

The background of the slide features a composite image. The top portion shows a farm with several large, cylindrical metal silos and a red-roofed building. In the upper right corner, there is a silhouette of a cow and a pig. The bottom portion of the image shows a field of sunflowers in bloom, with their yellow petals and dark centers clearly visible. The overall scene is set against a light, hazy sky.

Producción de biocarburantes: Nuevas materias primas en alimentación animal

Gonzalo G. Mateos

Departamento de Producción Animal

Universidad Politécnica de Madrid

Jornadas Mouriscade, Octubre 2007



Industria del etanol y del biodiesel

Materia prima original

✓ Etanol

✗ Cereales

✗ Caña y remolacha

✗ Vino y otras fuentes de HC

✓ Biodiésel

✗ Semillas de colza, soja y girasol

✗ Aceites de colza, soja o palma

✗ Aceites de freiduría, grasa de pollos

Nuevos ingredientes

Industria de biocarburos

✓ Industria del etanol

✗ DDGS de cereales

✧ Maíz, trigo, cebada, sorgo

✓ Industria del biodiésel

✗ Glicerina

✗ Lecitinas

✗ Turtós proteicos (ricos en grasa)



Producción de etanol

Plantas "secas" de maíz

✓ **100 kg de maíz producen:**

✗ **Etanol: 33-36 kg**

✗ **DDGS: 31-32 kg**

✗ **CO₂: 32-34 kg**

✓ **Incremento anual (2004 a 2007)**

✗ **> 30%**

✗ **Parón actual en Europa**

Producción de etanol

EEUU

	2000	2007 ¹	2012 ²
Plantas	58	113 ³	>210
Producción, 10 ³ MI	5	19	> 40

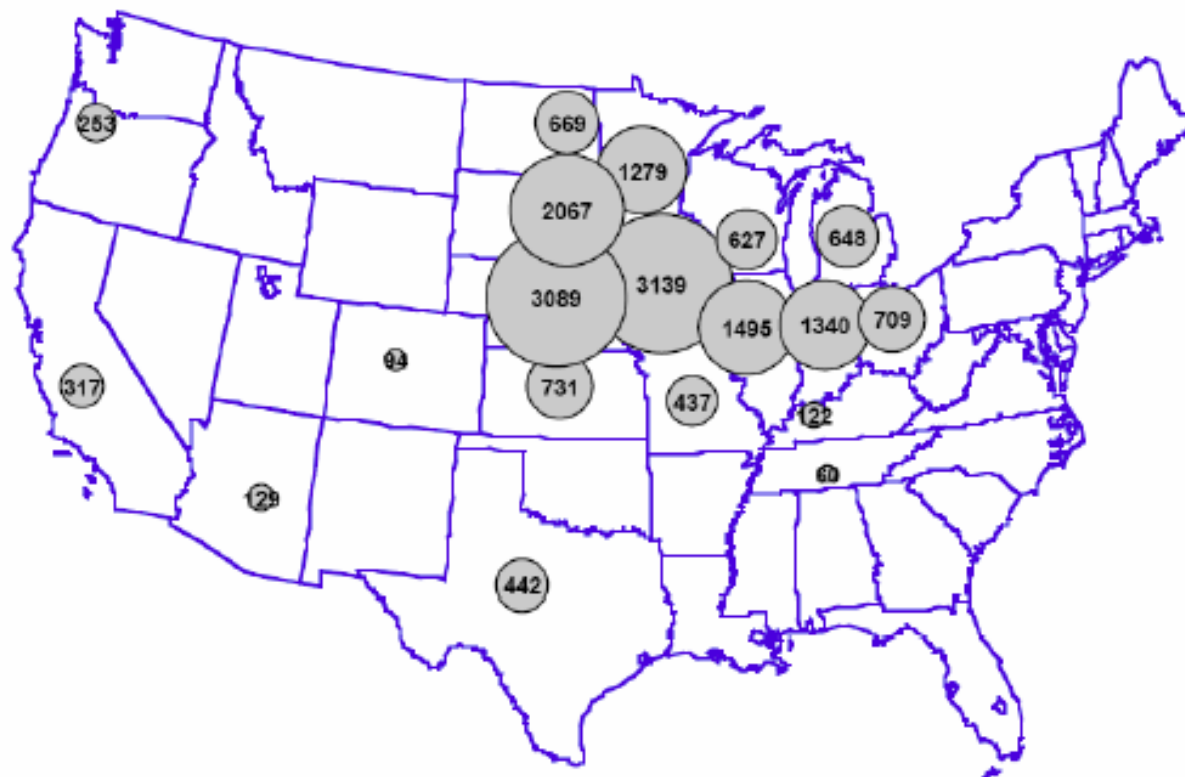
¹ Real Agosto, 2007: 121 (mayor capacidad media)

