



Control da fermentación nos ensilados de herba

Son varias as valoracións analíticas que se deben ter en conta á hora de realizar un estudo da fermentación do silo. Este artigo repasa as principais e, ademais, enumera os aspectos de manexo e os condicionantes fundamentais para conseguir uns correctos resultados.

Alexandre Udina Bonet. Director técnico de Adial Nutrición SL
alexudina@adial.es

O ensilado como proceso de conservación de forraxes baséase nunha fermentación láctica da forraxe que produce ácido láctico a partir dos azucres presentes na mesma cunha diminución do pH. Por tanto, é importante considerar todos os aspectos de manexo e outros condicionantes para conseguir unha fermentación láctica. Estes condicionantes veñen dados polo tipo de forraxe (a capacidade tampón deste), polo nivel de azucres, polo nivel de proteína, polo nivel de MS, polo nivel de microorganismos presentes (epifíticos), polo nivel de cinzas (terra), polo manexo do proceso de ensilado (picado, compactación, selado, tempo de fermentación, consumo e avance diario da fronte) e pola utilización de aditivos de ensilaxe.

Táboa 1. Relación entre a composición do substrato (forraxe) e a calidade de fermentación = FC (coeficiente de fermentabilidade)

Fermentabilidade: coeficiente de fermentabilidade (FC)	
• % materia seca	$\Sigma: FC = MS(\%) + 8 \cdot S/BC^1$
• % azucres	
• Capacidade tampón	
• Nivel de nitratos	
• Contido de bacterias epifíticas (lactobacilos)	

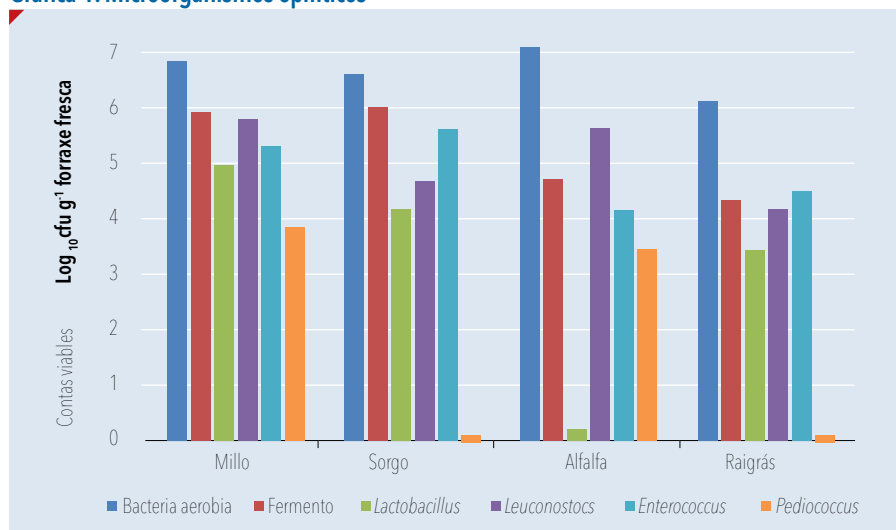
¹S/BC = azucres/capacidade tampón

As bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir dos azucres da planta, reducindo o pH e, por tanto, diminuindo a respiración da planta, a proteólise encimática, inhibindo outras bacterias prexudiciais e incrementando a dixestibilidade por un aumento da hidrólise da hemicelulosa. Non obstante, entre os microorganismos epifíticos presentes na planta non

só hai BAL (bacterias ácido lácticas), senón que nos atoparemos inicialmente con bacterias aerobias, fungos (mofos), fermentos, enterobacterias que son anaerobias facultativas (*Erwinia*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*), *Propionibacterium spp.*, listerias (*Listeria monocytogenes*), clostridios (*Clostridium butyricum*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium septicum* etc.), outros bacilos esporulados (*Streptococcus*, *Bacillus*) e as bacterias lácticas homofermentativas (*Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus lactis*, *Pediococcus acidilacti*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactococcus lactis*, *Enterococcus spp.*) ou heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc spp.* etc.)

