



Manejo de forrajes para ensilar

Adela Martínez-Fernández
Alejandro Argamentaría Gutiérrez
Begoña de la Roza Delgado



Manejo de forrajes para ensilar

Autores: Adela Martínez-Fernández
Alejandro Argamentoría Gutiérrez
Begoña de la Roza Delgado

© Autores: Adela Martínez-Fernández, Alejandro Argamentería Gutiérrez y Begoña de la Roza Delgado

Edita: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA)
del Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias, España

© Fotografías: Serida

Imprime: I. Gofer

ISBN: 978-84-617-3234-0

D.L. AS 4.335-2014

Índice

INTRODUCCIÓN	11
AGRADECIMIENTOS.....	13
CAPÍTULO I. PASTOS Y FORRAJES EN ASTURIAS	15
1.1. Concepto de pasto y forraje	17
1.2. Categorías de pasto existentes en Asturias y superficie ocupada por los mismos .	17
1.3. Pastoreo y siega en Asturias.....	18
1.4. Vocación para siega y/o pastoreo de diferentes especies forrajeras	19
CAPÍTULO II. CONSERVACIÓN DE FORRAJES. NECESIDAD Y MÉTODOS	21
II.1.- Datos termopluriométricos de Asturias.....	23
II.2.- Estacionalidad de la producción forrajera.....	23
II.3.- Necesidad de conservación de forrajes	25
II.4.- Diferentes métodos de conservación de forrajes.....	26
II.4.1.- Introducción	26
II.4.2.- Conservación de forrajes por deshidratación	26
II.4.2.1.- Henificación natural	26
II.4.2.2.- Henificación con ventilación forzada	27
II.4.2.3.- Deshidratación	27
II. 4.3.- Conservación de forrajes por fermentación.....	28
II. 4.4.- Conservación de forrajes por congelación	28
II.5.- El ensilado, mejor método de conservación de forrajes en zonas húmedas.....	28
CAPÍTULO III. EL PROCESO DE ENSILADO.....	31
III. 1.- ¿Qué es el ensilado?	33
III. 2.- Respiración celular del forraje segado	34
III. 3.- Procesos fermentativos del ensilado.....	34
III. 3. 1.- Fermentación acética	34
III. 3. 2.- Fermentación láctica.....	34
III. 3. 3- Fermentaciones secundarias	36
III. 4.- Beneficios económicos ante el aprovechamiento del excedente forrajero	37
CAPÍTULO IV. SILOS CONVENCIONALES	39
IV.1.- Concepto de silo convencional	41
IV.2.- Silos torre	41
IV.3.- Silos trinchera.....	42
IV.4.- Silos zanja.....	45
IV.5.- Silos plataforma.....	46

CAPÍTULO V: MAQUINARIA Y MATERIAL PARA EL	
ENSILADO CONVENCIONAL	49
V.1.- Fases del proceso de ensilado convencional.....	51
V.2.- Siega del forraje con ensilado directo.....	51
V.2.1.- Cosechadoras para ensilado directo de forrajes de consistencia herbácea	52
V.2.1.1 Cosechadora de corte simple o de mayales.....	52
V.2.1.2.- Cosechadora de doble corte	52
V.2.2.- Cosechadora de doble uso	52
V.3.- Siega del forraje con opción de prehenificación	54
V.4.- Prehenificación del forraje sobre el terreno	55
V.5.- Recogida y transporte del forraje con opción de prehenificación.....	57
V.5.1.- Cosechadora-picadora de precisión o recogedora-picadora.....	57
V.5.2.- Remolque autocargador	57
V. 6.- Caso particular para las zonas de montaña	59
V.6.1.- Tractor convencional en zona de montaña.....	59
V.6.2.- Tractor específico de montaña	59
V.6.3.- Transportador o vehículo multifunción	60
V.6.4.- Tractocarro	60
V.6.5.- Motosegadora.....	60
V.6.6.- Segadoras de corte alternativo, de corte rotativo o acondicionadora ...	60
V.6.7.- Rastrillo hilerador	62
V.6.8.- Rastrillo recogedor y rastrillo desplazador	62
V.6.9.- Autocargador	62
V.7.- Descarga y acondicionamiento del forraje en el silo.....	62
V.7.1- Descarga y acondicionamiento de forraje en silos verticales.....	62
V.7.2- Descarga y acondicionamiento de forraje en silos horizontales.....	63
V.8.- Cierre del silo	65
V.9.- Organización del trabajo	67
V.10.- Opciones para planificar el ensilado de la explotación	67
V.11.- Dimensionamiento y suministro de ensilado convencional (silos horizontales) a los animales.....	68
V.11.1. Volumen a ensilar y dimensiones del silo	68
V.11.2. Suministro de ensilado convencional a los animales	70
V.11.2.1.- Silos trinchera de autoconsumo.....	70
V.11.2.2.- Suministro en pesebre desde silos verticales mediante un tornillo sin fin	70
V.11.2.3.- Suministro a voluntad en el pasillo de alimentación de la estabulación.....	70
V.11.2.4.- Suministro de ensilado como ingrediente de una ración completa mezclada (alimentación UNIFEED).....	71
CAPÍTULO VI: ENSILADO DE ROTOPACAS.....	73
VI.1.- Introducción.....	75
VI.1.1.- Rotoempacadoras	75
VI.2.- Fases del proceso.....	76
VI.2.1.- Rotoempacado	76
VI.2.2.- Aislamiento de las rotopacas	78
VI.2.2.1.- Características del plástico para encintar.....	81
VI.2.3.-Transporte de las rotopacas	82

VI.2.4-	Almacenamiento y manejo de rotopacas encintadas	83
VI.2.5.-	Distribución de las rotopacas al ganado.....	84
VI.2.6.-	Alimentación unifeed incluyendo ensilado de rotopacas.....	84
VI.3.-	Ensilado de rotopacas en zonas de montaña	85
VI.4.-	Ventajas e inconvenientes del ensilado de rotopacas.....	86
VI.4.1-	Ventajas del ensilado de rotopacas.....	86
VI.4.2-	Inconvenientes del ensilado de rotopacas.....	87
VI.5.-	Aspectos económicos acerca del ensilado de rotopacas.....	87
CAPÍTULO VII: OTROS TIPOS DE ENSILADO.....		89
VII.1.-	Silo en túnel o "silo bolsa"	91
VII.1.1.-	La máquina de ensilar en bolsa	91
VII.2.-	Compactadoras encintadoras para elaboración de otro tipo de rotopacas	93
VII.3.-	Silos para actividades experimentales o microsilos	94
VII.3.1.-	Modelo de microsilo experimental utilizado en el SERIDA	94
CAPÍTULO VIII: ENSILABILIDAD DE FORRAJES.....		97
VIII.1.-	Introducción	99
VIII.2.-	Contenido en materia seca	99
VIII.3.-	Carbohidratos de reserva (azúcares solubles)	100
VIII.4.-	Capacidad tampón	101
VIII.5.-	Nitratos.....	102
VIII.6.-	Importancia del análisis de ensilabilidad	103
CAPÍTULO IX: PÉRDIDAS EN LOS ENSILADOS. CAUSAS Y CUANTIFICACIÓN..		107
IX.1.-	Introducción.....	109
IX.2.-	Pérdidas ocasionadas por los efluentes.....	111
IX.3.-	Poder contaminante de los efluentes	115
IX.4.-	Control de efluentes	116
IX.4.1.-	Prehenificación	117
IX.4.2.-	Recogida en fosas colectoras.	117
IX.4.3.-	Retención de efluentes mediante absorbentes.....	118
IX.5.-	Utilización de los efluentes de ensilados recogidos en fosas colectoras.....	119
IX.5.1.-	Utilización de los efluentes como fertilizante.....	120
IX.5.2.-	Utilización de los efluentes como alimento.....	120
IX.6.-	Pérdidas ocasionadas en los ensilados por deterioro aeróbico.....	120
IX.6.1.-	Influencia del aire	121
IX.6.2.-	Influencia del sustrato	122
IX.6.3.-	Influencia de la temperatura.....	124
IX.7.-	Consecuencias del deterioro aeróbico	124
CAPÍTULO X: ADITIVOS PARA ENSILAR.....		125
X.1-	Introducción.....	127
X.2.-	Tipos de aditivos	127
X.2.1.-	Conservantes	129
X.2.2.-	Inoculantes.....	132
X.2.3.-	Enzimas	133
X.2.4.-	Otros: Nutrientes y Sustratos	134
X.3.-	Papel de los aditivos en el ensilado de maíz.....	136

X.4.- Recomendaciones para el uso de aditivos en ensilado de forraje de prado, pradera y cultivos herbáceos.....	137
CAPÍTULO XI: PROGRAMACIÓN DEL ENSILADO DE FORRAJE DE PRADO Y PRADERA APROVECHADOS CON RÉGIMEN MIXTO DE SIEGA Y PASTOREO	141
XI.1.- Introducción.....	143
XI.2.- Conceptos de régimen y manejo	145
XI.3.- Manejo intensivo de prados y praderas de larga duración en régimen mixto y pastoreo rotacional	146
XI.4.- Manejo sostenible de prados y praderas de larga duración en régimen mixto...	150
XI.5.- Manejo ecológico de prados y praderas de larga duración en régimen mixto	150
XI.6.- Cálculo de la superficie que es necesario reservar para obtención de ensilado de forraje de prado y/o pradera	151
XI.7.- Síntesis final	153
CAPÍTULO XII: ENSILADO DE FORRAJES DE PASTOS HERBÁCEOS MANEJADOS EXCLUSIVAMENTE EN RÉGIMEN DE SIEGA	155
XII.1.- Introducción.....	157
XII.2.- Prados y praderas de larga duración	157
XII.3.- Pradera de corta duración de raigrás italiano no alternativo y trébol violeta....	158
XII.4.- Monocultivo de raigrás italiano.....	160
XII.5.- Raigrás italiano alternativo asociado a diversas leguminosas	162
XII.6.- Cereales de invierno para forraje, como cultivos monofitos o en mezcla binaria con una leguminosa.....	164
XII.7.- Monocultivo de leguminosas forrajeras.....	167
XII.8.- Los abonos verdes utilizados en agricultura ecológica pueden ser a la vez un forraje para ensilar	168
CAPÍTULO XIII: ENSILADO DE MAÍZ FORRAJERO	171
XIII.1.- El maíz forrajero en Asturias	173
XIII.2.- Metodología de evaluación de variedades de maíz forrajero por el SERIDA.....	174
XIII.3.- Síntesis de la evaluación de variedades comerciales de maíz para ensilar en Asturias.....	178
XIII.4.- Cultivo del maíz mediante laboreo convencional	183
XIII.5.- Opciones para mejorar la sostenibilidad en el cultivo del maíz	184
XIII.6.- Cultivo del maíz bajo manejo ecológico	187
XIII.7.- Siembra directa del maíz	189
XIII.8.- Momento de corte para ensilar el maíz forrajero	192
XIII.9.- Utilización del ensilado de maíz forrajero en alimentación animal	199
CAPÍTULO XIV. SUBPRODUCTOS PARA ENSILAR.....	201
XIV.1.- Importancia de los subproductos para ensilar	203
XIV.2.- Subproductos a ensilar utilizados en Asturias	204
XIV.2.1.- Producción de bagazo de manzana en Asturias.....	204
XIV.2.2.- Composición del bagazo de manzana asturiano.....	206
XIV.2.3.- Degradabilidad ruminal del bagazo de manzana asturiano.....	207
XIV.2.4.- Utilización del bagazo de manzana en Asturias	209

XIV.2.5.- La borra de sidra como posible alimento para el ganado en Asturias	209
XIV.3.- Ensilado de subproductos derivados de la manzana.....	211
XIV.4.- Ejemplos de aprovechamiento de otros subproductos agroindustriales mediante ensilado utilizados en otras regiones españolas y en otros países	212
CAPÍTULO XV: INDICADORES DE CALIDAD NUTRITIVA Y FERMENTATIVA	
DE LOS ENSILADOS.....	215
XV.1.- Introducción.....	217
XV.2.- Valor nutricional	218
XV.3.- Toma de muestra para el análisis.....	220
XV.3.1.- Toma de muestra en silos horizontales	220
XV.3.2.- Toma de muestra en silos verticales	224
XV.3.3.- Toma de muestra en rotopacas	226
XV.4.- Indicadores de calidad de los ensilados	227
XV.4.1.- pH y análisis químico-bromatológico.....	227
XV.4.2.- Otros parámetros fermentativos	233
XV.5.- Recomendaciones prácticas para determinar la calidad de los ensilados.....	235
XV.6. Calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados en Asturias.....	236
XV.6.1.- Ensilados de forraje de pradera y raigrás italiano.....	236
XV.6.2.- Ensilados de maíz.....	243
XV.6.3.- Ensilados de bagazo de manzana	246
XV.7.- Aplicación de la reflectancia en el infrarrojo cercano para el control de calidad de los ensilados.....	247
LISTADO DE TABLAS.....	257
LISTADO DE FIGURAS.....	263
LISTADO DE FOTOGRAFÍAS	267
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	271

Introducción

Si pudiésemos retroceder en el tiempo hasta la década de 1960 en el medio rural asturiano, veríamos, al igual que hoy, un predominio de pastos con abundancia de prados y praderas. En las explotaciones ganaderas de mayores dimensiones, también encontraríamos parcelas destinadas a rotación anual de maíz forrajero con el tradicional cultivo de alcacer (avena o cebada para forraje, en ocasiones asociadas a veza).

Tanto el maíz como el alcacer de dichas explotaciones eran cultivos destinados a recibir un corte único a conservar mediante ensilado. Sí, en Asturias se acudía al ensilado como método de conservación de forrajes en 1960.

Pero, parte de la hierba de prados y praderas, mucho más extendidas que los cultivos a que antes nos referimos, también necesitaba ser conservada para alimentar el ganado en los periodos de frío y sequía. Ahora bien, no se utilizaba el ensilado, sino la henificación. ¿Por qué, si el clima de nuestra comunidad no es apropiado para ella?

Hemos escuchado, por entonces, tanto a técnicos como a ganaderos, que la hierba resultaba más difícil de ensilar que el maíz y el alcacer. Sin embargo, hubo quienes se decidieron a ensilar también hierba. Y, las primeras publicaciones científicas sobre calidad de ensilados de hierba en el Norte de España, incluida Asturias, daban fe de frecuentes deficiencias en el proceso fermentativo de estos ensilados.

El actual SERIDA, que deriva de sucesivas ampliaciones del Centro de Experimentación Agraria (CEA) creado en 1984, emprendió desde sus inicios actividad investigadora sobre el problema fermentativo de los ensilados, a la par que en las explotaciones asturianas el ensilado de hierba fue desplazando progresivamente a la henificación y con mayor intensidad se fue introduciendo el cultivo de maíz, con gran facilidad para ensilar, por su alto contenido energético.

Todo lo anterior motivó la primera edición de nuestro libro "El Ensilado en Asturias, 1997".

Nuevas especies forrajeras y nuevas técnicas de cultivo, con destino final a ensilar, tratan de abrirse camino en el medio rural. La actividad del SERIDA no fue

ajena a ello y estimamos necesario tanto por nuestra parte, como por declaraciones de interés por parte del propio sector, la edición de otro libro sobre el ensilado que complemente y actualice al anterior.

Por todo ello, fue necesario, ponerse manos a la obra y el resultado final es este libro.

Los autores

Agradecimientos

Los autores desean manifestar su más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de un modo u otro han colaborado y han hecho posible redactar este libro, que recoge los conocimientos y experiencia adquiridos tras más de 25 años al servicio del sector agroalimentario regional, en especial a todo el personal del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Alimentario (SERIDA) adscrito al Área de Nutrición, Pastos y Forrajes.

Queremos dejar constancia explícitamente:

A Alfonso Carballal, por su estrecha y eficaz colaboración, culminada con un extraordinario trabajo en el procesado informático de texto, tablas y figuras.

A M^a Antonia Cueto y Consuelo González por la supervisión de las actividades del personal auxiliar de campo y de la preparación de muestras, procedentes de los diferentes ensayos de investigación y experimentales incluidos en el presente documento.

A todo el personal del Laboratorio de Nutrición, adscrito al Área de Nutrición, Pastos y Forrajes, por su capacidad y excelente colaboración en las determinaciones analíticas que integran las tablas y figuras del presente libro.

A Valentín García Prieto, que facilitó diversas fotografías para ilustrar el texto procedentes del fondo de archivo del Área de Transferencia del SERIDA.

También desean agradecer a:

Al Ministerio de Economía y Competitividad, por la subvención concedida a través del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, de la acción complementaria AC2013-00057-00-00, dentro del Programa Estatal de I+D+I orientada a los Retos de la Sociedad y específicamente dentro del Reto de Seguridad y Calidad Alimentaria, Actividad Agraria Productiva y Sostenible, Sostenibilidad de los Recursos Naturales e Investigación Marina y Marítima del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, 2013-2016, cofinanciada con recursos procedentes de fondos FEDER.

A Mario Peláez, Director Técnico de Asturiana de Servicios Agropecuarios S.L. (A.S.A.) y Director de Servicios Agrarios CLAS SAT, sin cuyo interés y entusiasmo no hubiera sido posible la realización de este libro.

A M^a Luisa Rodríguez, veterinario de ASA, que aportó fotografías procedentes de diversas explotaciones agropecuarias ubicadas en Asturias, que asesora técnicamente dicha empresa.

A Alfredo Calleja Suárez, catedrático de Nutrición Animal en la Universidad de León, que facilitó fotografías del proceso de ensilado de remolacha azucarera procedente de explotaciones de Castilla León.

A Sergio Álvarez del Instituto Canario de Investigación Agraria (ICIA), que facilitó información y fotografías sobre el ensilado de subproductos de la industria manufacturera de plátanos en el archipiélago canario.

A todos ellos nuestro agradecimiento.

I | Pastos y forrajes en Asturias

- I.1. Conceptos de pasto y forraje
- I.2. Categorías de pasto existentes en Asturias y superficie ocupada por los mismos
- I.3. Pastoreo y siega en Asturias
- I.4. Vocación para siega y/o pastoreo de diferentes especies forrajeras

1.1.- Conceptos de pasto y forraje

Las definiciones dadas en el presente documento en materia de pastos y forrajes, se ajustarán al Nomenclátor Básico de Pastos de España (Ferrer *et al.*, 2001). Tras su publicación se acordó en diversos foros su adopción en todas las publicaciones españolas sobre pastos y forrajes. Este Nomenclator surgió como iniciativa de científicos españoles integrantes de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), para normalizar la terminología existente en materia de pastos y forrajes y establecer una relación biunívoca entre términos y conceptos.

Dado que en Asturias el ensilado es la técnica habitual para la conservación de los forrajes, procede, ante todo, definir los conceptos de **pasto** y **forraje**.

- **Pasto:** Cualquier recurso vegetal que sirve de alimento al ganado.
- **Forraje:** Parte vegetativa de las plantas que se utiliza en la alimentación del ganado, una vez cortada.

Los animales pueden aprovechar directamente las plantas sobre el terreno (pastoreo) o después de haber sido cortadas por una máquina (siega). Se hablará entonces de aprovechamiento en pastoreo o en siega. También, es posible la combinación de ambos, teniendo lugar algunos aprovechamientos en pastoreo y otros en siega.

1.2.- Categorías de pasto existentes en Asturias y superficie ocupada por los mismos

Asturias es una Comunidad Autónoma de relieve muy accidentado. La altitud media es de 623 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una pendiente media del 39,9% y un 81% de la superficie con pendiente superior al 20% (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003). Se pueden encontrar terrenos bajo el nivel del mar y hay una cumbre de 2648 msnm (Torrecerredo).

De acuerdo con la información disponible, el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo en el marco del desarrollo de un Proyecto INIA "Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles", recogió que en cuanto a aspectos edáficos, según diagrama humedad x acidez, en Asturias se dan todas las combinaciones posibles, desde muy seco hasta inundado y desde hiperácido hasta básico. También se encuentran todos los ombroclimas posibles (ultrahiperhúmedo, hiperhúmedo, húmedo, subhúmedo y seco). Lo mismo se puede decir de los pisos bioclimáticos (alpino, subalpino, montano, colino y termocolino); (Álvarez *et al.*, 2004). Como consecuencia lógica de esta variabilidad edafoclimática, en Asturias se dan muchas categorías diferentes de pastos. Sintetizamos las más generales en la tabla 1.1.

Tabla I.1.- Categorías de pastos existentes en Asturias y superficie que ocupan

Categoría de pasto	Definición	Superficie (ha)
Pastos con arbolado denso	Bosque o plantación forestal de alta espesura que puede permitir el pastoreo extensivo del estrato herbáceo y el ramoneo de arbustos y árboles	307.495
Pastos arbustivos	Pasto procedente de especies leñosas de menos de 5 m de altura	366.454
Pastos herbáceos	La vegetación es fundamentalmente herbácea	334.067

(Ferrer *et al.*, 2001; Álvarez *et al.*, 2004)

Del total de la superficie de Asturias (1.060.357 ha), el 34,56% está ocupado por pastos arbustivos, el 31,50% por pastos herbáceos y el 29% por pastos con arbolado denso (en adelante los llamaremos simplemente pastos arbóreos). Solamente un 4,94% es suelo improductivo (urbano, roquedos y canchales, y agua) desde el punto de vista de los pastos.

La mayor parte de estos pastos es de origen natural. Incluso, dentro de los pastos herbáceos, los pastos de origen agrícola (en adelante, pastos agrícolas) solo representan 70.858 ha (6,68% de la superficie de Asturias).

I.3.- Pastoreo y siega en Asturias

Respecto a la pendiente del terreno, el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2003) da como promedio para los cultivos herbáceos en Asturias el 21,4%. Se trata del valor máximo entre todas las comunidades autónomas españolas y, a nuestro juicio, no permite o dificulta en gran medida las labores mecánicas. Consideramos como límite lógico para efectuar dichas labores un 14% y esta fue la frontera establecida para diferenciar entre prado y pradera en la cartografía efectuada por el INDURROT.

De lo anterior, se deduce fácilmente que los pastos arbóreos y arbustivos son esencialmente para pastoreo, tanto por la pendiente como por la presencia de plantas leñosas. Los pastos herbáceos admiten pastoreo y/o siega en función de que la pendiente del terreno sea o no superior al 14%. Dentro de ellos, algunos pastos agrícolas son esencialmente para aprovechamiento en régimen de siega. Ésta, solamente es posible cuando la pendiente del terreno no es excesiva y no hay obstáculos para el desplazamiento de la maquinaria.

Según datos de la Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales (SADEI) (Gobierno del Principado de Asturias, 2011), la superficie destinada a

aprovechamiento de pastos en 2010 fue de 370.111 ha, aunque hay que tener en cuenta que no hay equivalencia exacta entre los términos del Nomenclator de la SEEP y los utilizados por SADEI. Para SADEI, aprovechamiento de pastos quiere decir superficie aprovechada en régimen de pastoreo, de ahí que la cifra dada resulta muy inferior a la que cabría esperar según la tabla I.1, lo cual revela un desaprovechamiento de los recursos naturales.

En cuanto a forraje obtenido en régimen de siega, las estimaciones según SADEI (Gobierno del Principado de Asturias, 2011) son de 1.593.480 t procedentes de prados cosechados y 838.836 t obtenidas de plantas forrajeras. Para expresarlas en términos de materia seca (MS), podemos aceptar un promedio de un 20% de MS para los prados y un 25% para las plantas forrajeras. Resultan así $1.593.480 \times 20/100 = 318.696$ t MS de forraje procedente de prados cosechados y $838.836 \times 25/100 = 209.709$ t MS de plantas forrajeras. Frente a los valores de la tabla I.1, es posible concluir que, o bien se siega muy poca superficie de pastos herbáceos, o bien la producción de MS por ha de los mismos es muy baja.

I.4.- Vocación para siega y/o pastoreo de diferentes especies forrajeras

Existen plantas de crecimiento rastrero, con crecimiento horizontal, que no son fácilmente recogidas por las máquinas, pero sí por los animales. Este tipo de plantas presentan mejor aptitud para el pastoreo que para la siega. Otras, sin embargo, son de porte erecto con crecimiento vertical de sus tallos y por tanto resultan fáciles de segar y, en contrapartida, el pisoteo de los animales inherente al pastoreo las perjudica, por lo que presentan mejor aptitud para la siega.

Donde haya vegetación polifita, es probable que coexistan especies con aptitud de siega y aptitud de pastoreo. En este caso será posible combinar ambos.

El éxito de la agricultura forrajera radicará en combinar adecuadamente el pastoreo y la siega según superficie disponible, topografía de la misma, distancia a la explotación ganadera y necesidades alimenticias del ganado.

También es preciso considerar que la siega puede tener como objetivo el suministro del forraje verde en pesebre a los animales, pero esto resulta tedioso y caro. Si como hemos dicho existe una "vocación" de los vegetales para el pastoreo o la siega, también podemos decir que la "vocación" de la siega es la conservación de forrajes, es decir, cortar en un momento óptimo y almacenar con las menores pérdidas posibles la cosecha obtenida, aspecto sobre el que versará el presente libro.

II Conservación de forrajes. Necesidad y métodos

II.1.- Datos termopluviométricos de Asturias

II.2.- Estacionalidad de la producción forrajera

II.3.- Necesidad de conservación de forrajes

II.4.- Diferentes métodos de conservación de forrajes

II.4.1.- Introducción

II.4.2.- Conservación de forrajes por deshidratación

II.4.2.1.- Henificación natural

II.4.2.2.- Henificación con ventilación forzada

II.4.2.3.- Deshidratación

II. 4.3.- Conservación de forrajes por fermentación

II. 4.4.- Conservación de forrajes por congelación

II.5.- El ensilado, mejor método de conservación de forrajes en zonas húmedas

II.1.- Datos termopluviométricos de Asturias

A pesar de la gran heterogeneidad de Asturias, según vimos en el capítulo I, podemos agrupar en cinco diferentes zonas edafoclimáticas. (Figura II.1)

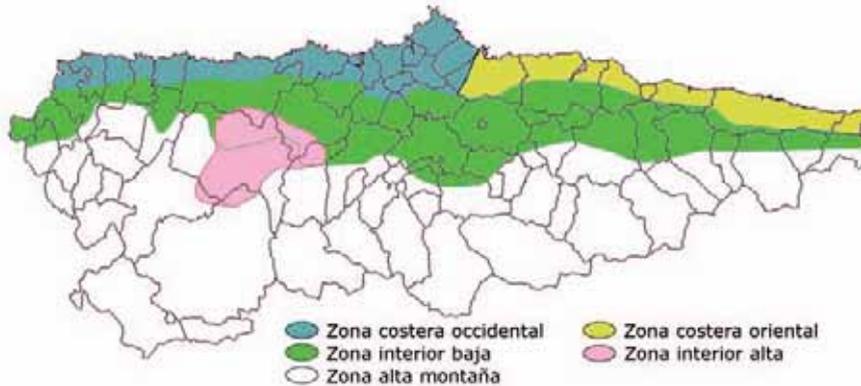


Figura II.1.- Zonas edafoclimáticas de Asturias

Véanse en la figura II.2 (A y B) los datos del año medio según las estaciones meteorológicas del SERIDA, ubicadas en los centros experimentales de Villaviciosa y Grado, respectivamente. El primero es representativo de la zona costera centro-oriental. El segundo, de la interior baja.

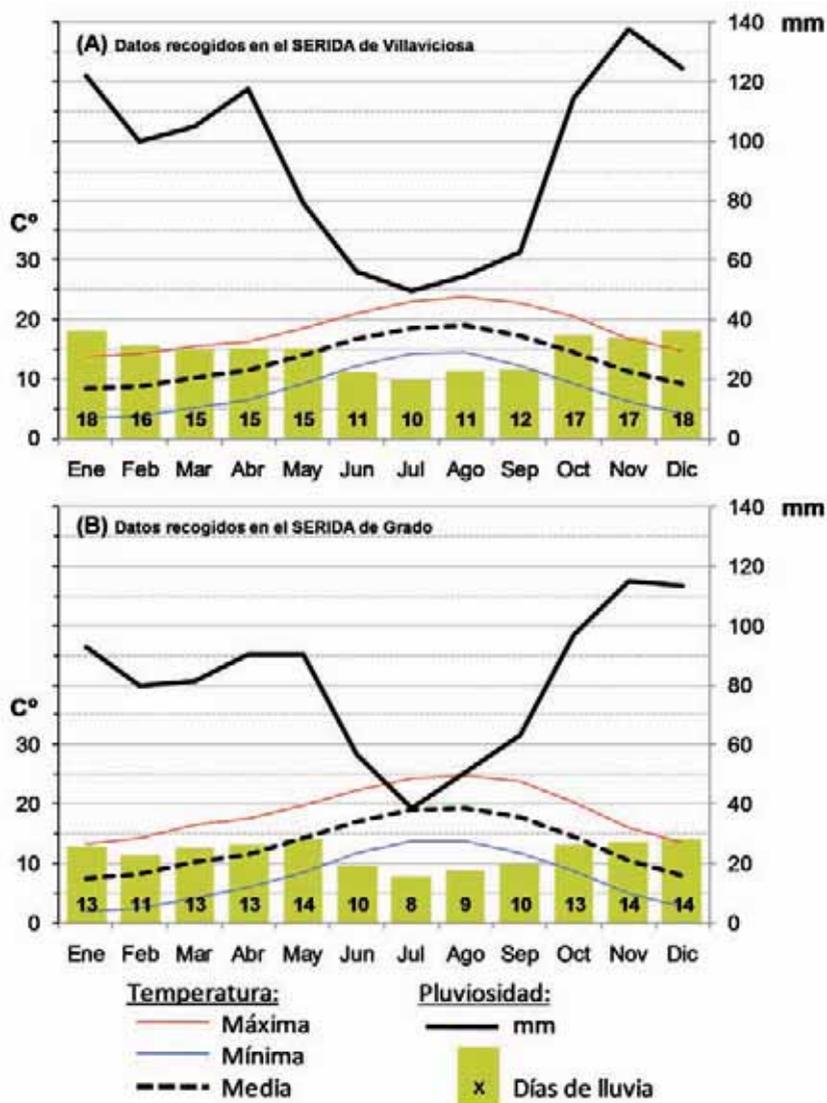
El clima de la zona costera occidental es similar al de la centro-oriental, con menor temperatura media estival y un mayor riesgo de vientos fuertes. Con respecto a la zona interior baja, la interior alta presenta temperaturas más frías en invierno y más elevadas en verano. Las zonas de alta montaña tienen precipitaciones de nieve en invierno e incluso hay puntos de nieves perpetuas.

II.2.- Estacionalidad de la producción forrajera

Los forrajes constituyen una parte importante de la alimentación del ganado y pueden incluso integrar la totalidad de la dieta de los animales cuyo estado fisiológico no rebase un límite de necesidades nutricionales. No obstante, su disponibilidad y valor nutritivo varían a lo largo del año, ya que su crecimiento depende de las características de cada especie y variedad vegetal, condiciones climáticas (luz, temperatura, humedad), propiedades de suelo (textura, fertilidad, microbiología) y del manejo que se efectúe (siega, pastoreo, aprovechamiento en el momento óptimo, etc.).

La figura II.2 (A y B) tienen en común que la pluviometría es máxima en primavera y mínima en verano. La temperatura media mensual es mínima en los meses de enero y febrero, de forma más acusada en la zona interior baja (Grado).

De todo lo anterior, se deduce que es de esperar una sensible estacionalidad de la producción forrajera, que, efectivamente, será máxima en primavera. En verano, la limitación vendrá impuesta por la escasa pluviometría. En otoño, frenará el crecimiento la disminución de la temperatura y de las horas diarias de luz, y en invierno se producirá el mínimo crecimiento e incluso parada vegetativa, debido principalmente al frío.



