



Control de la fermentación en los ensilados de hierba

Son varias las valoraciones analíticas que se deben tener en cuenta a la hora de realizar un estudio de la fermentación del silo. Este artículo repasa las principales y, además, enumera los aspectos de manejo y los condicionantes fundamentales para conseguir unos correctos resultados.

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

El ensilado como proceso de conservación de forrajes se basa en una fermentación láctica del forraje que produce ácido láctico a partir de los azúcares presentes en este con una disminución del pH. Por tanto, es importante considerar todos los aspectos de manejo y otros condicionantes para conseguir una fermentación láctica. Estos condicionantes vienen dados por el tipo de forraje (su capacidad tampón), por el nivel de azúcares, por el nivel de proteína, el nivel de MS, por el nivel de microorganismos presentes (epifíticos), por el nivel de cenizas (tierra), por el manejo del proceso de ensilado (picado, compactación, sellado, tiempo de fermentación, consumo y avance diario del frente) y por la utilización de aditivos de ensilado.

Tabla 1. Relación entre la composición del sustrato (forraje) y la calidad de fermentación = FC (coeficiente de fermentabilidad)

Fermentabilidad: coeficiente de fermentabilidad (FC)	
• % materia seca • % azúcares • Capacidad de tampón	$\sum: FC = MS (\%) + 8 \cdot S / BC^1$
• Nivel de nitratos • Contenido de bacterias epifíticas (lactobacilos)	

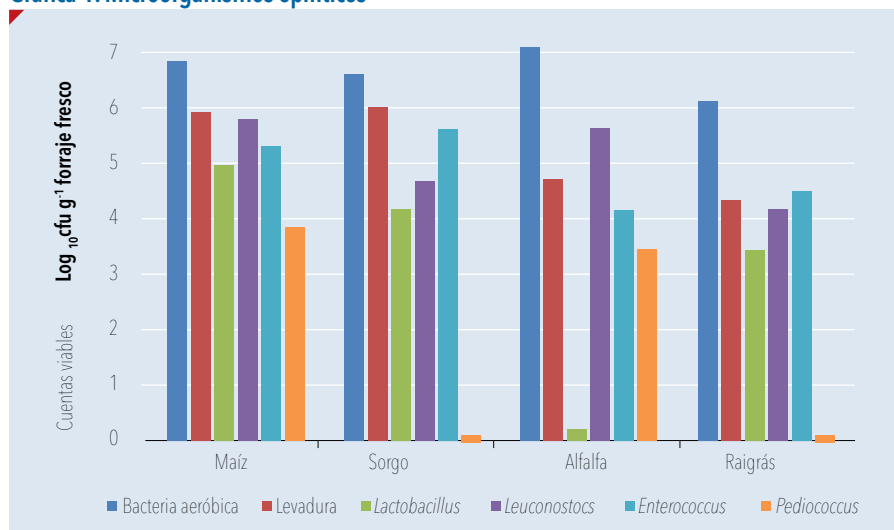
¹S/BC = azúcares/capacidad tapón

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de los azúcares de la planta, reduciendo el pH y, por tanto, disminuyendo la respiración de la planta, la proteólisis enzimática, inhibiendo otras bacterias perjudiciales e incrementando la digestibilidad por un aumento de la hidrólisis de la hemicelulosa. Sin embargo, entre los microorganismos epi-

fíticos presentes en la planta no solo hay BAL (bacterias ácido lácticas), sino que nos encontraremos inicialmente con bacterias aerobias, hongos (mos), levaduras, enterobacterias que son anaerobias facultativas (*Erwinia*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*), *Propionibacterium spp.*, listerias (*Listeria monocytogenes*), clostridios (*Clostridium butyricum*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium septicum* etc.), otros bacilos esporulados (*Streptococcus*, *Bacillus*) y las bacterias lácticas homofermentativas (*Lactobacillus Plantarum*, *Lactobacillus lactis*, *Pediococcus acidilacti*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactococcus lactis*, *Enterococcus spp.*) o heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc spp.*, etc.)

