fermentación.
 - El material obtenido se cuantificó por el método redox del reactio del dicromato de potasio. Chartchalerm et al (2007).

RESULTADOS

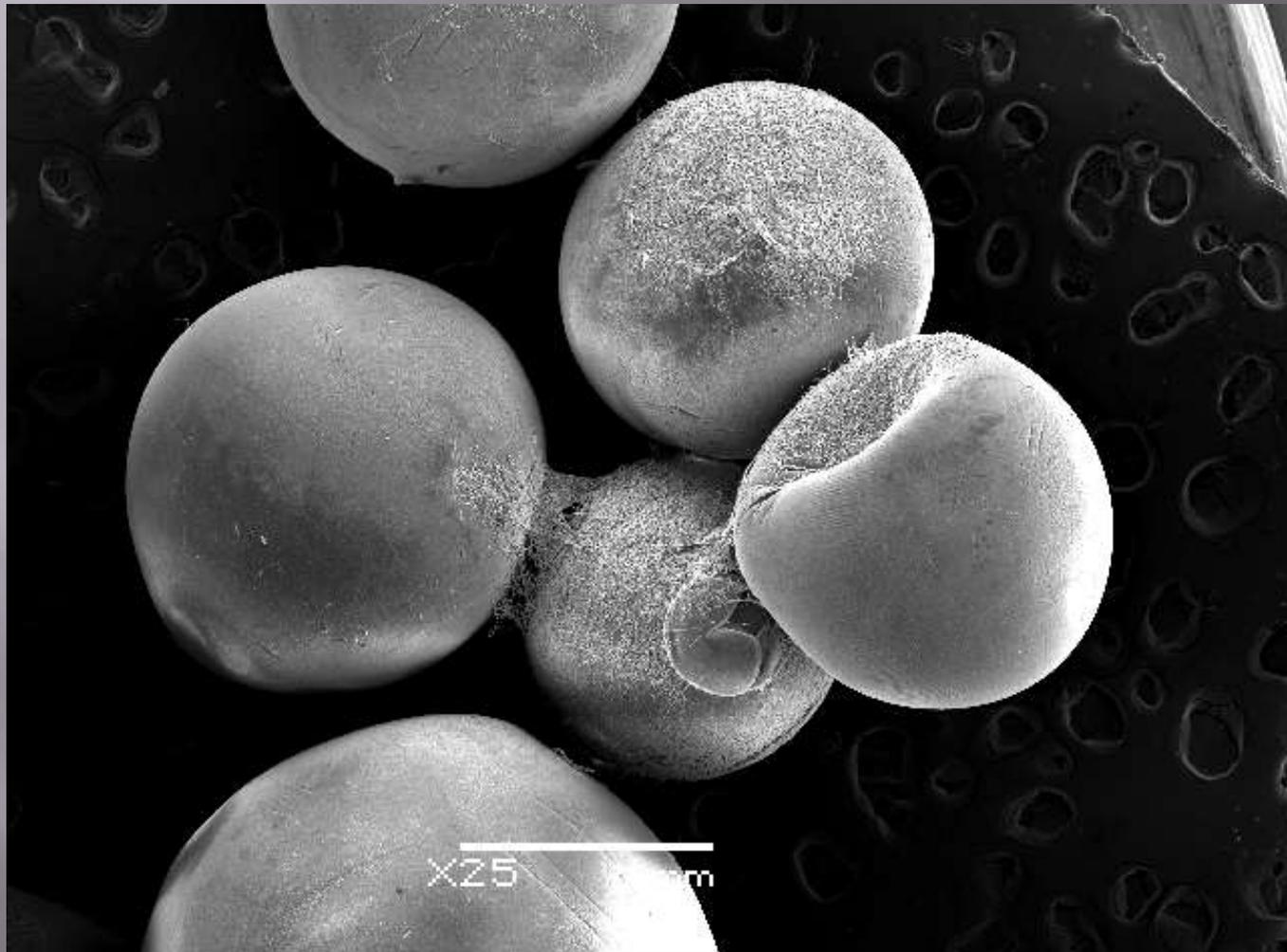
- Esferas de Quitosano , PVA y Alginato en Microscopía electrónica de barrido.