² Demanda de etanol en 2030: 55,4 Mill I, 8% de las necesidades de gasolina

³76 plantas en construcción

Producción de DDGS, EEUU, 2006/07

Estado, 10^3 Tm



Producción de DDGS ($\times 10^6$ Tm) Estados Unidos¹

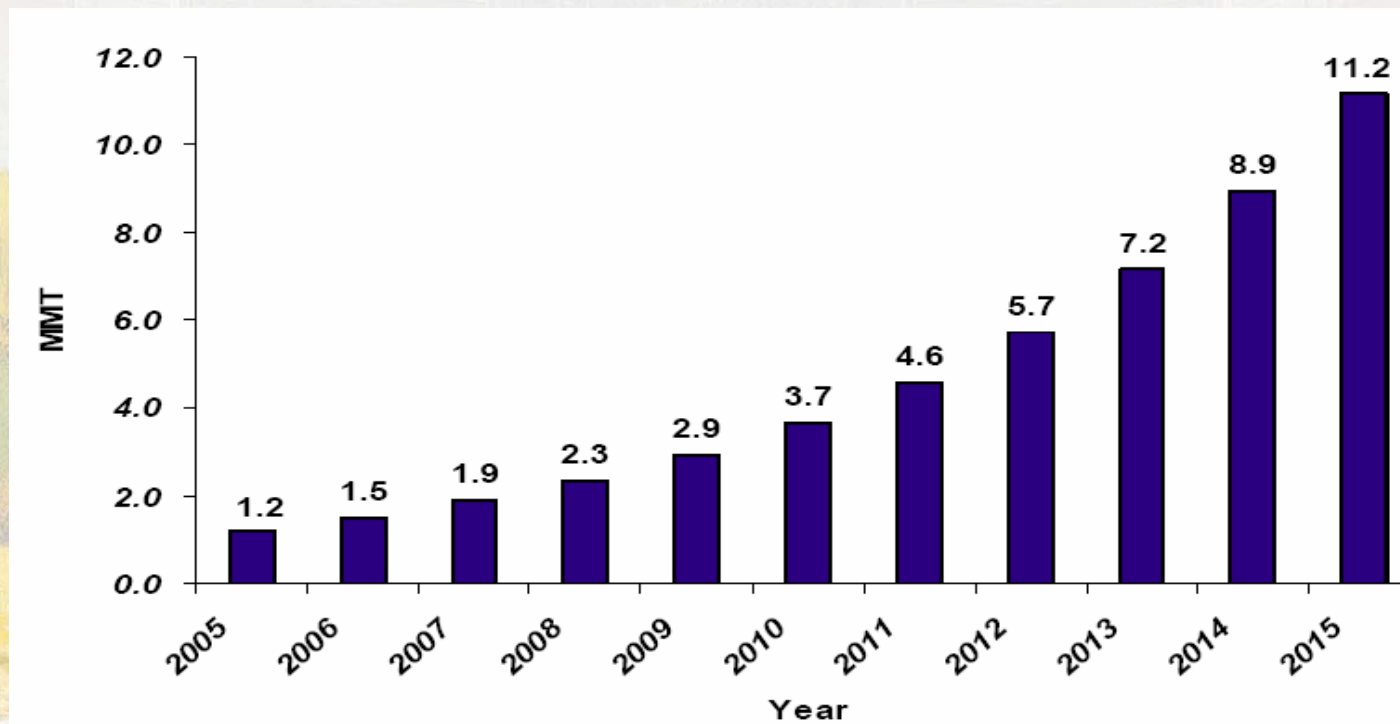
Año	$\times 10^6$ Tm
1980	0.32
2000	3.50
2004	7.30

¹Kaiser, 2005

Exportación de DDGS



- ✓ 2002: 76M \$
- ✓ 2006: 200M \$
- ✓ Δ Exportación: 700%



Fuente: U.S. Grains Council, ProExporter Network

Precio DDGS/maíz grano (\$/Tm)



Maíz vs. DDGS
Enero 2004 - 2007

DDGS

Maíz grano

\$/Tm

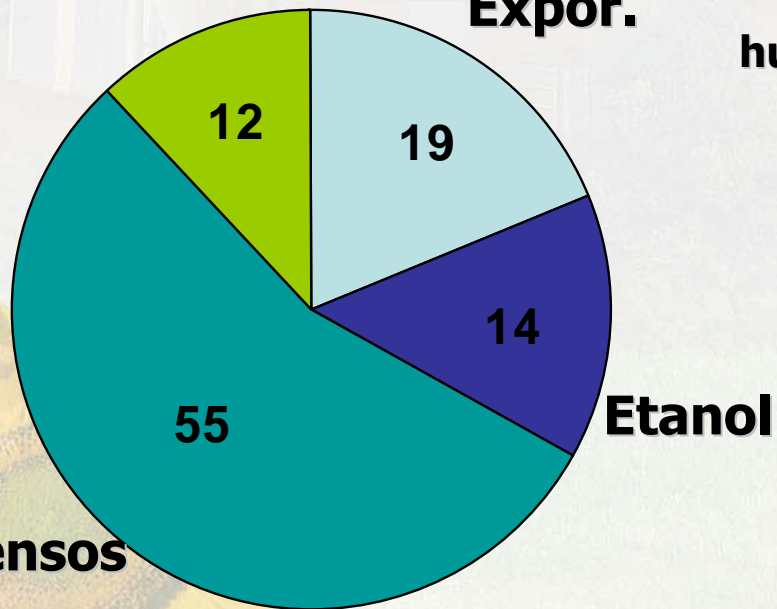
\$/Tm



Utilización de maíz, %

EEUU

Alimentación
humana e industrial



2005/2006

Alimentación
humana e industrial



2016/2017

USDA, 2007

Producción de habas de soja

EEUU¹

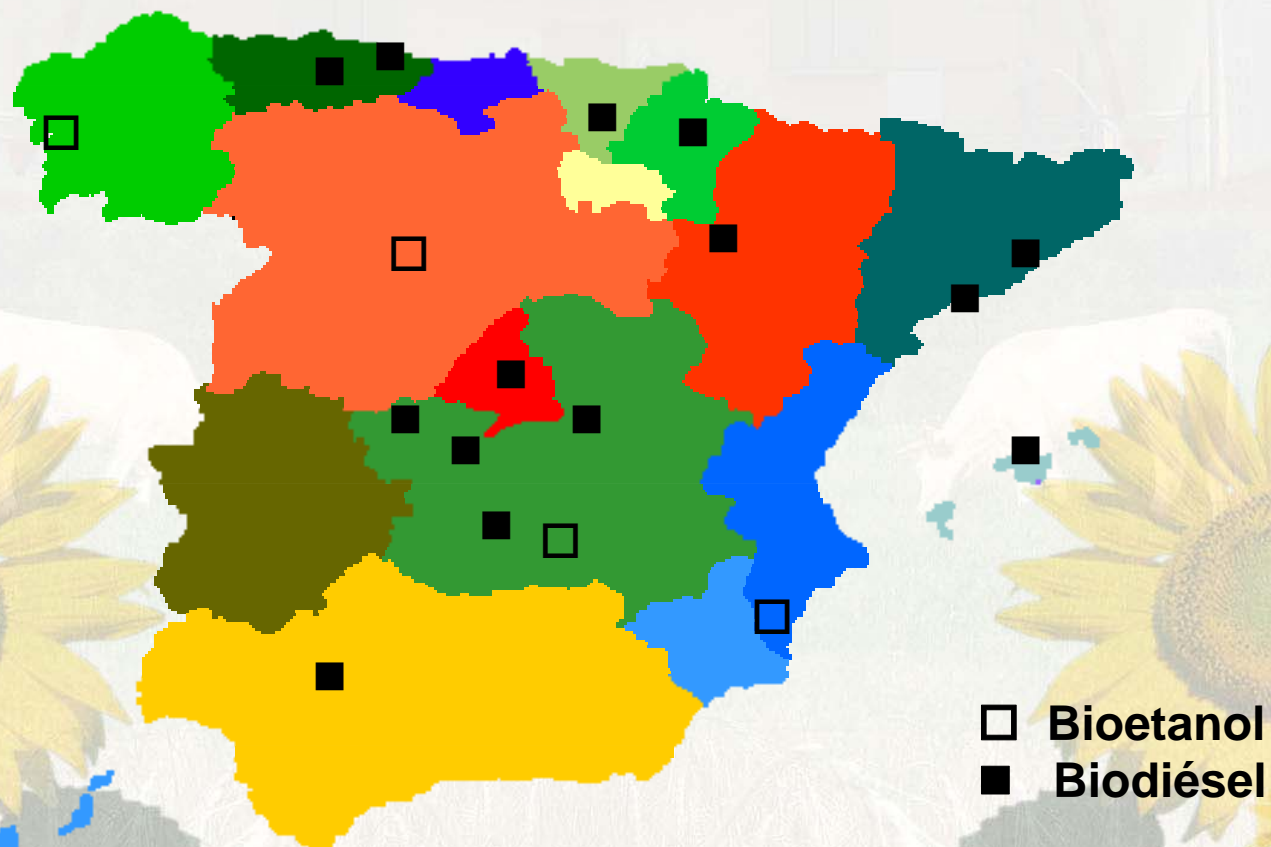
	2006/2007	2007/2008	
		USDA	Previsión
Producción	3.2	2.6	2.6
Exportaciones	1.1	1.0	0.9

