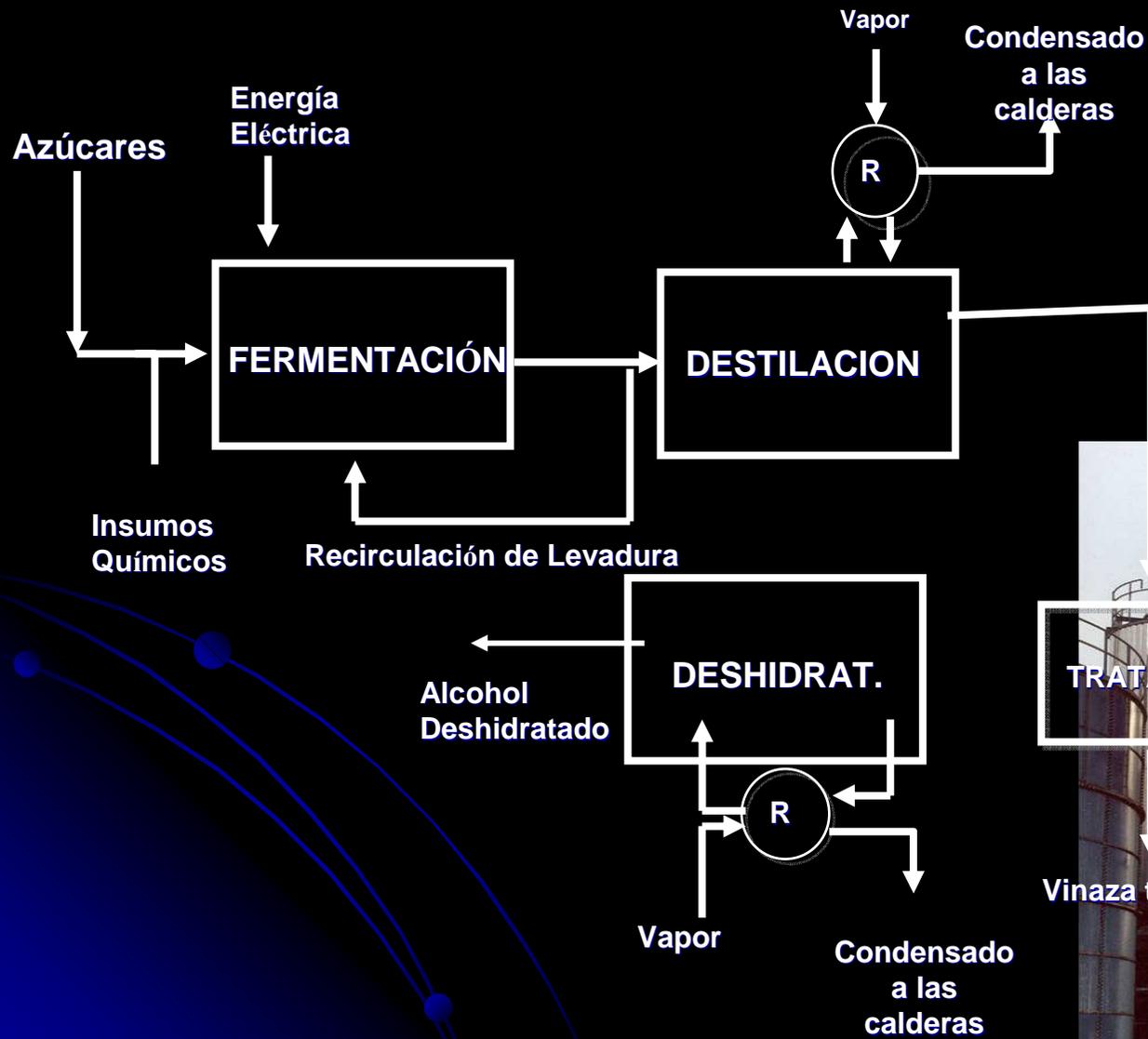




**Reducción del poder contaminante de las
vinazas de destilación de alcohol
por la propagación de levadura**

**Miguel A. Otero Rambla
Dirección Biotecnología
ICIDCA**

PROCESO FABRICACIÓN DE ALCOHOL



LAS VINAZAS

- ❑ Representan un serio problema ecológico importante para su disposición debido a su potencial contaminante.
- ❑ Se han propuesto varios esquemas de tratamiento:
 - Ferti-irrigación
 - Producción de biogás
 - Incineración
 - Producción de levadura
- ❑ Aspecto físico: líquido negro-rojizo con un contenido de sólidos entre 2-4%, (a partir de jugos de caña); 5-10% (melazas).
- ❑ El volumen de vinazas varía entre 12 y 15 m³/m³ de etanol destilado





El etanol producido a partir de la caña de azúcar solo contiene el 40 % de la energía de la planta expresado como DQO.

El 24 % de esta energía se emplea en el propio proceso de producción y el 36 % restante se concentra en los subproductos (vinaza, bagazo y levadura).



MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE VINAZAS

FÍSICO-QUÍMICOS

Cribado
Desarenado
Sedimentación
Flotación
Coagulación-floculación
Filtros de vacío
Centrifugación
Interc. iónico
Ultrafiltración
Ósmosis inversa

BIOLÓGICOS

Aerobios

Suspendidos

Lagunas
Lodos activ.

Lecho fijo

Filtros biológ.
Biodiscos
Infiltrac.

Anaerobios

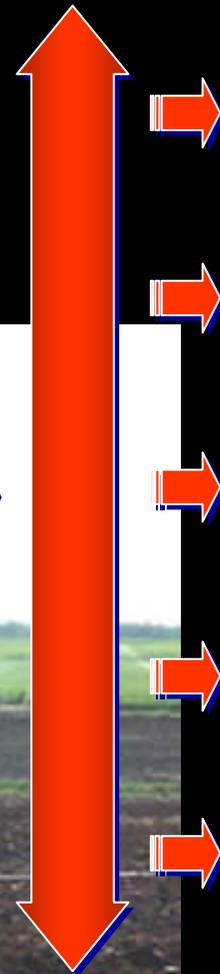
Lagunas
Digestores
Filtros
UASB



ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE VINAZAS



Tratamiento de
vinazas



Fertirriego

Biogás

Lev. forrajera

Recirculación

Concentración

FERTIRRIEGO

La irrigación con vinazas presenta dos variantes:

- (a) Fertirrigación en el que los residuales son utilizados como agua sin considerar los nutrientes aportados y,



- (b) Fertilización orgánica en la que los nutrientes son balanceados para cuantificar su aporte al cultivo.

FERTIRRIEGO cont..



□ Por cada m³ de alcohol destilado, se generan alrededor de 715 kg (alcohol de melazas) y 400 kg (alcohol de jugos) de DQO.

- La DQO de las vinazas depende del sustrato empleado y la eficiencia de fermentación y destilación
- Es una alternativa muy cuestionada en los últimos tiempos sobre todo en Brasil.