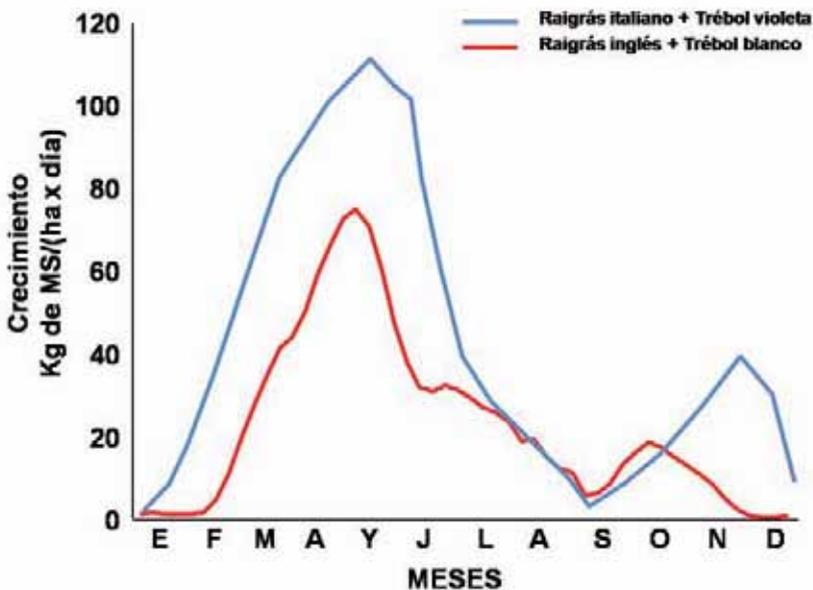
A) Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica del SERIDA de Villaviciosa (1978-2011)
 B) Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica del SERIDA de Grado (1943-2010)

Figura II.2.- Promedio del año climático en Asturias

Hay forrajes con mayor capacidad de crecimiento invernal y otros que son típicos de verano. Sus cosechas tienen lugar en primavera y otoño, respectivamente. No evitan la estacionalidad de la producción de forraje, si no que más bien la acentúan, ya que su producción anual se concentra en un solo corte, o a lo sumo en dos o tres.

II.3.- Necesidad de conservación de forrajes

Surge como una consecuencia lógica de lo anterior. En una explotación agroganadera, los animales necesitan alimento a lo largo de todo el año. Se han diseñado estrategias de manejo de los rebaños cuyo objetivo es hacer coincidir las mayores necesidades de alimento con los máximos de producción forrajera, pero tienen sus limitaciones. Es inevitable que haya que conservar los excedentes de forraje de primavera y/o de otoño para suministrarlo en invierno, e incluso también en verano, puesto que no solo varía la producción forrajera a lo largo del año, si no también el valor nutritivo del forraje. En este sentido, en la figura II.3 se puede observar la marcada estacionalidad de la producción de praderas en Asturias (Martínez Martínez y Piñeiro Andión, 1994).



Martínez Martínez y Piñeiro Andión (1994)

Figura II.3.- Estacionalidad de la producción de praderas en Asturias

Por valor nutritivo de un forraje entendemos su capacidad de satisfacer las necesidades nutricionales de los animales y, dependerá principalmente de:

- Ingestibilidad: Capacidad de ingestión voluntaria en términos de materia seca por animal y día.
- Concentración energética: Energía metabolizable o energía neta de lactación o de producción de carne por kg de materia seca.
- Proteína bruta (% sobre materia seca) y características de degradabilidad ruminal de la misma.

Todas estas características varían tanto como la producción o incluso más y dificultan realizar un racionamiento correcto, que puede traducirse en oscilaciones en la producción animal, no deseables, sobre todo en el caso de la leche. Por el contrario, un forraje conservado presenta un valor nutritivo estable dentro del año (salvo circunstancias particulares de deterioro) y facilita el racionamiento. De ahí que haya explotaciones lecheras que prefieran utilizar exclusivamente forraje conservado a lo largo de todo el año.

II.4.- Diferentes métodos de conservación de forrajes

II.4.1.- Introducción

La conservación de forrajes consiste en la paralización de la vida del vegetal y la de los diversos microorganismos que se desarrollan a costa de sus tejidos, obteniendo un material estable, si no indefinidamente, sí durante un largo tiempo, al menos superior a un año. El objetivo a alcanzar con la conservación de forrajes es que, a partir de forraje cosechado en el momento de mayor producción y calidad nutritiva, puedan subsanarse las carencias debidas a la sequía estival y a la parada de producción del invierno. La conservación puede efectuarse por deshidratación, por fermentación o por congelación.

II.4.2.- Conservación de forrajes por deshidratación

La deshidratación consiste en la eliminación de la mayor parte de agua que contiene el forraje, de forma que se alcance un nivel que limite la vida vegetal y microbiana. Hay tres posibles modalidades, que describimos a continuación.

II.4.2.1.- Henificación natural

Consiste en la evaporación de agua sobre el propio terreno en el que se segó el forraje, mediante la actividad de sus propias células mientras aún permanecen vivas

y por la posterior acción del sol y del viento. Cuando el contenido en agua se reduce al 20%, el forraje verde de partida se convierte en heno. Pero para poder almacenarlo sin riesgo de enmohecimiento, se precisa un nivel inferior al 15%. Hay que esperar a alcanzarlo.

Para ello, tras la siega, se requieren sucesivos procesos de **volteado**, para airear bien la masa vegetal extendiéndola y permutando la superficie en contacto con el suelo e **hilerado**, acondicionándola en hileras, a fin de protegerla del rocío nocturno y la lluvia. Tras un hilerado final, el heno es acondicionado a presión:

- En prismas atados (pacas convencionales) de dimensiones estándar 35×45×90 cm y peso entre 15 y 30 kg, mediante un máquina denominada empacadora. El grado de compactación puede seleccionarse (alta, media o baja presión).
- En pacas grandes de 500-1000 kg mediante empacadoras especiales.
- En cilindros atados de dimensiones estándar 1,20 m de longitud x 1,20 m de diámetro (rotopacas), mediante una rotoempacadora.
- En prismas muy pequeños, a gran presión, mediante empastilladora.

Con frecuencia se elaboran pacas convencionales, aunque en algunas regiones españolas (Navarra, Cataluña, etc.) se extiende el uso de empacadoras para pacas prismáticas de gran tamaño. El proceso termina con el transporte del heno acondicionado y su almacenamiento en lugar apropiado (henil).

II.4.2.2.- Henificación con ventilación forzada

La pérdida de valor nutritivo del heno obtenido respecto al forraje verde original, según el proceso anterior, depende del número de días que permanezca el forraje segado sobre el terreno, número de volteos y condiciones medioambientales. Perjudica especialmente la lluvia después de iniciado el proceso de marchitamiento. De ahí que en algunos países se desarrollen técnicas para acelerar el proceso de desecación, mediante circulación de aire impulsado por ventiladores, dentro de una instalación a la que se lleva el forraje prehenificado, a granel o empacado convencionalmente a baja presión. El aire puede circular a temperatura ambiente y/o calentado. Aunque la técnica sigue perfeccionándose, se encarece el coste del producto final.

II.4.2.3.- Deshidratación

Consiste en la evaporación rápida del agua por la acción de elevadas temperaturas durante poco tiempo, regulando ambos factores en plantas especiales (deshidratadoras) de determinadas empresas, localizadas fundamentalmente en

regiones españolas donde abunda el cultivo de la alfalfa (Aragón, Navarra, Lérida, Ribera del Duero), aunque también puede aplicarse a otros forrajes. El producto final, generalmente alfalfa deshidratada, se presenta en harina, gránulos, pastillas, pacas convencionales, pacas grandes de 300 kg, a granel en bolsas grandes, etc. Actualmente es muy apreciado por explotaciones, cooperativas y empresas asturianas, que lo adquieren asiduamente jugando un papel relativamente importante en la alimentación del ganado.

Existen proyectos de construcción de máquinas para la deshidratación artificial de forrajes en explotaciones, pero dado el elevado coste del combustible, su aplicación a nivel práctico es inexistente.

II.4.3.- Conservación de forrajes por fermentación

Cuando se prensa un forraje recién segado, el jugo obtenido tiene un pH casi neutro (en torno a 6,5), óptimo para los procesos vitales del propio forraje y para la actuación de diversos microorganismos, que, sobre el forraje ya muerto y al aire libre, lo descomponen convirtiéndolo en estiércol vegetal. Acidificada la masa de forraje mediante procesos de fermentación en ausencia de aire, se inhiben las actividades anteriores y se conserva la materia vegetal en estado húmedo. Así es el proceso del **ENSILADO**, tema central de este libro.

II.4.4.- Conservación de forrajes por congelación

Al igual que ocurre con los alimentos para el hombre y con material biológico diverso, el frío paraliza total o casi totalmente los diversos procesos químicos y biológicos en un forraje verde recién segado. Sin embargo, la conservación de forraje por este sistema no tiene sentido en explotaciones, por el alto precio del m³ de almacenaje en cámara de congelación. Sólo resulta aplicable en centros de investigación, con fines experimentales y para la conservación temporal de muestras para análisis.

II.5.- El ensilado, mejor método de conservación de forrajes en zonas húmedas

Las explotaciones ganaderas tienen como principales opciones para conservar forrajes de naturaleza herbácea la henificación natural o el ensilado. La deshidratación hoy en día sólo la practican empresas especializadas y la congelación únicamente es aplicable a muestras de forraje para análisis.

Ahora bien, cualquier método de conservación de forrajes utilizado en explotaciones ganaderas (henificación, deshidratación o ensilado) supone una pérdida con respecto al forraje de partida. En primer lugar, el rendimiento en forraje

conservado respecto a forraje original en términos de materia seca (es decir, sin tener en cuenta la cantidad de agua contenida en el material vegetal), es siempre inferior al 100%. Además, el producto final con que se alimentaría el ganado tiene, invariablemente, menor valor alimenticio que el forraje recién segado.

Siendo la primavera la época de máxima producción, es entonces cuando debe procederse a la conservación de excedentes no utilizados como forraje verde.

Para obtener un heno de buena calidad, con pérdidas mínimas respecto al forraje verde original, se requiere su elaboración en días cálidos con sol y viento, situación que se da con poca frecuencia en primavera en Asturias, ya que, es precisamente la condición de elevada humedad, lo que contribuye a la máxima producción de hierba en esta época.

El ensilado, mucho más independiente de las condiciones atmosféricas, resulta más recomendable. En el caso del maíz forrajero y demás forrajes de alto porte, sólo cabe pensar en esta forma de conservación. En lo que concierne al forraje de pastos herbáceos en Asturias, se observa una clara tendencia al ensilado como método preferente de conservación.

Son muchos los países en los que el ensilado se convirtió en el sistema de conservación dominante. Sobre todo, en el noroeste de Europa, donde se estimó un aumento de elaboración de ensilado de un 26% entre 1980 y 1990 (Wilkinson y Stark, 1992). La cantidad total de materia seca conservada como heno y ensilado en 1994, en 33 países europeos, fue de 304 millones de toneladas. De esta cantidad, el ensilado representa un 56% y el heno un 44% del total respectivamente (Wilkinson *et al.*, 1996).

En España, en los últimos 30 años, el uso de forrajes conservados se ha incrementado, desde un 45% del total producido a mitad de los años 70, a superar el 69% en la actualidad. En ese mismo periodo de tiempo, la importancia relativa de los forrajes henificados y ensilados en relación al total de conservados, evolucionó desde un 72 y 18% hasta el 30 y 36% respectivamente. En ambos casos, el resto corresponde a forraje deshidratado, fundamentalmente alfalfa (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2004).

En relación con esta evolución, actualmente las explotaciones lecheras de la Cornisa Cantábrica dependen del ensilado durante un periodo anual de 4-6 meses al año, observándose una dependencia creciente de los ensilados en detrimento de la utilización de forrajes verdes para la alimentación del ganado. En este sentido, aunque el ensilado por excelencia es el de hierba de pradera, en los últimos años se está produciendo un incremento de la superficie dedicada a maíz forrajero destinado a ensilar, particularmente marcado en las explotaciones de mayor dimensión (Flores *et al.*, 2000).

Cabe destacar que cada vez es mayor el número de explotaciones lecheras que practican el sistema de "todo ensilado" combinado con la utilización de carros mezcladores para la elaboración de raciones completas (forraje + concentrado).

En la tabla II.1 se puede observar la práctica de ensilado en las explotaciones gallegas en función del tamaño de explotación (según cuota láctea asignada). Se puede comprobar como a partir de una cuota de 36 t, el ensilado es practicado por la totalidad de las explotaciones, aumentando progresivamente el porcentaje de las que ensilan maíz a medida que aumenta el tamaño de la explotación (Rodríguez-Beceiro, 1999).

Tabla II.1.- Práctica del ensilado en las explotaciones lecheras gallegas por tamaño de cuota láctea asignada en 1996

	Estrato de cuota asignada por explotación (% explotaciones)					
	<4 t	4-26 t	16-36 t	36-76 t	76-196 t	>196 t
No ensila	91,1	46,6	12,6	0	0	0
Sí ensila	8,9	53,4	87,3	100	100	100
Ensila sólo hierba	6,7	37,5	61,3	64,1	63,8	42,0
Ensila hierba y maíz	2,2	13,3	25,2	34,8	35,7	56,4
Ensila otros cultivos	0	2,6	0,8	1,1	0,5	1,6

Rodríguez-Beceiro (1999)

III | El proceso de ensilado

- III. 1.- ¿Qué es el ensilado?
- III. 2.- Respiración celular del forraje segado
- III. 3.- Procesos fermentativos del ensilado
 - III. 3. 1.- Fermentación acética
 - III. 3. 2.- Fermentación láctica
 - III. 3. 3- Fermentaciones secundarias
- III. 4.- Beneficios económicos ante el aprovechamiento del excedente forrajero

III. 1.- ¿Qué es el ensilado?

A diferencia de la henificación, el ensilado es un proceso de conservación de forrajes en estado húmedo mediante acidificación, que impide la continuidad de la vida vegetal y la actividad microbiana indeseable. Esta acidificación, medible en forma de pH (a menor pH, más acidez), se consigue mediante fermentaciones que tienen lugar en el forraje segado. Aunque el ensilado tiene sus condicionantes y problemas, en el caso de la hierba y cultivos forrajeros de primavera resulta preferible a la henificación, ya que permite una mayor independencia ante condiciones meteorológicas adversas. En el caso del maíz forrajero, no cabe pensar en otra forma de conservación.

Su finalidad como método de conservación, es preservar los forrajes con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena apetecibilidad por el ganado y sin que se produzcan durante el proceso sustancias tóxicas para la salud animal.

No obstante, es necesario tener en cuenta que:

- Para lograr buenas producciones de leche y/o carne a bajo coste, el contenido en principios nutritivos de los forrajes tiene que ser elevado.
- Los métodos de conservación, pueden a lo sumo mantener, pero nunca mejorar, la calidad del forraje de partida. El resultado final puede inducir cambios sustanciales en la ingestión y metabolismo de los nutrientes y, consecuentemente, afectar a las producciones.
- La duración del ensilado no es indefinida, aunque haya fermentado correctamente. Debe consumirse antes de un año desde el cierre.
- La tecnología disponible para la conservación de forrajes húmedos permite explorar una nueva dimensión en el papel de las reservas forrajeras como balanceadoras de dietas de alta calidad.

Según Wilkinson *et al.*, (1996), los tres principales objetivos que se persiguen con la elaboración de ensilados de hierba y cultivos forrajeros herbáceos, son los siguientes:

- Extraer el exceso de forraje que se produce en primavera, debido al rápido crecimiento del mismo, antes de que éste se embastezca o se comprometa la siembra del cultivo de verano.
- Conservar ese forraje lo mejor posible para utilizarlo como alimento durante el invierno, cuando el crecimiento del mismo sea menor y los animales estén estabulados.
- Conseguir un alimento de "relativamente" bajo coste para el ganadero con un valor alimenticio aceptable para cubrir las necesidades nutritivas de los animales.

El proceso por el cual un forraje verde segado se transforma en un ensilado, transcurre en varios estados de actividad metabólica y comprende varias fases que se describen a continuación.

III.2.- Respiración celular del forraje segado

Una vez segado el forraje sus células permanecen vivas durante algún tiempo, obteniendo energía por oxidación de sus principios inmediatos hasta CO₂ y agua, proceso durante el cual se consume el oxígeno del aire. Evitando la entrada de éste, el oxígeno se agota y las células mueren en poco tiempo. Por otro lado, el CO₂ generado contribuye a crear las condiciones necesarias para que las células aún vivas solamente puedan obtener energía mediante la formación de ácido láctico. Esto conlleva disminución de pH, lo que favorece el establecimiento de los microorganismos implicados en los posteriores procesos fermentativos.

III.3.- Procesos fermentativos del ensilado

Adherida al forraje se encuentra la microflora responsable de las fermentaciones. Algunos de estos microorganismos son beneficiosos, pues acidifican la masa de forraje (disminuyen el pH) y se desarrollan en ausencia de aire (anaerobiosis). Otros son perjudiciales, creciendo y multiplicándose en presencia de aire y poca acidez (pH alto). Éstos últimos comunican un olor desagradable al ensilado y destruyen parte de su proteína. Ver figura III.1.

III.3.1.- Fermentación acética

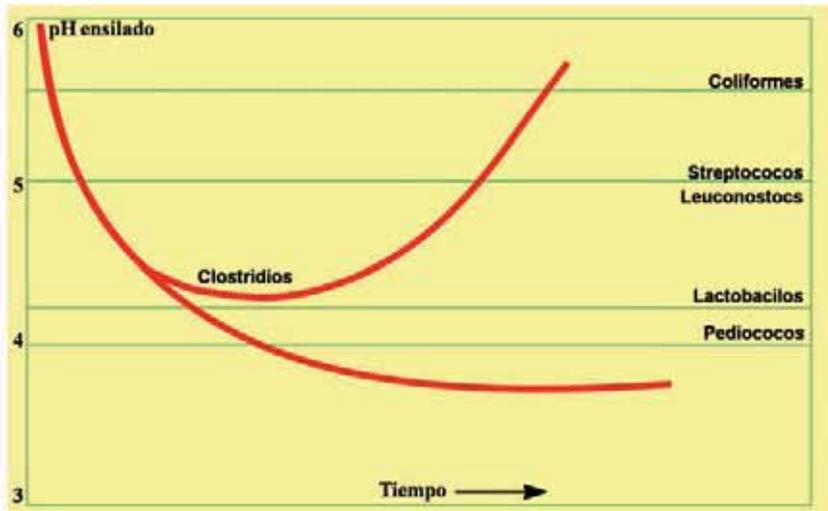
Muertas las células vegetales, se desarrollan bacterias coliformes pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, que producen ácido acético a partir del ácido láctico. Su actividad requiere una temperatura óptima de 18-25 °C y desaparece al alcanzarse un pH de 4,2.

Las bacterias coliformes solamente presentan actividad en la fase inicial del ensilado, siendo reemplazadas progresivamente por cocos lácticos (*Streptococcus*, *Pediococcus* y *Leuconostoc*). La figura III.1 muestra la tasa de desaparición de las bacterias coliformes en los ensilados que no han sido tratados con aditivos, considerándose un buen indicador de la acidificación de los mismos.

III.3.2.- Fermentación láctica

En condiciones ideales la fermentación láctica es la última etapa del proceso de elaboración del ensilado. Corre a cargo de bacterias lácticas que degradan los azúcares y otros carbohidratos solubles presentes en el forraje hasta ácido láctico.

En este proceso, diversos cocos lácticos son sustituidos por *Lactobacillus*, a excepción de los *Pediococcus*, que son más tolerantes a las condiciones de acidez que los otros grupos. Las bacterias que llevan a cabo esta fermentación necesitan un pH comprendido entre 3 y 4 y condiciones de anaerobiosis. Finalmente, su acción es inhibida por escasez de azúcares solubles y acumulación de ácido láctico. Cuando esto ocurre, el forraje queda estabilizado y se ha convertido en ensilado.



Woolford (1984)

Figura III.1.- Cambios en la microflora durante el proceso de fermentación de los ensilados

Algunas especies de bacterias lácticas fermentan los azúcares a ácido láctico (homofermentativas). Otras, además de láctico dan lugar a otros productos, principalmente CO_2 junto con etanol, manitol y ácido acético (heterofermentativas), que no siempre contribuyen a una bajada del pH (ver tabla III.1).

Tabla III.1.- Algunas especies de bacterias lácticas aisladas de ensilados

<i>Lactobacillus</i>		<i>Streptococcus</i>	<i>Leuconostoc</i>	<i>Pediococcus</i>
Homofermentativas	Heterofermentativas	Homofermentativas	Heterofermentativas	Homofermentativas
<i>L. acidophilus</i>	<i>L. brevis</i>	<i>S. faecalis</i>	<i>L. citrovorum</i>	<i>P. acidilactici</i>
<i>L. casei</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>S. faecium</i>	<i>L. dextransicum</i>	<i>P. cerevisiae</i>
<i>L. coryneformis</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>S. lactis</i>	<i>L. mesenteroides</i>	<i>P. pentosaceus</i>
<i>L. curvatus</i>	<i>L. viridescens</i>			
<i>L. plantarum</i>				
<i>L. salivarius</i>				

Woolford (1984)

III.3.3- Fermentaciones secundarias

Son procesos bacterianos no deseables y que es preciso minimizar.

El más peligroso es la **fermentación butírica** a cargo de bacterias del género *Clostridium*. Se desarrollan entre 20-40° C, en competencia con las bacterias lácticas, pero necesitan un pH superior a 4. Algunas especies (proteolíticas) degradan el nitrógeno protídico del forraje hasta ácido butírico y amoníaco. Otras (sacarolíticas), degradan los azúcares y el ácido láctico hasta ácido butírico, además de acético, propiónico, etanol, butanol y otros metabolitos en menor cantidad. El amoníaco producido, tiende a elevar el pH en el silo. Esto favorece la proliferación de especies del género *Bacillus*, que generan aún más amoníaco.

Cuando el pH en el silo alcanza valores superiores a 5, se acelera el desarrollo de éstos y otros microorganismos también nocivos que realizan la putrefacción del forraje almacenado. Estos gérmenes butíricos se encuentran en la tierra y en el estiércol. La producción de CO₂ y H₂ durante la fermentación butírica por parte de algunas especies de clostridios, representa pérdidas de materia seca digestible y energía (Muck, 1988). La producción de algunas aminas, como la putrescina y la cadaverina, puede originar toxicidad en el ensilado y causar enfermedades a los animales o incluso la muerte.

También puede tener lugar una **fermentación alcohólica**, a cargo de levaduras, con producción de etanol y otros alcoholes. Hay que procurar reducirla todo lo posible favoreciendo la anaerobiosis, pues aunque afecta poco al proceso de ensilado, puede alterar su conservación. Además, en caso de ensilar subproductos de frutas (pulpa de cítricos, orujo de manzana, etc.), si no se cuida lo anterior, puede darse una excesiva formación de alcoholes, con peligro de toxicidad para el ganado.

Durante estos procesos la fermentación es muy intensa los tres días siguientes al cierre de los silos, atenuándose el proceso hasta alcanzar la estabilidad, transcurridos entre 15 y 20 días desde la elaboración (Vanegas, 2011). Para ser suministrados como alimento para el ganado, deberá haber transcurrido, como mínimo, el tiempo necesario para la estabilización del forraje. A efectos prácticos, se recomienda esperar un mes para proceder a su apertura.

Las condiciones básicas a potenciar para obtener un buen ensilado son las siguientes:

- Ausencia de aire en el interior del silo
- Suficiente contenido en azúcares
- Bajada rápida del pH del forraje (acidificación)

III.4.- Beneficios económicos ante el aprovechamiento del excedente forrajero

Las consecuencias de todo lo anterior para una buena gestión en las explotaciones derivan de las siguientes consideraciones (Martínez-Fernández y Argamentería Gutiérrez, 2010):

- Si, en efecto, se trata de un excedente forrajero puntual, quiere decir que el ganado no podría aprovecharlo en verde. Contribuiría a generar acumulación de tallos secos y materia muerta, con el consecuente embastecimiento del pasto y necesidad de renovación de la pradera.
- Dada la estacionalidad de la producción forrajera, el no disponer de forraje conservado en invierno y durante períodos de sequía obligará a adquirir alimentos fuera de la explotación.
- Es conocido que suplementando el pastoreo en zonas húmedas con forrajes conservados se incrementa la producción y calidad de la leche debido a una mayor ingestión total de materia seca.
- Una conservación de forrajes basada en contratación de labores o en empleo de maquinaria propia que no esté sobredimensionada, implica con seguridad un beneficio económico para la explotación.

IV | Silos convencionales

IV.1.- Concepto de silo convencional

IV.2.- Silos torre

IV.3.- Silos trinchera

IV.4.- Silos zanja

IV.5.- Silos plataforma

IV.1.- Concepto de silo convencional

Los silos, son instalaciones, recipientes o construcciones que albergan los ensilados, los protegen contra la acción de los agentes climáticos (luz, agua, aire) y ayudan a conservarlos en buen estado durante largo periodo de tiempo. El manejo del forraje cosechado y del ensilado obtenido está condicionado por los distintos tipos de silos, por lo que es de interés hacer una breve descripción de los mismos.

El tipo de silo debe adaptarse a las condiciones técnicas de la explotación y sus dimensiones dependerán del nivel de consumo previsto, teniendo presente que el frente de ataque del silo debe retroceder diariamente un mínimo de 10 cm y que éste deberá orientarse en dirección Norte-Noroeste sobre todo si está previsto el consumo de ensilado durante el verano.

Se consideran silos convencionales los utilizados en ganadería desde hace mucho tiempo, en contraposición a otros métodos más recientes de ensilado. Según su forma geométrica, pueden ser verticales (silos torre) u horizontales (trinchera, zanja y plataforma).

IV.2.- Silos torre

Están prácticamente en desuso, por la cantidad de mano de obra que precisan, tanto para el llenado como para la alimentación del ganado. Cumplieron su cometido en los años sesenta y principios de los setenta. Cantabria fue la región donde más se extendieron. Se construían en parcelas alejadas del establo, aprovechando el desnivel del terreno, para facilitar su relleno a mano. Como norma general, se edificaron en hormigón armado, y tenían forma cilíndrica, de 2 a 3 m de diámetro y 4 a 6 m de altura. Cada dos metros, se dejaba un hueco para su carga y posterior vaciado. También se construyeron silos de este tipo, anexos a los establos, mucho más grandes, precisando una máquina para llenarlos (picadora ensiladora). El vaciado era manual.

El mayor interés de este tipo de silos se centra en la conservación de forrajes semi-secos (40-45% de materia seca), aumentando su rentabilidad mediante su utilización continua, ya que se pueden llenar en cualquier momento del año, independientemente del estado en que se encuentre el resto del forraje, siempre que la retirada del alimento se realice por su parte inferior (Cañeque y Sancha, 1998).

Los silos metálicos americanos tipo HARVESTORE, con forma de torre cilíndrica, se trataron de introducir en los años setenta. Necesitan, como los anteriores, picadora ensiladora, y disponen de un tornillo sin fin en su base inferior para extraer el ensilado e incluso repartirlo longitudinalmente sobre el pesebre. Pueden ser abiertos o herméticos. En este segundo caso, las condiciones de anaerobiosis

están controladas. Los hay de carga continua; es decir, que en cualquier momento se puede introducir forraje para ensilar. Para su correcto funcionamiento, precisan que el contenido en materia seca del forraje inicial esté próximo al 30%. Los instalan casas especializadas. Debido a su alto coste y los problemas de vaciado que presentaron, no se llegaron a generalizar.

IV.3.- Silos trinchera

Construidos normalmente en hormigón armado, están formados por la base (plataforma) y dos paredes laterales. También pueden tener una tercera pared en su parte trasera, lo que dificulta la carga, al impedir que el tractor pueda atravesar longitudinalmente el silo, pero facilita la compactación.

Es una obra civil proyectada efectuando los cálculos pertinentes. Habitualmente, las paredes son de hormigón armado, con una altura de dos metros y de forma trapezoidal, para facilitar el pisado del forraje. La base es una zapata de 1,30 metros de ancho por 30 centímetros de altura. La anchura es de 40 centímetros en la base de las paredes y de 15 centímetros en la zona más alta. La plataforma se construye en hormigón armado, con pendientes del 2% hacia el frente y hacia el centro de la misma, para facilitar el drenaje de efluente y su recogida. Suelen localizarse anexos a las estabulaciones. Están perfectamente adaptados para el autoconsumo, pero la tendencia actual es el desensilado y posterior distribución. Pueden construirse baterías de silos trinchera, en las que una pared longitudinal es común a dos adyacentes. También se pueden proteger con un techo en cubierta a dos aguas para mejor protección, pero encarece en exceso (ver imágenes IV.1 y IV.2).

Una alternativa a este tipo de construcción "fija", es utilizar "silos móviles". Sobre la plataforma de hormigón, se colocan paneles portátiles a modo de paredes laterales. Estos paneles (tabiques separadores móviles), no precisan obras ni anclajes, se construyen en hormigón y se fabrican en varias medidas. Disponen de enganches metálicos en la parte superior para facilitar su manejo y fácil desplazamiento con carretilla elevadora, tractor, pala, etc. En la figura IV.1 se muestra un esquema de un panel individual portátil para la construcción de un silo trinchera. Este tipo de paneles es muy versátil, dado que permite modificar las dimensiones del frente del silo para adaptarlo a las necesidades del rebaño (ver imagen IV.3).



IV.1.-Batería de silos trinchera



IV.2.-Silo trinchera bajo techo

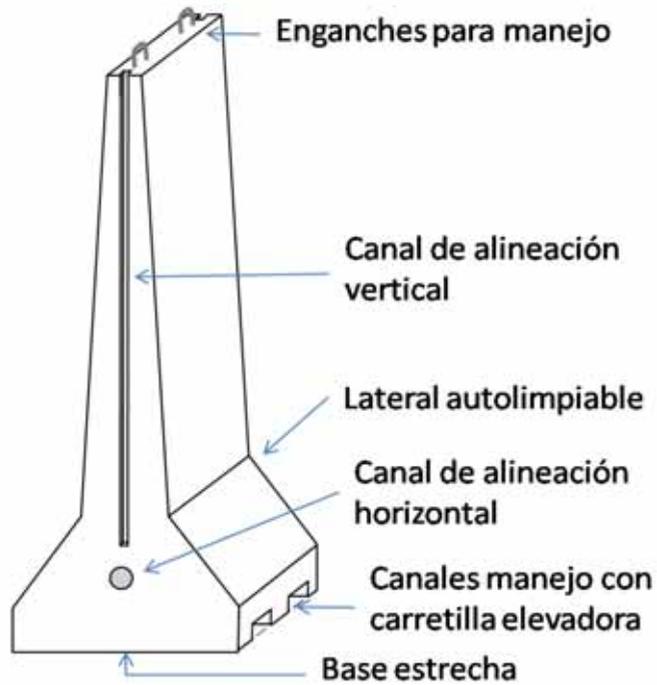


Figura IV.1.- Esquema de un panel individual portátil para construcción de un silo trinchera



IV.3.-Batería de silos trinchera construidos con paneles laterales portátiles

IV.4.- Silos zanja

Es una variante del silo trinchera. Precisa una excavación en el terreno aprovechando una pendiente natural, en dirección hacia la parte frontal abierta del silo. La tercera pared, en la parte trasera, es imprescindible en este caso. El fondo, paredes laterales y pared posterior se suelen revestir con hormigón, ladrillo u otros materiales para evitar infiltraciones de agua y soportar el empuje de la tierra. Al suelo se le da una ligera inclinación longitudinal hacia afuera para facilitar la salida de líquidos.

La ventaja de este con respecto al silo trinchera, consiste en que, el pisado del forraje en la zona cercana a los muros que están inclinados, por donde podrían entrar fácilmente el aire y el agua, es más seguro. El revestimiento de los taludes, por otro lado, es menos costoso y más fácil. Ahora bien, sólo resultan de interés los que tienen un frente abierto aprovechando la pendiente natural del terreno. Los que están totalmente contruidos por excavación en terreno llano no resultan prácticos por la dificultad del apisonado del forraje y de la posterior extracción del ensilado.



IV.4(a, b).- Silos zanja contruidos aprovechando los desniveles del terreno

IV.5.- Silos plataforma

Se denomina así al montón de forraje envuelto con láminas de plástico, directamente sobre el terreno o sobre una solera de hormigón. Cuando se va a practicar el autoconsumo, es imprescindible esta última. La tendencia actual, por razones económicas, es utilizar plástico directamente sobre el terreno. La carencia de paredes laterales presenta ventajas e inconvenientes, que expondremos a continuación.



IV.5.-Silo plataforma

La carga es muy cómoda. Sin paredes, las maniobras con la maquinaria son muy rápidas y sin dificultades. Haciendo una rampa con el forraje, puede llegarse hasta tres metros de altura perfectamente. Por otra parte, la superficie de forraje en contacto con el material de construcción resulta inferior o incluso nula y, por tanto, las pérdidas son menores.