Na primeira fase do ensilado (fase aerobia) hai unha respiración da planta con perdas de MS, xa que se perden azucres que diminuirán a intensidade da fermentación e reducirán o valor enerxético; hai tamén problemas de quecemento polo crecemento de fermentos e aerobios mesófilos, un quecemento que produce no silo de herba o “pardeamento” (reacción de Maillard ou glicosilación da proteína) ou ligado de proteína á fibra que reduce a súa dixestibilidade (aumento da fracción C, proteína ligada á fibra indixerible), e tamén pode darse unha degradación (pirólise) de azucres, que sería un aca ramelamento, que tamén dará “pardeamento”. Ademais, hai unha actividade encimática na planta (proteólise) con perdas de proteína e aumento do nitróxeno non proteico (NNP), é dicir, aumenta a fracción A e redúcense as fraccións B (proteína verdadeira). Esta fase é unha continuación do presecado, por tanto, debe reducirse o tempo de acondicionado e logo, no silo, debe acelerarse o seu peche e correcto selado para conseguir reducir a fase aerobia no silo e tamén unhas condicións de anaerobiose que favorezan a fermentación. Éntrase entón nunha fase de transición onde, coa ausencia de osíxeno, se inhibirán aerobios e se multiplicarán as bacterias lácticas

Gráfica 1. Microorganismos epifíticos



Cai et al. Arm e Hammer Webinar, Elliot Block, 2018

► O RISCO NESTAS CONDICIÓN DE ANAEROBIOSE É QUE HAI TAMÉN ACTIVIDADES DOUTRAS BACTERIAS PREXUDICIAIS PARA A FERMENTACIÓN LÁCTICA

As enterobacterias, que son microbiota epifítica da planta e tamén da terra e da auga, producen ácidos (sobre todo, acético), etanol e amoníaco; pero non poden actuar a un pH por baixo de 5, isto é, teñen alta sensibilidade á baixada de pH.

Os fermentos, que son tolerantes aos pH baixos e que, ademais, poden crecer en presenza (aerobiose) ou ausencia (anaerobiose) de osíxeno, poden fermentar azucres para producir alcois (etanol) e tamén usar o lactato de substrato (fermentos lactato asimiladores), con perdas de enerxía e de CO₂, é dicir, fermentan en ausencia de osíxeno producindo etanol e CO₂ e, en presenza de osíxeno, respiran (metabolismo oxidativo). ►►

(fase de fermentación ácida). O risco nestas condicións de anaerobiose é que hai tamén actividade doutras bacterias prexudiciais para a fermentación láctica.

Nas condicións de anaerobiose hai unha lise das células da forraje que liberan encimas e azucres, pero, como xa comentamos, haberá un crecemento de bacterias anaerobias.



ADIAL NUTRICIÓN S.L.

KOFASIL®

MEJORA LA CALIDAD DEL ENSILAJE

Conservantes para ensilados de hierba



QUÍMICOS

KOFASIL® LÍQUIDO / KOFASIL® PLUS GRANULAR

Premezcla líquida, lista para usar, no corrosiva, para forrajes húmedos de alta a moderada dificultad de fermentación.

- Nitrito sódico (E 250) 245.000 mg/kg
- Hexametenetetramina 164.000 mg/kg
- Esta combinación inhibe los microorganismos perjudiciales: clostridios, enterobacterias y listerias.

BIOLÓGICOS

KOFASIL® LAC

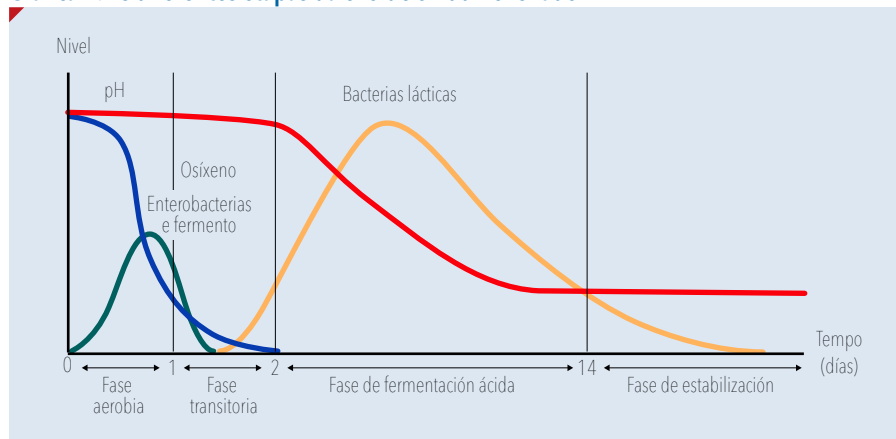
Preparado de inoculantes a base de bacterias lácticas para la mejora de la fermentación del silo.