En la primera fase del ensilado (fase aeróbica) hay una respiración de la planta con pérdidas de MS, ya que se pierden azúcares que disminuirán la intensidad de la fermentación y reducirán el valor energético; hay también problemas de calentamiento por el crecimiento de levaduras y aerobios mesófilos, un calentamiento que produce en el silo de hierba el “pardeamiento” (reacción de Maillard o glucosilación de la proteína) o ligado de proteína a la fibra que reduce su digestibilidad (aumento de la fracción C, proteína ligada a la fibra indigestible) y también puede darse una degradación (pirólisis) de azúcares, que sería una caramelización que también dará pardeamiento. Además, hay una actividad enzimática en la planta (proteólisis) con pérdidas de proteína y aumento del nitrógeno no proteico (NNP), es decir, aumenta la fracción A y se reducen las fracciones B (proteína verdadera). Esta fase es una continuación del presecado, por tanto, debe reducirse el tiempo de acondicionamiento y luego, en el silo, debe acelerarse su cierre y correcto sellado para conseguir reducir la fase aerobia en el silo y también unas condiciones de anaerobiosis que favorezcan la fermentación. Se entra entonces en una fase de transición donde, con la ausencia de oxígeno, se inhibirán aerobios y se multiplicarán las bacterias lácticas (fase de fermentación ácida). El riesgo en estas condiciones de anaerobiosis es que hay también actividad de otras bacterias perjudiciales para la fermentación láctica.

Gráfica 1. Microorganismos epifíticos



Cai et al.; Arm y Hammer Webinar; Elliot Block, 2018

En las condiciones de anaerobiosis hay una lisis de las células del forraje que liberan enzimas y azúcares, pero, como ya comentamos, habrá un crecimiento de bacterias anaeróbicas.

Las enterobacterias, que son microbiota epifítica de la planta y también de la tierra y del agua, producen ácidos (sobre todo, acético), etanol y amoníaco, pero no pueden actuar a un pH

► EL RIESGO EN ESTAS CONDICIONES DE ANAEROBIOSIS ES QUE HAY TAMBIÉN ACTIVIDADES DE OTRAS BACTERIAS PERJUDICIALES PARA LA FERMENTACIÓN LÁCTICA

por debajo de 5, es decir, tienen alta sensibilidad a la bajada de pH.

Las levaduras, que son tolerantes a los pH bajos y que además pueden crecer en presencia (aerobiosis) o ausencia (anaerobiosis) de oxígeno, pueden fermentar azúcares para producir alcoholes (etanol) y también usar el lactato de sustrato (levaduras lactato asimiladores), con pérdidas de energía y de CO₂, es decir, fermentan en ausencia de oxígeno produciendo etanol y CO₂ y, en presencia de oxígeno, respiran (metabolismo oxidativo). ►►



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
- Hexametileno tetramina 164.000 mg/kg
- Esta combinación inhibe los microorganismos perjudiciales: clostridios, enterobacterias y listerias.

BIOLÓGICOS

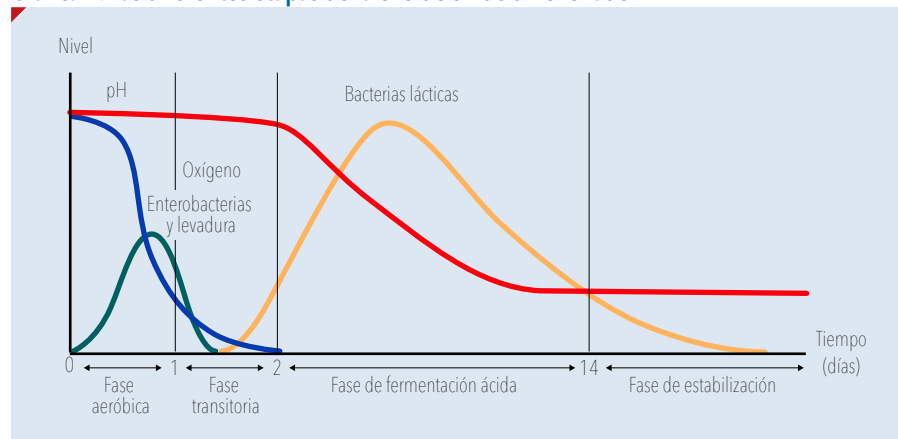
KOFASIL® LAC

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. Las diferentes etapas de la evolución de un ensilado



Pitt y Sniffen, 1985

► ES NECESARIA UNA INHIBICIÓN DE ENTEROBACTERIAS Y CLOSTRIDIOS PARA PERMITIRLES A LAS BACTERIAS LÁCTICAS MULTIPLICARSE Y PRODUCIR LA BAJADA DEL PH CON LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

Los clostridios fermentan proteína (aminoácidos), azúcares y láctico, produciendo ácido butírico, aminas biógenas y amoníaco. A más humedad (Aw), más actividad de los clostridios, que están en la tierra. Por eso, un buen manejo para reducir cenizas es muy importante.

En esta fase anaeróbica es donde los aditivos de ensilado pueden ayudar a dirigir la fermentación, es decir, a conseguir una fermentación láctica del ensilado de hierba, reducir la fermentación acética e inhibir la butírica y la alcohólica. Es necesaria una inhibición de enterobacterias y clostridios para permitirles a las bacterias lácticas multiplicarse y producir la bajada del pH con la producción de ácido láctico.