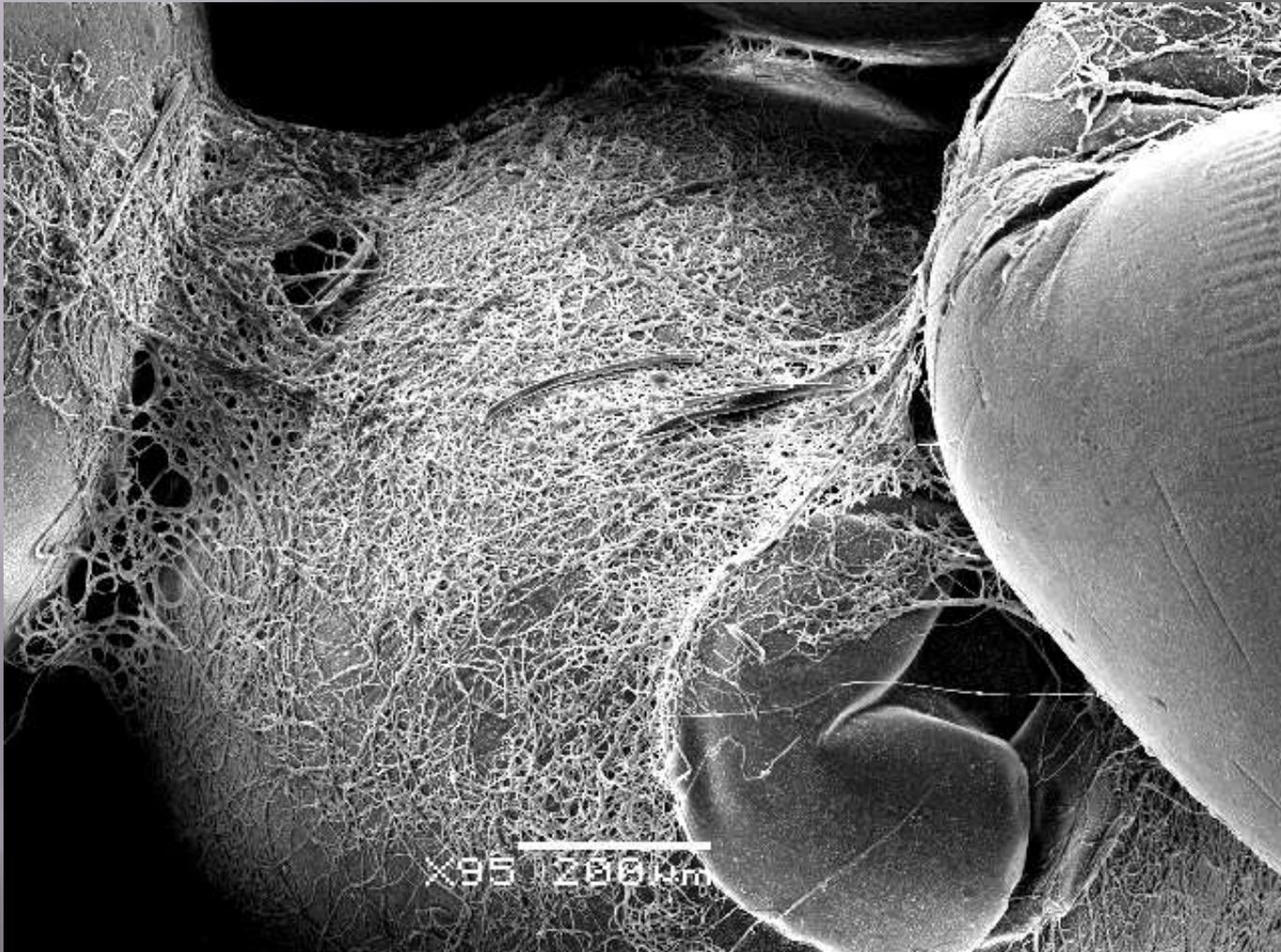
Cápsulas de alginato vacías en microscopia SEM