¹USDA, Millones de bushels

Cosecha EEUU, Macres

	2006	2007	Cambio	%
Maíz	78.3	92.9	14.6	18.6
Trigo	57.3	60.5	3.2	5.6
Otros cereales	17.0	18.4	1.4	8.2
Habas soja	75.5	64.1	-11.4	-15.1
Algodón	15.3	11.1	-4.2	-27.4
Total	243	247	3.6	1.5

Plantas de biocarburantes, 2006



17 planeadas. Begonte (biodiésel) y Teixeira (etanol) funcionando

Fábricas de etanol, España

2007/2008

Producción DDGs,
x 10³ Tm

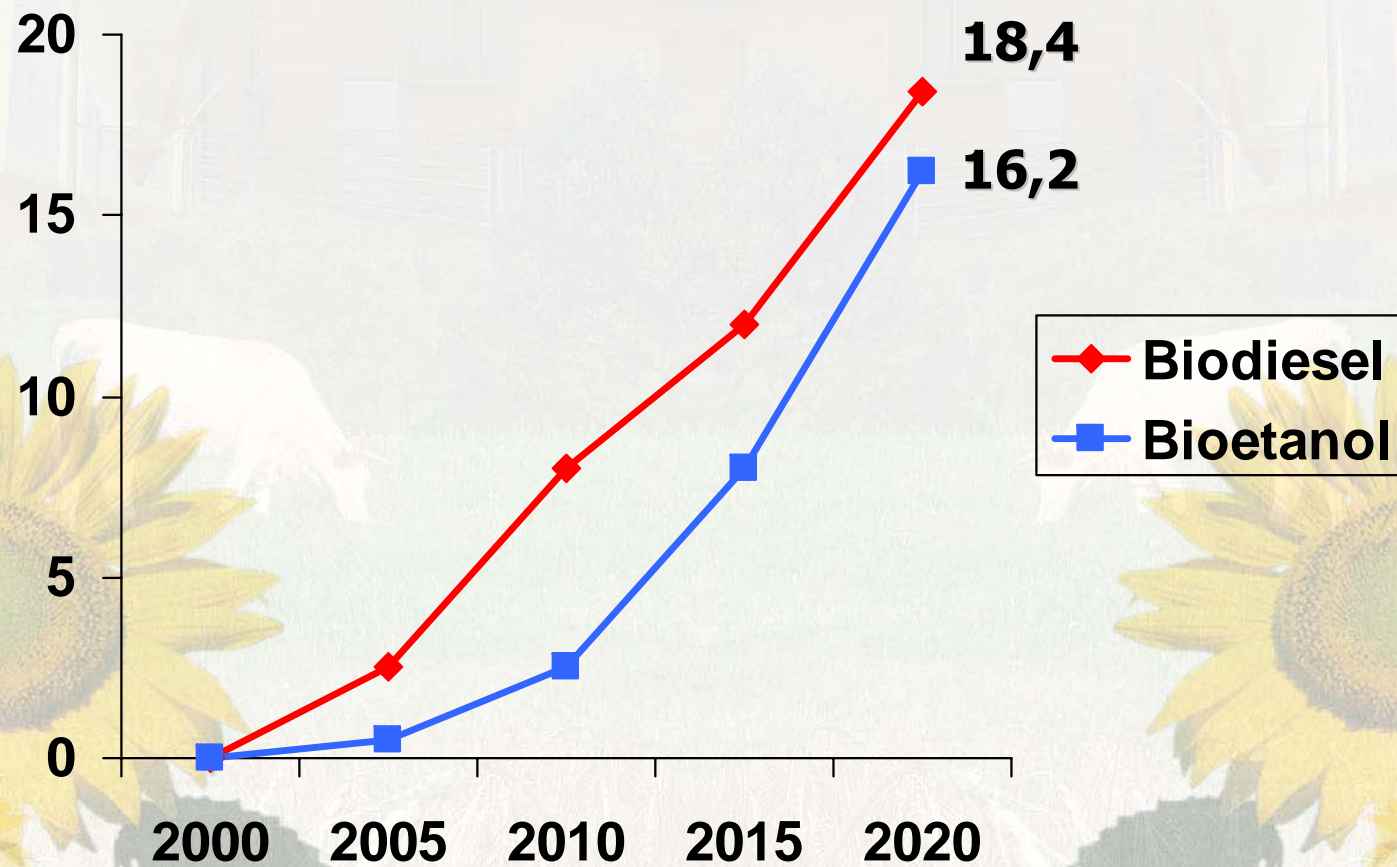
Cartagena, Murcia	125.000	Cebada
Babilafuente, Salamanca¹	237.000	Cebada/trigo
Teixeiro, Coruña	125.000	Maíz/trigo
Whisky DYC, Segovia	3.000	Maíz
Pau, Francia²	230.000	Maíz