La recomendación sería usar ingredientes activos con actividad contra clostridios y sus esporas, así como contra enterobacterias, como pueden ser el nitrito sódico (E-250) y la hexametileno tetramina (hexamina), ambos

registrados como aditivos de ensilado en la UE.

También el uso de benzoato sódico (ácido benzoico) o de sorbato de potasio (ácido sórbico) ayuda en su efecto antibacteriano contra enterobacterias y, sobre todo, en su efecto de inhibición de levaduras y hongos, que tendrá mucha importancia para reducir las ufc/g de levaduras inicialmente, también en la fase de estabilización del silo y, cuando se abra, para que sea más estable (control de la estabilidad aeróbica).

Las causas de bajos valores de ácido láctico en un ensilado pueden ser por un valor muy alto de MS (> 50 % MS), con lo que la intensidad de fermentación se resiente; por un acondicionamiento demasiado largo (pérdidas altas de azúcares); por tiempo frío en el momento de ensilar (corte de raigrás en invierno), ya que las bajas temperaturas retardan la fermentación; por inestabilidad aeróbica (las

levaduras pueden consumir láctico), por pocos azúcares en el forraje (alfalfa) o porque hubo fermentación butírica (clostridios).

Por otra parte, las causas de altos valores de ácido acético (“olor a vinagre”) indican una fermentación lenta (la primera fase del ensilado, tanto la fase aeróbica como la fase de transición, se prolongó demasiados días) con altas pérdidas de MS. Se produce en silos muy húmedos, en fermentaciones lentas por la alta capacidad tampón de un forraje, por un mal sellado del silo o pospuesta de su cierre después de compactar (demasiados días para el llenado) o por una mala compactación.

Las causas de tener altos valores de ácido butírico (“olor fétido”) indican una fermentación por clostridios, con pérdidas de calidad proteica y producción de aminas biógenas y niveles altos de amoníaco sobre el total de N o de PB. Se da en silos con bajas MS (alta Aw), forrajes con niveles altos de PB, niveles altos de cenizas, contaminación por purines en el forraje, por ausencia de azúcares en el forraje, etc. Las aminas biógenas o biogénicas son las que van a dar problemas en los animales, con bajada de producciones, problemas reproductivos, inmunosupresión, toxicidad, etc. Una analítica permite determinar los niveles (óptimo de < 5 g/kg) de cadaverina, putrescina y otras aminas.

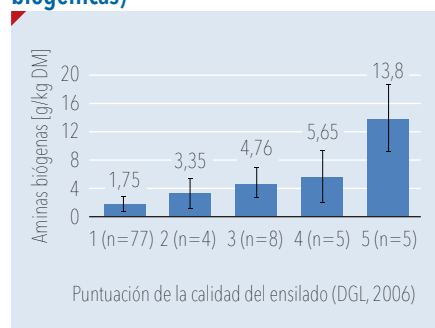
Las aminas biógenas tienen un impacto negativo en la salud de los animales, sobre todo por su efecto negativo en la fertilidad. Se describieron efectos negativos de aminas del tipo tiramina, triptamina y feniletilamina en el flujo sanguíneo (efecto vasoactivo) que pueden dar lugar a problemas podales. También se describió el efecto de aminas biógenas en la destrucción de mucosas del digestivo y de los órganos genitales, con un efecto descrito de la histamina en la función inmune (efecto inmunosupresor). Otros efectos descritos son el aumento de la presión sanguínea y la reducción de la ingesta (descrito para niveles de putrescina de 8 g/kg MS). Según la tabla del LKS de recomendaciones, el óptimo sería de < 5 g/kg MS de aminas biógenas en un ensilado; para niveles de aminas de 5-15 g/kg MS hay efectos negativos en ingesta, bajada de producciones y problemas de salud; para > 15 g/kg MS de aminas no se recomendaría usar el silo en la ración. ►►

Tabla 2. Perfiles fermentativos. Valores ideales

	Leguminosas <35 % MS	Leguminosas 35-50 % MS	Leguminosas >50 % MS	Raigrás (herba)	Maíz	Pastoreo-grano maíz húmedo
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
Etanol	<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
Hongos y levaduras (ufc/g)	<100.000	<100.000	<100.000	<100.000	<100.000	<100.000

Fuente: Dairyland, Kung et al.