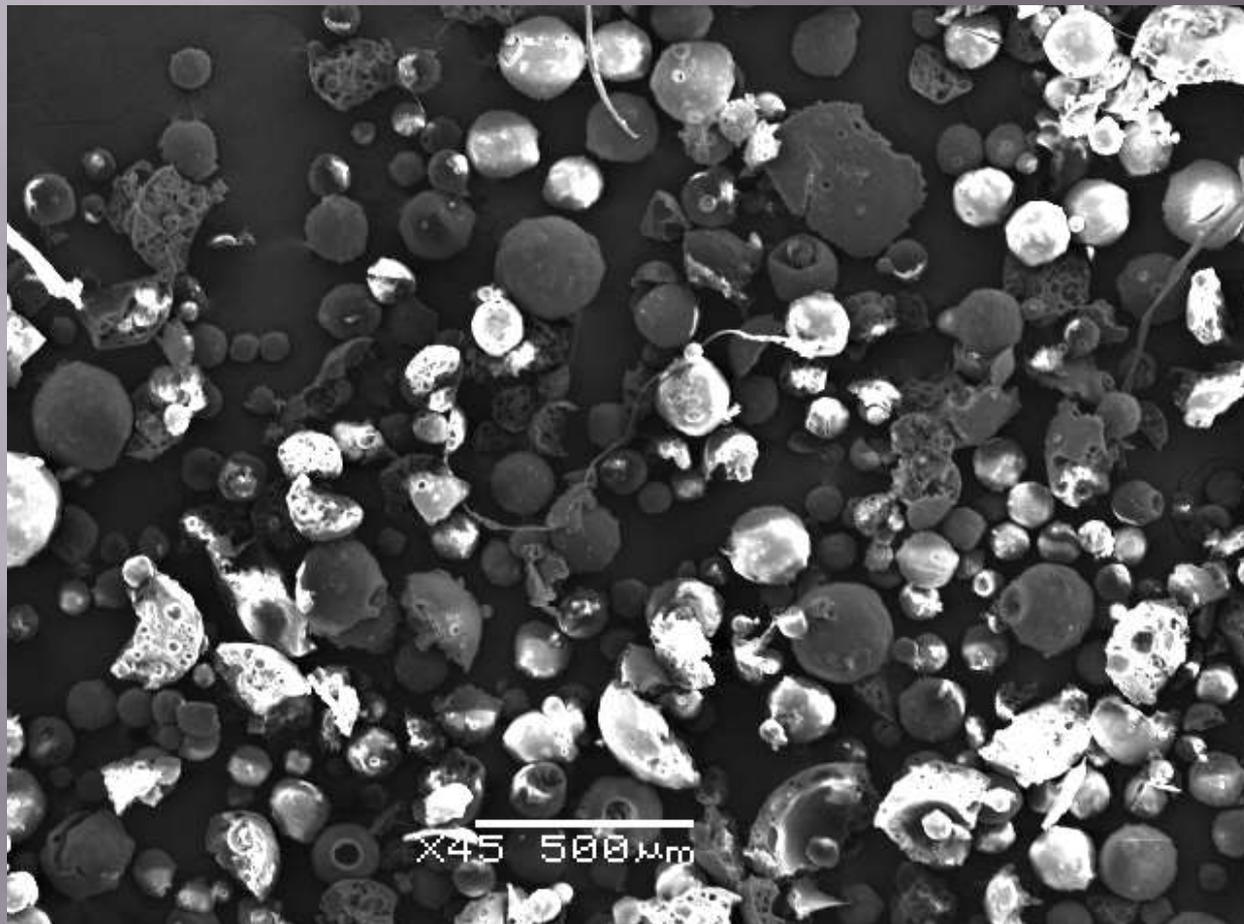
Cápsulas de alginato vacías en microscopia SEM



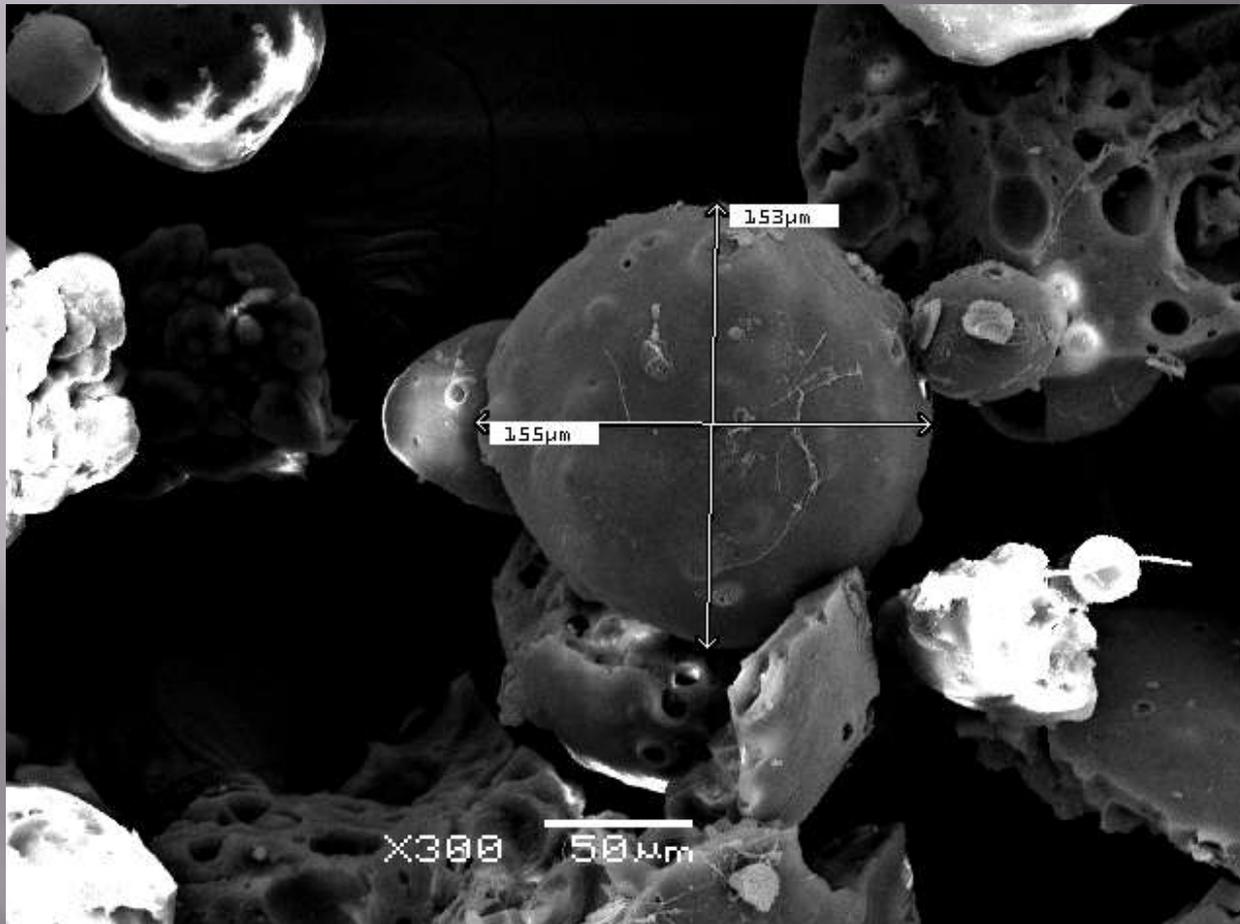
Cápsulas de alginato con crecimiento de *Kluyveromyces* en microscopia SEM