¹ Cierre temporal finales 2007

² Apertura prevista para el año 2008

Consumo biocarburentes, UE

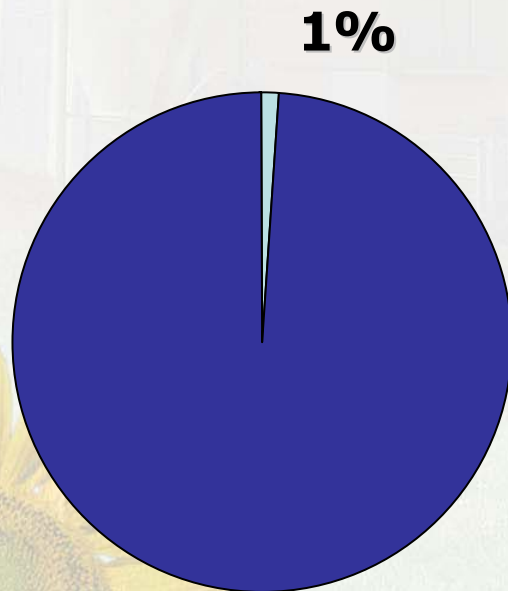
MTm equivalentes



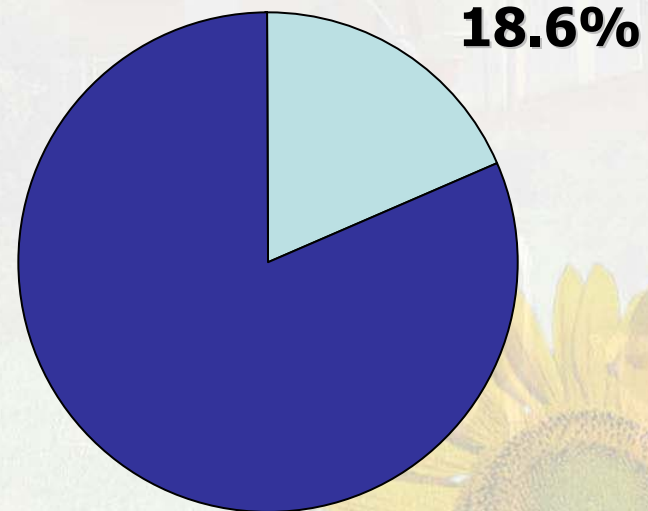
El País, 2007

Cereales para biocarburos

Sobre total cosecha europea, %



2006



2020

El País, 2007

Producción de DDGS

- ✓ **Es un proceso de fermentación**
 - ✗ **Se elimina el almidón**
 - ✗ **Se concentran otros nutrientes (\approx x 3)**
 - ✗ **Levaduras muertas (3 a 5%)**
 - ✗ **↑ Disponibilidad del P**
 - ✗ **Fibra más digestible**
- ✓ **Se aplica calor**
 - ✗ **Disponibilidad de Lys y Cys (\downarrow) y P (\uparrow)**
 - ✗ **↑ Proteína no degradable**
- ✓ **Palatabilidad?**
 - ✗ **Rumiantes vs porcino**

Utilización de DDGS

Alimentación animal



Valor nutricional DDGS vs. maíz grano

- ✓ **Valor energético**
 - ✗ **Debiera ser similar al del grano**
 - ✗ **↓ Almidón, ↑ grasa y proteína, ↑ fibra dig.**
 - ✗ **El perfil "ruminal" es diferente**
- ✓ **Valor proteico**
 - ✗ **↑ Proteína pero ↓ CD**
 - ✗ **↑ Proteína by-pass (pero menos digestible)**
- ✓ **↑ Contenido mineral**
 - ✗ **P mas disponible**
- ✓ **↑ Vitaminas (B's) y levaduras**

DDGS maíz comercial

Variabilidad

- ✓ **Grano original**
 - ✗ **Maíz vs sorgo vs trigo vs cebada**
- ✓ **Condiciones del proceso por calor**
 - ✗ **Cantidad enzimas vs. calor aplicado**
- ✓ **Porcentaje de solubles**
 - ✗ **DDS son ricos en grasa y P y pobres en FND**
- ✓ **Otros procesos**
 - ✗ **Separación del germen**
 - ✗ **Extracción de la grasa**

DDGS maíz

Aminoácidos

- ✓ **Proteína poco balanceada**
 - ✗ **Lys (rumiantes)**
 - ✗ **Thr (porcino)**
 - ✗ **Arg (aves)**
- ✓ **Digestibilidad reducida y variable (Lys)**
 - ✗ **Aves: 68% (40 a 83%)**
 - ✗ **Porcino: 50% (40 a 65%)**
- ✓ **↑ Proteína by-pass (50-60%)**
 - ✗ **By-pass vs digestibilidad**

Composición DDGS de maíz

Variabilidad, %^{1,2}

	Media	D.E.
MS	89.9	1.7
PB	26.0	2.3
EE	9.9	2.8
FB	6.3	1.5
Cenizas	4.4	0.9
Lys	0.71	0.17
Met + Cys	1.04	0.10
Thr	0.93	0.17

¹Fiene et al. (2006)

²n = 150

DDGS de maíz

Variabilidad, %¹

	Media	D.E.
Ca	0.05	57.2
P	0.79	11.7
K	0.84	14.0
Na ²	0.21	70.5

¹Spiehs et al. (2002)

²Batal y Dale (2004): 0.01 a 0.48%

DDGS de maíz

Fracción mineral (I)

- ✓ Rico en Na (0.01-0.40%)
 - ✗ ↑ Camas húmedas en aves
 - ✗ ↑ Huevos sucios
- ✓ Rico en P total y en P disponible
 - ✗ Beneficioso en monogástricos
 - ✗ Excesivo para rumiantes
 - ✧ Relación Ca:P
 - ✧ Cálculos urinarios en corderos

DDGS de maíz

Fracción mineral (II)