Gráfica 3. Calidad, fermentación y degradación de proteína (niveles de aminas biogénicas)



Silo de raigrás (calidad DLG: 1, buena fermentación a 5, mala fermentación)

Finalmente, las causas de tener valores altos de etanol ("olor a alcohol") indican un excesivo metabolismo de las levaduras, es decir, que hubo fermentación alcohólica con altas pérdidas de MS en el proceso de fermentación debido a un mal sellado, a una mala compactación (densidades por debajo de 210 kg MS por m³) y también a un problema en la fase del vaciado del silo, o sea, una vez que se abre el silo pueden crecer de nuevo levaduras causando una inestabilidad aeróbica. El uso de aditivos de ensilado para el control de la estabilidad aeróbica (benzoato sódico, sorbato de potasio, propionatos, etc.) ayuda al control de las levaduras (< 100.000 ufc/g).

Las levaduras más habituales en los ensilados son *Candida crusei*, *Pichia kluyveri*, *Pichia anomala*, *Candida lambica* y *Debaromyces delbrueckii*. También hay bacterias aerobias como *Acetobacter acetibacteraceti* y *Gluconobacter spp.*, que causan deterioro, y los mohos (hongos) que, además de las pérdidas nutricionales, pueden producir micotoxinas. Los más habituales en los ensilados son *Penicillium*, *Geotrichum*, *Byssoschlamys*, *Giberella*, *Rhizopus*, *Mucorales*, *Monascus*, *Fusarium* y *Aspergillus*.

La estabilidad aeróbica se puede considerar como la evidencia del deterioro del silo por exposición al oxígeno y se puede considerar como el tiempo a incrementar en 2 °C a temperatura el silo (en menos de 48 h), por los cambios de pH (aumento en >0,5) o por la producción de CO₂ (> 10 g/kg MS), es decir, el control de la temperatura y del pH debe ir acompañado del control microbiológico (recuento de levaduras y hongos, ufc/g) y de un control de la densidad de compactación (el óptimo sería de 210 > kg MS/m³) para valorar

► EL CONTROL DE LA TEMPERATURA Y DEL PH DEBE IR ACOMPAÑADO DEL CONTROL MICROBIOLÓGICO Y DE UN CONTROL DE LA DENSIDAD DE COMPACTACIÓN PARA VALORAR SI EL SILO ESTÁ BIEN O MAL COMPACTADO



Hongos (mohos) y levaduras (*Aspergillus*, *Monascus*, *Geotrichum*...) en silo de hierba

Tabla 3. Tabla de valores recomendados para el silo de hierba (LKS)

Parámetros	Unidades	Silo de hierba (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 indigestible (C)	% de PB	< 12 %
UDP (proteína baipás)		15-25
Pepsina-insoluble PB	% de PB	< 25 %
NH ₃ -N del total N	%	< 8 %
Aminas biogénicas	g/kg MS	< 5
Cenizas	g/kg MS	< 100
pH		4,2 - 4,8 (según MS)
Ácido acético	% MS	1,5-3,5
Ácido butírico	% MS	0
Ácido láctico	% MS	2,5-8,0
Etanol	% de la MS	< 1,5

si el silo está bien o mal compactado.

En conclusión, hay que realizar una analítica del fermentativo del silo para interpretar cómo fue su fermentación y medir los ácidos carboxílicos de la fermentación (láctico, acético, butírico...), el pH, la materia seca, el porcentaje de cenizas, el porcentaje de etanol y el nivel de PB y su fraccionado, así como el NH₃ sobre el total de N o de PB. Se podría añadir una analítica del total de aminas biogénicas (g/kg); otra, de otros alcoholes, y otra, de la densidad. También se podría realizar una analítica del microbiológico del silo (sobre todo, un recuento de levaduras y hongos) y de bacterias, si hay problemas (enterobacterias, clostridios), y una analítica de

micotoxinas. En esta última se pueden valorar tanto micotoxinas de conservación (producidas en el propio ensilado) como las micotoxinas de campo (producidas en la planta en el campo). Se recomienda analizar aflatoxinas totales, vomitoxina (DON), T-2, zearaleona, fumonisinas y ocratoxinas. Ante sospechas concretas por visualización de hongos determinados en el silo o por problemas clínicos asociados, también se puede analizar roquefortina, monaculina, alcaloides (ergotamina), etc. Hay que usar una tabla de niveles para vacuno de leche (por fases) para valorar los niveles de cada micotoxina en ppb (µg/kg), sms (sobre materia seca) y las posibles sinergias (sumatorios de mico-

KIT DE PRUEBAS DE ENSILADO

Se puede usar material en la granja para valorar el forraje antes de ensilar y en el silo, una vez abierto.