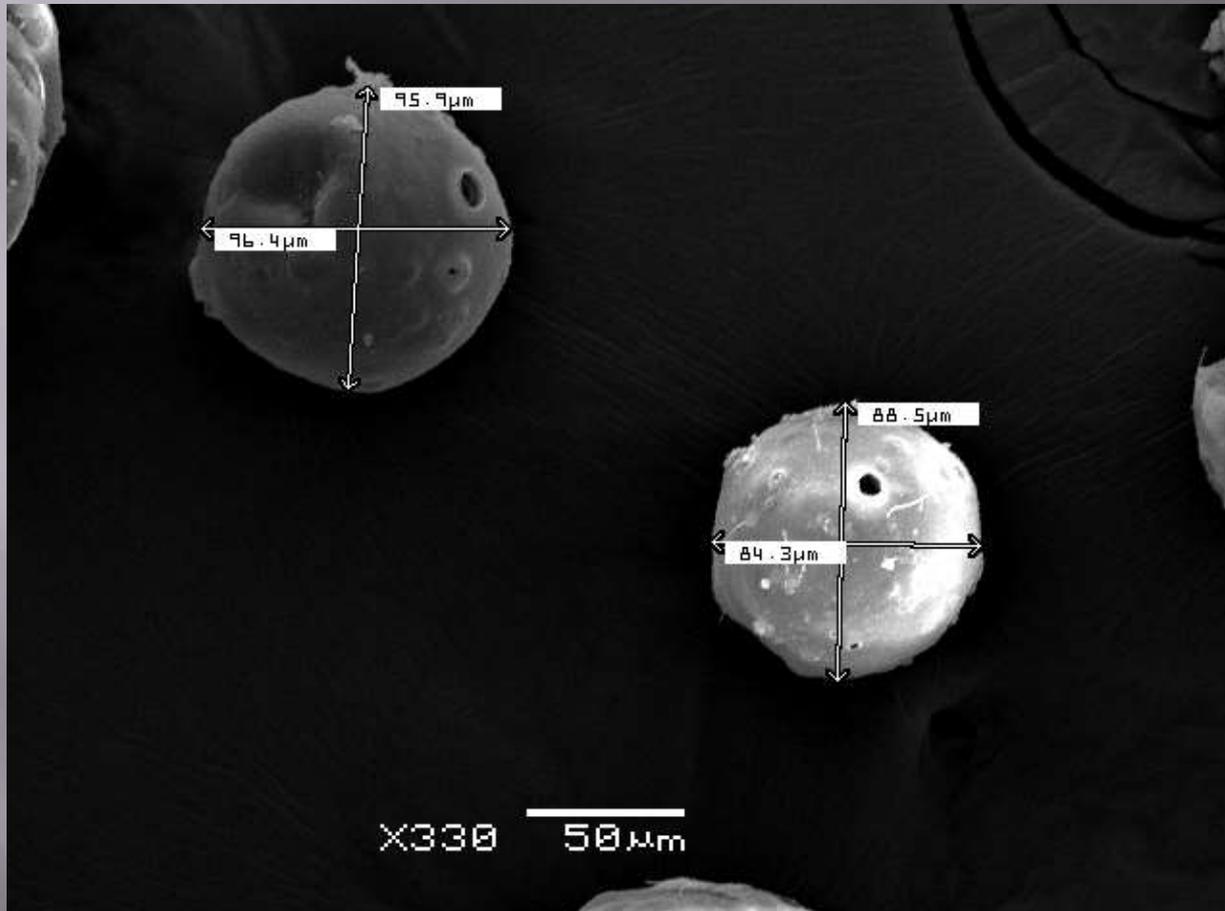
Cápsulas de alginato con crecimiento de *Kluveromyces* en microscopia SEM