FERTILIZACIÓN

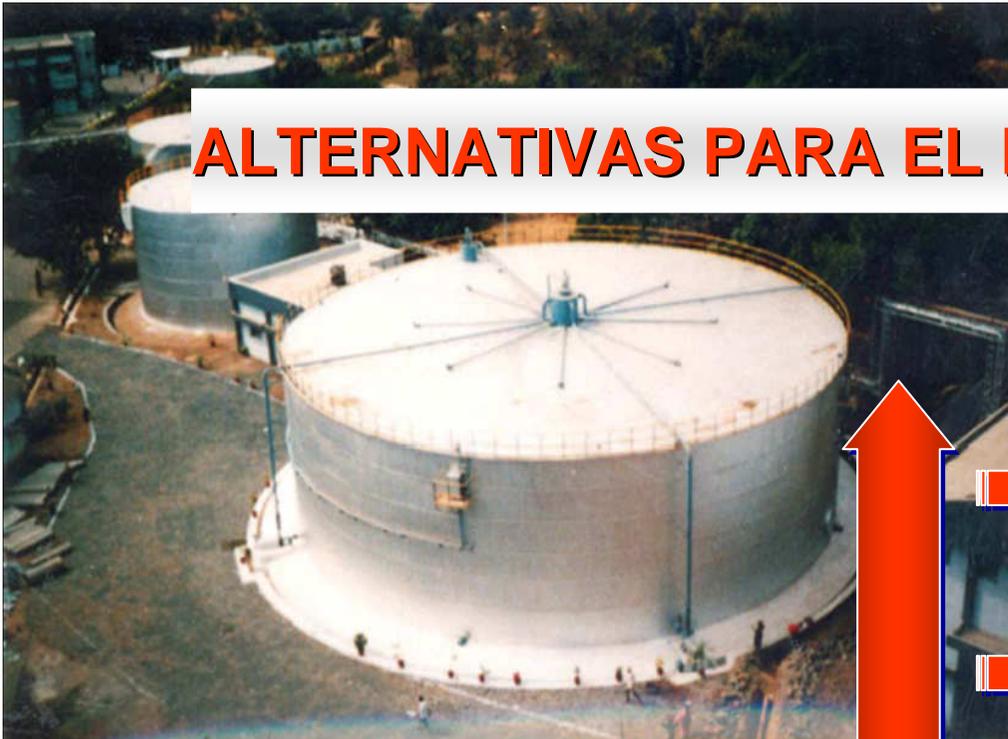


Demanda de nutrientes para la producción de caña requerida para producir 1 m³ de bioetanol y disponibilidad de éstos en los subproductos

	kg/m ³ de alcohol			% de la demanda		
	N	P	K	N	P	K
Demanda para producción	30	5	30	100	100	100
Contenido en vinazas	4	3	20	13	60	67
Contenido en bagazo	16	0.4	1.2	53	8	4
Total en subproductos	20	3.4	21.2	67	68	71

Fuente: Ximena , Diver 2006

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE VINAZAS



Tratamiento de vinazas



Fertirriego

Biogás

Levadura forrajera

Recirculación

Concentración

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

- ❑ Por medio de la digestión anaeróbica la materia orgánica se convierte en biogás ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$).
- ❑ La producción de éste, asumiendo una eficiencia de producción de biogás de 70 %, la producción de CH_4 sería $715 \times 16/60 \times 0.7 = 133 \text{ kg de } \text{CH}_4/\text{m}^3 \text{ de alcohol de melazas}$.



- ❑ Puede haber beneficio económico adicional, si se genera electricidad con este gas o bien se distribuye tal cual a la población.
- ❑ Esta opción es atractiva. Se obtiene combustible renovable y la vinaza tratada es útil en la fertirrigación. Su inconveniente radica en que no reduce el K^+ presente en las vinazas



BIOGAS cont..

La digestión anaeróbica de las vinazas está aplicada a escala industrial en muchas destilerías en Brasil (Souza, 1992).

Valores típicos de las vinazas de jugos en destilerías autónomas en Brasil

Parámetro	Cruda	Sediment.	Digerida	% Remoción
SST, kg/m ³	20	10	0.1	97
DBO, kg/m ³	18	15	2.7	95
DQO, kg/m ³	32	28	2.5	91
AGV, mequiv/L	100	100	2.5	98

SST = sólidos suspendidos totales; DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno; DQO = Demanda Química de Oxígeno; AGV = ácidos grasos volátiles (C2-C5)

Fuente: van Haandel y van Lier Diver 2006

BIOGAS cont..

- ❑ La materia orgánica de las vinazas es muy soluble.
- ❑ La presencia de compuestos no degradables es muy baja, lo que facilita su manejo

❑ Una fracción importante está en forma de ácidos volátiles (AGV) que son directamente convertidos en metano.



ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE VINAZAS



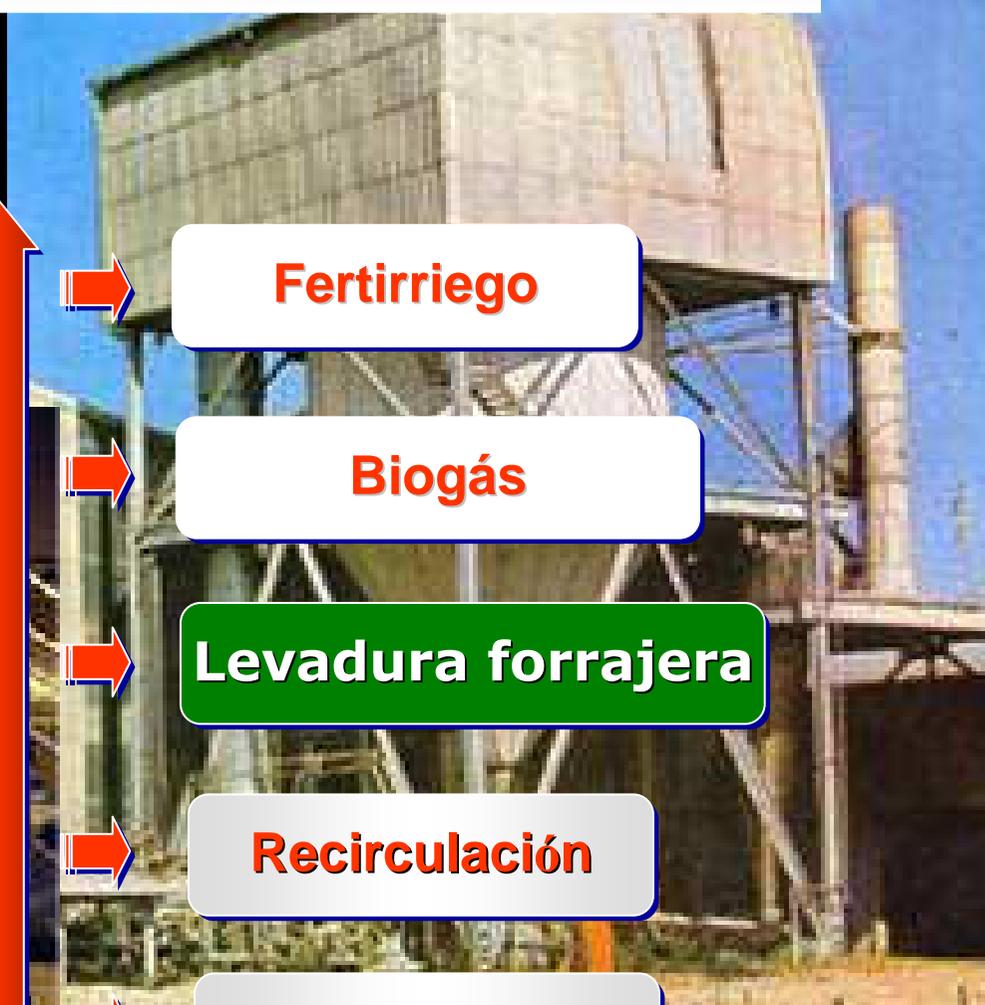
Fertirriego

Biogás

Levadura forrajera

Recirculación

Concentración



LEVADURA DE VINAZAS

- ❑ La vinaza es el componente mayoritario del medio de propagación.
- ❑ Posee 45% en peso de proteínas, de una calidad similar a la de la harina de soja pero con un contenido de lisina dos veces mayor.
- ❑ Se destina exclusivamente a la formulación de alimento animal.



RANGO DE CONCENTRACIÓN DE VINAZAS DE MELAZAS Y JUGOS

Indicador	Melazas	Jugos
Sólidos totales, kg/m³	70-80	25-35
DQO, kg/m³	60-65	30-35
DBO (20°C), kg/m³	48-55	18-20
Nitrógeno, kg/m³	0.70	0.43-0.50
Fósforo (P₂O₅), kg/m³	0.30	0.25
pH	4.6	4.1-4.5
Cenizas, %	1.7-3.5	1.5-3.0

- ❑ Su empleo es preferible como parte de raciones concentradas.
- ❑ En bovinos la levadura puede aportar hasta 2.7 kg/día.
- ❑ En terneros lactantes, se elabora un sustituto lácteo (57% del mismo es levadura) y se libera leche para su comercialización.



LEVADURA DE VINAZAS cont..



- ❑ En cerdos, 380-400 g de proteína/día (unos 800 g de levadura).
- ❑ En aves es también posible su inclusión en la dieta hasta 18 % de proteína (40% de levadura)

LEVADURA DE VINAZAS cont...

- ❑ El proceso degrada directamente más del 60 % de la DQO.
- ❑ Se puede obtener una ton de levadura por cada 25-30 m³ de vinazas.
- ❑ En caso de tratarse de vinazas de jugo esta cantidad se incrementa hasta el entorno de 60-70 m³.
- ❑ Por medio de la tecnología, puede priorizarse el agotamiento más intensivo del residuo, o en su defecto La producción de proteína.
- ❑ Retira con la biomasa el 30-40% del potasio presente



LEVADURA DE VINAZAS cont....



- ❑ El valor de las vinazas como nutriente depende de las eficiencias de fermentación y destilación.
- ❑ Los componentes mayoritarios son: etanol, glicerol y azúcares reductores no convertidos en etanol



- ❑ Las vinazas de melazas son más mayor riqueza en materias orgánicas que las provenientes de los jugos.
- ❑ Estas últimas, sin embargo, pueden emplearse también como sustrato.



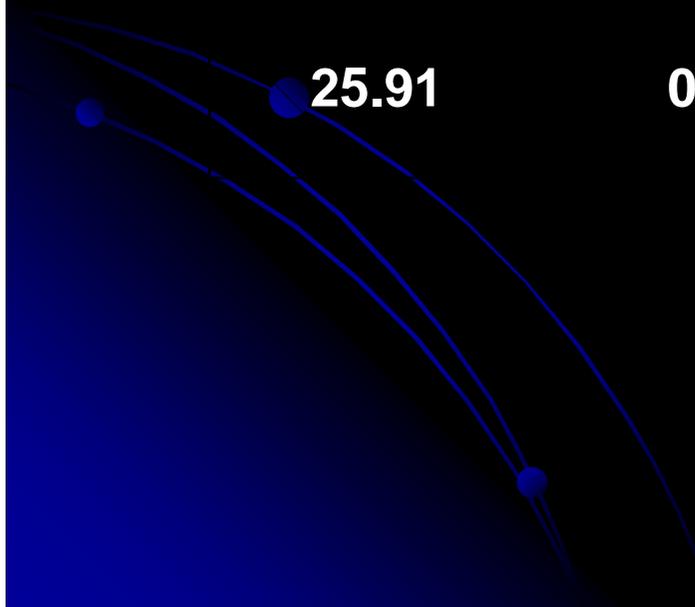
**Parámetros de crecimiento de levadura *Candida utilis* NRRL Y-660
bajo diferentes concentraciones de potasio**

[K⁺], mg/mL	μ_{max}, h⁻¹	P, mg/mL- h	Y_{x/s}	K en levadura, %
-----------------------------------	---	------------------------	------------------------	-----------------------------

0.00*	0.228	1.403	0.226	2.12
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

12.96	0.225	1.321	0.206	3.27
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

25.91	0.175	1.236	0.177	4.21
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