- ✓ Rico en S (0.3 a 2.0%)
 - ✗ Utilización de H_2SO_4 para \downarrow pH
 - ✗ Poliencefalomalacia
 - ✦ \uparrow Tiamina en terneros cebo
 - ✗ Deficiencia en Cu
 - ✦ Interacción $SO_4^{=}$ x Cu x Mo
 - ✗ Controlar S en pienso y agua (< 0.4% MS)
- ✓ Rico en K
 - ✗ Camas húmedas

Control de calidad DDGS

Sensorial

- ✓ **Uniformidad y consistencia**
 - ✗ **Variabilidad entre partidas**
 - ✗ **Favorece la producción nacional**
- ✓ **Color**
 - ✗ **Claro vs. oscuro (Colorímetro)**
 - ✗ **Importancia relativa (tamaño part.)**
- ✓ **Olor**
 - ✗ **Fermentación sana "olor a cerveza"**
 - ✗ **Evitar olor a "ahumados y quemados"**
- ✓ **Soluciona un 70 a 90% de los problemas**

Uniformidad (DDGS EEUU)

Color y tamaño de partícula



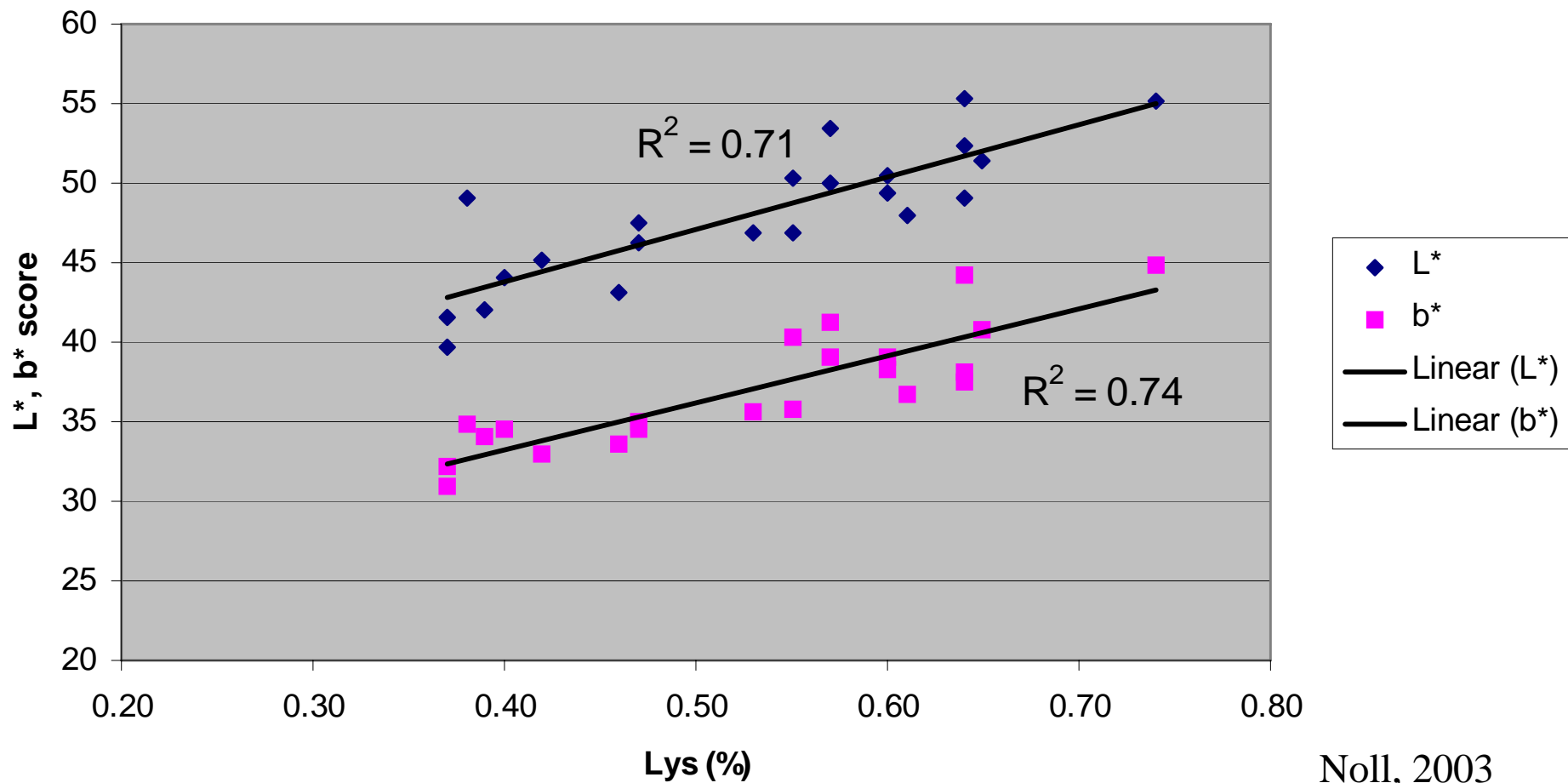
Análisis sensorial, DDGS



**Pobre calidad
Menor CD**

**Alta calidad
Mayor CD**

Lys digestible vs. color



Noll, 2003

Control de calidad DDGS

Laboratorial

- ✓ **Análisis proximal**
 - ✗ **H, PB, grasa y FND**
- ✓ **Disponibilidad de nutrientes claves**
 - ✗ **Lys y P**
 - ✗ **N insoluble ligado a la FAD (ADIN)**
- ✓ **Adición de otras materias primas**
 - ✗ **CO₃Ca, cascarilla de soja, Na**

DDGS en monogástricos



Valoración DDGS maíz

- ✓ **Contenido en lisina**
 - ✗ **Lys total: PB \approx 2.86**
 - ✗ **Rechazar si Lys total: PB < 2.80**
- ✓ **EM porc (kcal/kg)¹ = ED x [1.003 – (0.0021 x % PB)]**
ED (kcal/kg)¹ = 4151 – 122 x % cen + 23 x % PB + 38 x % EE – 64% FB

¹Noblet y Perez

DDGS de maíz

EM en porcino (kcal/kg MS)

Pedersen et al., (2006)	3.897
Hastad et al., (2004)	4.040
Spiehs et al., (2002)	3.750
NRC (1998)	3.032
INRA (2002)	2.857
FEDNA (2003)	3.050