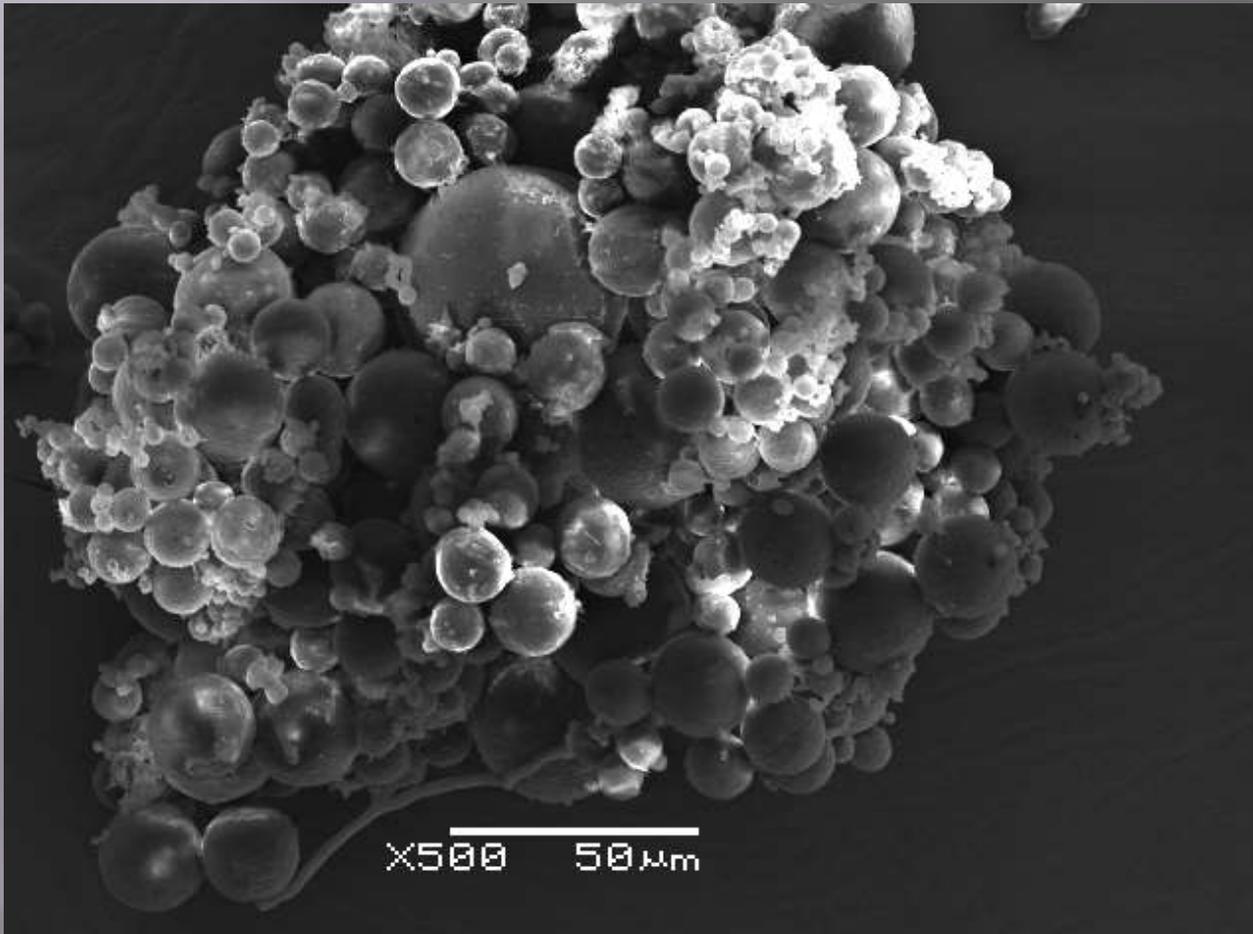
Cápsulas de
quitosano vacías en
microscopia SEM