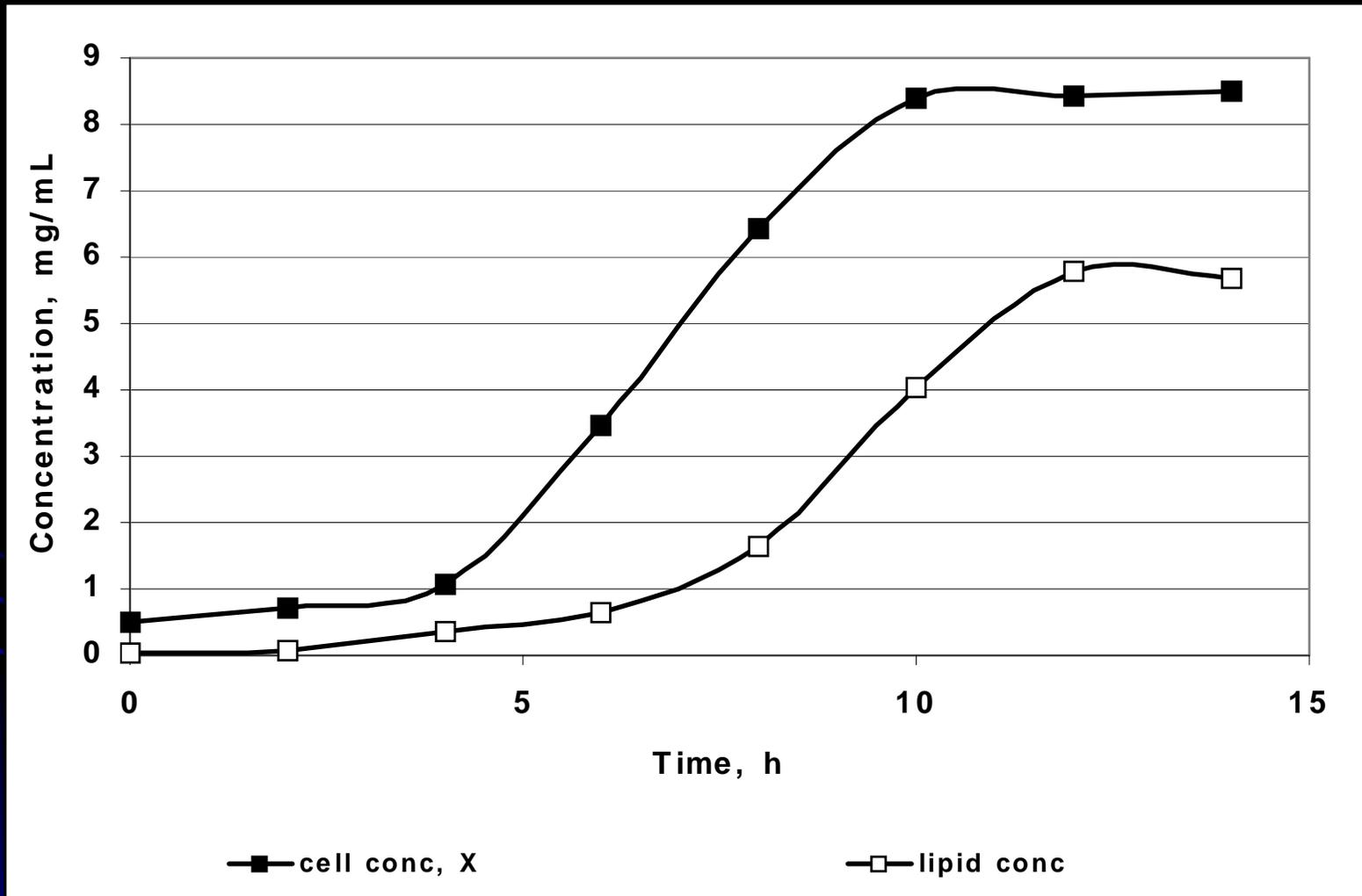




Como alternativa a la producción de biomasa forrajera es posible obtener a partir de las vinazas materia prima para la producción de biodiesel con ciertos arreglos en la operación del sistema y cambiando la cepa de *Candida utilis* por una capaz de acumular lípidos: *Rhodotorula sp.*, *Candida lipolytica*, etc.

Estas cepas se propagan bien en medios ricos en azúcares simples. Uno de los objetivos principales el proyecto común INTI-ICIDCA es dilucidar si es posible propagarlas en medios de vinazas enriquecidas

Cultivo discontinuo de *Rhodotorula glutinis* bajo deficiencia de 30% de nitrógeno. Melazas (SRT) = 30 mg/mL, T = 32°C, pH 4.5, airación 1 vvm



Los lípidos de *Rh. glutinis* son particularmente ricos en ácidos grasos insaturados

Ácido graso, %	Simple etapa	Doble etapa
<i>Saturados</i>		
Láurico (C12)	0.05	0.2
Mirístico (C14)	0.03	1.0
Palmítico (C16)	1.19	13.4
Esteárico (C18)	20.66	7.1
Subtotal	21.93	21.70
<i>Insaturados</i>		
Oleico (C181)	50.75	52.8
Linoleico (C182)	20.77	20.1
Linolénico (C183)	5.65	4.8
Subtotal	77.17	77.70