Valor nutricional en porcino

	EM	EN	EN:
	kcal/kg	kcal/kg	EM
ISU, 2006			
Maíz	3.377	2.244	66
DDGS	3.267	1.672	51
Fedna, 2003			
Maíz	3.330	2.500	76
DDGS	2.730↑	2.040	75

DDGS de maíz, porcino¹

Digest. ileal estandar, %

	Media	Rango	FEDNA 2003
PB	73	63-84	70
Lys	62	44-78	68
Met	82	74-89	83
Thr	71	62-85	74
Trp	70	54-80	76

¹37 muestras de plantas diferentes

Stein, 2006

DDGS de maíz

Lisina total, % ssf

	Muestras nº	Media	Rango
Shurson, 2005¹	32	0,81	0,55-0,95
Cronwell et al., 1993²	9	0,70	0,43-0,89
Fastinger y Mahan, 2006	5	0,64	0,48-0,76
Parsons et al., 2006	20	0,64	0,52-0,78

¹ 90% MS

² 7 alcohol y 2 etanol

DDGS maíz (% MS)

Composición

	DDGS "Nuevo"	DDGS "Viejo"	NRC 1998	FEDNA 2003
MS	89,1	89,5	93,0	89,6
PB	30,5	29,0	29,8	27,3
EE	10,7	9,7	9,0	10,9
FND	43,5	38	37,2	41,2
EM, kcal/kg¹	3.749	3.661	3.038	3.047
Lisina total	0,85	0,53	0,67	0,68

¹ Porcino

DDGS de cereales

Fedna, 2003 (ssf)

	Maíz		Trigo	
	Grano	DDGS ²	Grano	DDGS ²
EN (kcal/kg)	2.550	2.040	2.420	1.660
PB	7,7	24,5	11,2	32,0
Lys total	0,22	0,61	0,32	0,87
EE	3,6	9,8	1,8	5,8
Alm.+azúc.	65,4	10,7	61,5	7,2
FND	8,0	36,9	11	38,2
P dig. por.	0,05	0,20	0,10 ¹	0,20

¹Sin actividad fitásica

²A modificar en 2008

DDGS de trigo y productividad

Porcino 20 a 52 kg PV

DDGS	CMD	GMD	IC
%	kg	g	g/g
0	1,50	810	1,86
10	1,47	770	1,89
20	1,41	750	1,88
25	1,37	720	1,91
P	0,01	0,01	NS

Thacker, 2006

DDGS de maíz en porcino

Niveles máximos, %

	DDGS Council	Koster 2007	FEDNA	
			2003	2008
Lechones	5	5-10	2	0-3
Crecimiento	20	10	6	4-7
Acabado	20	20	6	6-8
Gestación	50	50	10	15
Lactación	20	20	7	8-10
Reemplazo	-	20	-	8-12
Verracos	-	30	-	10-13

DDGS de maíz, trigo y cebada

Niveles máximos

	Fedna 2003			Fedna 2008		
	Maíz	Trigo	Cebada	Maíz	Trigo	Cebada
Postdestete	2	3	2	3	3	2
Crecim.-cebo	6	6	5	8	8	6
Gestación	10	10	10	15	15	13
Lactación	7	10	10	9	9	7

DDGS de maíz en aves

Niveles máximos, %

	DDGS	Koster	FEDNA	
	Council	2007	2003	2008
Broilers inicio	5	3-6	0-2	2
Broilers acabado	10	5-10	0-4	4-6
Pollitas > 5 sem	10	-	-	6-12
Ponedoras	15	10-15	5	7-10
Reproductoras	15	12-20	-	5-6
Pavos cebo	10	5-10	5	6



**DDGS para rumiantes:
Húmedo y cebo**

DDGS húmedos de maíz

Rumiantes

- ✓ **Humedad \approx 70%**
 - ✗ **A menudo presecados: 50% MS**
- ✓ **Valor nutricional superior al de DDGS secos (MS)**
 - ✗ **↓ Reacciones de Maillard**
 - ✗ **No se eliminan los volátiles**
 - ✗ **Buena digestibilidad de la fracción fibra**
- ✓ **Buena palatabilidad**
 - ✗ **Hasta 15 kg MF/día**
- ✓ **Más baratos**
- ✓ **Difíciles de manejar**
 - ✗ **Consumo preferente: < 3 a 7 d (según época)**
 - ✗ **↑ Hongos**
 - ✗ **Logística: < 150 Km?**

DDGS de maíz en rumiantes

Aplicaciones prácticas¹

✓ Fracción proteica

✗ PB de derivados maíz < 60% PB total

✧ Silo, grano y coproductos

✧ Cuidar nivel de Lys

✓ Fracción energética

✗ CHO no fibrosos: < 35-40% MS

✗ Almidón: < 25-30% MS

¹Kaiser, 2006 (ración global)

DDGS rumiantes

- ✓ **Tamaño de partícula afecta a:**
 - ✗ **Digestibilidad**
 - ✗ **Degradabilidad**
- ✓ **La levadura es rica en Lys**
 - ✗ **DDGS > maíz grano**
- ✓ **Evitar ADNI > 13%**
 - ✗ **Color vs calidad**
- ✓ **Valor DDGS bien procesados está subvalorado**
 - ✗ **NRC, Fedna, etc**
- ✓ **No contribuyen a la "acidosis"**

DDGS de maíz en rumiantes

Niveles máximos, %

	Grain Council		FEDNA	
		USA ¹	2003	2008
Terberos				
Inicio			3	6
Acabado	20-40	20-30	10	15
Vacas de carne		20-30	15	30
Vacuno leche				
Novillas		30-40	12	25
Vacas leche	15-25	10-20	12	14
Carro mezclador			-	15
Ovino extensivo		10-20	-	30

¹Estimado de diversas fuentes: 40% MS en terneros y vacas de carne y hasta 7-8 kg MS por vaca lechera/d

DDGS de maíz

Problemática (I)

- ✓ **Variabilidad entre partidas es alta**
 - ✗ **NIR**
- ✓ **Digestibilidad de la proteína es muy variable**
 - ✗ **Valoración "in vitro"**
 - ✗ **Relación Lys:PB**
- ✓ **Exceso de minerales (rumiantes)**
- ✓ **↓ Palatabilidad a dosis altas (porcino)**
- ✓ **Concentración de micotoxinas**
 - ✗ **Límites legales**
 - ✗ **Más problema en cerdas**