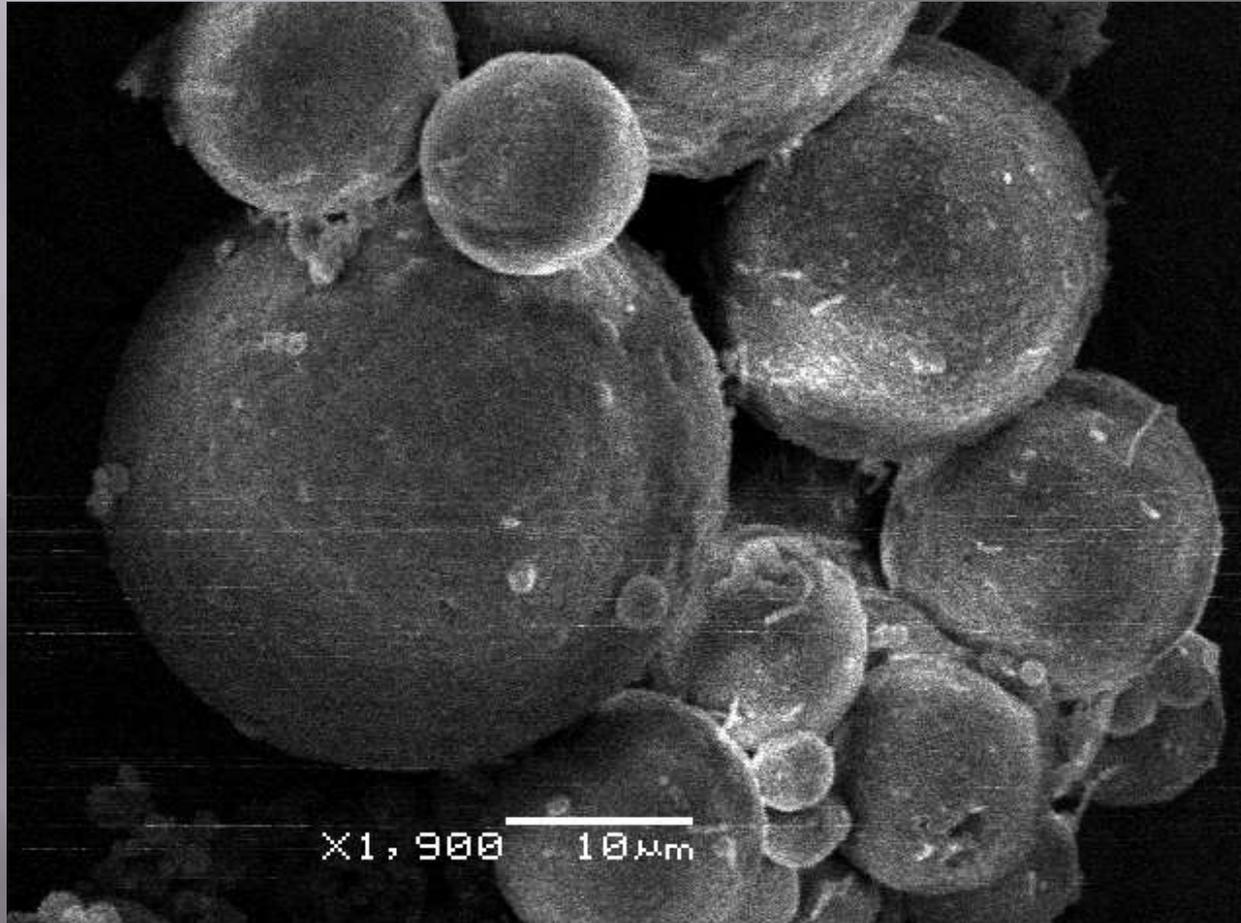
Cápsulas de quitosano con crecimiento de *Kluyveromyces* en microscopia SEM