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE VINAZAS

Tratamiento de vinazas

Fertirriego

Biogás

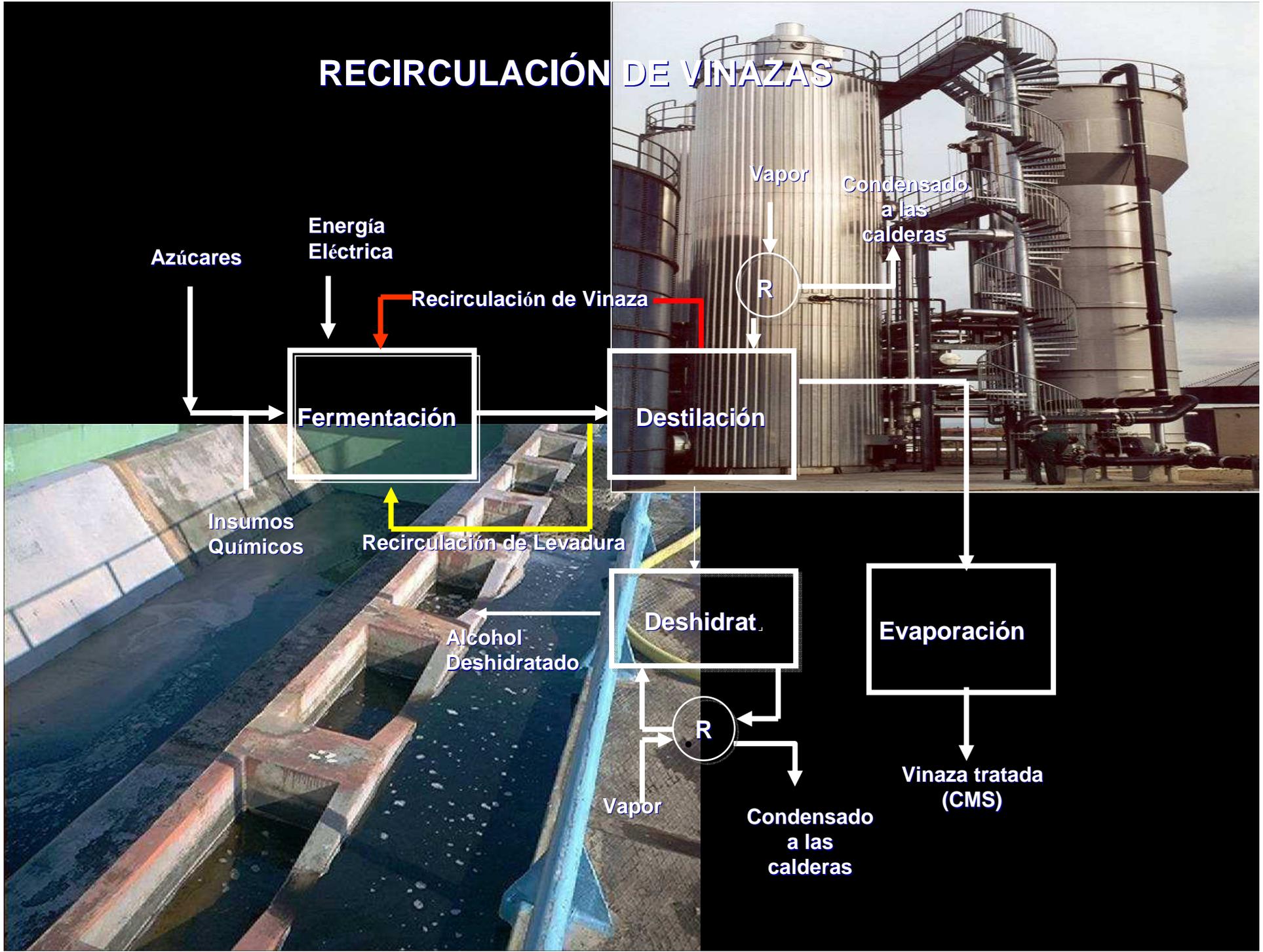
Levadura forrajera

Recirculación

Concentración



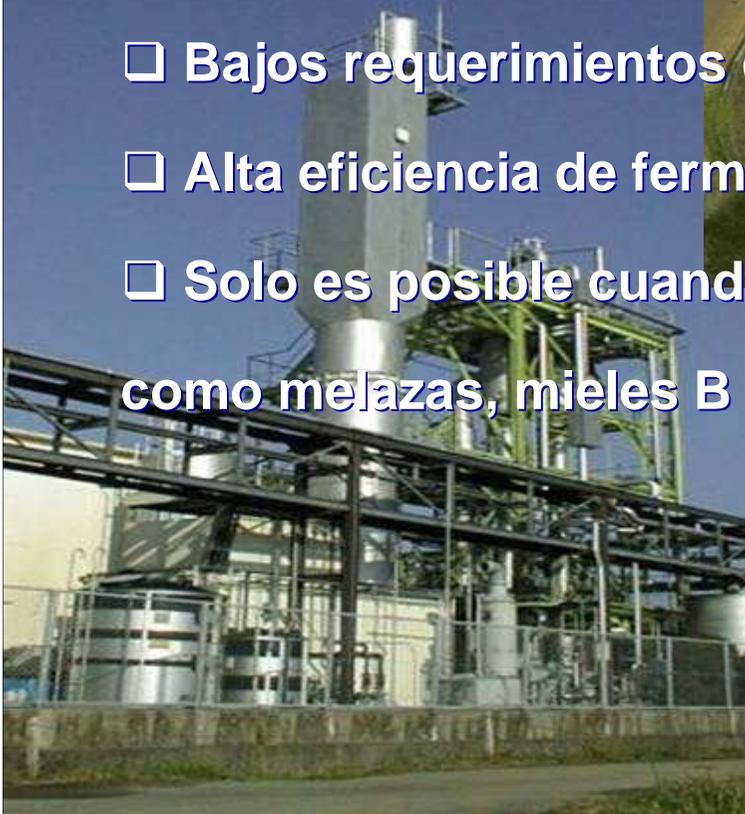
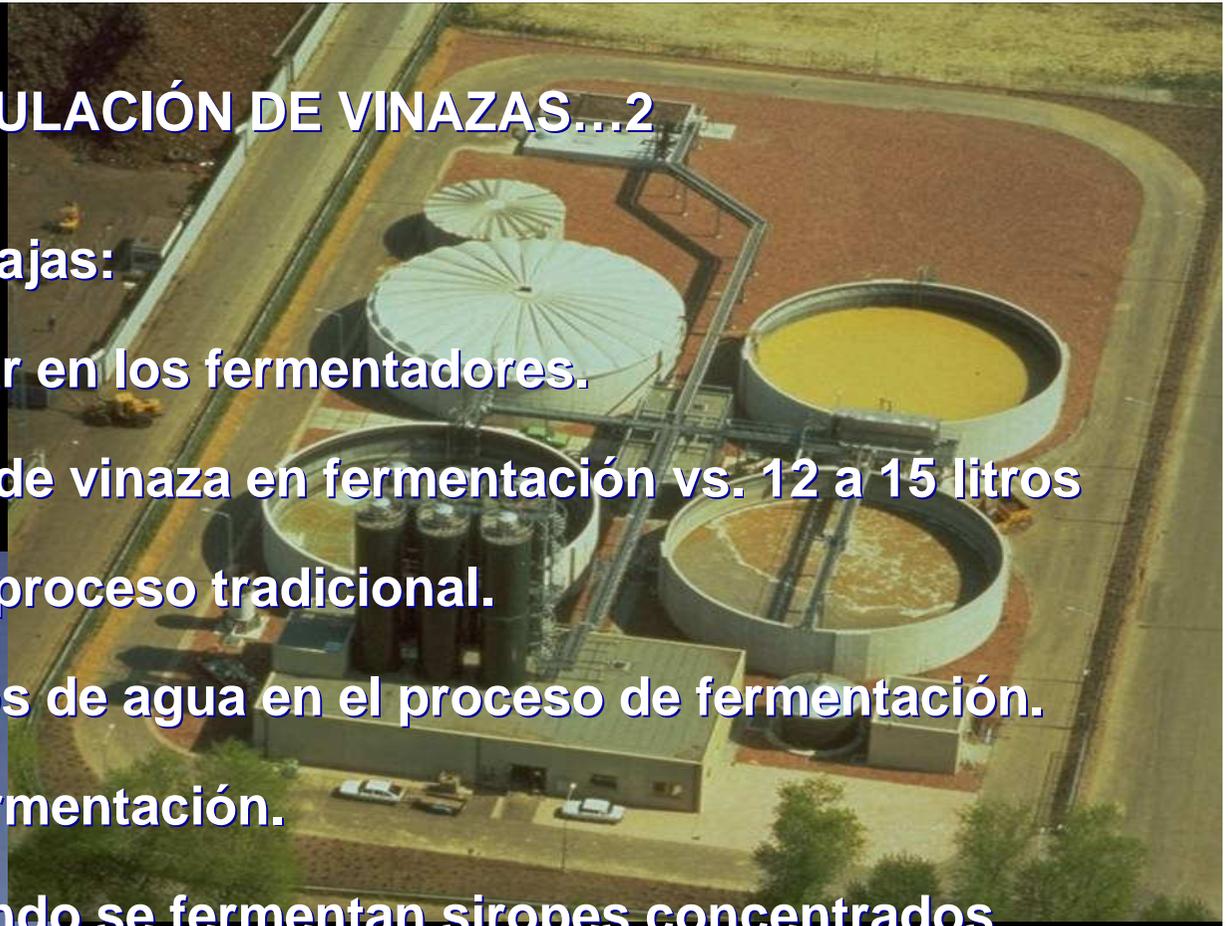
RECIRCULACIÓN DE VINAZAS



RECIRCULACIÓN DE VINAZAS...2

Requerimientos y ventajas:

- ❑ Alta densidad celular en los fermentadores.
- ❑ Produce 3 a 4 litros de vinaza en fermentación vs. 12 a 15 litros que se produce en un proceso tradicional.
- ❑ Bajos requerimientos de agua en el proceso de fermentación.
- ❑ Alta eficiencia de fermentación.
- ❑ Solo es posible cuando se fermentan siropes concentrados como melazas, mieles B etc.



ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE VINAZAS

Tratamiento de
vinazas

Fertirriego

Biogás

Levadura forrajera

Recirculación

Concentración



CONCENTRACIÓN DE VINAZAS

□ Los modernos sistemas de concentración de vinazas cuentan con reboilers incorporados en el fondo de la columna destiladora que permite obtener vinazas de 40 °bx.