La rampa puede ser doble, lo cual facilita el movimiento del tractor mientras compacta la masa de forraje a ensilar. El cierre de este silo es una labor de suma importancia, en la que es preciso tener en cuenta varios detalles clave. Se debe utilizar plástico negro de un espesor de 700 galgas como mínimo. El de color blanco, deja pasar los rayos solares y el ensilado se recalienta en la zona de contacto con el plástico. El de poco espesor, deja pasar el aire y además se rompe con mucha facilidad. Una vez cerrado el silo, se deben colocar encima del plástico objetos pesados, para evitar que se formen bolsas de aire y que las inclemencias del tiempo lo deterioren.

Su inconveniente principal es que el pisado con el tractor de los bordes de la superficie de forraje resulta peligroso, al no haber muros de contención. Se requiere habilidad como tractorista y dar forma de talud a las paredes laterales del montón, para tener un punto de referencia. Adicionalmente, hay que prestar mucha atención a la colocación del plástico con que se cerrará el silo. Cuando en el silo plataforma sin solera de hormigón se unen, mediante un cierre de canutillo, la lámina inferior de plástico sobre la que se depositó el forraje, con la lámina superior que lo tapa, tenemos el denominado **silo hermético**. Si además se introdujo en profundidad, dentro de la masa de forraje, un tubo con agujeros a lo largo de toda su superficie, con salida al exterior a través de la lámina superior (cerrado herméticamente el plástico en torno al orificio de salida) y, a través de él se extrae el aire con una bomba de vacío, tapando finalmente dicho tubo, tenemos el **silo al vacío**. Sólo es aplicable a silos de pequeñas dimensiones y la colocación de los cierres metálicos resulta muy laboriosa.

En síntesis, el silo plataforma se utiliza fundamentalmente como tal, sin solera de hormigón.



IV.6 (a,b).-Silo plataforma

V Maquinaria y material para el ensilado convencional

- V.1.- Fases del proceso de ensilado convencional
- V.2.- Siega del forraje con ensilado directo
 - V.2.1.- Cosechadoras para ensilado directo de forrajes de consistencia herbácea
 - V.2.1.1 Cosechadora de corte simple o de mayales
 - V.2.1.2.- Cosechadora de doble corte
 - V.2.2.- Cosechadora de doble uso
- V.3.- Siega del forraje con opción de prehenificación
- V.4.- Prehenificación del forraje sobre el terreno
- V.5.- Recogida y transporte del forraje con opción de prehenificación
 - V.5.1.- Cosechadora-picadora de precisión o recogedora-picadora
 - V.5.2.- Remolque autocargador
- V. 6.- Caso particular para las zonas de montaña
 - V.6.1.- Tractor convencional en zona de montaña
 - V.6.2.- Tractor específico de montaña
 - V.6.3.- Transportador o vehículo multifunción
 - V.6.4.- Tractocarro
 - V.6.5.- Motosegadora
 - V.6.6.- Segadoras de corte alternativo, de corte rotativo o acondicionadora
 - V.6.7.- Rastrillo hilerador
 - V.6.8.- Rastrillo recogedor y rastrillo desplazador
 - V.6.9.- Autocargador
- V.7- Descarga y acondicionamiento del forraje en el silo
 - V.7.1- Descarga y acondicionamiento de forraje en silos verticales
 - V.7.2- Descarga y acondicionamiento de forraje en silos horizontales

V.8.- Cierre del silo

V.9.- Organización del trabajo

V.10.- Opciones para planificar el ensilado de la explotación

V.11.- Dimensionamiento y suministro de ensilado convencional (silos horizontales) a los animales

V.11.1. Volumen a ensilar y dimensiones del silo

V.11.2. Suministro de ensilado convencional a los animales

V.11.2.1.- Silos trinchera de autoconsumo

V.11.2.2.- Suministro en pesebre desde silos verticales mediante un tornillo sin fin

V.11.2.3.- Suministro a voluntad en el pasillo de alimentación de la estabulación

V.11.2.4.- Suministro de ensilado como ingrediente de una ración completa mezclada
(alimentación UNIFEED)

V.1.- Fases del proceso de ensilado convencional

Entendemos como "ensilado convencional", los tipo de silos detallados en el capítulo IV, y que son habituales en la actualidad en las explotaciones agroganaderas (silo trinchera, silo zanja y silo paltiforma).

Por orden correlativo, aunque hay casos de simultaneidad entre una fase y la siguiente, se precisan los siguientes procesos mecánicos.

- 1.- Siega del forraje
- 2.- Transporte
- 3.- Descarga
- 4.- Acondicionamiento del forraje en el silo
- 5.- Pisado con el tractor
- 6.- Cierre del silo

Opcionalmente, para forrajes de consistencia herbácea, se puede efectuar un oreo (prehenificación) del forraje segado antes de su transporte al silo. Esto implica un proceso mecánico de hilerado previo al transporte o, incluso, sucesivos volteos e hilerados para terminar con un hilerado final (véanse apartados V.3 y V.4). Procediendo así, obtenemos el **ensilado con prehenificación**. En caso contrario, la siega y el transporte son simultáneos y tenemos el **ensilado directo**. También es opcional la adición mecánica de un aditivo durante el proceso de siega o el de transporte. La adición manual durante el acondicionamiento es menos efectiva. Describimos a continuación estas labores y la maquinaria precisa.

V.2.- Siega del forraje con ensilado directo

Como se indicó anteriormente, la siega y transporte son simultáneos. Un tractor acciona una cosechadora y lleva un remolque. La cosechadora lanza el forraje cosechado por soplado al remolque, a través de una chimenea (llamada cigüeña, por su forma) orientable desde la cabina del tractor. Es importante que el remolque sea autodescargable, para que no limite el rendimiento de la cosechadora. Por la misma razón, se debe disponer de un segundo tractor con un segundo remolque para sustituir inmediatamente al que está recibiendo el forraje segado cuando complete su capacidad de carga.

V.2.1. Cosechadoras para ensilado directo de forrajes de consistencia herbácea

Existen dos categorías, en función de la precisión con que trocean el forraje:

V.2.1.1 Cosechadora de corte simple o de mayales

El forraje es lacerado (no cortado a una longitud determinada). El grado de laceración puede ser alterado en muchos modelos, ajustando la distancia entre la barra de corte y los mayales. La longitud del forraje troceado varía entre 5 y 20 cm. Actualmente, están en desuso.

V.2.1.2.- Cosechadora de doble corte

El forraje es cortado por mayales curvados y transportado por un sinfín que alimenta un sistema de corte circular, tipo ventilador, proporcionando un picado adicional. La longitud del forraje a ensilar varía con el sistema de alimentación del picado. Puede modificarse la velocidad del ventilador o cortador con el número de cuchillas de corte, entre 1,22 y 5 cm.



V.1.-Recolección de maíz como ejemplo característico de ensilado directo

V.2.2.- Cosechadora de doble uso

La recolección del maíz forrajero sigue un proceso de corte, picado, impulsión por soplado, transporte y descarga. Para tal fin existen cosechadoras de doble uso. Cambiando el cabezal, pueden servir para cosechar forrajes de consistencia herbácea o maíz. La parte principal es la cosechadora-picadora de maíz forrajero. En principio, caben cuatro posibles combinaciones:

		Accionada por el tractor	Autopropulsada
		↓	↓
De doble uso para hierba y maíz forrajero	→	①	②
Específica para maíz forrajero	→	③	④

Ahora bien, dado que el maíz no recubre totalmente la superficie del suelo, si no que se siembra en líneas a intervalos regulares, ha sido preciso diseñar cosechadoras especiales, con un cabezal en forma de V, a encajar en una línea de plantas de maíz. Posteriormente, para aumentar el rendimiento de las máquinas surgieron los cabezales con doble V o triple V, que permiten la recogida simultánea de dos o tres líneas de maíz e incluso ya existen cosechadoras con cabezales para 4 o más líneas de maíz. Algunos modelos disponen también de un tornillo sin fin para levantar el maíz encamado (plantas caídas) y así poder recolectarlas, aunque no soluciona al 100% dicho problema.

La tendencia actual es hacia **cosechadoras autopropulsadas** de alto rendimiento específicas para maíz que no llevan cabezal en V único o múltiple, sino un peine frontal que recoge en toda su anchura de corte las líneas que quepan. Este tipo de cosechadoras debe tener posibilidad de graduar el tamaño de picado y alcanzar tamaño inferior a 1 cm y además deben de disponer de placa de fricción para aplastamiento de todos los granos de maíz. Su precio es elevado y solo se justifica para grandes superficies o para empresas de servicios agrarios.

Otros cultivos de verano, como girasol, sorgo y pasto del sudán, que tampoco son de consistencia herbácea, requieren este tipo de cosechadora.

El procedimiento habitual de trabajo de este tipo de cosechadoras es el siguiente:

- La cosechadora autopropulsada lanza por soplado el forraje picado a un remolque, arrastrado por un tractor, o a un camión en el caso de parcelas alejadas de las explotaciones.
- El remolque ha de ser autodescargable y de capacidad apropiada al rendimiento de la cosechadora y potencia del tractor.
- Para no limitar el rendimiento de la cosechadora y obtener una plena eficacia de la recolección, es preciso que, una vez lleno el remolque, otro tractor traiga un segundo remolque vacío que le sustituya. El primero será llevado al silo para descargar, con mínima interrupción en el funcionamiento de la cosechadora.

En muchos países tradicionalmente ganaderos, la cosecha suele contratarse a una empresa especializada.

V.3.- Siega del forraje con opción de prehenificación

Sólo es de aplicación para los forrajes de consistencia herbácea. El maíz forrajero y otros cultivos de verano, que en el momento de la recolección presentan un contenido de materia seca del 30% o incluso más no plantean la necesidad de la prehenificación.

El forraje segado queda depositado sobre el propio terreno y a continuación caben dos opciones:

- Es hilerado y transportado al silo inmediatamente, lo cual puede considerarse un ensilado directo.
- Se deja orear sobre el terreno hasta que alcance un contenido en materia seca próximo al 30%, o incluso superior a dicho nivel (ensilado con prehenificación).

Wilkinson *et al.*, (1996) consideran que, con dos horas de oreo del forraje sobre el terreno, se efectúa ensilado con prehenificación. Con sol y viento, es indudable que en tan corto plazo sí hay evaporación de agua, pero con llovizna o alta humedad medioambiental junto con una baja temperatura, situación tan frecuente durante la primavera en Asturias, es equivalente al ensilado directo.

La maquinaria para esta labor inicial puede ser la misma que para suministrar forraje en pesebre: barra de corte, segadora de doble corte, segadora rotativa horizontal, segadora de discos múltiples, segadora de tambores, segadora de mayales o segadora-acondicionadora.

En Asturias, en algunas explotaciones aún se utiliza la barra de corte manual, accionada por un hombre, debido a la poca dimensión de las explotaciones. En las de mayor tamaño suele usarse una segadora de discos.



V.2.-Segadora con barra de corte manual o guadañadora

La segadora-acondicionadora dispone de mecanismo para aplastar los tallos, facilitando la evaporación de agua, además de hilerar el forraje. El mayor peso de esta máquina limita su rendimiento en terrenos con pendiente o algo accidentados, aunque sean mecanizables.

V.4.- Prehenificación del forraje sobre el terreno

Una vez realizada la siega (efectuada según se indicó en el apartado anterior), el forraje queda extendido sobre el terreno. La capa externa, al estar en contacto con el aire, pierde humedad mucho más rápidamente que la que permanece en contacto con el suelo. Para maximizar la evaporación de agua, interesa, en principio, invertir ambas capas. Esta labor recibe el nombre de **volteado**, y se realiza con el denominado rastrillo hilerador. Existen varios modelos: de discos, de descarga lateral o esparcedor rotativo. El más habitual es el primero.

El rastrillo hilerador funciona accionado por el tractor. Una vez prehenificado el forraje, invirtiendo el sentido del giro, el forraje queda acondicionado en hileras (labor de hilerado) para facilitar su posterior recogida. Pueden efectuarse varias labores alternativas de volteado e hilerado: las primeras cuando no llueve y las segundas cuando llueve. Ahora bien, además de la pérdida mecánica de hojas, ambos procesos conllevan el riesgo de contaminar el forraje con tierra, sobre todo si el suelo está húmedo. En este sentido, los datos medios procedentes del Servicio de Análisis efectuado por el Laboratorio de Nutrición del SERIDA revelan que el porcentaje de ensilados con prehenificación contaminados con tierra es superior al 7,5% (contenidos en cenizas superiores al 15%).

Para evitar la contaminación con tierra, se recomienda reducir el número de volteos al mínimo imprescindible. Es posible dejar orear sólo la capa superior e hilerar a continuación. Sin lluvia, pueden bastar 24 horas para alcanzar un nivel de prehenificación aceptable. Con sol y viento, se requieren menos de 12 horas. Hay que tener también en cuenta que el forraje oreado no puede permanecer largo tiempo hilerado sobre el campo sin recogida, ya que con más de una semana corre riesgo de fermentar en presencia de aire, tendiendo a la putrefacción.

Si no se quiere orear el forraje segado, hay que proceder inmediatamente al hilerado del mismo, con la máquina a la que nos referimos en este apartado.



V.3(a, b).-Hilerado de forraje con rastrillo hilerador



V.4.-Forraje segado con hilerado posterior

V.5.- Recogida y transporte del forraje con opción de prehenificación

Segado el forraje e hilerado (prehenificado o no), hay dos modalidades de efectuar su recogida y transporte al silo.

V.5.1.- Cosechadora-picadora de precisión o recogedora-picadora

Las cosechadoras-picadoras pueden estar accionadas por tractor o tener autopropulsión. En su parte frontal llevan un mecanismo horizontal giratorio denominado *pick-up*, provisto de dientes que recoge el forraje y lo conduce a un dispositivo de corte, previamente regulable, que lo trocea con gran precisión entre 0,4 y 10 cm. A continuación, su sistema funciona igual que con las cosechadoras de corte directo reseñadas en los subapartados V.2.1 y V.2.2. A través de una chimenea orientable, el forraje picado es impulsado a un remolque autodescargable que debe reemplazarse por otro, una vez completada su capacidad de carga.

V.5.2.- Remolque autocargador

Funciona accionado por el tractor. Como en la anterior cosechadora-picadora de precisión, en su parte frontal lleva un *pick-up* que recoge el forraje y lo eleva hasta un eje horizontal con cuchillas, en número variable de 3 a 24, según modelos. El espacio entre cada dos cuchillas oscila entre 5 y 15 cm, determinando la longitud

de picado, de forma menos precisa que en las cosechadoras. El suelo del remolque es móvil y va acondicionando la hierba recogida. Lógicamente, es autodescargable.

Se diseñaron remolques autocargadores que llevan antes del *pick-up* un dispositivo de cuchillas circulares similar al de las segadoras de discos. Poniéndolo en funcionamiento, realiza un ensilado directo: siega el forraje y, a continuación, lo recoge el *pick-up*. No precisa segadora ni hilerador. En principio, pueden funcionar como autocargadores normales con hierba oreada, sin accionar el mecanismo de siega, pero no tendría mucho sentido.



V.5 (a, b).-Remolque autocargador accionado por un tractor

V.6.- Caso particular para las zonas de montaña

Durante los años 2010 y 2011, El Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), financió un Proyecto Piloto Nacional cuyo objetivo general era mejorar la mecanización de producción y conservación de forrajes en zonas de montaña, a fin de incrementar la rentabilidad de las explotaciones situadas en las mismas y reducir el riesgo de accidentes laborales. En dicho proyecto participaron las Comunidades Autónomas del Principado de Asturias (Consejería de Medio Rural y Pesca, en colaboración con la Universidad de León), la Comunidad Foral de Navarra (Gobierno de Navarra en colaboración con el actual INTIA-ganadería y la Universidad Pública de Navarra), y la Comunidad de Castilla y León (ITACyL). Tras el análisis de la situación actual, se elaboró un registro de maquinaria comercial y se realizaron demostraciones de funcionamiento. De la publicación elaborada (MARM, 2012), se han extraído las recomendaciones sobre maquinaria para ensilar expuestas en los apartados siguientes.

V.6.1.- Tractor convencional en zona de montaña

Hay que reducir tanto el riesgo de deslizamiento como el de vuelco. Para ello, si se opta por un tractor convencional, es preferible elegir uno de bajo centro de gravedad. Además se puede mejorar su estabilidad dotándole de los siguientes elementos de seguridad:

- Brazos inferiores del elevador frontal montados en el eje delantero para que el suplemento oscile según las irregularidades del terreno y se aproxime a la parte frontal del tractor.
- Puesto de conducción reversible para tener la mejor visión, tanto marcha adelante como marcha atrás.
- Disminución de la altura del centro de gravedad cambiando la posición de discos y llantas.
- Montaje de llantas dobles de acoplamiento rápido para aumentar la anchura del tractor.
- Incorporación de cadenas en las llantas dobles anteriores para reducir el riesgo de deslizamiento.

V.6.2.- Tractor específico de montaña

Tiene centro de gravedad muy bajo, ruedas del mismo diámetro en los dos ejes y doble tracción permanente o desconectable. El eje delantero es pivotante e incluso puede serlo el chasis. Los dos ejes suelen ser directrices.

Su estabilidad resulta muy superior a la del tractor convencional y aún puede mejorarse más, efectuando lo mismo que en el tractor convencional. Incluso posee elementos opcionales.

V.6.3.- Transportador o vehículo multifunción

Se trata de vehículos portaimplementos especialmente diseñados para zonas de montaña. Tienen bajo centro de gravedad, ruedas del mismo diámetro en ambos ejes, doble tracción permanente y chasis con articulación central. Pueden ser equipados con diferentes implementos intercambiables, incluido uno que lo convierte en un remolque autocargador autopropulsado. Se puede mejorar aún más su estabilidad con las mismas prácticas que para el tractor convencional.

V.6.4.- Tractocarro

Se trata de un vehículo autopropulsado más sencillo que el anterior, pero que puede realizar las mismas funciones, incluida la conversión en autocargador.

V.6.5.- Motosegadora

En zonas de montaña se puede mejorar su seguridad con elementos especiales y con prácticas similares a las del tractor convencional.

V.6.6.- Segadoras de corte alternativo, de corte rotativo o acondicionadora

Si se instalan lateralmente en la parte trasera del tractor, tienden a desequilibrarlo cuando sube una pendiente o la recorre transversalmente. Se puede mejorar la estabilidad mediante una placa-lastre a instalar en el frontal del tractor y circulando de forma que la barra de corte lateral vaya siempre del lado del tractor que quede más elevado debido a la pendiente.

Pero lo mejor es disponer de una barra de corte especialmente diseñada para zonas de montaña. Se instala en la delantera del tractor y se coloca la placa lastre en la parte trasera del mismo. Se adquiere así mucha mayor estabilidad.



V.6.-Segadora de discos acoplada a la parte posterior de un tractor específico de montaña



V.7.-Segadora acondicionadora acoplada a un tractor específico de montaña

V.6.7.- Rastrillo hilerador

En zonas de montaña interesa que tenga un cabezal de corte de enganche al tractor. Puede combinarse la segadora en la parte frontal con elhilerador en la trasera, de forma que se autocompensen sus pesos y la siega e hilerado sean simultáneos. También puede elegirse un hilerador a instalar en el frontal del tractor.

V.6.8.- Rastrillo recogedor y rastrillo desplazador

Son aperos destinados a transportar forraje recién segado o ya prehenificado desde zonas muy pendientes a otras más llanas, en que sea más fácil proseguir con las labores de ensilado. El recogedor es accionado por el tractor y el desplazador mediante la motosegadora.

V.6.9.- Autocargador

Si se trata de remolque arrastrado por el tractor, se puede mejorar su estabilidad mediante ruedas dobles de acoplamiento rápido, sustitución de los neumáticos de fábrica por otros más bajos y anchos, realizando el acoplamiento tractor-remolque de forma que el punto de enganche quede lo más bajo posible, e instalando una placa-lastre en la parte delantera del tractor.

En caso de vehículo multifunción o tractocarro implementados para funcionar como autocargador, se puede incrementar aún más la seguridad con las prácticas recomendadas para el tractor convencional.

V.7- Descarga y acondicionamiento del forraje en el silo

V.7.1- Descarga y acondicionamiento de forraje en silos verticales

Como ya se indicó en el capítulo IV (apartado IV.2), en la actualidad este tipo de silos apenas se utiliza. En los silos torre construidos en obra, la carga y posterior compactación se hacen manualmente, si son de pequeñas dimensiones. En los de mayor tamaño, se utiliza una picadora-ensiladora para trocear finamente el forraje y conducirlo mediante soplado de aire a través de una chimenea (como en las cosechadoras), que lo introduce en el silo por su parte superior. La compactación es manual sobre la última capa.

Los silos metálicos Harvestore también necesitan de la picadora ensiladora con mayor razón aún, dadas las exigencias en cuanto a tamaño máximo de picado admisible. La compactación posterior se realiza según el propio mecanismo de funcionamiento del silo, dependiendo de que sea abierto o hermético y, en este último caso, de si es de carga continua o no.

V.7.2- Descarga y acondicionamiento de forraje en silos horizontales

En el caso de silos plataforma, el remolque autodescargable o autocargador deposita el forraje al final de la solera o de la lámina de plástico extendida sobre el suelo y avanza lentamente hacia la parte frontal. Así se logra una cierta forma inicial de cuña. En el caso de silo zanja o trinchera, con más dificultad de maniobra, a fin de economizar tiempo es conveniente descargar el forraje fuera e introducirlo con un segundo tractor, que lleva una pala trasera de dientes con un émbolo hidráulico que acciona un rastrillo de empuje sobre la misma. Este apero permite acondicionarlo fácilmente en forma de cuña. Un buen tractorista emplea tan solo 10 minutos por cada 5 t de forraje. Resulta, pues, muy útil y aconsejable para todas las modalidades de silos plataforma.



V.8.-Descarga del forraje en un silo trinchera

Existe otra máquina alternativa también accionada por el tractor, denominada acondicionadora o extendidora de forraje. De forma similar al hilerador, mediante el giro de un disco dentado distribuye el forraje en el interior del silo.

El forraje así colocado es pisado por un tractor que recorre sucesivas veces, marcha adelante y atrás, la superficie de la cuña de forraje. Puede ser el mismo tractor que lleva la pala de dientes trasera o la extendidora a la que antes nos referíamos. Un tractorista experimentado tiene tiempo para realizar ambas labores de acondicionado y pisado entre dos sucesivas descargas de forraje.



V.9 (a, b).-Acondicionado y pisado del forraje en el interior de un silo trinchera

La función del pisado es extraer la mayor parte posible del aire almacenado en el interior de la masa de forraje, a fin de lograr cuanto antes las condiciones de anaerobiosis. Esta operación es crucial para conseguir una buena fermentación. Ha de ser uniforme sobre toda la superficie, y las ruedas del tractor deben estar bien limpias de estiércol y tierra. Que el tractor arrastre un rulo no mejora la compactación del forraje.

Si por cualquier motivo es necesario interrumpir las labores de ensilado hasta el día siguiente, conviene tapar provisionalmente la superficie del forraje ya acondicionado y pisado con las propias láminas de plástico, que luego cerrarán definitivamente el silo.

V.8.- Cierre del silo

El cierre del silo se efectúa con láminas de plástico. Comercialmente, suelen venderse rollos de 8-10 m de anchura. El espesor debe tener como mínimo galga 300 si existe techo y 500 si está a la intemperie. Por razones de seguridad, se recomienda utilizar galga 700. En los silos torre de obra, el plástico se coloca sobre la sección circular de la última capa, con peso encima.

En los silos zanja y trinchera se aconseja colocar una lámina enrollada sobre la pared del fondo, con longitud suficiente para tapar toda la superficie del forraje acondicionado en el silo, incluida la de la parte frontal, más un ligero exceso. Sobre las paredes laterales se colocarán sendas láminas desde el fondo del silo, enrolladas o colgando hacia el exterior, con una longitud que les permita sobrecruzarse posteriormente sobre el centro del silo.

En los silos plataforma con solera de hormigón se utiliza un sistema de cierre similar: una lámina desde el fondo y dos laterales que se sobrecruzan. El montón de forraje debe presionar las tres láminas para sujetarlas. Sin solera de hormigón, lo mejor es colocar el rollo de plástico en el suelo e ir extendiendo lámina a medida que crece el montón de forraje que se va depositando. Después, hay que cortar una segunda lámina que cubrirá el forraje acondicionado y pisado. Se puede unir con cierre de canutillo a la primera lámina sobre el suelo (silo hermético), enrollarla con ésta y enterrarla en el suelo (equivalente a silo hermético) o, simplemente, colocar peso sobre el solapamiento de ambas láminas a lo largo de todo el perímetro del silo.



V.10.-Proceso de cerrado de un silo trinchera

La compactación conseguida con el pisado del tractor hay que mantenerla en el tiempo. Se consigue colocando objetos pesados, no cortantes, sobre la superficie de plástico que cubre la capa superior del forraje (que ejercerán una presión vertical sobre la masa de forraje). Una alternativa es usar sacos de arena.



V.11.-Cierre definitivo de un silo trinchera

V.9.- Organización del trabajo

Se debe coordinar la maquinaria y la mano de obra para realizar las labores precisas sin interrupciones y en el menor tiempo posible. La cantidad óptima de personal y maquinaria depende de los respectivos rendimientos y del tamaño del silo. Para un ensilado directo en silo horizontal son precisos:

- 1 tractor con cosechadora (1 persona)
- 1 tractor y dos remolques (1 persona)
- 1 tractor con pala de dientes (1 persona)
- extender el forraje en el silo (1 persona)

Con opción de prehenificado y también con silo horizontal:

- 1 tractor con segadora, luego hilerador y finalmente autocargador (1 persona). Si no interesa prehenificar y, al contrario, se desea llevar el forraje rápidamente al silo, hay que simultanear las dos primeras labores (2 tractores y 2 personas)
- 1 tractor con pala de dientes (1 persona)
- Extender el forraje en el silo (1 persona)

En silos verticales con ensiladora-picadora, la atención a esta maquinaria sustituiría al tractor con pala de dientes. En cuanto a los primitivos silos torre, el problema era precisamente el elevado número de horas hombre para su carga y compactación manuales.

V.10.- Opciones para planificar el ensilado de la explotación

A la vista de lo expuesto en los apartados anteriores, existen tres maneras distintas de disponer de maquinaria y personal:

- **Por contrata.** Este sistema tiene muchas ventajas:
 - Posibilidad de elegir maquinarias más adecuadas y más eficaces.
 - Mayor experiencia en trabajo de ensilado.
 - La maquinaria y el personal contratados se dedican exclusivamente a ensilar, tardando menos en cerrar el silo.
 - El propietario de la explotación dedica su tiempo a otras labores necesarias. En Europa se impone este sistema.
- **Personal propio de la explotación.** Puede llevarse a cabo cuando se reúnen las siguientes condiciones:
 - Disponer de maquinaria y mano de obra en la misma explotación.
 - Personal con tiempo para ensilar
 - Capacidad para cosechar más de 60 t/día.

- **En cooperativas o uso común de la maquinaria**

Algunas cooperativas gallegas y asturianas que tienen maquinaria muy especializada, ofrecen servicios de ensilado a sus socios, lo que resulta muy próximo a la primera.

En cuanto a la adquisición de maquinaria en común entre varios ganaderos, hay más facilidades para recibir ayudas para su compra y, aunque no se consigan, se reducen sensiblemente los costes.

Una empresa especializada en servicios de ensilado o una cooperativa que los oferte, deben tener un parque de maquinaria muy amplio, dadas las condiciones tan variables de las explotaciones asturianas. Igualmente, no hay que olvidar que los accesos a muchas explotaciones no permiten el paso de máquinas de grandes dimensiones, que pueden, en principio, ser interesantes por su elevado rendimiento.

En la adquisición de maquinaria para una finca particular o una asociación de ganaderos, se deben de tener en cuenta ciertos detalles para elegir con acierto: tipo de explotación, posible evolución, tamaño, parcelación, pendientes, caminos, superficie destinada a pradera, superficie destinada a cultivos forrajeros, suministro de forraje verde segado, práctica del pastoreo, etc. En caso de maquinaria accionada por tractor, tener en cuenta su potencia. A modo de ejemplo, en la tabla V.1 se recoge la potencia necesaria del tractor para accionar diversos tipos de cosechadora de forrajes. Es un riesgo proceder exclusivamente por imitación o aceptar ofertas sin sopesar las anteriores circunstancias.

Tabla V.1.- Potencia necesaria del tractor para accionar diversos tipos de cosechadora de forrajes

Tipo de cosechadora	Potencia del tractor (cv)	Rendimientos (t/h)
De mayales	> 40	7-9
De doble corte	> 60	8-10
Picadora de precisión	> 80	12-16

Argamentería *et al.*, (1997)

V.11.- Dimensionamiento y suministro de ensilado convencional (silos horizontales) a los animales

V.11.1. Volumen a ensilar y dimensiones del silo

El ensilado puede constituir la totalidad de la ración basal dada a los animales, por ello, es necesario dimensionar adecuadamente el silo, teniendo en cuenta que para evitar el deterioro del producto final por oxidación se necesita un consumo mínimo diario (Cañeque y Sancha, 1998).

El volumen a ensilar en función de las **necesidades de los animales**, se calculará a partir de la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q \times T \times N}{m}$$

En donde:

- V= volumen a almacenar en m³
- Q= ración diaria por cabeza en kg de materia verde
- T= duración del período de alimentación en días
- N= n° de cabezas de ganado
- m= densidad del forraje ensilado en kg/m³

Si el volumen se determina a partir del **rendimiento por hectárea**, la expresión será:

$$V = \frac{1000 \times P \times A}{m}$$

En donde:

- V= volumen a almacenar en m³
- P= producción en toneladas de materia verde/ha
- A= superficie cultivada en ha.
- m= densidad del forraje ensilado en kg/m³

La densidad del forraje ensilado en kg/m³ (m), varía con el tipo de forraje , siendo los valores aproximados los siguientes (Cañeque y Sancha, 1998):

- Hierba no picada..... 800-900
- Hierba picada 900-1000
- Hierba prehenificada 700
- Maíz en estado pastoso 800

Una vez determinado el volumen a ensilar se está en condiciones de dimensionar el silo. Es necesario, en primer lugar, determinar la altura (h) y anchura (a) del silo, que van a definir la superficie del frente de ataque (S), deduciéndose a partir de ésta la longitud del silo (L) mediante la relación entre el volumen diario total (V) y la superficie del frente de ataque (S).

La superficie del frente de ataque (S) estará influenciada por el sistema de utilización del ensilado, ya que éste puede ser mediante recogida del ensilado por el ganadero para su posterior distribución a los animales ("desensilado") o bien ser directamente consumido por éstos. En cualquier caso, como ya se comentó en el apartado IV.1 el avance diario del frente del silo debe ser como mínimo de 10 cm, para evirar su deterioro.

V.11.2. Suministro de ensilado convencional a los animales

Se reseñan a continuación las diferentes posibilidades de manejo.

V.11.2.1.- Silos trinchera de autoconsumo

Se adapta a la parte frontal del silo una valla con listones que permitan al ganado introducir la boca a través de ellos. Así, los animales pueden acceder libremente a la masa de forraje fermentado e ir ingiriéndolo voluntariamente. La valla se desplaza diariamente hacia el fondo del silo a medida que el ensilado va siendo consumido. Se recomienda que dicho desplazamiento no sea inferior a 30 cm/día para una buena conservación del ensilado una vez abierto.

Este sistema de autoconsumo estuvo muy en boga por los años 1960-1970 del siglo pasado. Sin embargo actualmente está en desuso. Se prefiere llevar el ensilado a los animales y no que éstos accedan al silo.

V.11.2.2.- Suministro en pesebre desde silos verticales mediante un tornillo sin fin

Era el sistema utilizado en los silos verticales herméticos. El ensilado era extraído mediante una desensiladora con mecanismo de fresa y se depositaba en la cabeza de un tornillo sin fin. Cada vuelta de este último, desplazaba una cantidad fija de ensilado sobre un comedero anexo al silo. La ración diaria podía regularse en función del número de vueltas. Según antes indicamos, este sistema también está actualmente en desuso.