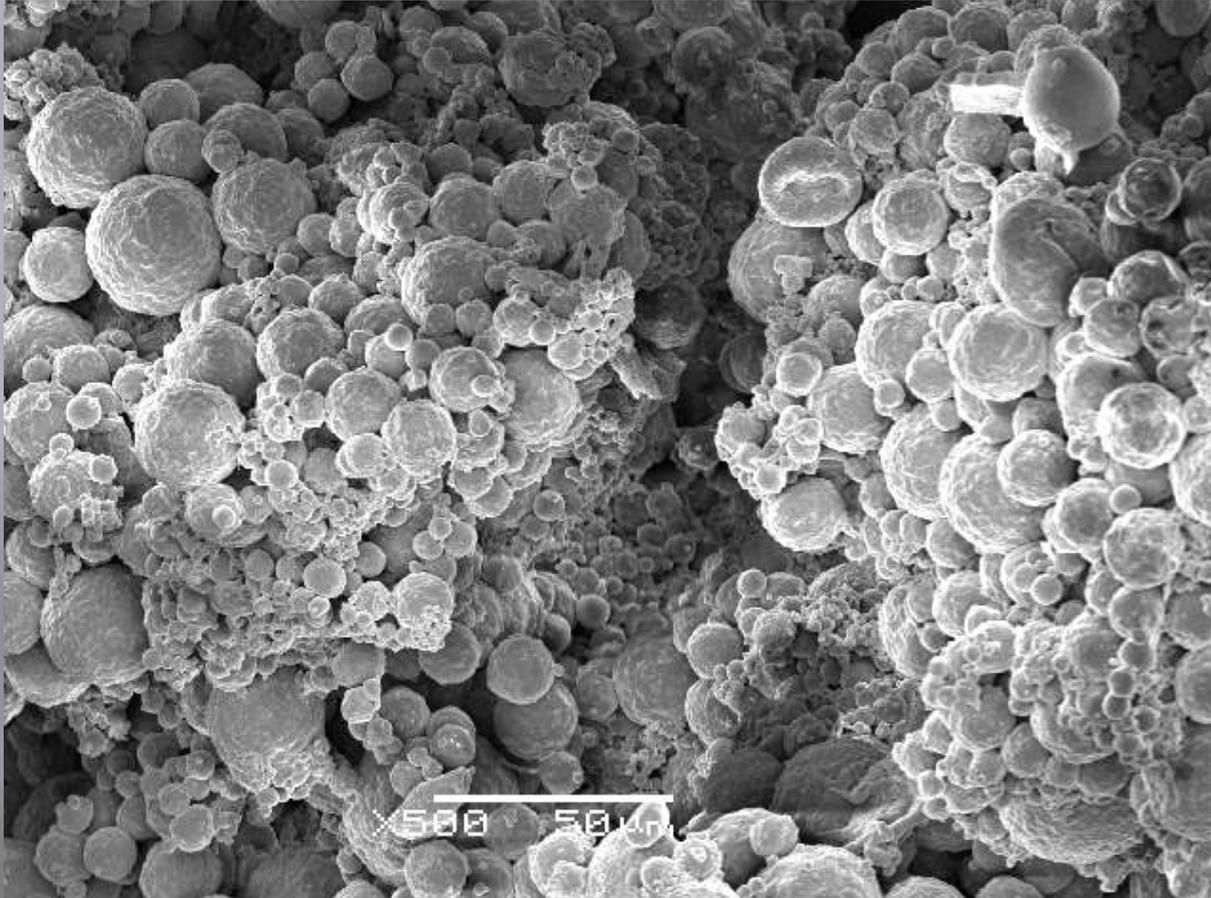
Cápsulas de quitosano con crecimiento de *Kluyveromyces* en microscopia SEM