□ El sistema genera altos costos de mantenimiento, por los materiales de construcción que son especiales debido a las características químicas de la vinazas.

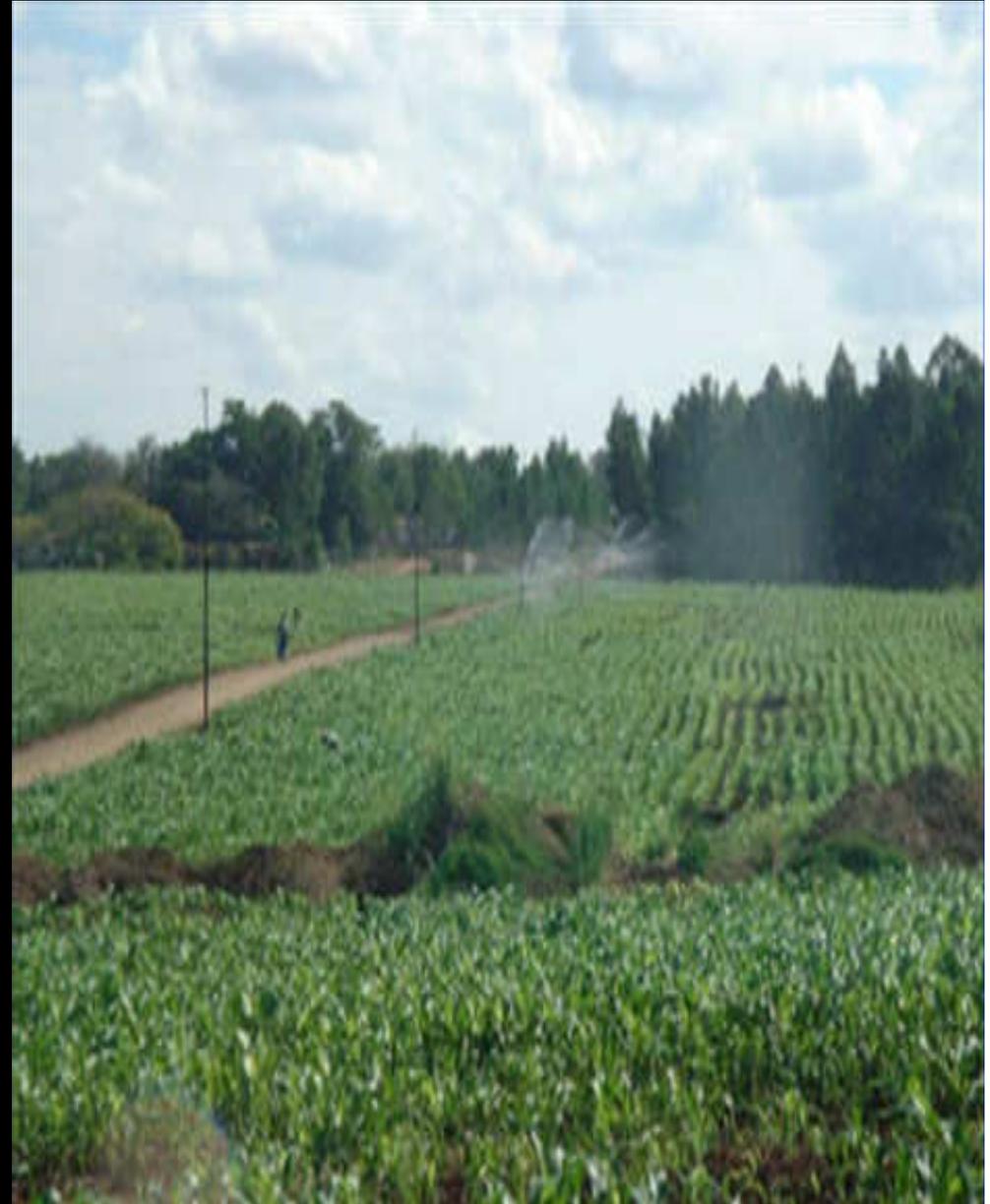


CONCENTRACIÓN DE VINAZAS...2

Los costos de inversión y mantenimiento que presentan los esquemas de concentración de vinazas cuyo producto final sea la alimentación animal y fertilizantes, son elevados.

Su empleo con los propósitos anteriores, requerirá un análisis de viabilidad técnico-económico en comparación con los otros sistemas de tratamiento vistos anteriormente.

Los sistemas de concentración de vinazas con fines de incineración son preferibles, dada la complejidad, costos de inversión y mantenimiento de los evaporadores, al uso de CMS como alimento animal y fertilizante.