V.11.2.3.- Suministro a voluntad en el pasillo de alimentación de la estabulación

El patio de ejercicio de las estabulaciones suele tener un pasillo de alimentación frontal con valla o mecanismo autotrabante que permite a los animales comer sobre el suelo limpio. Es preciso repartir el ensilado a lo largo de dicho pasillo de alimentación, extrayéndolo previamente del silo. Ambas operaciones pueden efectuarse con una pala de dientes instalada en la parte frontal del tractor, la cual extrae el ensilado, lo transporta y lo descarga en el pasillo de alimentación. Se acondiciona posteriormente de forma manual.

Pero, si el forraje ensilado está muy compacto, puede ofrecer mucha resistencia a la pala cargadora. Resulta útil entonces la máquina llamada desensiladora, accionada por el tractor. Consta de un mecanismo de extracción de ensilado y otro de carga y descarga del mismo. La extracción puede tener lugar mediante un mecanismo de sierra o de fresa. El primero, introduce una sierra en el frente del silo y la desplaza transversal y longitudinalmente, de forma que corta un prisma de ensilado, que se carga sobre una pala de dientes. El segundo, consta de cuchillas

giratorias que penetran en el frente del silo, desmenuzan el forraje apelmazado y lo aventan a una plataforma de recogida.

El ensilado así extraído es transportado sobre la pala de dientes o la plataforma al área de alimentación, donde es descargado mediante una pantalla accionada por un émbolo, para ser después acondicionado de forma manual. O, también puede ser mecánico todo el proceso, si la propia desensiladora tiene incorporado un mecanismo para desmenuzar la masa de ensilado a la vez que la va descargando lateralmente a lo largo de todo el pasillo de alimentación.

Hay modelos que incluso permiten la adición simultánea de otros alimentos a medida que el ensilado es repartido. También se puede efectuar manualmente la adición de otros ingredientes de la ración: forrajes deshidratados, pulpa de remolacha, pienso compuesto, etc. En ambos casos es preciso que haya suficiente longitud de comedero por animal para que todos puedan acceder simultáneamente.

V.11.2.4.- Suministro de ensilado como ingrediente de una ración completa mezclada (alimentación UNIFEED)

La ración completa mezclada consiste en una mezcla homogénea de forrajes y concentrados a consumir a voluntad por los animales. Los ensilados suelen ser ingredientes de la misma. Se elabora con el denominado carro mezclador, que lleva a cabo los sucesivos procesos de carga, pesaje, picado, mezclado y descarga. Puede ser remolcado por el tractor o autopropulsado. La carga del ensilado tiene lugar mediante una pala situada en su parte trasera o delantera. La pala trasera se introduce a presión en el frente del silo. La delantera, suele llevar incorporada una desensiladora con mecanismo de fresa, que facilita la extracción del ensilado.

Lo ideal es que el contenido en materia seca del ensilado no sea inferior al 30%, lo cual requiere prehenificación para la mayoría de los forrajes. Pero, tampoco hay problema técnico para incluir ensilados con alta humedad. En este caso, hay que introducirlos en el carro mezclador en último lugar, para que el jugo liberado durante el picado lo absorban los alimentos secos y así no haya pérdidas de principios nutritivos solubles.



V.12.-Suministro de ración *unifeed* con ensilado con sistema experimental de control individual de ingestión en la Unidad de producción de leche del SERIDA

VI | Ensilado de rotopacas

VI.1.- Introducción

VI.1.1.- Rotoempacadoras

VI.2.- Fases del proceso

VI.2.1.- Rotoempacado

VI.2.2.- Aislamiento de las rotopacas

VI.2.2.1.- Características del plástico para encintar

VI.2.3.- Transporte de las rotopacas

VI.2.4.- Almacenamiento y manejo de rotopacas encintadas

VI.2.5.- Distribución de las rotopacas al ganado

VI.2.6.- Alimentación unifeed incluyendo ensilado de rotopacas

VI.3.- Ensilado de rotopacas en zonas de montaña

VI.4.- Ventajas e inconvenientes del ensilado de rotopacas

VI.4.1- Ventajas del ensilado de rotopacas

VI.4.2- Inconvenientes del ensilado de rotopacas

VI.5.- Aspectos económicos acerca del ensilado de rotopacas

VI.1.- Introducción

El ensilado de rotopacas es la forma predominante de ensilar forrajes de consistencia herbácea en Asturias. La maquinaria necesaria para su elaboración se denominada **rotoempacadora**. Fue diseñada en principio para acondicionar forrajes desecados sobre el terreno (henos y pajas) en forma de pacas cilíndricas de 1,20 m de diámetro y 1,20 m de anchura (ver capítulo II, apartado II.4.2), denominadas rotopacas.

Además de seguir utilizándose con dicha finalidad, se le encontró otra aplicación. Si en lugar de comprimir el heno o la paja se utiliza un forraje verde, hay una cierta equiparación con el acondicionado y pisado en un ensilado convencional (capítulo V, apartado V.7). Aislado del exterior la rotopaca de forraje verde así elaborada mediante plástico, como en el ensilado convencional, tendrán lugar los procesos fermentativos descritos en el capítulo III, y de ahí el ensilado de rotopacas.

Esta técnica se introdujo en Asturias en la década de los 80 y tuvo una difusión extraordinaria. Pocas labores agrícolas y ganaderas han gozado de un nivel de aceptación similar en esta Comunidad Autónoma. Sin embargo, este tipo de ensilado es particularmente propenso al deterioro debido a la alta relación superficie/volumen (O'Kiely *et al.*, 2002), por lo que es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones, que veremos en los apartados siguientes.

VI.1.1.- Rotoempacadoras

Son máquinas accionadas por la toma de fuerza del tractor. Llevan un *pick-up* en su parte frontal que recoge el forraje oreado y lo conduce a una cámara, donde se le somete a compresión dando a toda la masa una sección circular. Se efectúa un atado con cuerda especial (hilo sisal) una vez alcanzado el diámetro debido y se la expulsa al exterior, basculando hacia un lado o hacia atrás, lo que es más habitual.

Las rotoempacadoras que existen en el mercado son de dos tipos fundamentalmente: de rodillos y de correas.

Las de rodillos trabajan presionando el forraje de afuera hacia dentro, con lo cual la zona interior de la rotopaca está menos prensada que la exterior. Puede presentar algún problema de fermentación, al haber aire en la zona central de la paca.

Las rotoempacadoras de correas comprimen toda la masa de forraje a la misma presión, con lo que no suele darse el inconveniente anterior.

Técnicamente, son mejores que las de rodillos, pero presentan más averías.



VI.1.-Aspecto general de rotoempacadora acoplada al tractor

VI.2.- Fases del proceso

Las tres primeras fases son idénticas a las del ensilado convencional con opción de prehenificación y requieren el mismo tiempo, maquinaria y personal: siega, prehenificación e hilerado. A continuación, tienen lugar las fases específicas del ensilado de rotopacas, que, consecutivamente, son las reseñadas:

VI.2.1.- Rotoempacado

El forraje prehenificado e hilerado sobre el suelo es recogido por una rotoempacadora, que lo acondiciona en forma de rotopacas cilíndricas de 1,20 x 1,20 m, depositándolas sobre el propio terreno (ver imágenes VI.2 y VI.3).



VI.2 (a, b).-Rotoempacadora de forraje en funcionamiento



VI.3.-Rotopacas recién elaboradas sobre una parcela

VI.2.2.-Aislamiento de las rotopacas

Una vez elaborada la rotopaca, el aislamiento del exterior debe tener lugar lo antes posible, sin demorarse más de 24 h., para evitar fermentaciones anaerobias indeseables.

Pueden utilizarse bolsas de plástico individuales, con las que se enfunda cada rotopaca, levantada mediante el punzón.

Las bolsas de plástico para ensilado individual de rotopacas, son sacos cilíndricos con diámetro ligeramente superior al de una rotopaca de 1,20 x 1,20 m, de tal forma que al enfundarla dejen la menor capa posible de aire entre la superficie lateral y el plástico. Éste es de galga 700. Se diseñan en diversos colores: verde, amarillo, blanco, negro, etc. Por una parte interesa que el calor de fermentación pueda desprenderse al exterior (favorable el color blanco) y por otra conviene que la radiación solar no caliente al ensilado (favorable color negro). Existen bolsas de doble capa (interior blanca y exterior negra), que por contener más material plástico son más caras.

Una vez embolsada, la rotopaca se deposita en el suelo y se cierra la boca de la bolsa con un cordel de forma normal o con ayuda de herramientas especiales.

El precio relativamente elevado de las bolsas individuales, y la habitual imposibilidad de su reutilización, hace que esta práctica del ensilado en bolsas individuales esté casi abandonada.

La tendencia actual, para aislar las rotopacas del contacto con el aire, es usar una **encintadora**, que envuelve la rotopaca con una lámina de film estirable para uso agrícola siguiendo un proceso similar al embalaje de mercancías por las industrias (ver imagen VI.4).



VI.4.-Rotopacas encintadas almacenadas

Las **encintadoras**, son máquinas accionadas por el tractor. Recogen la rotopaca mediante unos patines, la levantan y la envuelven con una lámina expandible de polietileno de 0,5 m de anchura. Esta operación es rápida y puede realizarse durante el transporte hasta el lugar de almacenaje. Por ello, existen modelos con capacidad para cargar dos rotopacas: una se va encintando a lo largo del desplazamiento y, la otra, una vez descargada la primera. Las rotopacas son depositadas generalmente en el sentido de su superficie lateral, pero existen encintadoras que pueden colocarlas sobre una de sus bases circulares. La realización del encintado, desenrollando el plástico de una bobina instalada en la propia máquina, puede seguir dos montajes mecánicos diferentes:

- Dos ejes de rotación de la rotopaca: uno es horizontal, debido a dos rodillos giratorios sobre los que descansa la superficie lateral de aquella; el otro es vertical, por el giro de la base sobre la que descansan los rodillos anteriores. Este segundo movimiento circular provoca la tracción sobre la lámina de polietileno, desenrollándola de la bobina.
- Un único eje de rotación de la rotopaca: ésta gira horizontalmente sobre su superficie lateral. El rollo de plástico realiza un movimiento de rotación en torno a la rotopaca, con su eje en sentido vertical.

En ambos casos, como resultado de los movimientos según un eje horizontal y otro vertical, las franjas de plástico van rodeando todo el perímetro de la rotopaca con un cierto grado de recubrimiento cada dos pases sucesivos (ver imagen VI.5).



VI.5.-Encintadora de rotopacas en funcionamiento

Existen también **plataformas encintadoras**, que encintan una rotopacas tras otra de forma que el desplazamiento de la lámina de plástico se realiza a lo largo de un eje longitudinal a medida que avanza la plataforma. Este sistema implica un sensible ahorro de plástico al evitar la envoltura de las caras anterior y posterior de las rotopacas intermedias (ver plataforma encintadora en funcionamiento en la imagen VI.6).



VI.6 (a, b, c, d).-Plataforma de encintado de rotopacas en funcionamiento

VI.2.2.1.- Características del plástico para encintar

Con el encintado, se pretende un alto grado de hermetismo. Es decir, aislamiento del ensilado frente a los factores físicos y químicos exteriores. Puede tomarse como indicador el valor de la presión interna en la rotopaca, que se puede medir con diversos dispositivos. Este hermetismo depende de las características de la lámina de polietileno, principalmente de su estiramiento, elasticidad y número de vueltas.

De su capacidad de estiramiento depende el ahorro de plástico por rotopaca y la adherencia entre capas, para no permitir la circulación de aire entre la superficie de forraje y lámina en caso de desgarro (en caso de producirse, debe ser cerrado lo antes posible con un parche de plástico adhesivo). El estiramiento alcanza habitualmente un valor del 40%.

El color del plástico también influye. En la Cornisa Cantábrica, el color de plástico más usado es el negro, atribuido a un menor coste de producción, seguido del blanco y en menor medida, el verde. La lámina negra se calienta más que la blanca (como ya indicamos anteriormente) y se reblandece, perdiéndose adherencia entre las capas más exteriores en detrimento del hermetismo. Sin embargo,

controles estadísticos realizados con ensilados de rotopacas de hierba y veza-avena no revelan mayor porcentaje de pérdidas en materia seca ensilada ni en composición química dependiendo del color de la lámina de plástico utilizada (Salcedo *et al.*, 2009). Se debe a la influencia de otros factores ajenos a la naturaleza del plástico, que veremos a continuación. Esto no quiere decir que haya que descuidar la calidad del plástico a adquirir. Sin embargo, no es sencillo realizar el proceso con acierto.

Existen muchas marcas comerciales de plástico para encintar, con diferentes precios. Si en esta modalidad de ensilado el alto coste se debe precisamente al plástico, es fácil optar por las de menor precio sin reparar en la calidad. Actualmente, la propia experiencia del ganadero o especialista en estas labores puede dar la pauta para la elección.

El solapamiento de la lámina de plástico entre dos capas sucesivas es regulable variando la velocidad de los giros. Como mínimo, se necesitan cuatro capas de plástico envolviendo toda la superficie de la rotopaca. Se consigue con un solapamiento del 75% y una sola vuelta de la rotopaca, o bien con solapamiento del 50% y dos vueltas. Es preferible lo último por ofrecer mayor resistencia. Incluso, si el almacenamiento de las rotopacas se prevé para largo tiempo (más de 6 meses), puede ser recomendable un recubrimiento de seis capas de plástico.

O'Kiely *et al.*, (2002) afirman que las rotopacas con dos capas de plástico presentan inferior conservación y digestibilidad, exhibiendo zonas mohosas en su superficie, indicando que este inconveniente se reduce al aumentar a 4 el número de capas. Sin embargo Salcedo *et al.*, (2009), no observaron diferencias de calidad atribuibles al número de capas de plástico utilizadas en el encintado.

Existen distintos dispositivos muy variados para el recuento de las vueltas en sentido horizontal, terminadas las cuales se corta mecánicamente la lámina de plástico antes de depositar la rotopaca en el suelo. Incluso hay sistemas que efectúan el corte sin intervención del tractorista, concluidas las vueltas precisas.

VI.2.3.-Transporte de las rotopacas

Las rotopacas son llevadas en tractor al lugar escogido para su almacenamiento. Hay dos posibilidades:

Pueden transportarse con un punzón situado en la parte frontal y/o trasera del tractor, para ensartar y levantar cada rotopaca, o también con un gancho u horquilla acoplado a un tractor. Si el transporte se debe a cambio de lugar de almacenamiento y no a suministro inmediato, es preferible la horquilla, para no desgarrar el plástico

También pueden trasladarse con la encindadora, realizando a la vez el proceso de aislamiento de la rotopaca. Esto último es lo más usual.



VI.7.-Tractor transportando un rotopaca con un punzón antes del encintado

VI.2.4- Almacenamiento y manejo de rotopacas encintadas

Las superficies planas de la rotopaca son las más difíciles de cerrar con buen hermetismo. De ahí que sea preferible la colocación en posición vertical, ya que de esta manera el peso total descansa sobre una de dichas superficies reforzando el poder aislante del plástico. El suelo sobre el que descansarán las rotopacas debe estar limpio de estiércol y no presentar asperezas que produzcan desgarros.

En caso de ensilar forraje poco oreado, con menos del 25% de materia seca, puede darse salida de efluente entre láminas. Será preciso interceptarlo utilizando alguna de las alternativas que se expondrán más adelante (capítulo IX). Por otra parte, las rotopacas elaboradas en estas condiciones (poca materia seca) pueden deformarse perdiendo hermetismo y acumulando el efluente en su fondo, antes de escurrir, lo que acelerará el proceso de deterioro.



VI.8.-Rotopacas encintadas y almacenadas verticalmente en una parcela

VI.2.5.- Distribución de las rotopacas al ganado

Para su ingestión voluntaria por el ganado existen dos posibilidades:

- Transportarla hasta el pasillo de alimentación. Quitar el plástico y las cuerdas de atado, y, desenrollar el forraje rotoempacado a lo largo del mencionado pasillo. También hay cuchillos eléctricos para seccionarlas diametralmente y extenderlas sobre el suelo. A medida que los animales lo ingieren, pueden ir añadiéndosele otros alimentos, de forma idéntica a la señalada en capítulo V, para silos convencionales.
- Transportarla hasta un comedero portátil, especialmente diseñado para consumo voluntario de rotopacas. Estos comederos pueden estar situados en patios al aire libre o incluso en las parcelas de pastoreo. En este caso, existen modelos con cubierta de protección ante la lluvia. Antes de introducirla en el mismo con ayuda del punzón, horquilla o pinza, se retirará el plástico y las cuerdas.

VI.2.6.- Alimentación unifeed incluyendo ensilado de rotopacas

No resulta operativo fraccionar una rotopaca para poder pesar una determinada cantidad de ensilado en el carro mezclador, lo habitual es introducir una o más rotopacas enteras en el mismo. El cálculo de la ración se habrá efectuado a partir

del peso medio de una rotopaca y se aceptará el error diario que se cometa ante la desviación del peso concreto de cada una de ellas con respecto al peso medio asumido.

Lo que si procede es introducir la rotopaca o rotopacas en último lugar, para que el error en su pesaje no afecte al de los demás alimentos (de la Roza *et al.*, 2014).

VI.3.- Ensilado de rotopacas en zonas de montaña

Todo lo expuesto en el capítulo V, apartado V.6, referente a la maquinaria necesaria para la elaboración de silos convencionales en zonas de montaña, es aplicable aquí, a excepción de lo concerniente específicamente al remolque autocargador.

En el caso concreto de la rotoempacadora, se puede mejorar su estabilidad mediante frenos de servicio hidráulicos y capacidad de regulación tanto de la lanza como de la máquina en general. También está la posibilidad de sustituir las ruedas de serie por otras más anchas y de menor diámetro, así como de regular la inclinación del timón para que el punto de enganche al tractor esté lo más bajo posible y de colocar placa-lastre en la parte frontal del tractor.

En cuanto a la encintadora, es posible colocarle ruedas locas o rodillos que absorban el peso de la rotopaca y de la propia máquina. También se puede equilibrar dicho peso con una placa-lastre en el frontal o transportando siempre una rotopaca en la parte frontal del tractor mientras se encinta otra. Otra opción es lastrar el tractor en su parte frontal y acoplar la encintadora a la parte trasera con el punto de enganche lo más bajo posible. También hay encintadoras acoplables a la parte frontal del tractor.

Por último, tenemos que el vehículo multifunción descrito en el capítulo anterior (V.6.3), puede ser implementado de forma que funcione a la vez como rotoempacadora y encintadora en un conjunto autopropulsado.



VI.9.-Rotoempacadora adaptada para trabajar en zonas de montaña

VI.4.- Ventajas e inconvenientes del ensilado de rotopacas

VI.4.1- Ventajas del ensilado de rotopacas

- No se precisa ningún tipo de instalación; ni siquiera existe el condicionamiento de un lugar fijo, como en el silo plataforma. Pueden almacenarse en cualquier lugar, incluida la misma parcela de origen y su transporte es muy sencillo.
- Es un proceso fácil y flexible. No existe el condicionamiento de cerrar el silo en el menor tiempo posible.
- Requiere menos mano de obra que los procesos de ensilado convencional descritos en el capítulo V.
- Contando el número de rotopacas obtenidas y las consumidas al día se gestiona sin problemas el *stock* de ensilado y la previsión de su duración probable, permitiendo agilizar las decisiones de compra de alimentos complementarios y/o sustitutorios.
- El hecho de que el forraje esté presentado sin picar puede en algunos casos mejorar el valor alimenticio debido a un efecto selectivo por los animales, a costa de mayores rechazos, que suponen una pérdida adicional de materia seca cosechada.

- Por el auge actual en Asturias, no hay problemas para alquilar maquinaria o contratar las labores a particulares.

VI.4.2- Inconvenientes del ensilado de rotopacas

- Es un sistema muy caro, tanto si se utiliza maquinaria propia como si se alquila o se contrata. La adquisición de la maquinaria precisa para trabajar solamente unas pocas horas al año conlleva unos costes por ha y por t de forraje ensilado completamente antieconómicos. Este inconveniente ha provocado que en Francia y otros países este modo de ensilado ya esté en recesión.
- Se necesita más plástico por m³ que en los silos convencionales. Considerando que el precio del plástico está en aumento, esta opción es económicamente menos rentable.
- Requiere un prehenificado para asegurar buena calidad y conservación del ensilado. No es fácil que coincidan en primavera días de sol y viento con el momento apropiado de segar el forraje. Debido a ello, la calidad de los ensilados de rotopacas en explotaciones asturianas puede ser inferior a la de los ensilados convencionales (ver capítulo XV).
- En ensayos realizados en el SERIDA sobre cortes a ensilar de pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco, no se observaron ventajas nutricionales del ensilado de rotopacas frente a los convencionales. Por el contrario, cuando las condiciones para prehenificar fueron desfavorables, las repercusiones en composición química e ingestibilidad y digestibilidad in vivo de la materia orgánica en ovino fueron muy negativas.
- Existe un riesgo de pérdidas de rotopacas por perforaciones en su recubrimiento de plástico por roedores y pájaros.

Del balance de ventajas e inconvenientes no se puede deducir de forma absoluta si esta modalidad de ensilado es la más conveniente para Asturias o si debe abandonarse como está ocurriendo en otros países. Sólo un análisis económico y de circunstancias particulares en cada caso podrán revelar si procede o no la adopción de dicho sistema por un ganadero particular, asociación, cooperativa o empresa de servicios.

VI.5.- Aspectos económicos acerca del ensilado de rotopacas

Vimos en el apartado anterior que esta modalidad de ensilado, tan extendida en Asturias se está abandonando en otros países europeos, debido al alto coste. Según análisis comparativos efectuados por Flores (1995) en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (Xunta de Galicia), el factor clave es el

número de ha/año de superficie ensilada. Si es bajo (inferior a 10), la diferencia en coste por ha respecto a las cadenas de ensilado convencional es muy elevada. Si se rebasan 50 ha/año, el coste por ha no sólo disminuye sensiblemente en general, sino que también se minimizan las diferencias entre cadenas de ensilado.

La decisión de adquirir una rotoempacadora está, pues, condicionada por la cifra anterior. Se debe tener en cuenta la síntesis de los principales aspectos comentados en el capítulo V y en el presente:

- ¿Es equiparable la calidad nutritiva a la obtenida con ensilados convencionales?
- ¿Se pueden contratar fácilmente las labores de ensilado?
- ¿Hay parcelas muy distantes que dificulten la labor de ensilado?

VII | Otros tipos de ensilado

VII.1.- Silo en túnel o "silo bolsa"

VII.1.1.- La máquina de ensilar en bolsa

VII.2.- Compactadoras encintadoras para elaboración de otro tipo de rotopacas

VII.3.- Silos para actividades experimentales o microsilos

VII.3.1.- Modelo de microsilo experimental utilizado en el SERIDA

VII.1.- Silo en túnel o "silo bolsa"

Los sistemas convencionales de elaboración de ensilado integran procesos mecánicos (siega, prehenificación opcional, recogida, transporte) con otros manuales (acondicionamiento en el silo, cierre de láminas, colocación de pesos sobre la cubierta...). En el caso de ensilado de rotopacas, aunque hay menos actividad manual, aún es preciso elaborar de forma discontinua pequeñas masas de ensilado y éste tiene que ser de naturaleza herbácea. La necesidad de reducir al mínimo los procesos manuales y de manejar grandes volúmenes de forraje a ensilar motivó el desarrollo de esta tecnología.

Algunas explotaciones asturianas ya han optado por esta tecnología, pero aún son escasas.

VII.1.1.- La máquina de ensilar en bolsa

Para esta modalidad de ensilado, se precisa de una máquina denominada "**moledora embutidora**", que recibe en una tolva el forraje recolectado y picado en una descarga lateral desde el propio autocargador. Este sistema permite embutir, embolsar y almacenar forrajes de consistencia herbácea de alto contenido en humedad y finamente picados, así como otras alternativas (maíz, sorgo, caña de azúcar, granos húmedos, etc.) en "**silo bolsas**", en un ambiente que permite mejor fermentación anaeróbica y menores pérdidas.

La máquina introduce el forraje a presión en una bolsa que se va extendiendo a medida que se va llenando. La bolsa, al extenderse, toma forma alargada, similar a la de un túnel, de ahí el nombre de "silo en túnel" o "silo bolsa" o "silo tipo chorizo".

Con el mismo equipamiento que se utiliza para embolsar forrajes se pueden embutir otros alimentos de muy bajo valor económico, pero de alto valor nutricional, como son: gluten de maíz, semillas de algodón, descartes de producción hortícola, cáscara y pulpa de cítricos, orujo de uva o bagazo de manzana, entre otros subproductos de la industria alimenticia.

La fuerza tensora que ejerce la máquina hace que se expulse todo el aire tanto en el interior del producto a ensilar como entre la superficie de éste y la de la bolsa que actúa como contenedor. Con estas condiciones de manejo, la anaerobiosis se consigue enseguida.

En caso de forrajes de consistencia herbácea, la siega, recogida y transporte debe hacerse con la maquinaria descrita en el capítulo V, y es deseable un proceso de prehenificación.

Este mismo sistema también puede aplicarse a las rotopacas. En lugar de ser introducidas en una bolsa individual o encintadas, la máquina de ensilar las va

introduciendo sucesivamente en una bolsa de plástico extensible. Esta va alargándose con cada nueva rotopaca y, cada una que entra presiona sobre la anterior, de forma que no quedan bolsas de aire entre dos sucesivas, ni entre la superficie de la rotopaca y la del plástico.



VII.1 (a, b, c).-Moledora embutidora y ensilados en bolsa resultantes

VII.2.-Compactadoras encintadoras para elaboración de otro tipo de rotopacas

Además de las rotoempacadoras convencionales mostradas en el capítulo VI, actualmente existen en el mercado las llamadas "compactadoras encintadoras", que permiten rotoempacar y encintar la mayoría de materiales, incluso ensilado de maíz, independientemente de tamaño del picado.

Estas compactadoras tienen una capacidad de procesado de 35 a 55 pacas por hora, con un peso variable entre 900 y 1100 kg por paca.



VII.2 (a, b).-Rotopacas de maíz elaboradas con compactadora embutidora

VII.3.- Silos para actividades experimentales o microsilos

El elevado coste de realización de ensilados a nivel de explotación, unido entre otras razones a la dificultad de controlar determinadas variables no incluidas en los tratamientos a estudiar, hace que la utilización de silos a pequeña escala constituya una importante herramienta en la experimentación en materia de ensilados.

Existen diferentes modelos descritos en la bibliografía que varían en tamaño, desde los simples tubos de ensayo con capacidad para 50-250 g de forraje hasta pequeños silos torre de hormigón o acero, capaces de almacenar hasta 1 t del mismo.

Cuando se trata de realizar ensayos de alimentación de corta duración, se pueden utilizar silos tipo trinchera o plataforma de hasta 10 t. O'Kiely y Wilson (1991), compararon los resultados obtenidos con silos de diferente tamaño y comprobaron que los resultados obtenidos con microensilados de 6 kg de capacidad eran concordantes con los procedentes de ensilados a nivel de explotación.

VII.3.1.- Modelo de microsilo experimental utilizado en el SERIDA

En las figuras a continuación se muestra el modelo de microsilo utilizado en el SERIDA para las investigaciones realizadas en materia de ensilados.

Inmediatamente después de la cosecha y picado del forraje, se introduce éste en bolsas de plástico de 700 galgas cerradas en uno de sus extremos y alojadas a su vez en tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de 50 cm de altura y 9 cm de diámetro, ajustándose bien a la superficie interior de éste. El extremo abierto de la bolsa se coloca en la parte inferior del tubo de PVC y se introducen dos rejillas de diferente paso de luz a modo de filtro, justo antes de cerrar el microsilo, con un tapón de goma provisto de un dispositivo para la evacuación de efluente y gases. En la parte superior de cada microsilo se coloca un peso de 2 kg para ayudar a crear las condiciones de anaerobiosis y ejercer una presión vertical sobre el forraje. La cantidad de material vegetal alojado en cada microsilo es de $2,5 \pm 0,25$ kg según humedad, para igualar densidad. Este diseño permite, además, recoger el efluente generado durante el proceso fermentativo.

Este modelo propuesto por Martínez-Fernández y de la Roza (1997) y posteriormente validado por Martínez-Fernández (2003) y Vanegas Ruíz (2011), permite reproducir el comportamiento de una columna central de masa de forraje dentro de un silo a nivel de explotación tanto en lo referente a calidad nutritiva y fermentativa como a características de degradación ruminal.



VII.3.-Aspecto de una batería de silos experimentales en las instalaciones del SERIDA



VII.4.-Aspecto de la columna de ensilado en el momento de apertura del microsilo

VIII | Ensilabilidad de forrajes

VIII.1.- Introducción

VIII.2.- Contenido en materia seca

VIII.3.- Carbohidratos de reserva (azúcares solubles)

VIII.4.- Capacidad tampón

VIII.5.- Nitratos

VIII.6.- Importancia del análisis de ensilabilidad

VIII.1.- Introducción

La calidad fermentativa en un ensilado depende fundamentalmente de dos factores: la naturaleza del forraje de partida y el correcto desarrollo de la técnica empleada. Por otro lado, la experiencia de campo revela que resulta mucho más fácil obtener un buen ensilado de maíz forrajero que de alfalfa. Esto es debido a su diferente **ensilabilidad**. El clima, la estación, el tipo y régimen de aprovechamiento, la intensidad de un posible pastoreo previo, la composición química y botánica y el estado de madurez, entre otros, son factores inherentes al propio forraje que modifican tanto la microflora epifita como sus características de ensilabilidad (Woolford, 1984; McDonald *et al.*, 1991).

El comportamiento de un cultivo que va a ser ensilado o su ensilabilidad, depende de la disponibilidad del sustrato para la fermentación láctica, es decir del contenido en **azúcares solubles**. La cantidad necesaria de azúcares solubles presentes en el forraje está relacionada a su vez con el potencial del mismo para resistirse a cambios en el pH, llamado **capacidad tampón**. Por ello, para caracterizar el potencial de acidificación de un cultivo se utiliza la relación existente entre ambos parámetros.

Por otra parte, las fermentaciones indeseables, debidas al incremento de la sensibilidad ácida de las bacterias del género *Clostridium*, pueden controlarse prehenificando (**incremento de materia seca**) el forraje y/o con un contenido mínimo de **nitratos** en el forraje derivado de la fertilización nitrogenada.

En resumen, la ensilabilidad depende principalmente de cuatro factores: contenido en materia seca, carbohidratos de reserva (azúcares solubles), resistencia a la acidificación o capacidad tampón y contenido en nitratos del forraje en el momento del corte. A la hora de ensilar, interesa un contenido en materia seca y azúcares solubles elevado y una capacidad tampón y un contenido en nitratos bajo (O'Kiely, 1997).

Piñeiro y Pérez (1992), evaluaron la diferente ensilabilidad de las especies de gramíneas y leguminosas más frecuentes en las mezclas de pratenses utilizadas en la España húmeda, aludiendo a la buena ensilabilidad de las gramíneas frente a las leguminosas, en relación principalmente con la mayor concentración de azúcares solubles de las primeras.

VIII.2.- Contenido en materia seca

Las bacterias del género *Clostridium* necesitan condiciones de humedad para su crecimiento. El valor crítico de pH al que cesa el crecimiento de estos microorganismos no deseados, es mayor cuando el contenido en humedad de la hierba disminuye. Si se preseca hasta un 30% de materia seca, la actividad clostridial está muy restringida. Sin embargo, cuando la materia seca es del 20%, existe crecimiento de

clostridios incluso a pH = 4, acelerándose este crecimiento con contenidos en materia seca inferiores al 15%.

La siega del forraje para ensilar ha de coincidir con el óptimo de **cantidad x calidad nutritiva** del mismo. Generalizando, se puede decir que para las gramíneas el momento idóneo será el comienzo de espigado y, para las leguminosas, el comienzo de floración. En la Cornisa Cantábrica, debido a su especial climatología, el porcentaje de materia seca en esos estados de desarrollo no suele superar el 18%. Por ello, para asegurar una correcta fermentación y evitar además las pérdidas por el efluente (que trataremos en el capítulo IX), el nivel mínimo de materia seca debe de estar en torno a un 25%. En la mayoría de los casos, para alcanzarlo es necesario realizar una prehenificación del forraje, que deberá ser lo más rápida posible y no exceder de 36 horas, aunque esto no siempre es posible por razones climatológicas.