Lactobacillus plantarum DSM 3676

Lactobacillus plantarum DSM 3677

ADIAL NUTRICIÓN S.L. - Paratge de la Tímba, 28 - 17742 Avinyonet de Puigventós (Girona) - Tel. + 34 972 546 155 - adial@adial.es - www.adial.es

Gráfica 2. As diferentes etapas da evolución dun ensilado



Pitt e Sniffen, 1985

► É NECESARIA UNHA INHIBICIÓN DE ENTEROBACTERIAS E CLOSTRIDIOS PARA PERMITIRLLES ÁS BACTERIAS LÁCTICAS MULTIPLICARSE E PRODUCIR A BAIXADA DO PH COA PRODUCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

Os clostridios fermentan proteína (aminoácidos), azucres e láctico, producindo ácido butírico, aminas bióxenas e amoníaco. A máis humidade (Aw), máis actividade dos clostridios, que están na terra. Por iso, un bo manexo para reducir cinzas é moi importante.

Nesta fase anaerobia é onde os aditivos de ensilaxe poden axudar a dirixir a fermentación, é dicir, a conseguir unha fermentación láctica do ensilado de herba, reducir a fermentación acética e inhibir a butírica e a alcohólica. É necesaria unha inhibición de enterobacterias e clostridios para permitirle ás bacterias lácticas multiplicarse e producir a baixada do pH coa produción de ácido láctico.

A recomendación sería usar ingredientes activos con actividade contra clostridios e as súas esporas, así como contra enterobacterias, como poden ser o nitrito sódico (E-250) e a hexametilenoetramina (hexamina), ambos rexistrados como aditivos de ensilaxe na UE.

Tamén o uso de benzoato sódico (ácido benzoico) ou de sorbato de potasio (ácido sórbico) axuda no seu efecto antibacteriano contra enterobacterias e, sobre todo, no seu efecto de inhibición de fermentos e fungos, que terá moita importancia para reducir as ufc/g de fermentos inicialmente, tamén na fase de estabilización do silo e cando se abra, para que sexa máis estable (control da estabilidade aerobia).

As causas de baixos valores de ácido láctico nun ensilado poden ser por un valor moi alto de MS (> 50 % MS), co que a intensidade de fermentación se resente; por un acondicionado demasiado longo (perdas altas de azucres); por tempo frío ao momento de ensilar (corte de raigrás no inverno), xa que as baixas temperaturas retardan a fermentación; por inestabilidade aerobia (os fermentos poden consumir láctico), por poucos azucres na forraxe (alfalfa) ou porque houbo fermentación butírica (clostridios).

Por outra banda, as causas de altos valores de ácido acético (“cheiro a vinagre”) indican unha fermentación lenta (a primeira fase do ensilado, tanto a fase aerobia como a fase de transición, prolongouse demasiados días) con altas perdas de MS. Prodúcese en silos moi húmidos, en fermentacións lentas pola alta capacidade tampón dunha forraxe, por un mal selado do silo ou posposta do seu peche despois de compactar (demasiados días para o enchido) ou por unha mala compactación.

As causas de ter altos valores de ácido butírico (“cheiro fétido”) indican unha fermentación por clostridios, con perdas de calidade proteica e produción de aminas bióxenas e niveis altos de amoníaco sobre o total de N ou de PB. Dáse en silos con baixas MS (alta Aw), forraxes con niveis altos de PB, niveis altos de cinzas, contaminación por xurros na forraxe, por ausencia de azucres na forraxe etc. As aminas bióxenas ou bioxénicas son as que van dar problemas nos animais, con baixada de producións, problemas reprodutivos, inmunosupresión, toxicidade etc. Unha analítica permite determinar os niveis (óptimo de < 5 g/kg) de cadaverina, putrescina e outras aminas.