DDGS de maíz

Problemática (II)

- ✓ ↓ Rendimiento a la canal
 - ✗ Exceso de fibra
- ✓ ↓ Calidad de la canal
 - ✗ Grasa insaturada
- ✓ Presencia de antibióticos?
 - ✗ EEUU: penicilina y virginiamicina
 - ✧ ↓ Lactobacilos
 - ✗ Se destruyen en el proceso
- ✓ ↓ Fluidez
 - ✗ A veces partículas excesivamente finas
 - ✗ Antiapelmazante

Etanol: conceptos energéticos

- ✓ **Ganancia energética: proceso de maíz a etanol**
 - ✗ **-10 a +50%**
- ✓ **Si usamos etanol para reemplazar un 20% de la gasolina consumida en USA se precisa**
 - ✗ **100% de la cosecha de grano USA**
 - ✗ **19% de la cosecha de grano mundial**
 - ✗ **1% cosecha mundial → ↓ 1% gasolina USA**
- ✓ **Si solo se usara etanol en EEUU**
 - ✗ **No habría que comer en el mundo**
- ✓ **Interés energético?**

Contribución mundial: aceites minerales vs vegetales/animales

Año 2005/2006 (MTm)

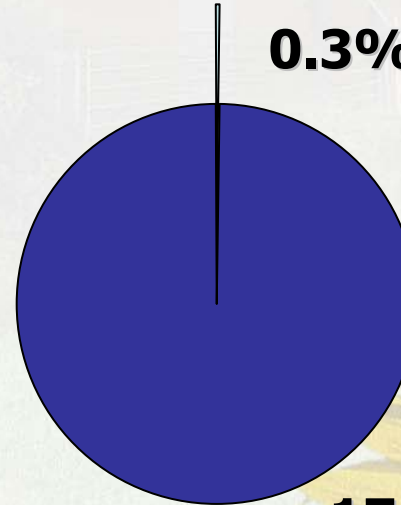
4252 Mn T



Origen inorgánico

146 Mn T

0.3% del total



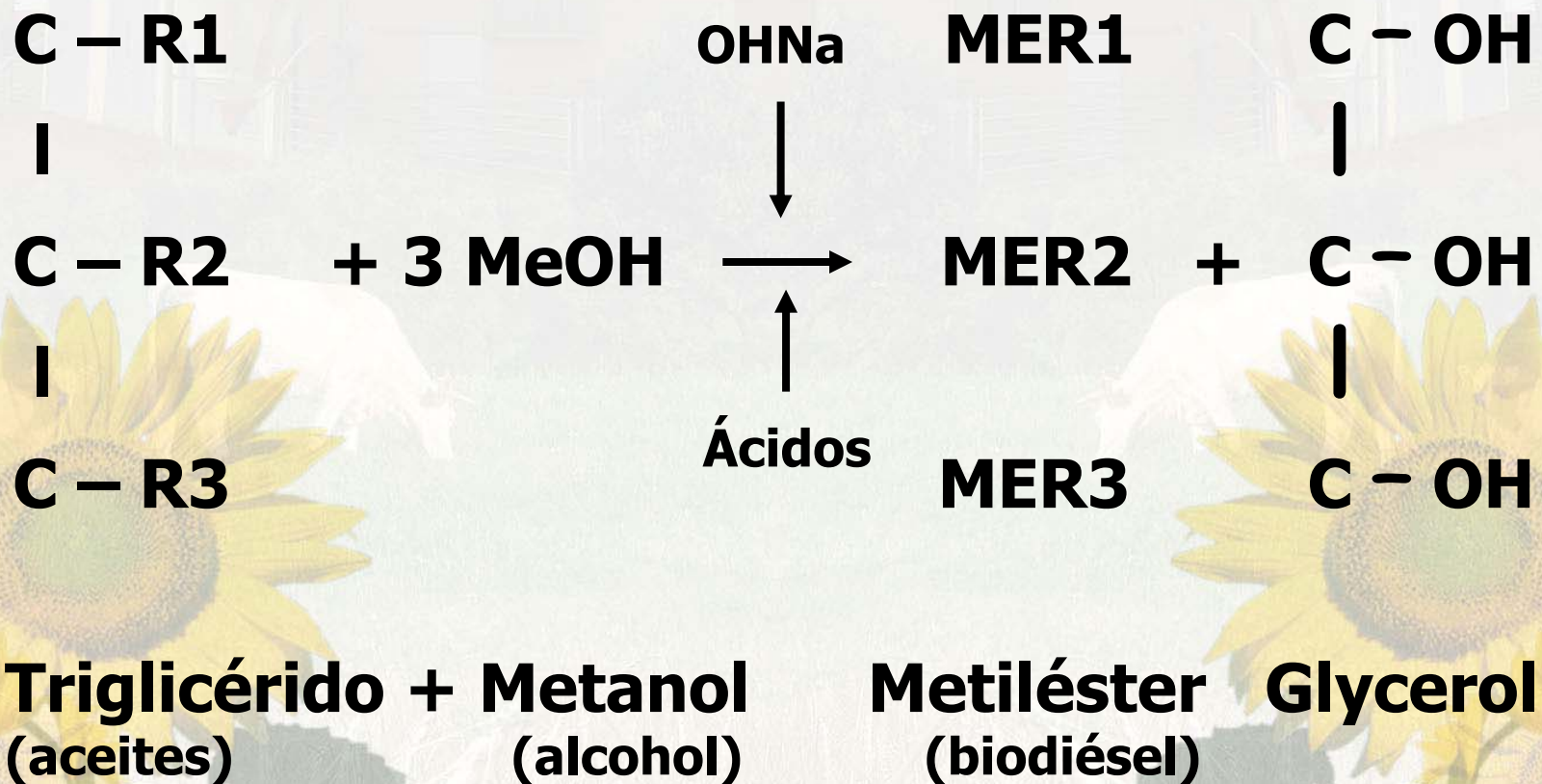
17 aceites/grasa

Origen orgánico

Proceso industrial Biodiesel

- ✓ **Sustituir el glicerol por metanol (o etanol) en la molécula del triglicérido**
- ✓ **Se origina un metiléster (biodiesel), glicerol de riqueza variable y lecitinas**
- ✓ **“100 l de aceite + 10 l de metanol producen 100 l de biodiésel y 10 l de glicerina”**