VIII.3.- Carbohidratos de reserva (azúcares solubles)

Las plantas, durante su período vegetativo y en condiciones favorables, almacenan sustancias de reserva, en especial carbohidratos. Estos se clasifican en dos grandes grupos: los de reserva (carbohidratos no estructurales), que se encuentran principalmente en el interior de las células vegetales y los estructurales, que forman parte de las paredes celulares. Entre los de reserva tenemos el almidón y los carbohidratos solubles, a los cuales nos referimos en este apartado. También se los denomina azúcares solubles o simplemente azúcares. Dichos compuestos solubles en agua, incluyen monosacáridos (principalmente glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa) y oligosacáridos.

Son una importante fuente de energía para los microorganismos responsables de los procesos de fermentación que tienen lugar durante el proceso de ensilado, al igual que los ácidos orgánicos originados como productos intermedios del metabolismo de estos azúcares (málico, cítrico, oxálico, acético, etc.).

La cantidad de azúcares solubles presentes en un cultivo, depende de varios factores (Woolford, 1984):

- Especie vegetal: no sólo abundan más en gramíneas que en leguminosas; también dentro de ambas familias se dan diferencias entre especies e incluso entre variedades.
- Estado de madurez: dentro de una misma especie varían con la edad de la planta, su estado fisiológico, el momento de aprovechamiento, etc.
- Condiciones meteorológicas: fuertes precipitaciones durante el periodo de crecimiento pueden reducir el contenido en azúcares a la mitad. Todo lo que

favorezca la función clorofílica (luz) los incrementará y lo que estimule la respiración celular (calor) los reducirá.

- Fertilización nitrogenada: si es baja se incrementa la proporción de azúcares y si es elevada ocurre lo contrario.
- Densidad de plantación en cultivos forrajeros de alto porte: concretamente en el caso del maíz, una elevada cantidad de plantas/ha retrasa la fecha en que se alcanza el máximo nivel de azúcares solubles.

Todos estos factores hacen que la predicción del contenido en azúcares sea muy compleja, aunque en general, en un día gris y nublado el contenido en azúcares será inferior que en un día claro y soleado precedido de una noche fría. La temperatura, la intensidad luminosa y la cantidad de lluvia caída durante los días que preceden al corte para ensilar tienen mayor importancia sobre el contenido en azúcares que el estado de madurez del cultivo.

El contenido en azúcares solubles es un buen indicador de la aptitud del forraje para ensilar, pues estos serán el sustrato que permita formar la suficiente cantidad de ácido láctico para conseguir un pH inhibitorio para la actividad de clostridios y evitar el riesgo de fermentaciones secundarias no deseadas. Según algunos autores debe de haber al menos un contenido en azúcares solubles de 20 g/kg de hierba verde (equivalente a un 12-15% sobre materia seca) para conseguir un pH lo suficientemente bajo durante el proceso fermentativo. Haigh (1990), afirma que para elaborar ensilados sin aditivos es deseable una concentración de azúcares solubles de 25-30 g/kg de hierba verde. Otros autores sugieren cantidades aún más elevadas, de 30-35 g / kg de materia verde (McDonald *et al.*, 1991).

VIII.4.- Capacidad tampón

La capacidad tampón de las plantas es su potencial para resistirse a cambios en el pH. Es un factor importante en el ensilado y se expresa en miliequivalentes de álcali por 100 g de materia seca (meq NaOH/100 g MS) necesarios para reducir el pH de la hierba desde 6 hasta 4, después de haber eliminado los bicarbonatos que pueden actuar como tampón (Playne y McDonald, 1966). Mide la resistencia a cambios en el pH, la cual es un importante factor en el ensilado. Puede ser utilizado como un indicador de la cantidad de azúcares que deben fermentar para que tenga lugar la síntesis de ácido láctico necesaria.

Los valores en los forrajes varían en función de la especie y del estado fenológico del forraje en el momento del corte. Al aumentar la edad de la planta se incrementa la proporción tallo/hoja, con lo que los procesos metabólicos disminuyen. Como consecuencia, se reduce el contenido en ácidos orgánicos, lo que induce un descenso de la capacidad tampón a medida que avanza el estado de madurez de éstas, excepto con los rebrotes de otoño (Muck *et al.*, 1991).

Sus valores oscilan entre menos de 20 y más de 60 meq de NaOH/100 g MS. En esta escala, los raigrases están en el rango de 25 a 40, mientras que las leguminosas (trébol, soja, alfalfa) llegan al orden de 50 a 60, por lo que resultan más difíciles de ensilar (Tobía *et al.*, 2008). El maíz forrajero presenta por lo general los valores más bajos en el rango de 14,8-35,1 meq NaOH/100 g MS según Martínez-Fernández *et al.* (2000) y Kaiser y Piltz (2002).

En general, podemos decir que sólo con valores inferiores a 35 meq de NaOH/100 g MS se producirá una correcta acidificación de la masa forrajera.

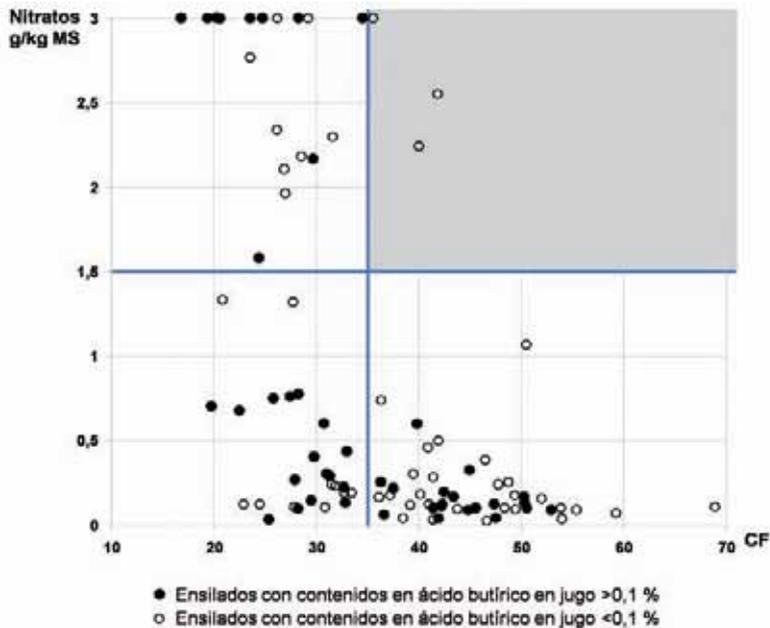
VIII.5.- Nitratos

El contenido en nitratos está directamente relacionado con el nivel de fertilización del suelo. Con niveles moderados de fertilización nitrogenada (<170 kg N/ha/año), se acumulan entre 5 y 10 g de nitrato (NO_3^-)/kg MS de hierba y éstos tienen un efecto beneficioso sobre la fermentación, puesto que mejoran la eficiencia de la utilización de los azúcares por las bacterias lácticas. Pero, con dosis elevadas (>300 kg N/ha/año) se rebasan los 10 g NO_3^- /kg MS de hierba, lo cual es perjudicial, ya que se restringe la fermentación láctica, con lo cual el pH no se reduce lo suficiente para impedir la actividad clostridial. Los nitratos ejercen, pues, su influencia en el ensilado de tres formas:

- a) Los nitratos y los azúcares fermentables se correlacionan negativamente.
- b) Durante el proceso de ensilado los nitratos se reducen a nitritos y éstos inhiben la formación de ácido butírico.
- c) La reducción de nitratos incrementa el pH.

Cuando el forraje tiene un contenido en nitratos bajo (< 5g/kg MS) el proceso del ensilado dependerá exclusivamente de los factores anteriormente mencionados: materia seca, azúcares de reserva y capacidad tampón, así como de los microorganismos presentes en el forraje.

Según Weissbach (1999), la disminución de fertilización nitrogenada como consecuencia de la desintensificación de la producción forrajera, permite disminuir las concentraciones de nitratos en la hierba y en consecuencia aumenta el riesgo de fermentaciones no deseadas. En la figura VIII.1, se puede observar que los procesos fermentativos no deseados, ocurren en ausencia de nitratos aun cuando el resto de parámetros de ensilabilidad sean adecuados (coeficiente de fermentabilidad >35), mientras que en las mismas condiciones, la presencia de una mínima cantidad de nitratos en el forraje permite obtener ensilados libres de fermentación butírica.



CF: Coeficiente de fermentabilidad ($CF = MS + 8 \cdot (AzSol/CT)$); MS: Materia seca (%); AzSol: Azúcares solubles (%MS); CT: Capacidad tampón (meq/100 g MS)
Weissbach (1999)

Figura VIII.1. Presencia de ácido butírico en ensilados en relación con el coeficiente de fermentabilidad y la presencia de nitratos del forraje de partida

VIII.6.- Importancia del análisis de ensilabilidad

Una mala fermentación debida a deficiencias en el acondicionamiento, compactación o cierre del silo, contaminación con tierra o estiércol, a fallos humanos o mecánicos de cualquier tipo, no tiene solución y sólo se evita realizando bien el proceso. Ahora bien, una mala fermentación debida a problemas de ensilabilidad, puede prevenirse.

Técnicamente, mediante análisis de laboratorio, es posible predecir la ensilabilidad de un forraje, permitiendo, según los parámetros obtenidos aportar recomendaciones sobre la utilización de los aditivos más convenientes que corrijan una escasez de materia seca, de azúcares solubles o un exceso de capacidad tampón para lograr una buena fermentación, como veremos posteriormente en el capítulo X.

El contenido en materia seca, azúcares solubles, nitratos y la capacidad tampón, que se pueden analizar de forma rápida, serán los índices analíticos básicos a utilizar en la predicción de la ensilabilidad, cuyos valores requeridos se muestran a continuación (tabla VIII.1). Según el rango, un forraje podrá tener ensilabilidad alta, media o baja efectuándose las recomendaciones del uso de aditivos en función de esta clasificación.

Tabla VIII. 1.- Intervalos que definen la ensilabilidad de un forraje

Ensilabilidad	Materia seca (%)	Azúcares solubles (%MS)	Capacidad tampón (meq NaOH /100g MS)	Nitratos g (NO ₃ ⁻) / kg MS
Alta	> 25	>15	< 25	1-5
Media	20-25	8-15	25-35	5-10
Baja	<20	<8	>35	>10

Martínez-Fernández *et al.*, (2013)

Por su parte, Weissbach (1999) pone de manifiesto la existencia de una correlación entre los parámetros que definen la ensilabilidad, de manera que en función de los mismos se puede establecer el porcentaje mínimo de materia seca (MS) requerido para obtener una correcta fermentación (ver figura VIII.2). En este sentido el porcentaje de materia seca requerido se incrementará a medida que disminuye la relación azúcares solubles/capacidad tampón según la expresión:

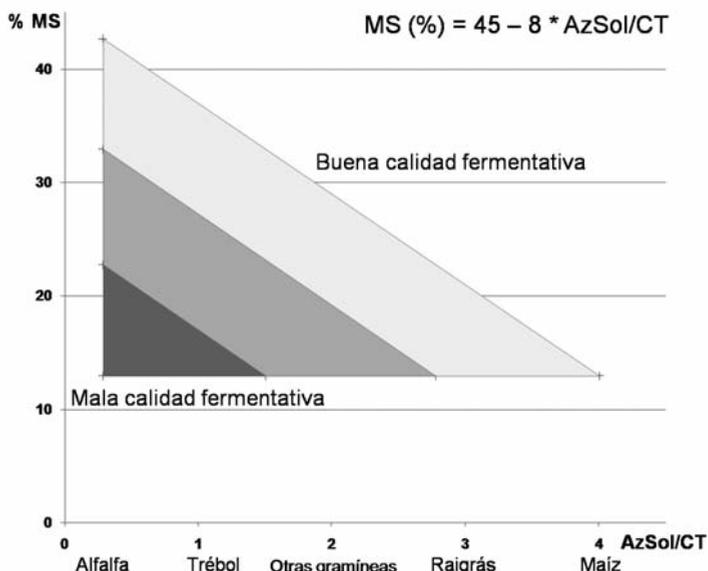
$$MS_{min} = 45 - 8 * AzSol/CT$$

En donde:

MS= Porcentaje de materia seca

AzSol= Porcentaje de azúcares solubles sobre MS

CT= Capacidad tampón en meq NaOH /100g MS.



Weissbach (1999)

Figura VIII.2.- Calidad fermentativa esperable en los ensilados en función de la relación existente entre los parámetros que definen la ensilabilidad

En base a estas consideraciones y partiendo de las determinaciones analíticas de los parámetros de ensilabilidad de un elevado número de muestras de forrajes y cultivos forrajeros destinados a ensilar (ver figura VIII.3), ha sido posible definir un índice de ensilabilidad adaptado a las características de los forrajes para ensilar en la Cornisa Cantábrica (Martínez-Fernández *et al.*, 2013)

			
Cultivo:	Soja forrajera	R. italiano westerwold	R. Italiano Trébol violeta
MS (%):	17,73 - 27,41	11,47 - 23,19	11,12 - 26,91
AzSol (% MS):	3,86 - 10,90	6,40 - 33,96	3,36 - 22,31
CT (meq NaOH / 100g MS):	41,13 - 56,50	28,51 - 56,50	20,13 - 59,93
			
Cultivo:	R. inglés Trébol blanco	Triticale Habas	Habas forrajeras
MS (%):	10,22 - 42,94	15,12 - 33,97	14,18 - 25,11
AzSol (% MS):	3,11 - 17,54	2,96 - 25,13	9,37 - 23,40
CT (meq NaOH / 100g MS):	12,80 - 65,96	12,74 - 43,33	15,36 - 45,00
			
Cultivo:	R. Italiano Alternativo y no alternativo	Maíz forrajero	Triticale
MS (%):	13,54 - 17,07	20,67 - 35,15	20,64 - 38,33
AzSol (% MS):	9,24 - 31,01	11,83 - 25,30	14,63 - 31,34
CT (meq NaOH / 100g MS):	18,37 - 45,77	11,65 - 19,40	7,44 - 25,81

MS: Materia seca; AzSol: Azúcares solubles; CT: capacidad tampón

Figura VIII.3.- Forrajes con diferente rango de ensilabilidad utilizados en los ensayos realizados en el SERIDA para la obtención de un índice de ensilabilidad (IE) adaptado a las características de los forrajes para ensilar en la Cornisa Cantábrica

Este nuevo índice nos permite tomar decisiones en cuanto al empleo de aditivos en aras de justificar el coste adicional que supone la compra de los mismos.

$$\text{Índice de ensilabilidad (IE)} = 152,29 - 1,97 \text{ MS} + 0,85 \text{ AzSol} - 3,75 \text{ CT}$$

En donde:

MS= Porcentaje de materia seca

AzSol= Porcentaje de azúcares solubles sobre MS

CT= Capacidad tampón en meq NaOH /100g MS.

Permite distinguir cinco sucesivas categorías de ensilabilidad según las cuales, el maíz se considera siempre un forraje de alta ensilabilidad mientras que la soja presenta generalmente baja ensilabilidad. El raigrás italiano, los haboncillos, las praderas y las asociaciones de cultivos se reparten entre las diversas categorías de forma lógica, de manera que las muestras de raigrás italiano suelen estar asociadas a buena ensilabilidad, mientras que las praderas oscilarán según su composición botánica.

Tabla VIII.2.- Rangos de ensilabilidad según valores obtenidos del índice de ensilabilidad (IE)

Ensilabilidad	Intervalo
Alta:	$28 < \text{IE}$
Medio-alta:	$9 < \text{IE} \leq 28$
Media:	$-28 < \text{IE} \leq 9$
Media-baja:	$-47 \leq \text{IE} \leq -28$
Baja:	$\text{IE} < -47$

Martínez-Fernández *et al.*, (2013)

IX Pérdidas en los ensilados. Causas y cuantificación

IX.1.- Introducción

IX.2.- Pérdidas ocasionadas por los efluentes

IX.3.- Poder contaminante de los efluentes

IX.4.- Control de efluentes

IX.4.1.- Prehenificación

IX.4.2.- Recogida en fosas colectoras

IX.4.3.- Retención de efluentes mediante absorbentes

IX.5.- Utilización de los efluentes de ensilados recogidos en fosas colectoras

IX.5.1.- Utilización de los efluentes como fertilizante

IX.5.2.- Utilización de los efluentes como alimento

IX.6.- Pérdidas ocasionadas en los ensilados por deterioro aeróbico

IX.6.1.- Influencia del aire

IX.6.2.- Influencia del sustrato

IX.6.3. - Influencia de la temperatura

IX.7.- Consecuencias del deterioro aeróbico

IX.1.- Introducción

Según se indicó en el Capítulo II, el objetivo de la conservación de los forrajes es preservar tanto como sea posible los nutrientes del cultivo original, particularmente la energía y la proteína. Los valores energético y nitrogenado, así como la ingestibilidad de los ensilados, dependen fundamentalmente de los valores que presenta el forraje verde en el momento de su recolección, pero pueden resultar muy afectados por las alteraciones producidas en los mismos ligadas a las técnicas de recolección, manejo y conservación.

No hay que olvidar que los métodos de conservación de forrajes pueden, a lo sumo, mantener, pero nunca mejorar la calidad del forraje inicial. La utilización del ensilado como método de conservación, conlleva inevitablemente pérdidas que afectan a la fracción digestible del forraje con la consecuente disminución del valor nutritivo del alimento resultante. Las posibles fuentes de pérdidas, están claramente definidas: naturaleza del cultivo, respiración celular, procesos fermentativos, producción de efluente y deterioro aeróbico. Estas pérdidas pueden dividirse en dos clases (Figura IX.1): las **inevitables**, como consecuencia de la respiración residual del forraje, los procesos fermentativos y las pérdidas en el campo por presecado; y las **evitables**, que se ocasionan principalmente como consecuencia de un mal manejo.

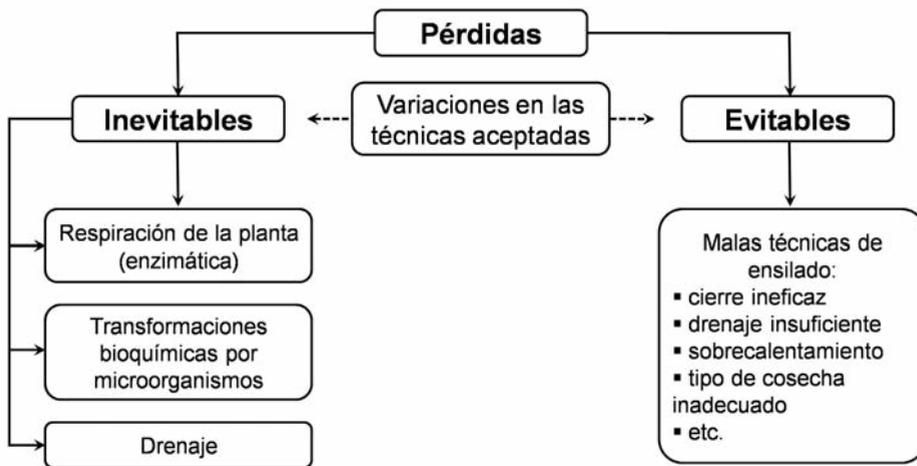


Figura IX.1.- Pérdidas ocasionadas durante el proceso de ensilado

Según la revisión científica realizada por Flores *et al.* (2000), se reflejan valores medios de 2,5 y 8,6% para las pérdidas en campo, y de 16,1 y 8,5% para las pérdidas en el silo referidas a ensilados realizados en corte directo y presecado respectivamente, con lo que ascienden a 18,6 y 17,1% las pérdidas medias totales de estas dos formas de ensilado. Puesto que estas pérdidas representan la fracción

más digestible de la hierba, cuando las pérdidas de materia seca son elevadas, la reducción en el valor nutricional del ensilado suele ser considerable.

En el mismo estudio, se muestra que en el caso de ensilados realizados con hierba de alta humedad (materia seca <20%), las pérdidas de materia seca pueden ser sustancialmente elevadas, superando incluso el 30% del ensilado total. En este supuesto, se generan grandes volúmenes de efluente, a través de los que también se pierden nutrientes (azúcares fundamentalmente), que dejan de estar disponibles para la fermentación.

Otro tipo de pérdidas son las ocasionadas por el **deterioro aeróbico**, tanto antes de la apertura del silo, como con posterioridad durante el almacenaje y el periodo de alimentación. Durante el proceso de ensilado, es frecuente que ocurra una infiltración de aire, en la masa ensilada, lo que estimula el crecimiento de microorganismos aerobios provocando un rápido deterioro del ensilado.

En la tabla IX.1 se detallan en conjunto las pérdidas energéticas que pueden tener lugar durante el proceso de ensilado con relación al forraje de partida, relacionándolas con el factor causal de las mismas. Según Zimmer (1980), estas pérdidas pueden ser muy variables, oscilando desde un 7 hasta más de un 40%.

Tabla IX.1.- Pérdidas energéticas durante el proceso de ensilado y sus causas

Proceso	Clasificada como	Pérdidas (% total)	Factor causal
• Respiración residual en el silo	Inevitable	1 – 2	Enzimas de la planta
• Fermentación en el silo	Inevitable	2 – 4	Microorganismos
• Efluentes o pérdidas en el campo por presecado	Mutuamente inevitables	5 a >7	Humedad del forraje, meteorología, técnica, manejo, recolección.
• Fermentaciones secundarias	Evitable	0 a >5	Humedad del forraje, azúcares, poder tampón, caída del pH.
• Deterioro aeróbico:			
Antes de la apertura del silo	Evitable	0 a >10	Densidad, tipo de silo, sellado, recolección.
Después de la apertura	Evitable	0 a >15	Técnicas de desensilado, época del año.
Total pérdidas		7 a >40	

Zimmer (1980)

Otra de las circunstancias que pueden incrementar notablemente las pérdidas de materia seca, y que no queda reflejada en la tabla IX.1, es la acción de la lluvia sobre la hierba segada en el campo. Si dándose condiciones climatológicas favorables (ausencia de lluvia), se asumen valores de pérdidas totales de materia seca en el rango 20-30%, en el caso de que una lluvia intensa afecte a la hierba segada es fácil alcanzar valores de pérdidas totales del 40-50%, pudiendo llegarse en casos extremos a la pérdida total de la cosecha.

A continuación, abordaremos en detalle dos aspectos relacionados con las pérdidas en los ensilados así como sus causas y posibles métodos de control, como son los efluentes de ensilados y la estabilidad aeróbica de los mismos.

IX.2.- Pérdidas ocasionadas por los efluentes

En la mayoría de los silos se produce un drenaje natural en el que los líquidos perdidos arrastran nutrientes solubles y, por tanto, no disponibles para la fermentación láctica. Se trata de azúcares, compuestos nitrogenados, minerales y ácidos orgánicos producidos durante los procesos iniciales de la fermentación. Estos compuestos tienen alto valor nutritivo y son utilizables en nutrición animal, tanto por rumiantes como por monogástricos.

La producción de efluente depende de varios factores, en particular del contenido en materia seca del material de partida. Los forrajes ensilados con un contenido en materia seca de un 15%, pueden experimentar pérdidas de líquidos equivalentes a un 10% de su materia seca, pero si el contenido en materia seca se incrementa mediante un presecado por encima de un 25%, las pérdidas son muy pequeñas o inexistentes.

La capacidad de retención de agua en el silo, aunque como ya hemos dicho depende fundamentalmente de la materia seca del forraje, también está influenciada por otros factores como la presión de pisado en el silo, los pretratamientos mecánicos, la naturaleza del forraje, el manejo y el aditivo utilizado en el proceso. Puede diferir según las especies y variedades que lo integran. Así, por ejemplo, forrajes con el mismo contenido en materia seca pueden generar diferente cantidad de efluente (tabla IX.2).

Tabla IX.2.- Producción total de efluente según tipo de forraje y contenido en materia seca en el momento del corte

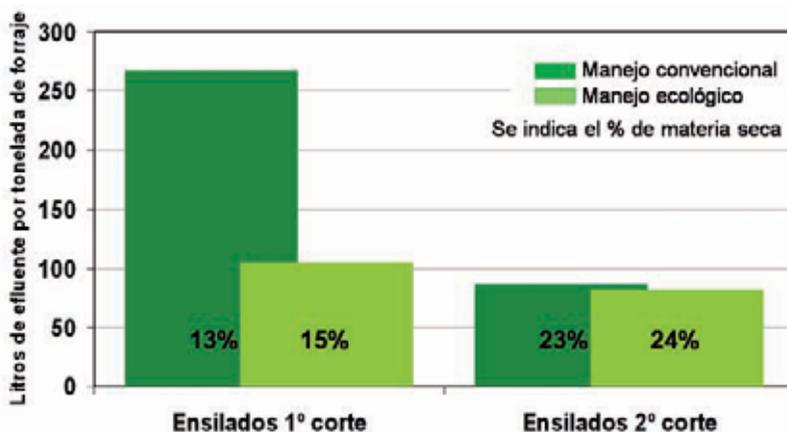
Tipo de pradera	Materia seca (%)	Producción de efluente (Litros/t)
Pradera -1	13,33 e	239,1 a
Raigrás Italiano-1	14,70 d	257,5 a
Prado-1	16,08 cd	96,2 b
Raigrás Italiano-2	17,86 c	21,8 c
Pradera -2	21,64 b	90,7 b
Prado-2	25,39 a	0,0 d
Raigrás Italiano-3	25,52 a	0,2 d
Significación	p<0,01	p<0,01

Martínez-Fernández *et al.*, (1999)

Distinta letra en la misma columna indica diferencia significativa al nivel de significación indicado.

Pradera: Constituida por mezcla de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco

El **manejo** también influye de manera importante en este aspecto, ya que una misma pradera en manejo convencional o ecológico genera diferentes volúmenes de efluentes. En este sentido, trabajos llevados a cabo en el SERIDA por Martínez-Fernández *et al.* (2008b), mostraron que los ensilados procedentes de forrajes en manejo ecológico presentan menos pérdidas que los obtenidos tras manejo convencional, relacionado con el mayor contenido en materia seca del forraje de partida en los primeros a igualdad de estado vegetativo (figura IX.2)



Martínez-Fernández *et al.*, (2008b)

Figura IX.2.- Efluente generado por ensilados directos elaborados con forraje procedente de una pradera de larga duración tras 65 días de fermentación, en función del manejo

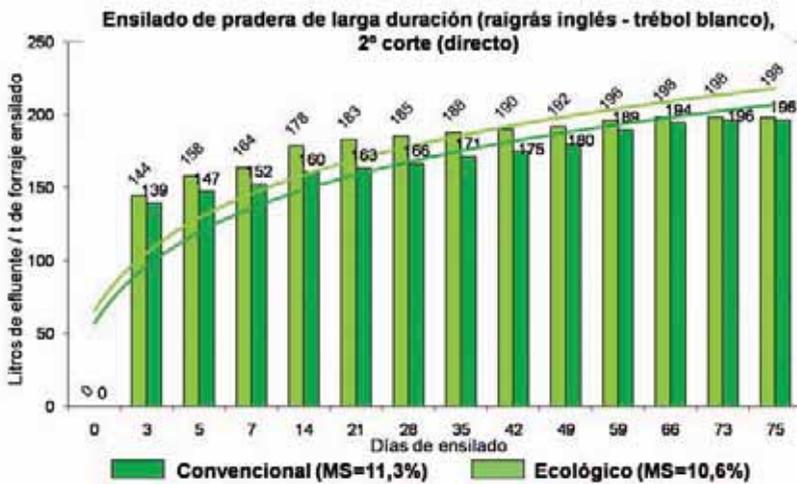
Los **aditivos** utilizados para la estabilización y mejora de la fermentación de los ensilados, juegan también un importante papel en la producción de efluentes. Principalmente, porque pueden modificar la estructura del material vegetal y alterar la capacidad de retención de agua. Además, en función del contenido en materia seca del forraje, un porcentaje variable de estos aditivos, comprendido entre 8-20%, puede ser eliminado con el efluente, modificando de esta forma los indicadores de contaminación.

Según McAllan *et al.* (1991), en ensilados realizados con dos cortes tempranos de *Lolium perenne*, con 140 y 230 g/kg de materia seca respectivamente y realizados a pequeña escala (silos de laboratorio de 100 kg de capacidad), las producciones de efluente oscilaron entre 238 y 302 L/t de forraje inicial partiendo de la materia seca menor y entre 2 y 47 partiendo de la más alta. La misma tendencia se observa con ensilados realizados a gran escala. Por ejemplo, hierba ensilada con menos de 15% de MS, puede drenar en torno a 180 litros de efluente por tonelada, mientras que si el contenido en materia seca oscila entre 20-25% se reduce a 25-75 L/t (Castle, 1982).

A modo de resumen podemos concluir que, en función de los factores mencionados, el volumen de efluente producido por tonelada de forraje, puede oscilar desde inapreciable hasta más de 200 L/t de forraje.

Esta evacuación tiene lugar en su mayor parte durante los primeros estados del ensilado. Estudios llevados a cabo en el SERIDA de Villaviciosa corroboran los resultados anteriores, a la vez que ponen de manifiesto que más de la tercera parte del efluente se genera durante los tres o cuatro días siguientes al cierre del silo. Ver figuras IX.3(a, b).

(a)



(b)

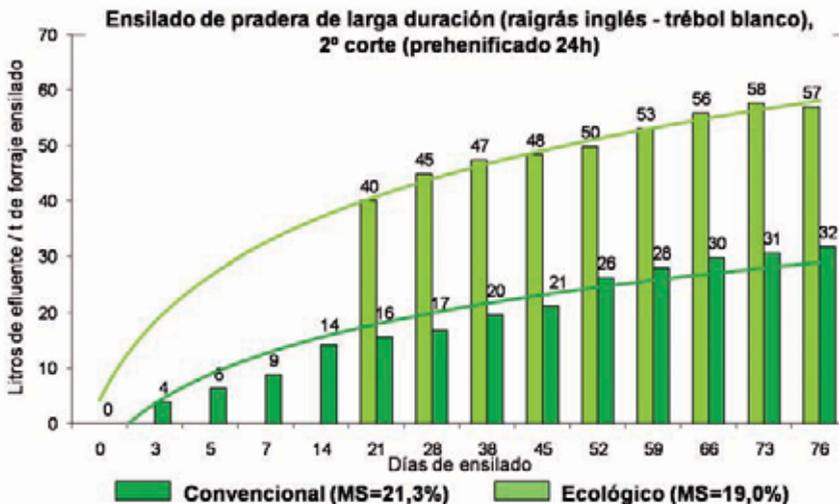


Figura IX.3 (a, b).- Producción de efluente acumulada tras 75 días de ensilado, en silos realizados con forraje procedente de una pradera de larga duración, manejada de manera convencional o ecológica y, en corte directo, o tras 24 horas de prehenificación

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada por Flores *et al.* (2000) y Martínez-Fernández (2003), diversos autores han tratado de relacionar los litros (Ve) o los kilogramos (Pe) de efluente por tonelada de forraje a ensilar o el porcentaje de pérdidas de materia seca (P) con el porcentaje inicial de ésta en el forraje a ensilar. En la tabla IX.3 se muestran algunas ecuaciones de regresión entre dichos parámetros.

Tabla IX.3.- Ecuaciones de regresión entre la cantidad de efluente evacuado por los ensilados de hierba y el contenido en materia seca de los forrajes de partida, según diferentes autores

Ecuación	Contenido en materia seca que anula la producción de efluente	Autor
$Ve = 669,4 - 2,24 MS$	299 g/kg	(Sutter, 1957)
$P (\% \text{ pérdida MS}) = 17,614 - 0,0583 MS$	327 g/kg	Miller y Clifton (1965)
$Pe = 832 - 5,418 MS + 0,00883 MS^2$	306 g/kg	(Zimmer, 1967)
$Ve = 767 - 5,34 MS + 0,00936 MS^2$	285 g/kg	(Bastiman, 1976)

MS: Materia seca (g/kg)

Aunque existen desviaciones debidas a diversos factores mencionados con anterioridad, tanto el modelo lineal como los dos cuadráticos coinciden en establecer el cese en la evacuación de efluente dentro de un rango de materia seca entre 250 y 330 g por kg, lo que coincide con los datos bibliográficos antes mencionados.