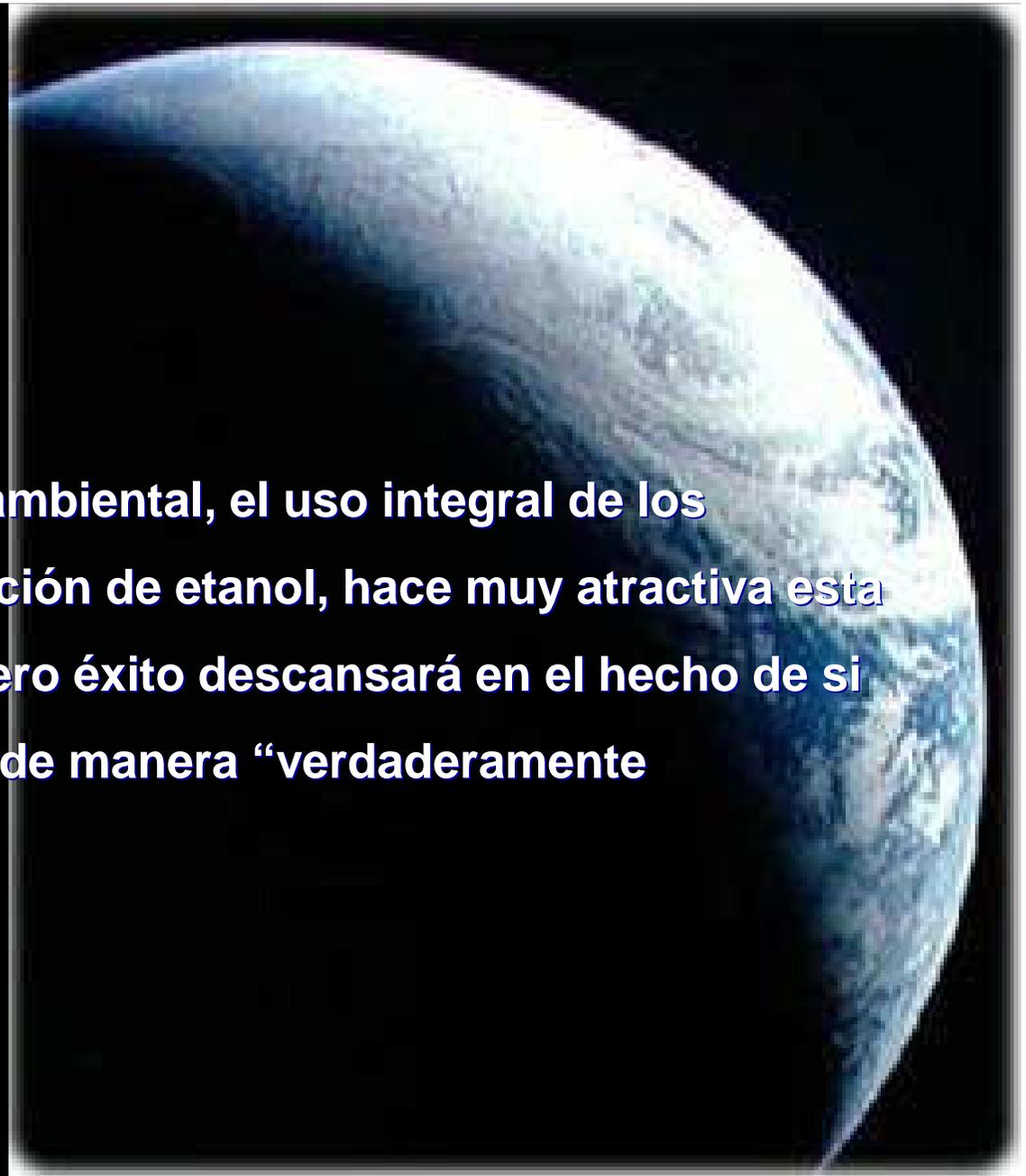


CONCLUSIONES

- ❑ No existe una receta única para el tratamiento y/o disposición de las vinazas;
- ❑ La aplicación de una u otra alternativa responde a factores diversos como: climáticos, edafológicos, económicos y sociales;
- ❑ Para destilerías de 200 000 L/día o más; puede resultar desacertado depender de un solo sistema de tratamiento;
- ❑ Los diferentes tratamientos pueden combinarse entre sí buscando alternativas más racionales de manejo
- ❑ Para el caso de destilerías a partir de melazas, el análisis de las recirculación de vinazas es conveniente



... desde el punto de vista ambiental, el uso integral de los subproductos de la producción de etanol, hace muy atractiva esta tecnología, pero su verdadero éxito descansará en el hecho de si somos capaces de hacerlo de manera “verdaderamente sostenible”...



FERTIRRIEGO



FERTIRRIEGO



FERTIRRIEGO



FERTILIZACIÓN

VINAZAS SUPLEMENTADAS CON UREA

Equivalente DE K_2O como UREAVIN

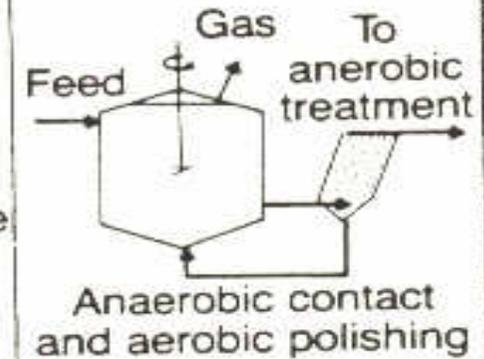
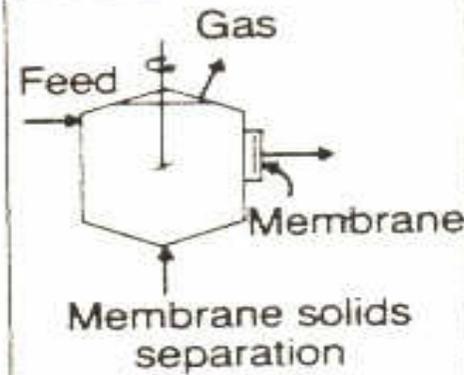
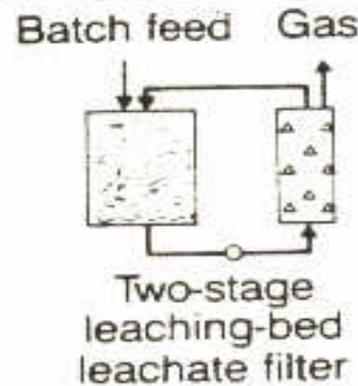
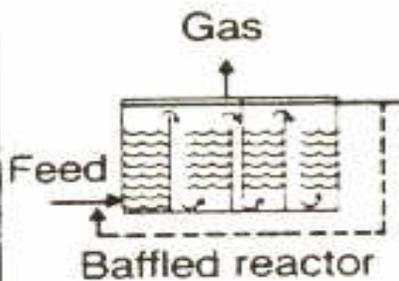
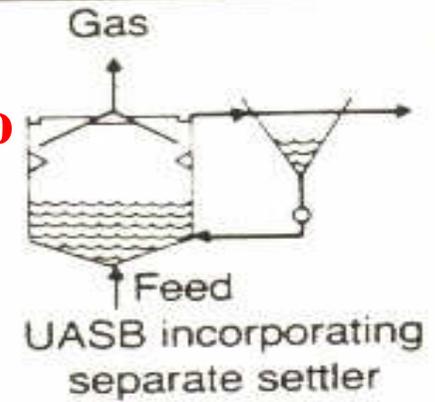
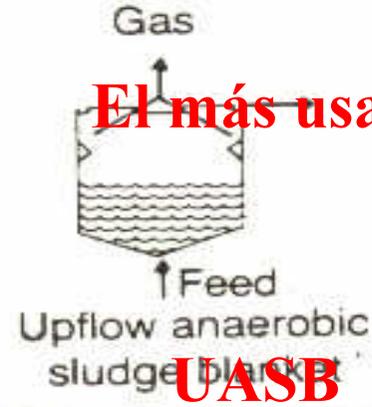
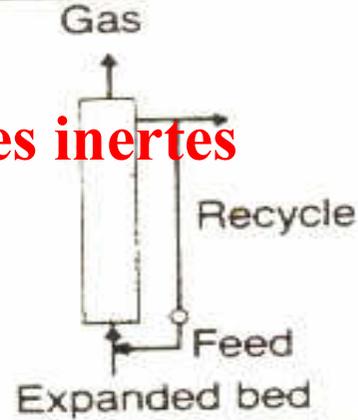
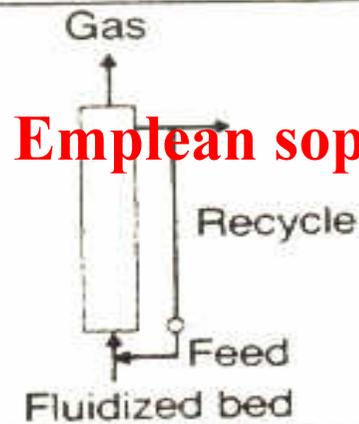
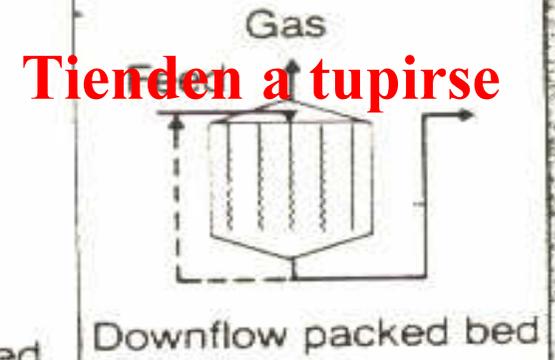
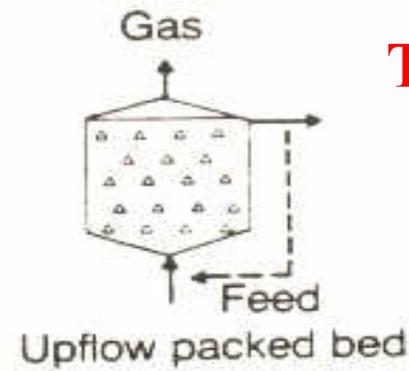
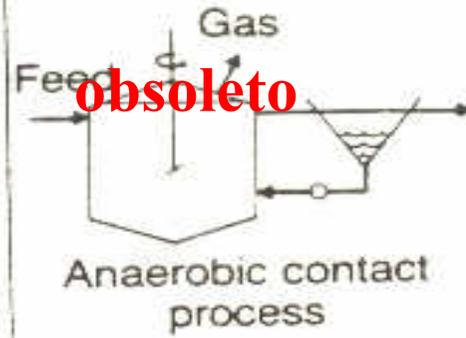
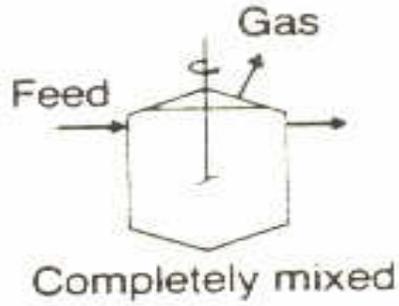
Dosis de K_2O /ha	UREAVIN m^3/ha
50	0.83
100	1.66
161	2.68
200	3.33
300	5.00
400	6.66
500	8.33