Producción de biodiésel



Glicerol o glicerina sin refinar

Industria del biodiésel

- ✓ **Producción en ascenso libre**
 - ✗ **Caída de precios del refinado**
- ✓ **No es puro**
 - ✗ **Agua, diésel, Na (K) y Cl**
 - ✗ **Metanol en exceso**
- ✓ **Contaminante del medio ambiente**
 - ✗ **Combustible barato (cementeras)**
 - ✗ **Producción de etanol**

Pureza de la glicerina, % MS

Calidad

	Baja	Media
Agua	26.8	11
Glicerina	63.3	85.3
Grasa	0.71	0.44
Fósforo	1.05	2.36
Potasio*	2.20	2.33
Sodio*	0.11	0.09
Metanol	>1.0?	0.4

*Depende del catalizador

Schroder y Sudekum, 2002

Composición química, %

Glicerina

	"Farmacia"	"Pienso"	Comercial ADM ⁵	Iowa ⁵
Glicerol	> 99	> 80%	80¹	84.5
Agua	< 1	10.1	< 15	12.0
Cenizas	< 0.1	10.5²	7.5³	3.0³
Metanol	-	< 0.5	< 0.5	0.32
EM porcino	4320	-	3600	3540

¹79-82%

³2.0% y 1.2% de Na, respectivamente

⁵AG Processing Inc.

²Na, Cl, K, P, S

⁴Concerina CD80



Glicerol

Características

- ✓ **PM: 32.04**
- ✓ **Densidad: 1.26 kg/l**
- ✓ **Viscosidad (20 °C): 150 mPas**
- ✓ **Energía: 4.320 kcal/kg**
- ✓ **Viscoso, soluble en agua**
- ✓ **pH: 5.5-7 (puro)**

Propiedades del glicerol

- ✓ **Hidrato de carbono de fácil absorción**
- ✓ **Antiséptico**
 - ✗ **Higieniza el pienso**
- ✓ **Palatable**
 - ✗ **Sabor dulce**
 - ✗ **Azúcar-alcohol**
- ✓ **Manejo en fábrica mejorable**
 - ✗ **Mejora de la calidad del gránulo?**
 - ✗ **Higroscópico**



Glicerol en piensos

Problemática

- ✓ **Manejo en fábrica y granja**
- ✓ **El producto comercial no es puro**
 - ✗ **Riqueza y presentación variable**
 - ✗ **Exceso de sal (según proceso)**
 - ✗ **Posible toxicidad por metanol?**
- ✓ **El exceso se excreta sin metabolizar (25%)?**
- ✓ **Afecta a la calidad de la canal?**

Glicerol en porcino

- ✓ **Valor energético elevado**
 - ✗ Buena utilización
 - ✗ 4.200 kcal/kg producto puro
 - ✗ Reducción a altos niveles?
- ✓ **Cuidar nivel de metanol**
 - ✗ Se volatiliza al granular
- ✓ **Niveles de uso**
 - ✗ Hasta 5 a 10%
 - ✗ Mejor en cerdas?

Glicerol en broilers¹

	0	5	10	P
Peso vivo, kg²	2.87	2.88	2.71	*
I.C.	1.73	1.71	1.79	*
Mortalidad, %	6.4	4.6	5.4	NS
Rendimiento, %	72.8	72.8	72.2	*
Pechuga, % PV	26.4	26.7	26.0	NS

¹42 d

²Waldroup, 2007

Glicerol en rumiantes

Valor energético (10% MS)

- ✓ Piensos ricos en almidón
 - ✗ 1.10 a 1.15 UFL
- ✓ Piensos pobres en almidón
 - ✗ 1.30 a 1.34 UFL

Glicerol en rumiantes

✓ Propuesto para

✗ "Aliviar cetosis"

✗ Aporte de glucosa final gestación

✓ No siempre responde

✗ Puede pasar a AGV en rumen

✗ Acético sin poder gluconeogénico

✗ Puede pasar a glucosa en hígado

Glicerol en rumiantes

- ✓ **Deprime consumo postparto?**
 - ✗ 0 a 60 d
- ✓ **Incrementa consumo de agua?**
 - ✗ Ovino
- ✓ **Reduce la relación acético:propiónico**
 - ✗ Ovino
- ✓ **Afecta a la flora microbiana?**
 - ✗ Antiséptico

Harinas proteicas

- ✓ **Hna de soja, colza o girasol**
- ✓ **Contenidos en grasa variables (5 a 16%)**
 - ✗ **Depende del tipo de fábrica**
 - ✗ **Cooperativas agrarias vs industria**
- ✓ **Valoración en base al residuo graso**
 - ✗ **Evitar enranciamientos**
 - ✗ **Control principios antinutricionales**
- ✓ **Precisan matriz adecuada de composición**
 - ✗ **FEDNA (2007)**



Harinas de colza

Industria del biodiésel

- ✓ **Tratamiento por presión**
 - ✗ **Aceite extra (\approx 10-15% de grasa)**
- ✓ **Aplicación de humedad y calor reducido**
 - ✗ **\uparrow Mirosinasa (\downarrow H)**
 - ✗ **\downarrow Volatilización de los goitrógenos (\downarrow T)**
- ✓ **Precisa buen control de calidad**
- ✓ **Niveles de utilización mas reducidos**
 - ✗ **Rumiantes vs. monogástricos**

Conclusiones

- ✓ **DDGS y glicerol son ingredientes útiles en alimentación animal**
- ✓ **Los DDGS procedentes de la industria del etanol tienen mayor valor nutricional que los DDGS tradicionales (aminoácidos digestibles, EM y P)**
- ✓ **La falta de uniformidad limita el nivel de utilización en piensos**

Conclusiones

- ✓ **La utilización de glicerina es complicada. Se precisa mejorar la uniformidad del producto actual**
- ✓ **Se necesitan más trabajos sobre glicerol en alimentación animal, especialmente en relación con su valor energético y niveles de uso**





Producción de etanol, 2006 **EEUU¹ (Mill t)**

Producción de maíz: 270

Consumo animal: 152

Destino etanol: >50²

¹ G. Bush: 33% del maíz para etanol en 2017

² Futuro próximo esperado

Pig Int., 2007