Para corroborar si estos datos eran extrapolables a los ensilados elaborados en la Cornisa Cantábrica, entre los años 1993 y 1998 Martínez-Fernández (2003) recogió los efluentes de un total de 340 microensilados de hierba realizados en diferentes experiencias llevadas a cabo en el SERIDA de Villaviciosa. El contenido en materia seca de los distintos forrajes utilizados para la elaboración de los microensilados osciló desde 129,9 hasta 535,3 g/kg, lo que supuso un máximo y un mínimo de producción de efluente de 275,4 y cero L/t respectivamente (ver figura IX. 4).

La información recogida permitió desarrollar un modelo de regresión según el cual la producción de efluente (L/t) en función de la materia seca expresada en g/kg resultó ser:

$$Ve = (709,818 \pm 23,888) - (4,651 \pm 0,187) MS + (0,00625 \pm 0,00030) MS^2$$

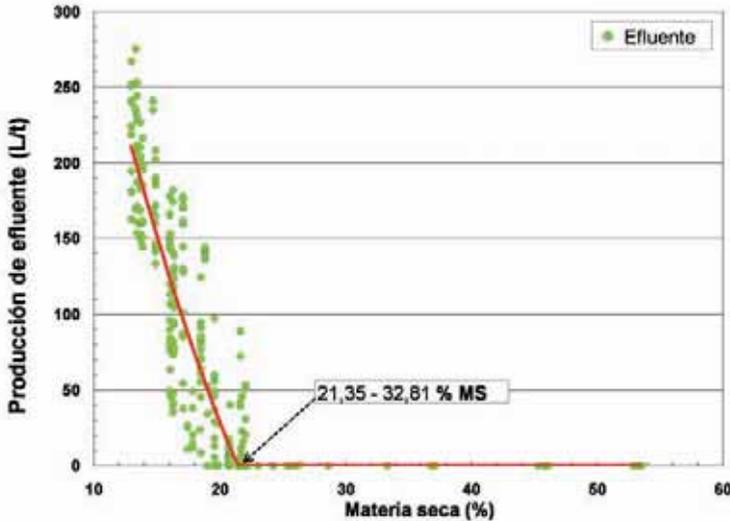
Siendo:

Ve = Volumen de efluente generado por los ensilados (L/t)

MS = Materia seca del forraje a ensilar (g/kg)

Donde el efecto cuadrático resultó estadísticamente significativo ($p < 0,001$).

De acuerdo con este modelo, la producción de efluente se anulará en un rango de materia seca entre 213,5 y 328,1 g/kg, dependiendo el valor final de materia seca, del tipo de forraje, manejo previo al corte a ensilar, aditivo, etc. Como se puede observar, estos valores coinciden plenamente con los recopilados en la tabla IX.3.



Martínez-Fernández (2003)

Figura IX.4. Relación entre producción de efluente y materia seca del forraje de partida

Por último, en algunas circunstancias, puede darse un drenaje adicional después de la apertura del ensilado para su consumo. Estas pérdidas se producen generalmente en ensilados que contienen menos de 300 g/kg de materia seca y un elevado contenido en azúcares solubles residuales.

IX.3.- Poder contaminante de los efluentes

La importancia de las pérdidas ocasionadas por los efluentes no se ciñe solamente a la pérdida de valor nutritivo que causa su evacuación incontrolada, sino a que ésta también plantea serios problemas medioambientales debido a su elevado poder contaminante.

Está demostrado que el efluente de ensilado es uno de los contaminantes potencialmente más poderosos que pueden alcanzar a los cursos de agua, ocasionando su eutrofización, con graves consecuencias en especial para la fauna acuática. Clarke y Stone (1995) advierten que un litro de efluente que alcanza un curso de agua puede bajar el contenido en oxígeno de 10 m³ de agua a un nivel crítico para la fauna piscícola existente.

Los efluentes contienen partículas biodegradables que constituyen un medio ideal para el desarrollo de microorganismos que consumen el oxígeno disuelto. La medida de este consumo es un indicador fiable del poder contaminante denominado «demanda biológica de oxígeno» (DBO). Por otra parte, la cantidad de oxígeno consumido por los compuestos químicos presentes en el efluente, sin intervención de los microorganismos, se conoce como «demanda química de oxígeno» (DQO). Ambos índices son los más utilizados como indicadores de la contaminación de vertidos. Los efluentes de ensilados presentan valores medios de DBO y DQO de 40 y 55 g de oxígeno consumido por litro de efluente, respectivamente, que resultan superiores incluso a los vertidos ocasionados en estabulaciones ganaderas. Cabe mencionar que el efluente producido por distintas especies, puede tener poder contaminante diferente (ver tabla IX.4).

Tabla IX.4.- Demanda biológica de oxígeno (DBO) según tipo de residuo

Residuo	DBO (mg/L)
Aguas residuales domésticas tratadas	20 - 60
Aguas residuales domésticas sin tratar	300 - 400
Agua sucia	1000 - 2000
Efluentes de los estercoleros (de purín)	1000 - 12.000
Fangos de aguas residuales	10.000 - 20.000
Purín de vacuno	10.000 - 20.000
Efluentes de ensilado	30.000 - 80.000
Leche	140.000

Loss Prevention Council (1992). Citado por Buxade Carbó (1995)

A modo de ilustración, es posible reseñar que, el poder contaminante del efluente producido por 300 toneladas de ensilado de hierba con 18% de materia seca, es equivalente al que producen diariamente las aguas residuales de una ciudad de 80.000 habitantes. En zonas con alta pluviometría, esto supone un grave inconveniente, ya que resulta difícil incrementar la materia seca de una hierba a ensilar por encima de 25%, para conseguir así que la producción de efluente se reduzca en más del 75%.

IX.4.- Control de efluentes

En la mayor parte de los países integrantes de la UE, existe legislación sobre el control de los efluentes, restringiendo la producción u obligando a su recogida en tanques especiales para los mismos. En España, el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación, hace mención de que "los códigos de buenas prácticas agrarias" deben contener disposiciones sobre los residuos procedentes de productos vegetales almacenados, como el forraje ensilado.

Ante la previsible obligación que imponga en su momento la normativa comunitaria sobre la prohibición de efectuar estos vertidos altamente contaminantes, conviene ir considerando las diversas opciones disponibles para regular la producción de efluente. Las tres vías posibles se describen a continuación.

IX.4.1.- Prehenificación

Según se expuso con anterioridad, para que sea eficaz hay que conseguir un 25% de materia seca como mínimo en el forraje de partida. En las condiciones climáticas de la Cornisa Cantábrica, no siempre es posible. Pueden darse graves pérdidas de valor nutritivo en caso de orear con mal tiempo y contaminaciones por tierra en los procesos de volteo.

IX.4.2.- Recogida en fosas colectoras.

La recogida en fosas colectoras es una alternativa válida, pero que supone un coste adicional para las explotaciones. La fosa puede ser construida en obra o elaborada con plástico.

Un ensilado elaborado a partir de un forraje con un 18% de materia seca, generará por término medio 150 L de efluente por tonelada. Así, un silo de 100 toneladas produciría 15.000 L de efluente, de los cuales aproximadamente el 20% (3.000 L) serán evacuados del silo durante los 3-4 primeros días. Esto supone la necesidad de disponer de una fosa colectora de 3 m³ de capacidad, como mínimo.



IX.1.- Fosa construida a pie de ensilado para captación de efluentes

IX.4.3.- Retención de efluentes mediante absorbentes.

Diversos alimentos secos como henos, pajas, zuros, cereales y subproductos pueden captar agua hasta tres veces su peso, como máximo. Por tanto son capaces de retener el efluente por absorción cuando son repartidos sobre el forraje a ensilar.

Un absorbente ideal debería tener las siguientes características:

- Alta capacidad de retención de agua bajo presión.
- Ser no degradable o resistente a la degradación en el silo.
- Mejorar la digestibilidad y el valor nutritivo del ensilado.
- Alta densidad y bajo o nulo contenido en materiales solubles.
- Bajo precio y alta disponibilidad durante la estación de ensilado.

La mayor efectividad se consigue con los subproductos fibrosos como las pulpas de remolacha o de cítricos (de la Roza y Martínez, 2002), ya que, adicionalmente, el azúcar aportado favorece la fermentación y, la fibra altamente digestible, puede incluso mejorar el valor alimenticio del producto final. La cantidad a añadir varía según el contenido en materia seca de la hierba y la capacidad de absorción relativa del material absorbente. En la tabla IX.5, se puede ver la variabilidad de la capacidad de absorción de diferentes tipos de productos vegetales.

Tabla IX.5.- Capacidad de absorción relativa de varios materiales utilizados en silos trinchera de 10 t de capacidad

Tipo de forraje	Capacidad de absorción
Paja de cebada picada	100
Bagazo de destilería desecado	66
Pulpa de remolacha en rama melazada	60
Paja tratada con álcali (pelets)	53
Pulpa de remolacha granulada (pelets)	49
Cebada laminada	16

Offer et al., (1988)

En el caso de la pulpa de remolacha, que es el absorbente utilizado más frecuentemente, la cantidad de pulpa a añadir varía según el contenido en materia seca de la hierba. Como norma práctica se recomienda aportar 50 g de pulpa de remolacha o de cítricos por kg de forraje a ensilar, cuando el contenido de materia seca del forraje está comprendido entre 15 y 18%. Es preferible emplear pulpas granuladas y no en rama. La granulada contiene más azúcares y su poder absorbente es mayor.

La retención de efluentes por esta opción es la más recomendable, ya que además de incrementar la cantidad total de masa ensilada, se conservan los nutrientes que de otro modo se perderían por el vertido. Además, a veces su empleo permite al mismo tiempo mejorar la fermentación y conservación del ensilado y aumentar su consumo, reduciendo el de concentrados.

No obstante cabe destacar que este tipo de productos es difícil de aplicar cuando se opta por la opción del ensilado en rotopacas.

IX.5.- Utilización de los efluentes de ensilados recogidos en fosas colectoras

Los efluentes contienen azúcares solubles y nitrógeno, en cantidad variable entre 1,9 y 3,0 gramos por litro, además de otros nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio, que dan un valor fertilizante en agricultura similar al del estiércol. Pueden aportar como promedio 3 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 4 kg de potasio por m³ (Woolford, 1984; Offer *et al.*, 1988; Cañeque y Sancha, 1998).

En la tabla IX.6, se muestra la composición química media del efluente generado por un ensilado de hierba.

Tabla IX.6.- Composición química del efluente de ensilado de hierba

Componente	Proporción
Materia seca (g/kg)	0-110
pH	3,2-3,5
N amoniacal (g/kg N)	20-400
N proteico (g/kg N)	500-750
Cenizas (g/kg MS)	180-350
Proteína bruta (g/kg MS)	200-310
Azúcares solubles (g/kg MS)	0-200
Ácido láctico (g/kg MS)	70-350
Ácido acético (g/kg MS)	10-80
Ácido butírico (g/kg MS)	0-20
Ácido propiónico (g/kg MS)	0-10
Etanol (g/kg MS)	0-200
Calcio (g/kg MS)	5-30
Fósforo (g/kg MS)	7-12
Magnesio (g/kg MS)	3-12
Sodio (g/kg MS)	5-20
Potasio (g/kg MS)	8-100

Offer *et al.*, (1988)

IX.5.1.- Utilización de los efluentes como fertilizante

Se emplean, o bien diluidos en agua, en proporción 1:1 a una dosis que no debe superar los 25 m³/ha, o sin diluir, a dosis no superiores a 10 m³/ha, preferentemente, con tiempo nublado según recomendación del Ministry of Agriculture, Fisheries and Foodinglés (MAFF, 1984). También se pueden mezclar con purines en fosas abiertas, para aplicarlos conjuntamente. En este caso, hay que prestar especial cuidado en evitar acumulaciones tóxicas de ácido sulfhídrico (Cañeque y Sancha, 1998).

IX.5.2.-Utilización de los efluentes como alimento

Otra posible aplicación del efluente es su utilización como alimento para ganado vacuno y porcino, puesto que se trata de una fuente de nutrientes no desdeñable.

Los efluentes son consumidos sin dificultad por el ganado ovino, vacuno y porcino (Woolford, 1984; Offer *et al.*, 1988; Cañeque y Sancha, 1998). De acuerdo con su composición (ver tabla IX.6), en ganado porcino se pueden utilizar efluentes para reemplazar hasta 150 g/kg MS de la ración, alcanzándose consumos de hasta 5-8 litros/cabeza y día, con una energía digestible que puede oscilar en función del tipo de ensilado entre 11,4 y 14,6 MJ/kg de MS (Cañeque y Sancha, 1998). Únicamente presentan problemas los efluentes con contenidos en nitrógeno amoniacal mayores de 400 g/kg de nitrógeno, que pueden producir un empeoramiento en la tasa de crecimiento de los animales.

Para el ganado vacuno se estima que la energía metabolizable de los efluentes está en torno a 10,6 MJ/kg de MS, pudiéndose conseguir consumos de 25-35 litros/cabeza y día (Cañeque y Sancha, 1998).

IX.6.- Pérdidas ocasionadas en los ensilados por deterioro aeróbico

Como ya se ha comentado repetidamente, la estabilidad dentro del silo cerrado depende de las características fermentativas del ensilado (pH, materia seca final y diversos metabolitos). Ahora bien, habitualmente, durante el almacenaje y posteriormente, una vez abierto, durante el periodo de suministro a los animales, se produce una infiltración de aire en la masa de forraje ensilada, tanto en silos convencionales como en rotopacas, principalmente debida a perforaciones en el plástico envolvente. Entra así en juego otra forma de estabilidad, llamada "estabilidad aeróbica" o resistencia al deterioro por contacto con el aire.

La infiltración de aire en el silo facilita el crecimiento de microorganismos aeróbicos como levaduras, hongos e incluso bacterias, que provocan un rápido deterioro del ensilado, con destrucción de la materia orgánica hasta convertirlo en un material putrefacto desechable para su uso en la alimentación animal. Aunque no se conocen las causas exactas que determinan la velocidad del deterioro

del material ensilado en contacto con el aire, se considera que las levaduras son las que inician este proceso degradando el ácido láctico y provocando el calentamiento de los ensilados (Taylor *et al.*, 2002), debido a reacciones exotérmicas. Al tratarse de un proceso en el que se genera calor se produce un aumento de la temperatura en la masa ensilada, que conlleva serias pérdidas de materia seca y gran disminución de la digestibilidad de la proteína, unido a elevados valores de pH (Argamentería *et al.*, 1997).

El daño del forraje ensilado en contacto con el aire se conoce como **deterioro aeróbico** y depende de la interacción de factores físicos, químicos y microbiológicos. Es un problema común para todos los ensilados, independientemente de la especie o variedad vegetal utilizada en la elaboración de los mismos (Martínez y de la Roza, 1999).

Las pérdidas ocasionadas por el deterioro aeróbico están relacionadas principalmente con los siguientes factores:

- Bajo contenido en materia seca del material vegetal de partida.
- Cosechar el forraje muy espigado.
- Poca compactación y mal sellado del silo.
- Mala distribución de los nutrientes en el silo (mezcla poco homogénea).
- Baja concentración de azúcares.
- Aireación del silo después de la apertura por mal sellado.

El aire, el sustrato y la temperatura, son factores estrechamente correlacionados y que determinan la velocidad con que el material vegetal se deteriora.

IX.6.1.- Influencia del aire

Considerando individualmente los tres factores antes mencionados, el aire es el más importante. Ejerce su influencia en el proceso del ensilado desde el momento de la siega hasta que finalmente es administrado a los animales.

Cuando el forraje está excesivamente presecado o se maneja, por ejemplo, un maíz para ensilar demasiado maduro, se favorece el desarrollo de microorganismos aerobios. Asimismo, un manejo inadecuado en las etapas de elaboración del ensilado, como es retrasar en exceso el llenado o el cierre del silo, también provoca el desarrollo de esta microflora aerobia. Este proceso de deterioro puede también tener lugar durante el suministro del ensilado (más importante en silos plataforma y trinchera que en silos torre), ya que se expone al aire durante períodos de tiempo variables. Por tanto, es preferible elaborar silos largos y estrechos que anchos y cortos, para que la superficie de contacto con el aire sea mínima y el avance diario en profundidad por consumo del ensilado sea superior. Se recomienda que esté

comprendido entre 10 y 30 cm, para evitar problemas de deterioro aeróbico. En verano ha de ser superior.

Inicialmente, los componentes solubles del ensilado, como los ácidos orgánicos, alcoholes y azúcares, serán oxidados. Una exposición continua al aire conduciría a la destrucción de otros componentes más estables, como los polisacáridos de la pared celular, debido en un principio a la acción de levaduras y bacterias y, más tarde, también de mohos.

IX.6.2.- Influencia del sustrato

La naturaleza del forraje no tiene una influencia directa sobre la estabilidad aeróbica: el problema de la inestabilidad es común para ensilados elaborados con cualquier especie o variedad vegetal.

Con toda clase de forraje y en todo tipo de silo, cuando se ha restringido la fermentación mediante el presecado o la adición de componentes químicos que ocasionen un descenso brusco del pH, los ensilados son más proclives al deterioro por fermentación aeróbica que cuando ha existido actividad intensa de la flora productora de ácido láctico o de los clostridios. Ver figura IX.5.

No obstante, trabajos llevados a cabo en el SERIDA de Villaviciosa han puesto de manifiesto, que el tipo de manejo realizado influye significativamente en la estabilidad aeróbica de los ensilados, obteniendo siempre mejor comportamiento en situaciones de manejo ecológico, con menos pérdidas, menos tasas de proteolisis y fermentaciones secundarias y un mejor comportamiento de estabilidad al contacto con el aire (Martínez-Fernández *et al.*, 2008b). Ver figura IX.6

Paradójicamente, algunos aditivos que mejoran la actividad fermentativa durante el proceso de ensilado empeoran su estabilidad durante el almacenamiento y tras la apertura, por su baja producción de factores antifúngicos (Kung *et al.*, 2003). Ahora bien, las levaduras, responsables del deterioro aeróbico, pueden ser inhibidas con la presencia de ácidos grasos de cadena corta, como el ácido acético, que penetran por difusión pasiva en las células y liberan iones de hidrógeno que disminuyen el pH intracelular rápidamente, provocando la muerte celular (Ruser y Kleinmans, 2005).

En general, la presencia de ácidos acético, propiónico, butírico, caproico y otros ácidos grasos volátiles en el ensilado, mejoran la estabilidad aeróbica por sus propiedades antimicrobianas, que actúan inhibiendo el desarrollo de la microflora aeróbica.

También se da una relación indirecta entre la estabilidad aeróbica y el contenido en nitrógeno amoniacal del ensilado. Este último está siempre asociado con elevadas cantidades de ácidos grasos volátiles. Así pues, paradójicamente, los ensilados con buena calidad fermentativa son los que corren mayor riesgo de sufrir deterioro aeróbico. No hay que confundir «estabilidad» con «estabilidad aeróbica».

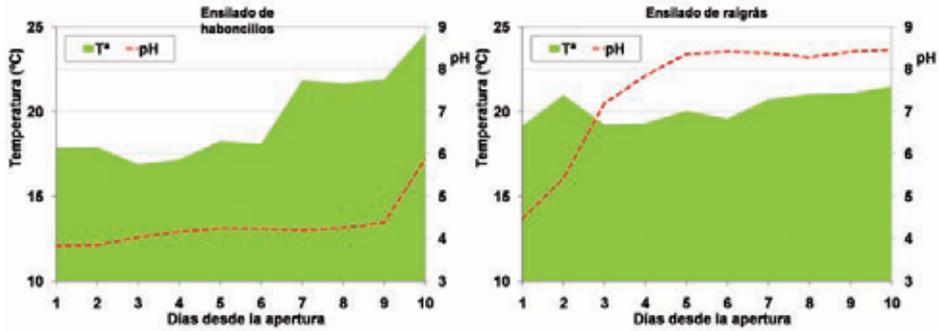
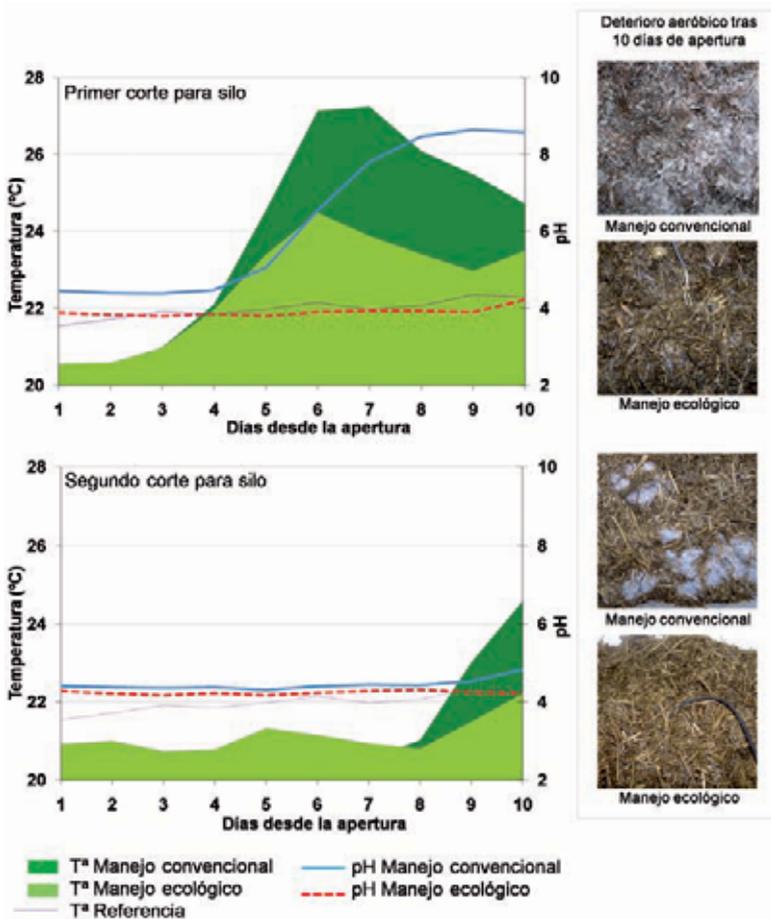


Figura IX.5.- Evolución del pH y temperatura (Tª, °C) en ensilados de habas forrajeras y raigrás italiano en contacto con el aire, elaborados sin aditivo



Martínez-Fernández *et al.*, (2008b)

Figura IX.6.-Evolución del pH y temperatura (Tª, °C) en ensilados de pradera de corta duración (raigrás italiano-trébol violeta), en contacto con el aire, elaborados sin aditivo

IX.6.3. - Influencia de la temperatura

No se conocen las causas exactas que determinan la rapidez de deterioro del material ensilado. Pero, al tratarse de un proceso biológico, dicha velocidad estará relacionada con la temperatura ambiente y el calor generado por dichos fenómenos. De ahí su mayor importancia en verano que en invierno.

El calor generado durante el deterioro aeróbico puede ser lo suficientemente intenso como para permitir el crecimiento de microorganismos termófilos, que se muestran activos con temperaturas superiores a los 50 °C.

IX.7.- Consecuencias del deterioro aeróbico

En algunos ensilados expuestos al aire, el material vegetal se deteriora ocasionando unas pérdidas en materia seca que pueden superar el 30% al cabo de 8 días de exposición. El pH puede llegar a alcanzar un valor de 9 y la digestibilidad de la proteína disminuye como consecuencia de las altas temperaturas generadas durante estos procesos biológicos (60 °C). Estos efectos negativos, aparecen frecuentemente en los ensilados de maíz, relacionados con problemas de compactación, derivados de un tamaño de picado poco adecuado y elevados contenidos en materia seca. Ver figura IX.7.

Los ensilados deteriorados que pueden adquirir un color pardo oscuro e incluso negro, aunque no sean totalmente rechazados por los animales, tienen bajo valor nutritivo debido a la excesiva oxidación de los nutrientes solubles.

Los aditivos, como veremos más adelante en el capítulo X, tienen gran influencia al respecto.

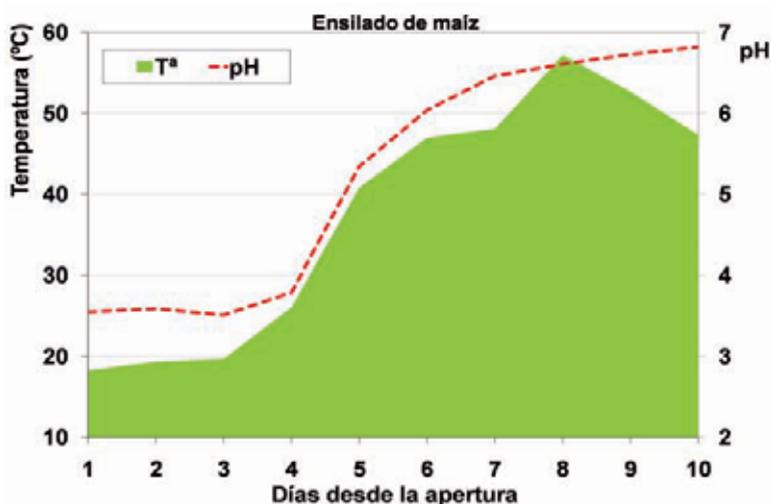


Figura IX.7.- Proceso de deterioro aeróbico en ensilados de maíz elaborados sin aditivo

X | Aditivos para ensilar

X.1- Introducción

X.2.- Tipos de aditivos

X.2.1.- Conservantes

X.2.2.- Inoculantes

X.2.3.- Enzimas

X.2.4.- Otros: Nutrientes y Sustratos

X.3.- Papel de los aditivos en el ensilado de maíz

X.4.- Recomendaciones para el uso de aditivos en ensilado de forraje de prado, pradera y cultivos herbáceos

X.1- Introducción

El empleo de aditivos en el proceso de ensilado, tiene como fin mejorar la conservación y valor nutritivo del alimento resultante.

Una mala fermentación debida a deficiencias en el acondicionamiento y cierre del silo, a contaminación con tierra o estiércol o a fallos humanos o mecánicos de cualquier tipo, no tiene solución y sólo se evita realizando bien el proceso. Ahora bien, la elección correcta de un aditivo para ensilar, puede prevenir una mala fermentación debida a problemas de ensilabilidad, corrigiendo una escasez de azúcares solubles o un exceso de capacidad tampón. También puede atenuar los efectos perjudiciales del exceso de humedad. Puede prevenir el deterioro aeróbico y ayudar en caso de escasez de bacterias lácticas y presencia de esporas butíricas e incluso mejorar la utilización digestiva y metabólica del ensilado.

La elección de un aditivo no debe establecerse únicamente en función de los efectos que éste ejerza sobre la calidad fermentativa final, sino que deberá estar también condicionada por su respuesta sobre la estabilidad aeróbica, sobre la producción de efluente y poder contaminante del mismo e, incluso, sobre la respuesta animal. Además, su utilización supone un desembolso económico adicional. Por ello, para que la utilización de un aditivo sea rentable, debe cumplir los siguientes requisitos:

- Fácil y seguro de manejar.
- Reducir las pérdidas de materia seca.
- No aumentar la producción de efluente.
- Mejorar la calidad higiénica del ensilado.
- Limitar las fermentaciones secundarias.
- Potenciar la estabilidad aeróbica.
- Incrementar el valor nutritivo.
- Mejorar la producción animal.
- Abaratar el coste de la ración.

X.2.- Tipos de aditivos

McDonald *et al.*, (1991), clasifican los aditivos en dos grandes grupos atendiendo al efecto que ejercen en el proceso fermentativo como **restrictores** o como **estimuladores** de la fermentación.

Los **aditivos restrictores** inhiben las fermentaciones indeseables actuando de diversas maneras. Unos comunican a la masa ensilada de forraje una acidez inicial que favorece la actividad de las bacterias lácticas. Otros tienen acción bacteriostática, limitando la multiplicación de bacterias no deseables y de las bacterias lácticas, de manera que el forraje se acidifica muy poco y conserva casi todos sus azúcares,

pero se estabiliza gracias a una mínima vida bacteriana. También hay conservantes con efecto bacteriostático y acidificante a la vez.

En este grupo podemos incluir:

- Ácidos minerales
- Ácidos orgánicos
- Sales de ácidos orgánicos e inorgánicos

Los aditivos estimuladores de la fermentación, han ganado popularidad en los últimos años, porque reducen las pérdidas de nutrientes, mejoran la digestibilidad y el metabolismo del N en el rumen, y, además, son seguros de manejar.

La estimulación de la fermentación por parte de este grupo de aditivos puede conseguirse, al menos, de tres maneras diferentes: por adición de microorganismos productores de ácido láctico, por acción de enzimas que degradan las paredes celulares de los forrajes liberando sustratos fermentescibles (azúcares), o por adición de nutrientes que promuevan la fermentación láctica.

En este grupo podemos incluir:

- Inoculantes
- Enzimas
- Inoculantes asociados a enzimas
- Nutrientes
- Absorbentes

O'Kiely (1997) propone otra clasificación de los aditivos atendiendo a sus ingredientes primarios. De esta forma distingue los siguientes grupos: ácidos, azúcares, sales, inoculantes, enzimas y nutrientes.

En cualquier caso, los aditivos pueden ser **químicos** o **biológicos**. Combinando ambos criterios, se pueden clasificar de forma simplificada como: **conservantes, inoculantes, enzimas, y otros**. (Ver tabla X.1).

Tabla X.1.- Tipos de aditivos para ensilados

Conservantes	Inoculantes	Enzimas	Otros	
			Sustratos	Nutrientes
Ácido fórmico Ácido acético Ácido láctico Ácido propiónico Ácido benzoico Ácido caproico	Bacterias del ácido láctico: - <i>Lactobacillus</i> - <i>Pediococcus</i> - <i>Streptococcus</i>	Amilasas Celulasas Hemicelulasas Pectinasas	Melazas Glucosa Sacarosa Granos de cereales Pulpa de remolacha Pulpa de cítricos	Amonio Urea Carbonato cálcico Otros minerales

Argamenteria *et al.*, (1997)

X.2.1.- Conservantes

Restringen las fermentaciones indeseables mediante acidificación inicial o efecto bacteriostático. Los hay que combinan ambos efectos. Este grupo de aditivos, están algunos ácidos orgánicos y e inorgánicos.

Sus efectos sobre la calidad final del ensilado y sobre la producción animal han sido ampliamente probados (O'Kiely y Flinn, 1989; Martínez-Fernández *et al.*, 1999; de la Roza *et al.*, 1999; Martínez- Fernández, 2003).

Dentro de los ácidos orgánicos, el **ácido fórmico**, ejerce una acción antibacteriana como resultado del efecto de la disminución del pH y de una actividad bactericida selectiva, que sólo tiene un efecto marginal sobre las bacterias lácticas (Woolford, 1984).

En contrapartida, las levaduras (principales responsables del deterioro aeróbico), son particularmente tolerantes al ácido fórmico, encontrándose altos recuentos de estos microorganismos en ensilados tratados con el mismo a las dosis recomendadas. Esto supone que, en condiciones de anaerobiosis, dichas levaduras obtienen energía de la fermentación de los azúcares dando lugar a la producción de etanol y a una pérdida de materia seca debida a la fermentación alcohólica (Henderson, 1993).

La acción del ácido fórmico es más notoria cuanto mayor es la humedad del forraje a ensilar, recomendándose su uso con hierba muy joven y en casos de lluvia o rocío. Sin embargo, su utilización puede incrementar la producción de efluente hasta tres veces en forrajes jóvenes, en función de su tasa de aplicación (McAllan *et al.*, 1991).

Sintetizando la gran cantidad de referencias bibliográficas al respecto y experiencias propias realizadas en el periodo 1987-2003, la recomendación dada por el SERIDA es utilizar ácido fórmico comercial del 85% de riqueza, en dosis de 3-3,5 L/t de forraje verde, aumentando la dosis requerida con el porcentaje de humedad y/o proteína bruta. El promedio está en 70 L/ha, para una producción esperada de unas 20 t de forraje verde por hectárea.

Los principales problemas que presenta este aditivo son su acción cáustica sobre la piel, corrosiva sobre la maquinaria y que desprende vapores molestos. Sin embargo, si se maneja con cuidado (guantes y mascarilla), se emplea una bomba dosificadora y se lava bien la maquinaria, estos problemas quedan solventados. Por otra parte, ya existen marcas comerciales que incorporan **pequeñas cantidades de ácido ortofosfórico al fórmico** para prevenir el efecto corrosivo.

Se recomienda su empleo sistemático con hierba muy joven y en casos de lluvia o rocío. También se recomienda en caso de forrajes con pocos azúcares y elevada capacidad tampón, clasificados como de baja ensilabilidad (ver tabla VIII.1) y con presencia de especies adventicias (malas hierbas).