Antes de ensilar podemos hacer una valoración de la MS con un medidor de humedad o usando el método del microondas y también valorar los azúcares con un refractómetro (nivel de azúcares antes de ensilar). Se podría valorar también el nivel de lactobacilos epifíticos (cultivo en ágar MRS) y usar un NIR portátil para hacer una valoración previa de MS y proteína.

Una vez abierto el silo podemos hacer un control de la temperatura, del pH y de la densidad de compactación, así como usar de nuevo un NIR portátil para comprobar las determinaciones nutricionales y valorar la MS.

Control de la temperatura. A nivel práctico se puede usar un termómetro para el control de las temperaturas en el frente del silo y una sonda para mirar temperaturas del interior. Es importante la interpretación de los resultados; en un silo estable la temperatura del exterior será siempre más baja que en la zona central por el efecto de disipar calor hacia fuera. Un aumento de la temperatura en las capas de arriba y exteriores indica una actividad de levaduras (inestabilidad aerobia).

Control del pH. También se puede medir el pH con un pH-metro (se necesita silo con MS bajas para extraer líquido para la medición) o bien usar tiras de pH. Con la ayuda de un exprime-ajos se pueden sacar unas gotas del forraje y hacer la lectura. Hay que interpretar los resultados del pH medido respecto al pH estimado o ideal (es decir, el pH que debería tener el forraje en función de la MS y que, según la fórmula de Haigh, sería para el silo de raigrás: $pH_e = 0,0359 \text{ por MS} + 3,44$). Un pH demasiado alto (medido > estimado) indica fermentación butírica por clostridios por alto nivel de cenizas o por presencia de purines (abono), una mala compactación o un retraso en el sellado que implica actividad de levaduras (que consumen láctico y aumentan el pH). También un

exceso de fermentación acética dará un pH más alto.

Control de densidad. Se puede usar un densitómetro o tubo de densidad ajustado a un taladro para sacar muestra del tubo de densidad y, según el volumen extraído, se hace lectura y se estima la densidad en kg de MS por m^3 . El objetivo es siempre estar por encima de 210 kg MS/ m^3 y se recomienda una lectura del tercio superior, otra del tercio medio y otra del tercio inferior y hacer una media de los tres valores obtenidos. El problema suele estar en el tercio superior, donde habitualmente no se llega a los 200 kg de MS/ m^3 y, por tanto, será propenso a la entrada de oxígeno y a la inestabilidad aerobia. Con las densidades se puede hacer una estimación del cubaje y de las toneladas de forraje del silo.

Control organoléptico. Finalmente, hay que usar los sentidos, hacer una inspección visual para detectar cambios de color, zonas marrones (pardeamiento) o negras (putrefacción, *blacklayers* o capas negras) y ver crecimiento de hongos (mohos). También es necesario hacer uso del olfato para detectar olores (olor a hierba fresca o láctico, olor a vinagre o acético, olor fétido o butírico, olor pútrido, olor a alcohol o etanol). Manualmente se puede examinar la MS haciendo fuerza con las manos para ver si suelta agua o no (límite del 25 % MS) o bien usar algún medidor o sonda de humedad para saber la MS. La inspección visual nos permite también valorar el procesado y picado del forraje y, con un separador de partículas, se pueden determinar los porcentajes de tamaño de partículas del forraje (usar separador de partículas de forraje de Penn State). Por último, un lavado en agua de una muestra de silo previamente pesada puede permitir una valoración aproximada de la tierra que lleva (valoración de cenizas descontando el porcentaje teórico de cenizas que se corresponde con los minerales propios del forraje).

► UN LAVADO EN AGUA DE UNA MUESTRA DE SILO PREVIAMENTE PESADA PUEDE PERMITIR UNA VALORACIÓN APROXIMADA DE LA TIERRA QUE LLEVA

Todas estas estimaciones analíticas y las llevadas a cabo usando el material descrito en el propio silo nos permiten hacer una valoración de la calidad de la fermentación del silo, que, según el laboratorio LKS de referencia en Alemania y el DLG, se podrían clasificar del 1 al 5 como muy bien fermentados (1), bien fermentados (2), fermentación regular (3), mal fermentados (4) y muy mal fermentados (5), estos últimos no aptos para el consumo de los animales.

La tabla del LKS para valorar la fermentación del ensilado de hierba (raigrás) sería la última lectura e interpretación a hacer de todos los resultados obtenidos del silo.

AGRADECIMIENTOS

A todo el equipo técnico de Adial, especialmente a los veterinarios Antón Camarero Suances y Joan Soler Portell por compartir sus experiencias y sus conocimientos de los ensilados. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Block, Elliot- Webinar Arm 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