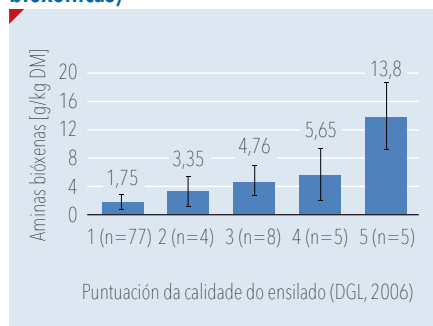
As aminas bióxenas teñen un impacto negativo na saúde dos animais, sobre todo, polo seu efecto negativo na fertilidade. Describíronse efectos negativos de aminas do tipo tiramina, triptamina e feniletilamina no fluxo sanguíneo (efecto vasoactivo) que poden dar lugar a problemas podais. Tamén se describiu o efecto de aminas bióxenas na destrución de mucosas do dixestivo e dos órganos xenitais, cun efecto descrito da histamina na función inmune (efecto inmunosupresor). Outros efectos descritos son o aumento da presión sanguínea e a redución da inxestión (descrito para niveis de putrescina de 8 g/kg MS). Segundo a táboa do LKS (táboa 3), de recomendacións, o óptimo sería de < 5 g/kg MS de aminas bióxenas nun ensilado; para niveis de aminas de 5-15 g/kg MS hai efectos negativos en inxestión, baixada de producións e problemas de saúde, e para > 15 g/kg MS de aminas, non se recomendaría usar o silo na ración. ►►

Táboa 2. Perfís fermentativos. Valores ideais

	Leguminosas <35 % MS	Leguminosas 35-50 % MS	Leguminosas >50 % MS	Raigrás (herba)	Millo	Pastoreo-gran millo húmido
Ph	4,0-4,3	4,3-4,7	4,7-5,0	4,3-4,7	3,8-4,2	4,0-4,5
Ácido láctico	6,0-8,0	4,0-6,0	2,0-4,0	6,0-10,0	5,0-10,0	1,0-2,0
Ácido acético	1,0-3,0	0,5-2,5	0,5-2,0	1,0-3,0	1,0-3,0	<0,5
Ácido butírico	<0,5	<0,25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Etolol	<1,0	<1,0	<0,5	<1,0	<3,0	<2,0
Amoníaco/pb (%)	<15,0	<12,0	<10,0	<12,0	<8,0	<10,0
Láctico: acético	>2	>2,5	>2,5	>2	>3	>3
Láctico (% total ácidos)	>60	>70	>70	>60	>70	>70
Fungos e fermentos (ufc/g)	<100.000	<100.000	<100.000	<100.000	<100.000	<100.000

Dairyland, Kung et al.

Gráfica 3. Calidade, fermentación e degradación de proteína (niveis de aminos bioxénicas)



Silo de raigrás (calidade DLG: de 1 (boa fermentación) a 5: mala fermentación)

Finalmente, as causas de ter valores altos de etanol (“cheiro a alcol”) indican un excesivo metabolismo dos fermentos, é dicir, que houbo fermentación alcólica con altas perdas de MS no proceso de fermentación debido a un mal selado, a unha mala compactación (densidades por baixo de 210 kg MS por m³) e tamén a un problema na fase do baleirado do silo, ou sexa, unha vez que se abre o silo poden crecer de novo fermentos causando unha inestabilidade aerobia. O uso de aditivos de ensilaxe para o control da estabilidade aerobia (benzoato sódico, sorbato de potasio, propionatos etc.) axuda ao control dos fermentos (< 100.000 ufc/g).

Os fermentos máis habituais nos ensilados son *Candidakrusei*, *Pichiakluyveri*, *Pichiaanomala*, *Candidalambica* e *Debaromycesdelbrueckii*. Tamén hai bacterias aerobias como *Acetobacteraceti* e *Gluconobacter spp.*, que causan deterioración, e os mofos (fungos) que, ademais das perdas nutricionais, poden producir micotoxinas. Os máis habituais nos ensilados son *Penicillium*, *Geotrichum*, *Byssoschlamys*, *Giberella*, *Rhizopus*, *Mucorales*, *Monascus*, *Fusarium* e *Aspergillus*.