En la tabla X.2, se muestra el efecto del ácido fórmico sobre las características nutritivas y fermentativas de un ensilado de hierba y el efluente generado durante

el proceso fermentativo en comparación con los efectos de otros aditivos no restrictores de la fermentación.

Otros ácidos orgánicos como el **ácido acético** y **ácido propiónico**, también son usados como aditivos para ensilar, sobre todo en algunas zonas de Estados Unidos. Generalmente, se utilizan por sus propiedades antifúngicas, proclamando entre sus ventajas la reducción de pérdidas de nutrientes durante la fermentación, prevención del crecimiento de hongos y reducción del calentamiento y, consecuentemente, del deterioro aeróbico.

Tabla X.2.-Principios nutritivos, contenido energético y parámetros fermentativos de ensilados de hierba según tipo de aditivo. Producción y características del efluente.
(Forraje de primer corte con 192 g MS /kg de forraje)

Testigo sin aditivo	Conservante Ácido fórmico	Inoculante <i>Lactobacillus plantarum</i>	Inoculante + enzimas <i>Lactobacillus plantarum</i> + <i>Pediococcus acidilactici</i> + celulasas + hemicelulasas	Sustrato Melaza + minerales + propilenglicol	
Características del ensilado					
Materia seca (g/kg)	183,1 b	188,5 ab	184,8 ab	188,2 ab	191,1 a
Proteína bruta (g/kg MS)	145,1 c	150,1 b	143,6 c	152,8 a	149,4 b
FND (g/kg MS)	537,1 bc	543,4 a	538,8 ab	533,0 c	523,6 d
EMest (MJ/kg MS)	9,69 c	9,70 c	9,73 bc	9,80 ab	9,86 a
pH	4,31a	4,09 c	4,29 a	4,25 ab	4,19 b
NNH ₃ (g/kg MS)	3,75 bc	3,30 c	4,39 a	3,61 bc	3,79 b
Azúcares solubles (g/kg MS)	12,27 c	28,09 a	15,42 b	13,36 c	12,73 c
Ác. láctico (g/kg MS)	84,73 a	64,96 d	74,20 c	76,67 bc	91,78 a
Ác. acético (g/kg MS)	45,78 a	25,81 c	42,03 ab	45,94 a	37,76 b
Ác. butírico (g/kg MS)	6,53 ab	4,15 ab	9,04 a	1,46 b	5,73 ab
AGV (mmol/kg MS)	246,65 a	141,64 b	243,06 a	233,61 a	205,43 a
Alcoholes (g/kg MS)	21,34 b	33,27 a	21,23 b	21,46 b	16,49 c
Características del efluente					
Producción efluente (L/t)	143,4 b	123,8 bc	152,0 ab	175,6 a	166,4ab
NNH ₃ (g/L)	0,636 a	0,413 c	0,513 b	0,530 b	0,548b
N soluble (g/L)	2,94 a	2,26 c	2,32 c	2,37 c	2,67b
Azúcares solubles (g/L)	2,00 d	14,21 a	3,54 c	3,80 c	5,79b
DBO (g O ₂ /L)	38,13 b	43,44 a	36,83 b	35,19 b	43,27a
DQO (g O ₂ /L)	61,05 a	57,01 a	54,82 b	48,93 b	57,05a

Martínez-Fernández *et al.*, (1999)

a, b, c, d: Distinta letra en la misma fila indica diferencia significativa a p<0,05.

MS: Materia seca; FND: Fibra neutro detergente; EMest: Energía metabolizable estimada; NNH₃: Nitrógeno amoniacal; AGV: Ácidos grasos volátiles (acético+propiónico+butírico); DBO y DQO: Demanda biológica y química de oxígeno

Diversos autores han demostrado que la aplicación de 4,5 kg de ácido acético del 98%, por tonelada de forraje verde a ensilar, reduce la cantidad de nitrógeno soluble y de ácido láctico así como las pérdidas de materia seca del ensilado, a la vez que incrementa su estabilidad aeróbica. Sin embargo, su uso como aditivo, está limitado por dos factores: su precio y la alta tasa de aplicación que se requiere para que ejerza su acción positiva sobre la fermentación.

Por su parte, el ácido propiónico actúa inhibiendo el crecimiento de levaduras en el ensilado y reduce pérdidas por respiración y proteolisis. Se recomienda su uso como aditivo en forrajes de elevado contenido en materia seca y está demostrado que mejora la estabilidad aeróbica del ensilado (Martínez-Fernández y de la Roza, 1999), incluso cuando se utiliza como tratamiento de emergencia en silos abiertos que ya han empezado a deteriorarse. Al igual que con el acético, el problema es su elevado precio.

La combinación de varios ácidos orgánicos, puede producir en ocasiones mejores resultados que cuando éstos se utilizan por separado. Por ejemplo, en una mezcla de ácido fórmico y ácido propiónico, el ácido fórmico protege la proteína del forraje y el ácido propiónico ejerce su acción positiva sobre la estabilidad aeróbica.

Cabe destacar que en algunos países se emplea ácido sulfúrico del 45% de riqueza en lugar de fórmico. Es más barato que los ácidos orgánicos (ácido fórmico) y da resultados similares a los obtenidos con estos en lo que se refiere a conservación, ingestión y producción animal (ver tabla X.3), pero su acción corrosiva es superior a la del fórmico y su manejo más peligroso. Además, puede interferir en la alimentación mineral de los animales, reduciendo los niveles de cobre en el hígado (O'Kiely *et al.*, 1989).

Tabla X.3.- Componentes químicos, digestibilidad e ingestión voluntaria en novillos destetados de un ensilado de hierba sin aditivo o utilizando un ácido mineral (sulfúrico) o un ácido orgánico (fórmico) a 2,3 L/t de forraje verde inicial

	Testigo sin aditivo	Ácido sulfúrico	Ácido fórmico
Materia seca (%)	18,2	20,6	21,3
pH	5,0	4,1	4,0
NNH ₃ (% NT)	24,8	8,1	6,7
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la MS(%)	53,4	70,2	69,7
Ingestión (kg MS/100kg peso vivo)	1,62	2,35	2,26

O'Kiely y Flynn (1987)

MS: Materia seca; NNH₃: Nitrógeno amoniacal; NT: Nitrógeno total

X.2.2.- Inoculantes

Los inoculantes microbianos a base de cepas de bacterias lácticas homofermentativas, comenzaron a utilizarse para mejorar la eficiencia de los procesos de conservación a finales de los años 70 y principio de los 80, generalizándose su aplicación comercial en los 90 en paralelo con el desarrollo de técnicas como la liofilización y la encapsulación (Henderson, 1993).

Estos aditivos tienen como papel primordial elevar rápidamente el nivel de acidez del forraje a ensilar para prevenir la ruptura de la proteína en el mismo. La fermentación que se produce en el ensilado se origina principalmente por la acción de bacterias lácticas que pueden no estar presentes en suficiente cantidad, lo que deja campo libre a otros microorganismos cuya acción puede no ser deseable. El efecto que se busca con estos inoculantes es mejorar las características fermentativas de los ensilados, que es uno de los principales problemas en Asturias.

Para que un cultivo microbiano sea considerado como un inoculante para ensilado, ha de cumplir con las siguientes exigencias:

- Debe tener una alta tasa de crecimiento y poder competir y dominar a otros microorganismos que aparezcan en el forraje que se va a ensilar.
- Debe poseer capacidad para crecer en condiciones tanto de alto como bajo contenido en humedad (ensilado directo o con prehenificación previa).
- Debe maximizar la producción de ácido láctico a partir de los azúcares del forraje.
- Debe ser ácido-tolerante y producir un pH final de 4,0 rápidamente, con el objetivo de inhibir la actividad de otros microorganismos.
- Debe ser capaz de fermentar la glucosa, fructosa, sacarosa y, principalmente, las pentosas.
- No debe actuar sobre los ácidos orgánicos.
- Debe tener un amplio rango de temperatura de crecimiento, preferiblemente por encima de 50 °C, con el objeto de poder sobrevivir a los posibles incrementos de temperatura que pueden tener lugar en los primeros estados del ensilado.
- No debe presentar actividad proteolítica.

Su empleo será más conveniente en aquellas condiciones que inhiben la multiplicación natural de bacterias lácticas. Especialmente, cuando las temperaturas son bajas, lo que en Asturias suele suceder en las fechas de primer corte para ensilar. Desafortunadamente, requieren alto nivel de azúcares en la hierba y actúan mejor con una materia seca superior al 25%. Si no se puede conseguir ese nivel de materia seca, hay que aumentar la dosis de inoculante, puesto que a mayor humedad se requiere más velocidad de fermentación.

Numerosos estudios confirman que, el uso de inoculantes para ensilar, no sólo tiene efecto sobre el proceso de fermentación, sino que también incrementan la producción animal: cantidad y/o composición de la leche, condición corporal, ganancia de peso vivo y parámetros reproductivos. Resultados al respecto obtenidos en el SERIDA por de la Roza *et al.*, (1999), se muestran en la tabla X.4

Tabla X.4.- Efectos del tratamiento con aditivos sobre la ingestión, digestibilidad y producción de leche en ensilados de raigrás italiano de segundo corte

	Testigo sin aditivo	Conservante	Inoculante
		Ácido fórmico 85% (3L/t)	Aditivo biológico (2L/t)
Ingestión total (kg MS/día)	14,4	14,6	14,7
Digestibilidad MS (g/kg)	703b	725a	734a
Producción de leche (kg/día)	15,5	16,3	16,3

De la Roza *et al.*, (1999)

Distinta letra en la misma fila indica diferencia significativa a $p \leq 0,05$; MS: Materia seca

X.2.3.- Enzimas

Los más comunes son los que degradan las paredes celulares de las plantas como celulasas, pectinasas y hemicelulasas o mezclas de las mismas. En la elección de cualquier producto comercial debe prestarse atención a que no contenga proteasas, puesto que degradarían la proteína existente en el forraje.

La utilización de enzimas celulolíticas, hemicelulolíticas y amilolíticas como aditivos para ensilado puede ser considerada desde dos puntos de vista:

- Como un modo de incrementar el contenido en azúcares solubles que sirvan de sustrato para las bacterias lácticas.
- Como un método para mejorar la digestibilidad de la materia orgánica del ensilado.

Por un lado, mediante la ruptura de las paredes celulares, aumenta el contenido de azúcares solubles, los cuales son fermentados por bacterias lácticas y, por lo tanto, se produce una bajada del pH. Además, debido a esta digestión parcial de las paredes celulares de las plantas, puede incrementar la digestibilidad del ensilado. Sin embargo, la capacidad que poseen estos enzimas para modificar la estructura vegetal y alterar la capacidad de retención de agua, influye de forma negativa al aumentar sensiblemente la producción de efluente.

Las preparaciones enzimáticas actúan en un rango de temperatura entre 20-50°C y son más efectivas en ensilados elaborados con forrajes inmaduros con bajo contenido en materia seca. Su acción, incrementa las concentraciones de ácido láctico y acético y reduce el nitrógeno amoniacal y el pH, a la vez que aumenta

la digestibilidad del ensilado. No obstante, no son capaces de prevenir la fermentación butírica.

En los últimos años se están introduciendo en el mercado productos que combinan la acción de enzimas capaces de degradar las paredes celulares liberando azúcares con los inoculantes microbianos. Estas asociaciones pueden resultar efectivas si la tasa de aplicación de enzimas es capaz de suministrar suficiente sustrato para las bacterias lácticas. Ver ejemplo en tabla X.2

X.2.4.- Otros: sustratos y nutrientes

Se incluyen en este grupo aquellas sustancias que, cuando se añaden al forraje a ensilar, contribuyen significativamente a satisfacer tanto las necesidades nutricionales de los animales que consumirán el ensilado como las de las bacterias lácticas que permitirán obtenerlo. En este grupo, podemos incluir melazas, cereales, sueros, etc. y otros productos que también actúan como estimulantes de la fermentación.

Las **melazas** son subproductos de azucarería que estimulan la fermentación láctica por la incorporación de azúcares al medio. Algunas marcas comerciales incorporan en su composición sustancias antifúngicas como el propilenglicol (que además disminuye la densidad de las melazas, muy difíciles de manipular), y algunos minerales. La dosis recomendada para pradera es de 6 litros por tonelada de forraje. Se aconseja su utilización cuando el ensilado se realiza después de un período de días nublados o con temperaturas nocturnas elevadas, ya que en estas condiciones la hierba presenta un nivel bajo de azúcares solubles y su fermentación tendrá dificultades. Para conseguir una buena distribución de estos aditivos es necesario un aplicador instalado en la maquinaria.

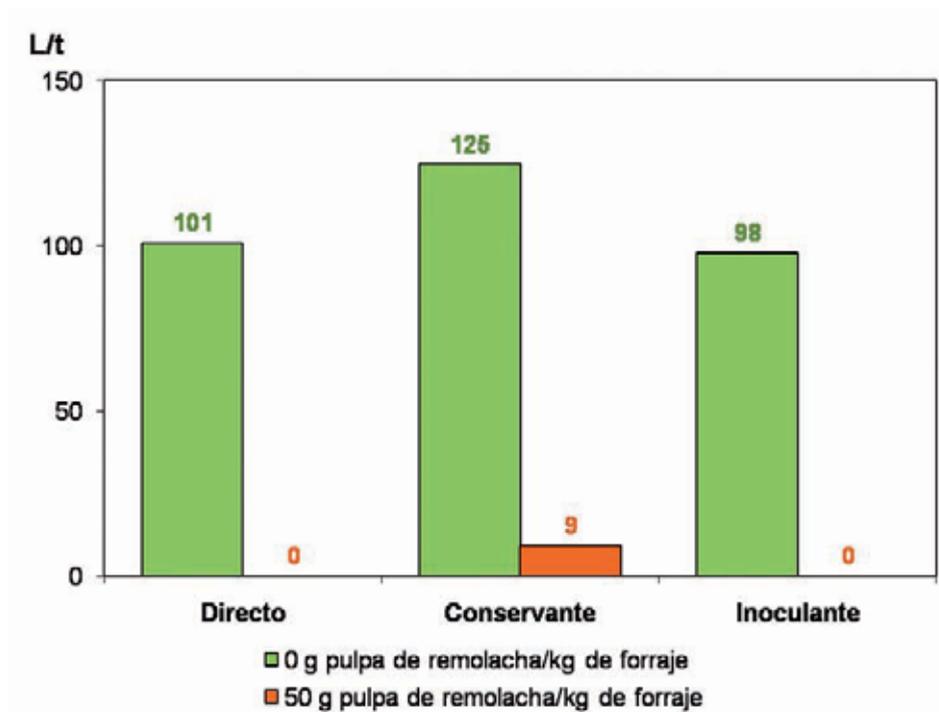
Las **sustancias absorbentes** como los granos de cereales, pulpas, etc., se suelen utilizar, como ya se comentó en el apartado IX.4.3, en las situaciones en que hay riesgo de contaminación medioambiental por vertido incontrolado de efluentes, ya que algunas de estas sustancias pueden captar agua hasta tres veces su peso. Su empleo mejora la fermentación y conservación del ensilado, eliminan la producción de efluente evitando la pérdida de azúcares y nitrógeno, aporta fibra altamente digestible que mejora el valor alimenticio del producto final, aumenta la cantidad total de masa ensilada y reduce el consumo de concentrados.

La **paja** es también un absorbente efectivo, pero reduce el valor energético del producto combinado (ensilado-paja), por lo que resulta antieconómico. Una alternativa, sería la paja tratada con álcali.

De los productos testados como absorbentes, la **pulpa de remolacha azucarera**, la **pulpa de cítricos** y los **granos de destilería** son las que han dado

resultados más prometedores, pudiendo resultar positiva su combinación con otros aditivos.

En la figura X.1, se puede observar la capacidad de retención de efluentes de la pulpa de remolacha granulada, en ensilado de pradera de primer corte con un contenido en materia seca de 165 g/kg de forraje. La dosis de 50 g de pulpa /kg de forraje, es capaz e interceptar el efluente producido por los ensilados elaborados sin aditivo y con incorporación de un inoculante (*Lactobacillus plantarum* a 2 L/t de forraje), pero no llega a captar el volumen total cuando se añade un conservante (ácido fórmico 85% a 3,5 L/t de forraje), que como ya hemos comentado en el apartado X.2.1, incrementa significativamente la producción de efluentes sobre todo en forrajes jóvenes.



Martínez-Fernández (2003)

Figura X.1. Producción de efluente (L/t de forraje) en ensilados elaborados con forraje de pradera (*Lolium perenne-Trifolium repens*), con un contenido en materia 165 g/kg. Efecto del aditivo utilizado y de la adición de pulpa de remolacha granulada

En función de estos resultados, es posible predecir la producción de efluente esperada en función de la materia seca del forraje de partida y del aditivo utilizado y estimar la dosis necesaria de pulpa de remolacha para interceptar dicha producción. Ver tabla X.5

Tabla X.5.- Producción de efluente esperada (L/t) en función del contenido en materia seca del forraje inicial en ensilados directos o con adición de ácido fórmico y dosis de pulpa necesaria para interceptar dicha producción

Materia seca g/kg	Producción de efluente (L/t)		Dosis de pulpa de remolacha granulada que anula la producción de efluente (kg/t)	
	Directo*	Ác. fórmico	Directo*	Ác. fórmico
140	181	227	79	99
160	126	157	54	69
180	75	94	33	41
200	30	37	13	16
210	9	11	4	5

(*): O bien, con aditivo que, a diferencia del ácido fórmico, no aumente la producción de efluente.

Martínez-Fernández (2003)

En el caso de utilizar pulpas melazadas, será necesario aumentar estas dosis, ya que estas son menos eficientes que las granuladas para controlar el efluente.

Aunque algunos ganaderos emplean la sal, no hay instrucciones claras acerca de su utilización. Tal vez tenga algún efecto beneficioso, como evitar el desarrollo de hongos, absorber humedad e incrementar el sabor del ensilado, pero haría falta tal cantidad que sería antieconómica su utilización.

X.3.- Papel de los aditivos en el ensilado de maíz

El maíz forrajero no suele necesitar aditivos durante el proceso fermentativo, ya que, debido a su alto contenido de carbohidratos, no presenta generalmente problemas de malas fermentaciones. Sin embargo, es frecuente encontrar problemas de estabilidad aeróbica en sus ensilados, alcanzando temperaturas que superan los 50°C tan sólo 4-5 después de su apertura para el consumo. Por ello, la utilización de aditivos en los ensilados de maíz debe estar orientada a solventar este problema.

Existen en el mercado diversos aditivos comerciales encaminados a prevenir el deterioro aeróbico. Entre ellos, existen productos **conservantes** basados en mezclas de ácido fórmico, ácido propiónico y ésteres de ácido benzoico, que actúan bajando bruscamente el pH e inhibiendo el crecimiento de microorganismos aerobios que aparecen al infiltrarse aire en la masa ensilada. También hay diversos **inoculantes** que persiguen el mismo fin. Algunos, incluyen además de cepas de bacterias lácticas homofermentativas (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*), bacterias del

genero *Propionobacterium*, que generan ácido propiónico, inhibiendo el crecimiento de las levaduras. Otros, están formulados a partir de cepas de bacterias lácticas heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri*) que, añadidos al forraje una vez cosechado, actúan incrementando la fermentación acética e inhibiendo también la contaminación fúngica. Ver figura X.2

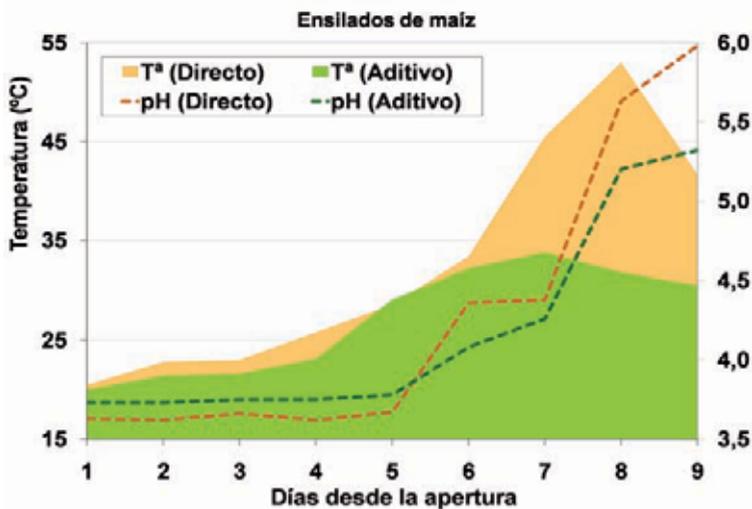


Figura X.2.- Estabilidad aeróbica de ensilados de maíz directo y tratado con un aditivo biológico formulado con bacterias lácticas formadoras de ácido propiónico

En ensilados de maíz, también cabe agregar urea y productos amoniacales para incrementar el contenido en proteína del ensilado, pero es necesario ajustar muy bien la dosis, aplicarla de forma muy homogénea y extremar las precauciones en el tapado, pisado y cierre del silo. De lo contrario, el efecto puede ser negativo.

En cuanto a los enzimas, sólo sería recomendable el uso de amilasa, puesto que degradan el almidón hasta glucosa para ser utilizada por los lactobacilos. Pero no hay que olvidar que el contenido en almidón del maíz forrajero es una característica extremadamente valiosa en nutrición animal.

X.4.- Recomendaciones para el uso de aditivos en ensilado de forraje de prado, pradera y cultivos herbáceos

Como se ha comentado reiteradamente a lo largo de los diferentes capítulos, la elección de un aditivo, además de tener como finalidad mejorar la conservación y valor nutritivo del alimento resultante, estará también condicionada por sus efectos sobre la producción de efluente y su poder contaminante y por sus posibles efectos sobre la estabilidad aeróbica.

Otra cuestión fundamental en el caso de los inoculantes, cuyo precio es elevado, será determinar la respuesta en producción animal derivada de su utilización y cuantificarla económicamente.

Es conveniente recordar, no obstante, que el uso de aditivos en el ensilado no sustituye a la buena práctica del mismo. Ambas cosas han de ir conjuntas si se quiere obtener un ensilado de calidad.

En la figura X.3 se muestran los efectos de diversos aditivos sobre la estabilidad aeróbica de ensilados de pradera, y se aprecia claramente que los ensilados más estables tras su apertura son los tratados con aditivos formulados a partir de ácidos orgánicos que incluyen además del ácido fórmico otros como ácido ortofosfórico, ácido propiónico y ésteres de ácido benzoico.

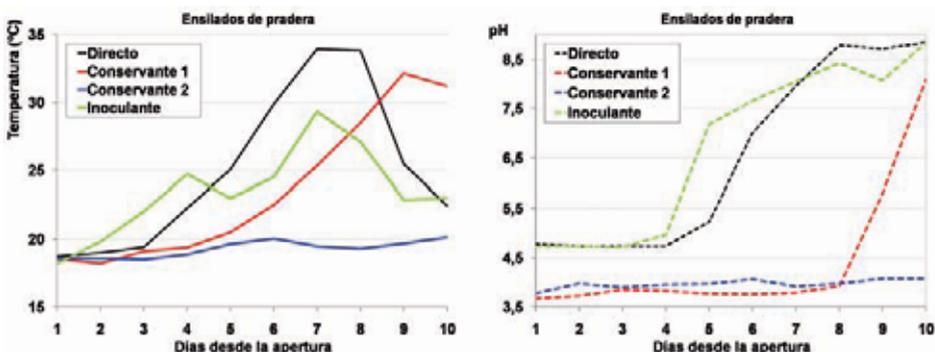


Figura X.3.- Estabilidad aeróbica de microensilados elaborados con forraje de pradera procedente de las parcelas experimentales del SERIDA en función del aditivo empleado

A modo de resumen y tal y como se desprende de la tabla X.6, con baja ensilabilidad sólo resulta efectivo el ácido fórmico del 85% a las dosis recomendadas, y con alta ensilabilidad únicamente tendría sentido usar inoculantes solos o asociados con enzimas.

Con ensilabilidad media, caben todas las opciones. En el caso de que la ensilabilidad media esté asociada a presencia de malas hierbas como *Rumex sp.*, vulgarmente conocida como paniega, carbaza, carbé, etc, es recomendable también uso de fórmico.

Tabla X.6.- Efectividad de diversos aditivos sobre la calidad fermentativa según ensilabilidad de la hierba

Tipo de aditivo	Ensilabilidad		
	Alta	Media	Baja
Conservante: Ácido fórmico 85%	0	**	***
Conservante: Sales orgánicas 1	0	**	0
Conservante: Sales orgánicas 2	0	**	0
Sustratos y nutrientes: Melazas	0	***	0
Inoculante: Bacterias lácticas 1	0	**	0
Inoculante: Bacterias lácticas 2	**	**	0
Inoculante + enzimas 1	**	**	0
Inoculante + enzimas 2	*	***	0
0: Sin efecto; *: Efecto Moderado; **: Sensible; ***: Muy sensible			

Argenteria *et al.*, (1997)

XI

Programación del ensilado de forraje de prado y pradera aprovechados con régimen mixto de siega y pastoreo

XI.1.- Introducción

XI.2.- Conceptos de régimen y manejo

XI.3.- Manejo intensivo de prados y praderas de larga duración en régimen mixto y pastoreo rotacional

XI.4.- Manejo sostenible de prados y praderas de larga duración en régimen mixto

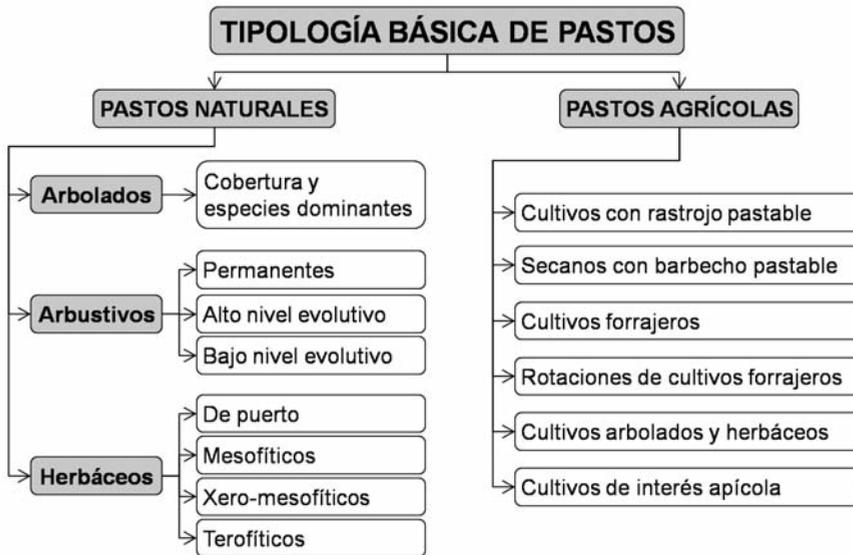
XI.5.- Manejo ecológico de prados y praderas de larga duración en régimen mixto

XI.6.- Cálculo de la superficie que es necesario reservar para obtención de ensilado de forraje de prado y/o pradera

XI.7.- Síntesis final

XI.1.- Introducción

Atendiendo a las unidades de pasto descritas en el Nomenclator Básico de Pastos (Ferrer *et al.*, 2001) que se resumen en la figura XI.1, y a la clasificación realizada por el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) dependiente de la Universidad de Oviedo (Álvarez *et al.*, 2004), los "prados" se clasifican como "pastos herbáceos" dentro de la categoría de "pastos naturales" y las "praderas", por derivarse de la actividad agrícola y estar sometidas generalmente a un aprovechamiento intensivo, se clasifican como cultivos forrajeros dentro de la categoría de pastos agrícolas.



Adaptada de Ferrer *et al.*, (2001)

Figura XI.1- Unidades de pastos descritas en el Nomenclátor Básico de Pastos Españoles

Los prados, son comunidades vegetales "espontáneas" densas, húmedas y siempre verdes, producidas por el hombre o la acción del pastoreo, que se pueden aprovechar por siega o pastoreo indistintamente y mediante combinación de ambos y que incluyen gran número de familias botánicas, principalmente gramíneas, leguminosas y compuestas.

Las praderas, son "cultivos forrajeros" constituidos fundamentalmente por dos o más especies de gramíneas y/o leguminosas, que puede ser aprovechadas al igual que los prados por siega o pastoreo de forma indistinta y también por combinación de ambos. Pueden ser de larga o corta duración (más de cuatro años o menos). Con el paso del tiempo pueden naturalizarse (las especies sembradas son sustituidas por espontáneas), transformándose en prados o pastizales, en función de la humedad.

En los primeros textos que se publicaron sobre el cultivo de praderas en España, se recomendaban fórmulas de siembra complejas constituidas hasta por 14 especies. A partir de la década de los años 50 del siglo XX comenzaron a recomendarse distintas mezclas, que se conocían por la letra F (inicial de la palabra fórmula) seguida de un número que distinguía unas de otras. Este período se caracterizó por una reducción considerable del número de especies de cada mezcla. En la actualidad el número de especies recomendadas por mezcla oscila entre 2 y 5.

Concretamente en Asturias son habituales las praderas de larga duración, con una vida productiva por encima de los cuatro años y constituidas a base de diferentes proporciones de raigrás inglés (*Lolium perenne*), raigrás híbrido (*Lolium x hybridum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) con incorporación de dactilo (*Dactylis glomeata*) en algunos casos.

En la tabla XI.1 se muestran las fórmulas más habituales de siembra de praderas de larga duración en Asturias, incluyendo las recomendaciones de uso en cada caso.

Tabla XI.1.- Fórmulas recomendadas para siembra de praderas de larga duración en Asturias (kg de semilla/ha) y recomendaciones de uso

⁽¹⁾ Kg de semilla por ha					Uso recomendado de la mezcla
Raigrás inglés	Raigrás híbrido	Trébol blanco	Dactilo	total	Estas mezclas se utilizan fundamentalmente para pastoreo, aprovechando alguno de los cortes de primavera para silo.
20	10	3	--	33	Con esta mezcla, los cortes para silo serán más abundantes el primer año que con la siembra de sólo raigrás inglés como gramínea, además de tener un establecimiento más rápido, aunque es poco persistente
30	--	3	--	33	Esta mezcla es menos productiva el primer año que las que incluyen raigrás híbrido, pero es más persistente
20	--	3	10	33	Esta mezcla está indicada para zonas donde el raigrás inglés no sobrepasa bien el verano por problemas de sequía, debido a escasa pluviosidad o suelos arenosos.

⁽¹⁾: Dosis establecidas para variedades diploides de raigrás. En variedades tetraploides la dosis se incrementa en un 40%

En las mezclas originales, con el tiempo, van apareciendo las mismas especies de los prados, de manera que, si no se levanta la pradera y se hace una nueva siembra, dicho proceso de naturalización termina convirtiendo la pradera en un prado. Es imposible fijar un número de años que permita distinguir entre prado y pradera de larga duración. Por ello, se puede definir esta última como "el cultivo forrajero polifito

de especies sembradas de consistencia herbácea que pueden permanecer al menos cuatro años sobre el terreno", pero no se puede establecer una duración máxima.

La siega de prados y praderas de larga duración, si se hace cuando el pasto está en crecimiento activo, tiene mínimos efectos perjudiciales, sin que se debilite la vegetación ni aparezca suelo desnudo. Ayuda a la competencia entre especies, favoreciendo a las adaptadas al pastoreo, generalmente de menor porte.



XI.1.-Pradera de larga duración de raigrás ingles y trébol blanco

XI.2.- Conceptos de régimen y manejo

Se entiende por régimen de **aprovechamiento** de los pastos, la modalidad en que son aprovechados por el ganado. Así, hablamos de:

- **Pastoreo:** cuando el animal los aprovecha directamente a diente sobre el terreno.
- **Siega:** cuando se corta el forraje para suministrarlo en verde al ganado distribuyéndolo en un pesebre, o bien para someterlo a procesos de conservación.
- **Mixto:** cuando se combinan aprovechamientos en pastoreo y en siega. Algunas parcelas sólo se utilizan a diente y otras, en determinados momentos, se cierran al pastoreo y son segadas con destino a obtención de forraje para conservar.

Tanto en régimen de siega, como de pastoreo o mixto, hay varias formas posibles de **manejo**:

- **Intensivo:** cuando se aplican altas dosis de abonos de síntesis, particularmente nitrogenados, para extraer la máxima producción de materia seca por ha.