Fuente: Casas Diver 2006

FERTILIZACIÓN



BIOGÁS



BIOGÁS-INDUSTRIA PAPELERA



Sical - Francia



Boise Cascade U.S.A.



AIPM - Israel

BIOGÁS-INDUSTRIA ALMIDÓN



POTATO
Northern Star
U.S.A.



STARCH
NB Love
Australia

BIOGÁS-INDUSTRIA CERVECERA

Cervejaria Petropolis
Brazil



Coors Brewery
U.S.A.

LEVADURA DE VINAZAS-ESTRUCTURA TECNOLÓGICA



COMPOSICIÓN DE LEVADURA DE VINAZAS



COMPONENTE

LEVADURA VINAZAS

LEVADURA MELAZAS

HARINA DE SOJA

Proteína bruta

45.0

47.0

44.0

Extracto etéreo

1.2

1.5

2.3

Fibra bruta

0.63

0.57

6.3

Aminoácidos

Arginina

2.04

1.98

3.45

Histidina

1.71

1.89

1.41

Isoleucina

1.95

2.00

1.98

Leucina

3.90

4.06

3.29

Lisina

4.07

4.05

2.90

Metionina +
Cistina

1.08

0.99

1.15

Fenilalanina +
Tirosina

3.24

3.89

3.63

Treonina

2.19

2.13

1.71

Triptófano

1.07

1.12

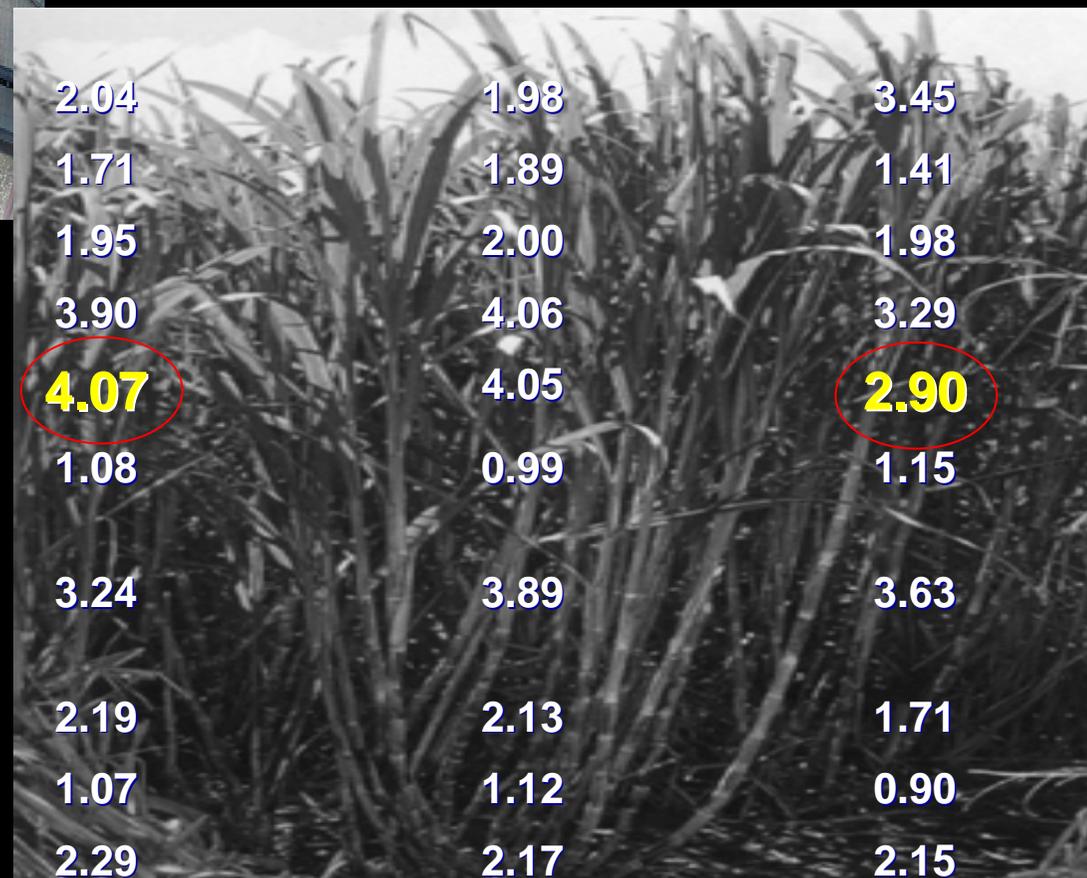
0.90

Valina

2.29

2.17

2.15



RANGO DE CONCENTRACIÓN DE VINAZAS DE JUGOS (HERIBERTO DUQUESNE)

Sólidos totales	24.86 kg/m ³
pH	4.1
Cenizas totales	1.5g - 3.2g/100mL
DQO	35.06 kg/m ³
DBO ₅ (20°C)	18 kg/m ³
Nitrógeno total	0.46 kg/m ³
(P ₂ O ₅) _T	0.24 kg/m ³
(Ca) _T	0.18 kg/m ³