A estabilidade aerobia pódese considerar como a evidencia da deterioración do silo por exposición ao osíxeno e pódese considerar como o tempo a incrementar en 2 °C a temperatura do silo (en menos de 48h.), polos cambios de pH (aumento en >0,5) ou pola produción de CO₂ (> 10 g/kg MS), é dicir, o control da temperatura e do pH debe ir acompañado do control microbiolóxico (reconto de fermentos e fungos, ufc/g) e dun control da densidade de compactación (o óptimo sería de > 210 kg MS/m³) para valorar se o silo está ben ou mal compactado.

▶ O CONTROL DA TEMPERATURA E DO PH DEBE IR ACOMPAÑADO DO CONTROL MICROBIOLÓXICO E DUN CONTROL DA DENSIDADE DE COMPACTACIÓN PARA VALORAR SE O SILO ESTÁ BEN OU MAL COMPACTADO



Fungos (mofos) e fermentos (*Aspergillus*, *Monascus*, *Geotrichum*...) no silo de herba

Táboa 3. Táboa de valores recomendados para o silo de herba (LKS)

Parámetros	Unidades	Silo de herba (raigrás)
Proteína bruta	g/kg MS	150 a 180
Proteína bruta utilizable	g/kg MS	> 135
Proteína soluble (A, B1)	% de PB	55-60 %
Proteína indixestible (C)	% de PB	< 12 %
UDP (proteína bypass)		15-25
Pepsina-insoluble PB	% de PB	< 25 %
NH ₃ -N del total N	%	< 8 %
Aminas bioxénicas	g/kg MS	< 5
Cinzas	g/kg MS	< 100
pH		4,2 - 4,8 (segundo MS)
Ácido acético	% MS	1,5-3,5
Ácido butírico	% MS	0
Ácido láctico	% MS	2,5-8,0
Etanol	% da MS	< 1,5

En conclusión, hai que realizar unha analítica do fermentativo do silo para interpretar como foi a fermentación deste e medir os ácidos carboxílicos da fermentación (láctico, acético, butírico), o pH, a materia seca, a porcentaxe de cinzas, a porcentaxe de etanol e o nivel de PB e o seu fraccionado, así como o NH₃ sobre o total de N ou de PB. Poderíase engadir unha analítica do total de aminos bioxénicas (g/kg); outra, doutros alcois, e outra, da densidade. Tamén se podería realizar unha analítica do microbiolóxico do silo (sobre todo, un reconto de fermentos e fungos) e de bacterias, se hai problemas (enterobacterias, clostridios...), e unha analítica de micotoxinas. Nesta última

pódense valorar tanto micotoxinas de conservación (producidas no propio ensilado) como as micotoxinas de campo (producidas na planta no campo). Recoméndase analizar aflatoxinas totais, vomitoxina (DON), T-2, zearale-nona, fumonisinas e ocratoxinas. Ante sospeitas concretas por visualización de fungos determinados no silo ou por problemas clínicos asociados, tamén se pode analizar roquefortina, monaculina, alcaloides (ergotamina) etc. Hai que usar unha táboa de niveis para vacún de leite (por fases) para valorar os niveis de cada micotoxina en ppb (μ/kg), sms (sobre materia seca) e as posibles sinerxías (sumatorios de micotoxinas sinérxicas). ▶▶

KIT DE PROBAS DE ENSILADO

Pódese usar material na granxa para valorar a forraxe antes de ensilar e no silo unha vez aberto.

Antes de ensilar podemos facer unha valoración da MS cun medidor de humidade ou usando o método do microondas e tamén valorar os azucres cun refractómetro (nivel de azucres antes de ensilar). Poderíase valorar tamén o nivel de lactobacilos epifíticos (cultivo en ágar MRS) e usar un NIR portátil para facer unha valoración previa de MS e proteína.

Unha vez aberto o silo, podemos facer un control da temperatura, do pH e da densidade de compactación, así como usar de novo un NIR portátil para comprobar as determinacións nutricionais e valorar a MS.

Control da temperatura. A nivel práctico pódese usar un termómetro para o control das temperaturas na fronte do silo e unha sonda para mirar as do interior. É importante a interpretación dos resultados, nun silo estable a temperatura do exterior será sempre máis baixa que na zona central polo efecto de disipar calor cara a fóra. Un aumento da temperatura nas capas de arriba e exteriores indica unha actividade de fermentos (inestabilidade aerobia).