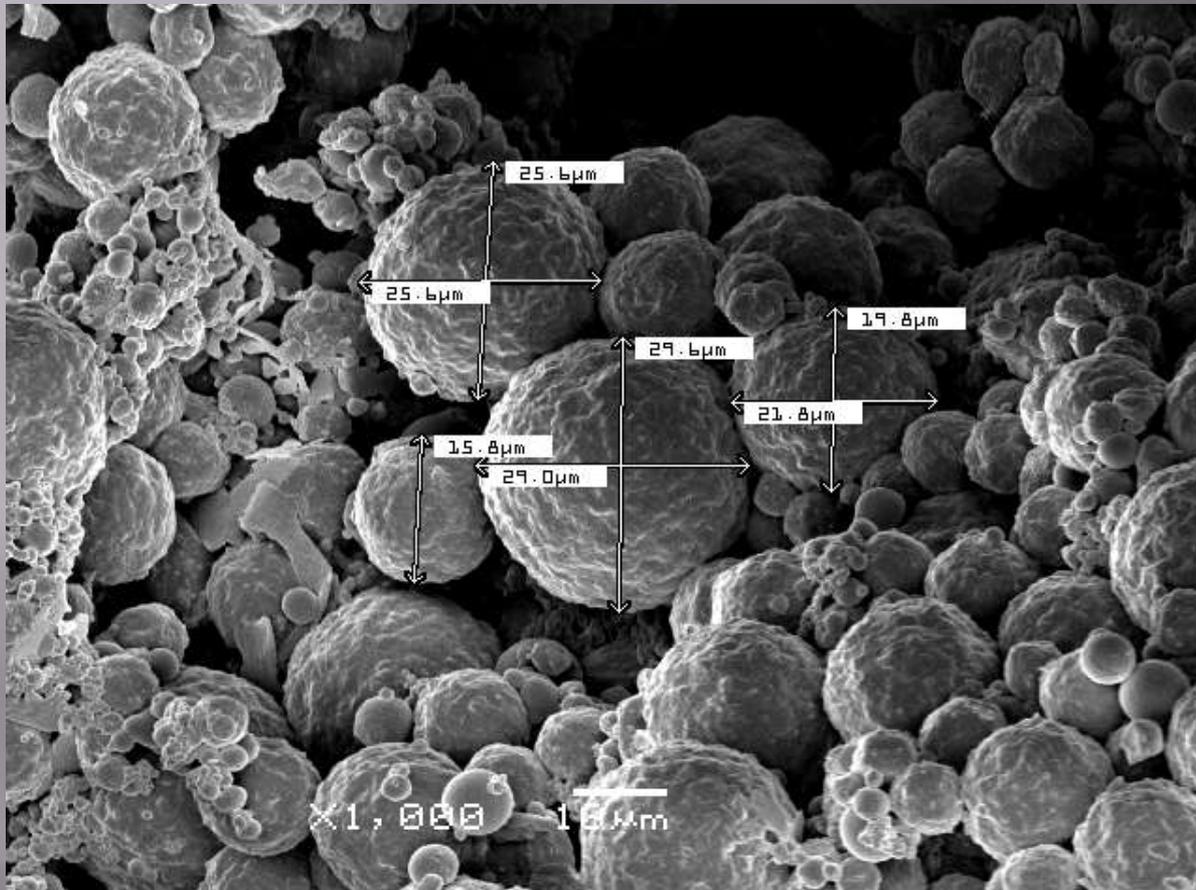
Cápsulas de
alcohol polivinílico
vacías en
microscopia SEM



Cápsulas de alcohol polivinílico con crecimiento de Kluyveromyces en microscopia SEM



Cápsulas de alcohol polivinílico con crecimiento de Kluveromyces en microscopia SEM



Cápsulas de alcohol polivinílico con crecimiento de *Kluveromyces* en microscopia SEM

■ Fermentación con *K. marxianus* libre en YPD y en medio con inhibidores de la fermentación

Tipo de fermentación	Diferencia de azúcares reductores X	Grados de alcohol X
<i>K. marxianus</i> libre en YPD	2 d/l sobrante	1°
<i>K. marxianus</i> libre en YPD +polifenoles modificados	5g/l sobrante	0.5°
<i>K. marxianus</i> libre en YPD +xilano hidrolizado	8g/l sobrante	0.3°

Fermentación con *K. marxianus* encapsulado en YPD y en medio con inhibidores de la fermentación

Tipo de fermentación	Diferencia de azúcar reductor	Grados de alcohol
<i>K. marxianus</i> esferas quitosano en YPD	2 g/l	0.9°
<i>K. marxianus</i> esferas de quitosano en YPD + Polifenoles	3 g/l	0.8
<i>K. marxianus</i> esferas de quitosano en YPD + xilano hidrolizado	4 g/l	0.7
<i>K. marxianus</i> esferas de PVA en YPD	2 g/l	0.9°
<i>K. marxianus</i> esferas de PVA en YPD + polifenoles	3 g/l	0.8
<i>K. marxianus</i> esferas de PVA en YPD+ xilanos hidrolizados	3 g/l	0.9
<i>K. marxianus</i> esferas de Alginato en YPD	1 g/l	0.9°
<i>K. marxianus</i> esferas de alginato en YPD + polifenoles hidrolizados	4 g/l	0.5
<i>K. marxianus</i> esferas de alginato en YPD + xilanos hidrolizados	6 g/l	0.4

Conclusión

- ❑ La fermentación alcohólica con *Kluyveromyces* libre presenta una disminución en el rendimiento del 50 y 75% cuando se trabaja con inhibidores fenólicos e inhibidores de xilano respectivamente.
- ❑ *Kluyveromyces* encapsulado en alginato presenta una disminución del rendimiento del 50 y 60% respectivamente.
- ❑ *Kluyveromyces* encapsulado en quitosano presenta una disminución del rendimiento del 25 y 30% respectivamente.
- ❑ *Kluyveromyces* encapsulado en PVA presenta una disminución del rendimiento del 20 y 10% respectivamente.

AGRADECIMIENTOS
AGENCIA NACIONAL DE INNOVACION Y
DESARROLLO DE URUGUAY