Control do pH. Tamén se pode medir o pH cun pH-metro (necesítase silo con MS baixas para extraer líquido para a medición) ou ben usar tiras de pH. Coa axuda dun espreme-allos pódense sacar unhas pingas da forraxe e facer a lectura. Hai que interpretar os resultados do pH medido respecto ao pH estimado ou ideal (é dicir, o pH que debería ter a forraxe en función da MS e que, segundo a fórmula de Haigh, sería para o silo de raigrás: $pHe = 0,0359 \text{ por MS} + 3,44$). Un pH demasiado alto (medido > estimado) indica fermentación butírica por clostridios por altpolo nivel de cinzas ou por presenza de xurros (esterco), unha mala compactación ou un atraso no selado que implica actividade de fermentos (que consomen láctico e aumentan o pH). Tamén un exceso de fermentación acética dará un pH máis alto.

Control de densidade. Pódese usar un densitómetro ou tubo de densidade axustado a un trade para sacar mostra do tubo de densidade e, segundo o volume extraído, faise lectura e estímase a densidade en kg de MS por m³. O obxectivo é sempre estar por encima dos 210 kg MS/m³ e recoméndase unha lectura do terzo superior, outra do terzo medio e outra do terzo inferior e facer unha media dos tres valores obtidos. O problema adoita estar no terzo superior, onde habitualmente non se chega aos 200 kg de MS/m³ e, por tanto, será propenso á entrada de osíxeno e á inestabilidade aerobia. Coas densidades pódese facer unha estimación do cubicaxe e das toneladas de forraxe do silo.

Control organoléptico. Finalmente, hai que usar os sentidos, facer unha inspección visual para detectar cambios de cor, zonas marróns (pardeamento) ou negras (putrefacción, *blacklayers* ou capas negras) e ver crecemento de fungos (mofos). Tamén cómpre facer uso do olfacto para detectar cheiros (cheiro a herba fresca ou láctico, cheiro a vinagre ou acético, cheiro fétido ou butírico, cheiro pútrido, cheiro a alcol ou etanol). Manualmente pódese examinar a MS facendo forza coas mans para ver se solta auga ou non (límite do 25 % MS) ou ben usar algún medidor ou sonda de humidade para saber a MS. A inspección visual permítenos tamén valorar o procesado e o picado da forraxe e, cun separador de partículas, pódense determinar as porcentaxes de tamaño de partículas da forraxe (usar separador de partículas de forraxe de Penn State). Por último, un lavado en auga dunha mostra de silo previamente pesada pode permitir unha valoración aproximada da terra que leva (valoración de cinzas descontando a porcentaxe teórica destas que lles corresponde aos minerais propios da forraxe).

► UN LAVADO EN AUGA DUNHA MOSTRA DE SILO PREVIAMENTE PESADA PODE PERMITIR UNHA VALORACIÓN APROXIMADA DA TERRA QUE LEVA

Todas estas estimacións analíticas e as levadas a cabo usando o material descrito no propio silo permítenos avaliar a calidade da fermentación do silo que, segundo o laboratorio LKS de referencia en Alemaña e o DLG, se poderían clasificar do 1 ao 5 como moi ben fermentados (1), ben fermentados (2), fermentación regular (3), mal fermentados (4) e moi mal fermentados (5), estes últimos non aptos para o consumo dos animais.

A táboa do LKS para valorar a fermentación do ensilado de herba (raigrás) sería a última lectura e interpretación a facer de todos os resultados obtidos do silo.

AGRADECIMENTOS

A todo o equipo técnico de Adial, especialmente aos veterinarios Antón Camarero Suances e Joan Soler Portell por compartir as súas experiencias e os seus coñecementos dos ensilados. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Block, Elliot- WebinarArm and Hammer, Amsterdam 16.02.2018
- Soler, Joan – Seminario sobre Conservación ensilados, Girona, 26.01.2018
- Camarero, Antón – Documentación del Sila Aprende (talleres de ensilado), febrero 2018
- Millimonka, Andreas – Documentación técnico comercial de AddconGmbH
- Richart, Wolfram – Tablas de valores del LKS (International Silage Summit), Leipzig 2014