- **Sostenible:** cuando se utilizan dosis limitadas de fertilizantes sintéticos y prácticas culturales que no provoquen eutrofización de las aguas ni dañen la salud del suelo.
- **Ecológico:** cuando se da la máxima prioridad a los aspectos medioambientales, no solamente evitando la eutrofización, si no también conservando la biodiversidad y la calidad del suelo. La producción ecológica excluye el uso de los fertilizantes convencionales, empleando en su lugar fertilización orgánica y rotación de cultivos para realizar un balance equilibrado entre el aporte y la demanda de N.

XI.3.- Manejo intensivo de prados y praderas de larga duración en régimen mixto y pastoreo rotacional

Este tipo de manejo fue objeto de estudio en la Unidad de Producción de Leche del SERIDA de Villaviciosa entre 1986 y 1998 (Martínez-Fernández *et al.*, 2008a). Los procedimientos seguidos estuvieron basados en los sistemas desarrollados en Irlanda (Moorepark Research Centre; McCarthy, 1984).

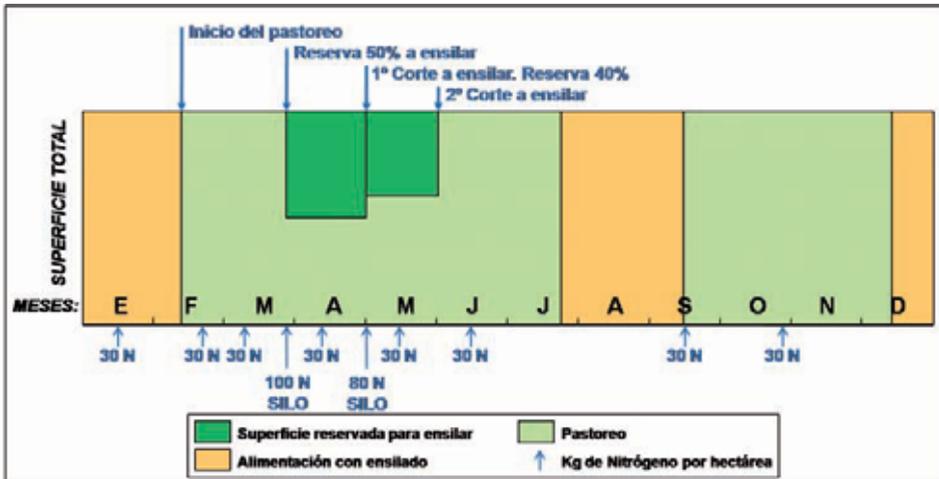
La síntesis de este tipo de manejo se resume en los pasos que describiremos a continuación y en la figura XI.2.

- El pastoreo rotacional se inicia por término medio a mediados de febrero. El intervalo entre aprovechamientos oscila entre 21 y 28 días. Una vez que los animales abandonan la parcela tras ser pastoreada, se fertiliza con 30 kg de N/ha (salvo que se observe suficiente cantidad de hierba en otras parcelas ya abonadas).
- Tras un aprovechamiento en pastoreo, a mediados de marzo se reserva parte de la superficie para ensilar. Para ello, el 40% de las parcelas reciben 100 kg de N/ha y después de cinco-siete semanas de crecimiento de la hierba, son segadas para ensilar entre finales de abril y la primera quincena de mayo, en estado fenológico de principio de espigado.
- Tras ese primer corte para ensilar, algunas parcelas se reintegran a la rotación de pastoreo y otras (30% de la superficie total) se fertilizan nuevamente con 80 kg de N/ha. Tras otras seis-siete semanas de crecimiento reciben un segundo corte para ensilar en junio, en estado fenológico entre principio de espigado y espigado total. Después, se reintegran a la rotación de pastoreo.
- Durante el periodo de cierre para ensilar, verano y otoño, las parcelas que sigan sometidas a pastoreo rotacional reciben 30 kg de N/ha tras cada aprovechamiento (según lo permita el grado de humedad del suelo y lo exijan los futuros aprovechamientos en pastoreo), teniendo en cuenta que con menos de 50 mm de precipitación mensual hay poca respuesta al N, que con menos de 8 cm de altura de hierba la ingestión de la misma se ve limitada y que con más de 25 cm se desaprovecha.

- En los meses de noviembre y diciembre, el frío ya limita la respuesta al N. Desde finales de diciembre a mediados de febrero apenas hay crecimiento de la hierba y es en ese momento cuando necesario acudir al ensilado para cubrir las necesidades de alimentación del ganado.

En ocasiones, principalmente debido a la sequía, es necesario alterar este tipo de manejo realizando un solo corte anual para ensilar.

Aunque en este contexto de actuación (finca experimental del SERIDA), los prados no se segaron para ensilar, debido a que estaban localizados en parcelas con relieve muy accidentado, que impedía las labores de siega, algunos ensayos realizados en el propio SERIDA, revelaron que, si la topografía lo permite, los prados pueden ser manejados igual que las praderas.



N = kg N/ha

NOTA: 1kg de N equivale a 2,2 kg de urea del 46% de riqueza ó 3,7 kg de NAC del 27% (Nitrato amónico cálcico)

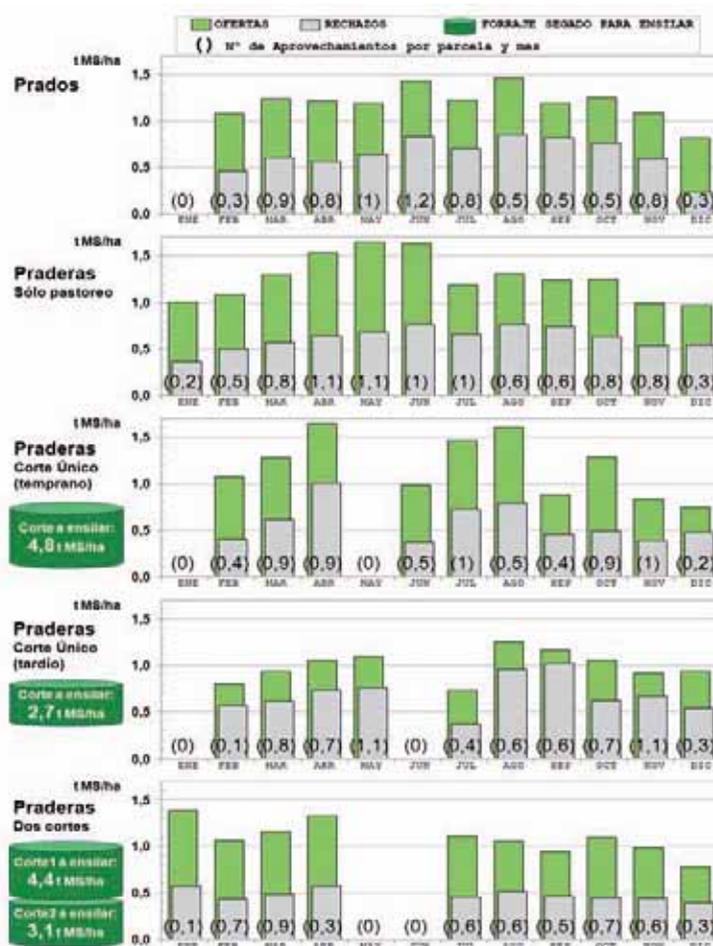
(*) Para ajustarse a las restricciones de la UE de no sobrepasar 170 kg N/ha en zonas vulnerables (manejo sostenible), es preciso reducir las aportaciones de N según se expone en el apartado XI.4. Lógicamente, menores aportes de N implican reducción de la producción de hierba.

Figura XI.2.- Manejo intensivo de una pradera de larga duración en la zona costera de Asturias (manejo realizado en el SERIDA 1986-1998)

En la figura XI.3 y en las tablas XI.2 y XI.3 se muestra la cantidad de hierba utilizada por aprovechamiento y ha, así como el total anual y el contenido en principios nutritivos de prados y praderas manejados de manera intensiva en la zona costera de Asturias.

En la zona interior baja, los veranos son más secos que en la costa con lo cual disminuirían las oportunidades para aprovechamientos en verano, y, también se ampliaría el periodo de parada vegetativa invernal. En la zona interior alta, ambos efectos suelen ser aún más acusados y probablemente no se pueda dar más que un solo un corte para ensilar.

En caso de realizar pastoreo continuo, se practicaría el sistema buffer. El ganado pastaría inicialmente toda la superficie de la finca. Con las mejores condiciones de la primavera, para mantener constante la altura de la hierba hace falta menos superficie, por lo que se cierra solamente una parte para ensilar (primer corte), que en principio y como se calcula más adelante, se aproximaría al 50% de la superficie total. A continuación, hay que devolver algo de superficie a la zona de pastoreo (en principio, un 10% según cálculos teóricos) y el resto recibiría un segundo corte. No se dispone de datos experimentales concretos para fijar porcentaje de superficie a ensilar y dosis de N, pero como primera aproximación, sugerimos partir de las anteriores cifras, correspondientes a manejo en pastoreo rotacional.



MS = Materia seca

Martínez-Fernández et al., (2008a)

Figura XI.3.- Evolución a lo largo del año de las cantidades de oferta y rechazo según clases de pasto. Entre paréntesis se indica el número de aprovechamientos por parcela y mes. Al margen, cantidad(es) de forraje seco para ensilar

Tabla XI.2.- Producción de prados y praderas manejados de forma intensiva en la zona costera de Asturias

	Nº aprovechamientos/año	Utilización	Velocidad de crecimiento
		t MS/ha x año	kg MS/ha x día
Prado	7,6 ± 0,21 b	5,22 ± 0,361 a	16,7 ± 1,57 a
Pradera SP	8,8 ± 0,10 c	7,27 ± 0,211 b	23,7 ± 0,92 b
Pradera 1C	7,9 ± 0,22 b	8,16 ± 0,411 c	31,7 ± 1,76 c
Pradera 2C	7,3 ± 0,15 a	11,11 ± 0,292 d	40,6 ± 1,28 d
Significación	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,01

Martínez-Fernández *et al.*, (2008a)

MS: Materia seca. Prado: en régimen de sólo pastoreo
 Pradera SP: Pradera en régimen de sólo pastoreo; Pradera 1C: Pradera con un corte a ensilar
 Pradera 2C: Pradera con dos cortes a ensilar
 Medias ajustadas por mínimos cuadrados ± error estándar.
 a,b,c, d: Distinta letra en la misma columna señala diferencia al nivel de significación p indicado

Tabla XI.3.- Composición estimada de la hierba ingerida en pastoreo según estaciones y promedio de los forrajes segados para ensilar

	Hierba				
	Pastoreo en:			Corte a ensilar	
	Primavera	Verano	Otoño	Primavera	Verano
MS (%)	17,9	26,8	17,6	17,8	23,1
Cenizas (%MS)	9,1	7,9	6,2	9,9	8,8
PB (%MS)	25,1	27,4	29,7	16,7	16,6
FND (%MS)	38,9	39,6	41,8	52,4	51,6
FAD(LC) (%MS)	21,5	21,5	23,1	27,9	27,7
DenzMONdc (%)	77,9	74,7	73,1	64,5	60,1
DMOestndc (%)	80	78,3	77,4	72,9	70,5
EMest (MJ / kg MS)	11,9	11,6	11,6	10,5	10,3

Martínez-Fernández *et al.*, (2008a)

MS; Materia seca; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; FAD(LC):Fibra ácido detergente libre de cenizas;
 DenzMONdc: Digestibilidad neutro detergente-celulasa de la materia orgánica; DMOestndc: Digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica estimada en función de la anterior; EMest: Energía metabolizable estimada en función de la anterior

XI.4.- Manejo sostenible de prados y praderas de larga duración en régimen mixto

Para respetar el límite de 170 kg N/ha/año según la Comisión de las Comunidades Europeas, en prados y praderas destinadas a sólo pastoreo es preciso limitar el aporte de nitrógeno a cuatro aplicaciones de 30 kg /ha (120 kg N/ha/año) en primavera y verano (si hay humedad suficiente), habiéndose aportado los 50 kg/ha restantes bajo forma de purines al finalizar la temporada de pastoreo el año anterior.

En las parcelas elegidas para recibir los cortes para ensilar, será necesario restringir a 30 kg N/ha tras la finalización del pastoreo el año anterior, 80 kg N/ha antes del primer corte a ensilar y 60 kg N/ha antes del segundo. Estos dos últimos aportes, bajo forma de estiércol (que tiene que estar muy picado, para no dar posteriormente problemas en el ensilado) y/o purines (fertilización orgánica) en la medida que sea posible, complementando con abono nitrogenado de síntesis.

Procediendo de la manera indicada, las aportaciones de N tienen lugar en los momentos de máxima respuesta a dicho elemento fertilizante. De esta manera se limitarían las pérdidas por lixiviación, lo que suponen un gran beneficio medioambiental y la diferencia en producción total anual de forraje frente a manejo intensivo es pequeña.

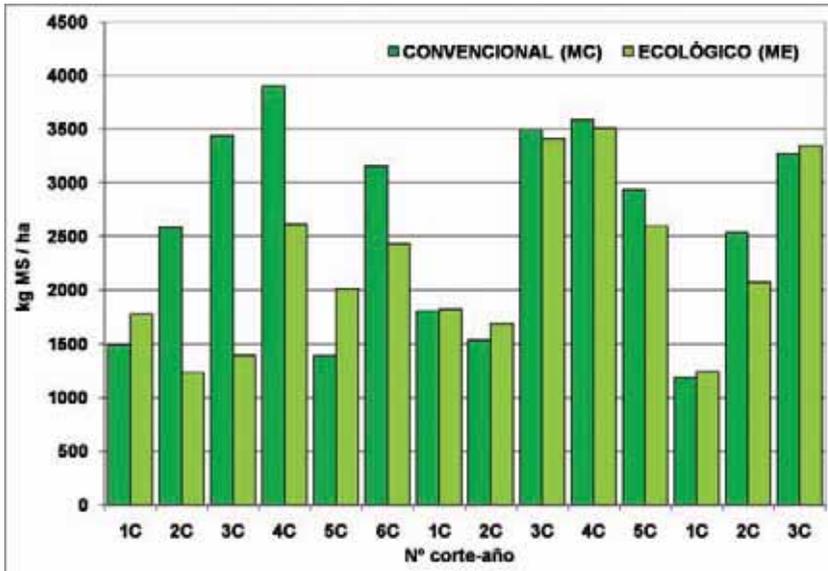
XI.5.- Manejo ecológico de prados y praderas de larga duración en régimen mixto

Como ya hemos comentado en el apartado XI.2 de este capítulo relativo a conceptos de régimen de aprovechamiento y manejo, en ecológico no se permiten abonos de síntesis, motivo por el cual estos son sustituidos por abonos orgánicos (purín o estiércol compostado) en las dosis y momentos de aplicación establecidas en las reglamentaciones de la producción ecológica.

Como norma general, la dosis máxima de estiércol es de 30 t/ha/año en una única aplicación a la salida del invierno y la de purín de 45 m³/ha/año. El purín, en las parcelas destinadas a recibir cortes para ensilar se puede fraccionar en tres periodos, el primero en el otoño y los restantes en primavera previos a los cortes para ensilado.

En la figura XI.4 se muestra la evolución de la producción de materia seca de una pradera de raigrás inglés y trébol blanco en régimen mixto durante 14 aprovechamientos sucesivos en un periodo de dos años y medio según manejo convencional o ecológico.

Los resultados obtenidos muestran que en praderas de larga duración de zonas templado-húmedas (caso de Asturias) la diferencia en producción a favor del régimen convencional (36,6 t MS/ha) no supone una ventaja con respecto al ecológico (31,4 t MS/ha) ya que las diferencias en producción entre manejos se atenúan con el tiempo hasta no resultar significativas a partir del segundo año.



Martínez-Fernández *et al.*, (2010b)

Figura XI.4.- Evolución de las producciones de materia seca (kg MS/ha) en una pradera de raigrás inglés-trébol blanco según manejo convencional (MC) o ecológico (ME)

XI.6.- Cálculo de la superficie que es necesario reservar para obtención de ensilado de forraje de prado y/o pradera

Este cálculo se basa en:

- La estimación del consumo anual de ensilado por vaca según la ingestión diaria probable.
- La superficie necesaria para obtener esa cantidad de ensilado en función de las producciones de forraje por ha.
- La carga ganadera de la explotación.

Los valores para un rebaño de producción de leche con una carga ganadera de 2,5 vacas /ha, en las condiciones climatológicas de Asturias son:

- Parada vegetativa de la hierba de 90 días / año (30 por sequía en verano y 60 por frío en invierno).
- En praderas con dos cortes para silo, se obtiene un promedio por corte de $(4,4 + 3,1) / 2 = 3,75$ t MS de hierba segada/ha (ver figura XI.3). Si se estiman unas pérdidas totales en torno al 40%, resulta una producción efectiva por corte de $3,75 \times 0,60 = 2,25$ t MS de ensilado/ha.
- El consumo probable de ensilado de hierba para vacas de leche es de: 8 kg MS/vaca /día al parto, 11 tras el máximo de producción y 8,5 para las vacas secas. Podemos aceptar una media general de 9 kg MS/ vaca / día.

Las necesidades totales de ensilado por vaca y año serán:

- $9 \text{ kg MS / vaca / día} \times 90 \text{ días / año} = 810 \text{ kg MS / vaca / año} = 0,81 \text{ t MS / vaca / año}$

Para obtenerlo, habría que ensilar:

- $(0,81 \text{ t MS / vaca / año}) / (2,25 \text{ t MS / ha}) = 0,36 \text{ ha / vaca / año}$

Si hay 2,5 vacas / ha, a cada vaca corresponden $1 / 2,5 = 0,4 \text{ ha}$.

De esas 0,4 ha hay que ensilar 0,36 según el cálculo anterior.

Es decir, el $(0,36 / 0,4) \times 100\% = 90\%$ de la superficie.

Es obvio que ese 90% total anual no puede reservarse para ensilar de una sola vez. Por ello, se reparte en dos cortes en primavera en abril o mayo (50%) y en junio (40%). Es decir, que a finales de marzo, habría que reservar para ensilar la mitad de la superficie. Dado el primer corte, se devolverán algunas parcelas (10%) a la rotación de pastoreo y tras el segundo corte a ensilar, quedarán ya todas disponibles para la misma. Concuera con lo expuesto en la figura XI.2.

Ahora bien, en Asturias, hay una serie de condicionamientos que hacen que el modelo anterior, no sea aplicable en muchas explotaciones:

- En la zona interior alta, la fecha de cierre para el primer corte a ensilar debería ser posterior a finales de marzo. Solo cabría dar un corte / año; la sequía estival impediría el segundo.
- El relieve accidentado de Asturias (capítulo I) origina que muchas explotaciones no tengan el 50% de su superficie apta para realizar las labores de ensilado.
- Hay otras limitaciones, como disponibilidad de maquinaria para ensilar mucha superficie en poco tiempo, menos superficie disponible por vaca, etc.

Debido a ello, algunas explotaciones no pueden ceñirse a este programa de ensilado tan rígido. Siguen un programa más flexible, basado en ensilar parcelas que en un momento dado no se precisen para mantener la rotación de pastoreo.

Sea, por ejemplo, una explotación con 10 parcelas numeradas del 1 al 10 que se aprovechan rotacionalmente en el mismo orden. En un momento dado, abandonada la parcela 8, tenemos que la 1 presenta ya la hierba con altura apropiada para pastar. El ganado entrará en la misma y las parcelas 9 y 10 serán segadas para ensilar.

XI-7.- Síntesis final

A modo de resumen, las recomendaciones para elaborar un buen ensilado se resumen a continuación:

- 1. Programar la superficie a ensilar:** En función de la carga ganadera de la explotación. En manejo ecológico, con una carga máxima autorizada de 2 vacas/ha, se debe reservar el 40% de la superficie forrajera para dar dos cortes sucesivos para ensilar. Para una carga de 2,5 vacas/ha el 50%. Siempre y cuando lo permita el relieve de la finca.
- 2. Programar la fecha de cierre de la parcela para el silo:** El primer corte debe darse en la época de máximo crecimiento de la hierba, a fin de que la superficie reservada produzca hierba suficiente para alimentar el rebaño y asegurar el rebrote para dar un segundo corte. En la zona costera de Asturias conviene cerrar para silo a finales de marzo para dar el primer corte a finales de abril-principios de mayo y el segundo a principios de junio. En zonas de montaña, es preciso retrasar un mes el proceso.
- 3. Fertilizar con abono nitrogenados (de síntesis u orgánicos en función del manejo).**
- 4. Segar en el momento adecuado:** El primer corte deberá darse antes de espigar y el segundo con la aparición de las primeras espigas. Si se hace más tarde lo que se gana en cantidad de hierba recolectada, no compensa con la pérdida de calidad del forraje.
- 5. Picar el forraje:** Un picado corto (3-4 cm), facilita la compactación del forraje dentro del silo y aumenta la superficie accesible a los microorganismos responsables del proceso fermentativo. Además, el ganado consume voluntariamente mayor cantidad de ensilado si está más troceado. En contrapartida, un picado fino puede reducir el contenido de grasa en leche, sobre todo cuando en ensilado constituye la totalidad de la ración. Para vacas en producción, se aconseja un picado corto (3-4 cm), cuando el ensilado va a estar acompañado de otros forrajes sin picar, y un picado largo (10 cm) si los animales se alimentan con solo ensilado.
- 6. Usar aditivos cuando sea necesario (Ver recomendaciones en el capítulo X).**
- 7. Pisar bien el forraje:** Para evitar que quede aire en la masa ensilada y se produzcan fermentaciones indeseables y que conducirán al enmohecimiento y putrefacción del ensilado durante el proceso de almacenamiento y a su inestabilidad aeróbica posteriormente una vez abiertos durante el periodo de alimentación de los animales.

- 8. Tapar bien la masa ensilada:** La calidad del plástico es fundamental, para evitar roturas accidentales por roedores, pájaros, etc.
- 9. Poner peso en la cubierta:** Se puede cubrir con objetos pesados no cortantes. Se desaconseja emplear tierra o estiércol, ya que pueden contaminar el ensilado.
- 10. Cerrar el silo lo antes posible:** El proceso debe ser rápido. Si se necesita tiempo para acondicionar el forraje dentro del silo, es preferible hacer dos silos.

XII | Ensilado de forrajes de pastos herbáceos manejados exclusivamente en régimen de siega

XII.1.- Introducción

XII.2.- Prados y praderas de larga duración

XII.3.- Pradera de corta duración de raigrás italiano no alternativo y trébol violeta

XII.4.- Monocultivo de raigrás italiano

XII.5.- Raigrás italiano alternativo asociado a diversas leguminosas

XII.6.- Cereales de invierno para forraje, como cultivos monofitos o en mezcla binaria con una leguminosa

XII.7.- Monocultivo de leguminosas forrajeras

XII.8.- Los abonos verdes utilizados en agricultura ecológica pueden ser a la vez un forraje para ensilar

XII.1.- Introducción

Los prados y praderas de larga duración, adaptados perfectamente al pastoreo, no sólo admiten algunos cortes para ensilar, sino que también pueden manejarse exclusivamente en régimen de siega. Por otra parte, las praderas de corta duración constituidas por mezclas de raigrás italiano (*Lolium multiflorum*) no alternativo y trébol violeta (*Trifolium pratense*) y utilizadas habitualmente en las zonas húmedas del Norte de España, están poco adaptadas al pastoreo y por ese motivo se explotan exclusivamente en régimen de siega.

Existen además diversas gramíneas y leguminosas de uso forrajero que duran solamente un año o, incluso unos meses desde el otoño hasta la siguiente primavera, periodo en que reciben desde solamente uno hasta tres cortes, según especie. Se trata de cultivos monofitos o de mezcla sencilla (dos especies), a explotar exclusivamente en régimen de siega.

En los siguientes apartados trataremos en detalle las posibilidades de forrajes de pasto herbáceo **manejados exclusivamente en régimen de siega** utilizados habitualmente en las zonas húmedas del Norte de España.

XII.2.- Prados y praderas de larga duración

Al igual que ocurre en régimen mixto de siega y pastoreo, los prados y praderas manejados exclusivamente en régimen de siega, pueden ser objeto de manejo intensivo, sostenible o ecológico.

Su explotación se basa en establecer un intervalo entre cortes que, combinado con la aplicación de fertilizante nitrogenado después de cada corte, nos permita extraer la máxima cantidad de materia orgánica digestible por ha y año.

Antuña *et al.* (1991) investigaron el manejo intensivo en régimen de siega en praderas de larga duración localizadas en el SERIDA de Villaviciosa, comparando intervalos de corte de 2, 3, 4, 6 y 8 semanas con 0 o 1,5 kg de N /día de crecimiento/ha. Estos trabajos permitieron concluir que, el óptimo de cantidad x calidad del forraje obtenido en primavera (de marzo a junio, ambos inclusive), se obtenía con una frecuencia de corte de 6 semanas y un aporte de 60 kg N/ha tras cada aprovechamiento. En verano y otoño (hasta noviembre incluido), el periodo entre cortes se debe reducir a 3 semanas y sin aporte de N, dada la escasa respuesta al mismo, para incrementar el número de cortes, aunque la producción de cada uno de ellos sea menor.

En el caso de prados, Nuño *et al.* (1989) también en el SERIDA de Villaviciosa, determinaron la respuesta en producción y contenido en principios nutritivos ante dosis crecientes de N en condiciones de pastoreo simulado. Es decir, que no había

intervalos fijos de crecimiento, sino una siega cuando la altura media de la hierba en oferta permitiría un aprovechamiento en pastoreo. Los resultados obtenidos apuntan en el sentido de que, si quisiésemos explotar el prado en régimen exclusivo de siega, interesaría hacerlo de igual manera que con la pradera de larga duración.

Estos intervalos entre cortes y dosis de aplicación de N estimados para los prados y praderas del SERIDA de Villaviciosa, pueden extrapolarse a otras zonas de Asturias teniendo en cuenta que en la zona interior a baja altitud, más seca en verano, y en la interior alta, donde el invierno se presenta antes, se dará un menor número de aprovechamientos anuales y cobrarán mayor importancia los cortes de primavera, por lo que será preciso concentrar la fertilización en ellos.

El manejo sostenible de este tipo de praderas requerirá repartir la dosis máxima permitida de 170 kg N/ha/año en tres aportaciones: 60 kg N/ha con la fertilización fosfopotásica de fondo, otros 60 tras el primer corte y 50 tras el segundo.

Con manejo ecológico, se sustituirían los abonos minerales por purín y/o estiércol, a aportar en presiembra y tras el primer corte de primavera.

XII.3.- Pradera de corta duración de raigrás italiano no alternativo y trébol violeta

Las explotaciones en las que la intensificación es un factor importante son las que básicamente utilizan estas praderas de corta duración, cuya longevidad se plantea hasta los 2 años, exigiendo una renovación frecuente. En ellas, el raigrás italiano no alternativo, también llamado bianual, puede permanecer dos años sobre el terreno. El trébol violeta también es una especie bienal cuya presencia mejora la distribución anual de la producción, así como la calidad del forraje conseguido al aumentar el porcentaje de proteína y prolongar su alta digestibilidad durante más tiempo. Las dosis de siembra aconsejada para este tipo de praderas es de 20 kg/ha de raigrás italiano + 10 kg/ha de trébol violeta en variedades diploides, aumentando la dosis a 25 kg/ha de raigrás en variedades tetraploides.

Si el raigrás italiano se sustituye por raigrás híbrido, manteniendo la misma proporción de semilla, la producción total anual de la pradera será algo inferior, pero la duración de la pradera alcanzará los 3 años.

La asociación de ambas especies se explota mediante cortes a intervalos variables. Cabe destacar que el raigrás italiano se embastece rápidamente al disminuir la relación hoja / tallo, por lo que la forma más apropiada de manejar este tipo de praderas es dar los cortes durante el primer año antes de que encame, con el trébol violeta en estado fenológico de botones florales. En el segundo año, el primer aprovechamiento tendría lugar en pre-espigado y los sucesivos se realizarán al principio de espigado. Los días de crecimiento dependerán de las condiciones



XII.1.-Pradera de corta duración de raigrás italiano y trébol violeta

climáticas. Durante el segundo verano, podría darse el caso de que el raigrás italiano llegue a espigado total antes de alcanzar una producción por ha que justificase un corte. En este caso se reservará para el ganado de menores necesidades.

El reparto del N en el caso de manejo sostenible de este tipo de praderas, se hará de manera similar a lo expuesto en el apartado XII.2 para prados y praderas de larga duración, salvo que hubiera situación de sequía, en cuyo caso se reservaría el último aporte de N para darlo tras otro aprovechamiento posterior antes de finales de otoño.

Como ya hemos comentado anteriormente en manejo ecológico, se requiere la sustitución de abono mineral por un máximo de 30 t de estiércol/ha en una sola aplicación o de 45 m³ de purín ecológico/ha, repartidos en tres aplicaciones en presembrado y tras los dos primeros aprovechamientos. Martínez Fernández *et al.* (2008b) contrastaron este tipo de manejo frente al manejo intensivo en praderas de corta duración, para los cortes previos a la siembra del maíz forrajero. Obtuvieron menor producción con manejo ecológico, pero con mayor proporción de trébol, menos fibra, mayor ensilabilidad, menor producción de efluente, mejor calidad fermentativa y mayor estabilidad aeróbica de los ensilados resultantes.

XII.4.- Monocultivo de raigrás italiano

El raigrás italiano (*Lolium multiflorum*) es una especie de fácil y rápido establecimiento y es un forraje de excelente calidad. Es medianamente sensible al frío pero con un rápido crecimiento una vez pasada la dureza del invierno. La sequía prolongada durante el verano reduce notablemente su duración. La dosis habitual de siembra es de 30 kg de semilla/ha, a elevar a 40 en caso de variedades tetraploides (4n).

El "alternativo", denominado también anual o Westerwold, solamente dura un año sobre el terreno y produce espigas durante el mismo. Recibe un corte en invierno, dos en primavera, en abril (pre-espigado) y mayo (principio de espigado), y otros dos o tres más a lo largo del verano y otoño, dependiendo de las condiciones climáticas. Estos últimos cortes dan poca producción y, lo más frecuente, es utilizarlo solamente como cultivo de invierno-primavera, en rotación con maíz forrajero como cultivo de verano.

El corte invernal es difícil de llevar a cabo, por las condiciones medioambientales, que inducen exceso de humedad en el suelo, dificultando el trabajo de la maquinaria. En explotaciones pequeñas, solía utilizarse en verde para suministro en pesebre durante el invierno. Actualmente, suele conservarse bajo forma de ensilado.



XII.2.- Monocultivo de raigrás italiano alternativo

En producción intensiva, recibe 60 kg N/ha con el abonado de fondo y tras cada uno de los dos primeros cortes. Si se quiere respetar dosis máxima de 170 kg N/ha/año, hay que reducir a 50 kg N/ha la última cobertera. Aún así, si se usa repetidamente en rotación anual con maíz forrajero, no puede considerarse como sostenible; se trata de un abuso de gramíneas, perjudicial para la salud del suelo. Obviamente, si se quiere mantener su rendimiento, no es apto para manejo ecológico.

Véase en la tabla XII.1 una síntesis de los resultados obtenidos en el SERIDA de Villaviciosa para la producción y calidad del monocultivo de raigrás italiano alternativo en rotación anual con maíz forrajero (Martínez-Fernández *et al.*, 2008a).

Tabla XII.1.- Producción y contenido en principios nutritivos del raigrás italiano alternativo en rotación anual con maíz

Parámetro	Corte invernral	Primer corte de primavera	Segundo corte de primavera
Producción (t MS/ha)	4,2	3,3	1,2
Materia seca (%)	13,6	16,4	23,3
Cenizas (%MS)	9,1	9,2	9,4
Proteína bruta (%MS)	21,0	17,5	14,7
Fibra neutro detergente (%MS)	42,0	42,7	44,3
FAD(LC) (%MS)	22,4	22,4	22,9
DMOestndc (%)	82,0	81,1	78,3
EMest (MJ/kg MS)	11,9	11,8	11,3

Martínez-Fernández *et al.*, (2008a).

MS: Materia seca; FAD(LC): Fibra ácido detergente libre de cenizas; DMOestndc: Digestibilidad in vivo de la materia orgánica estimada a partir de la digestibilidad neutro detergente-celulosa de la materia orgánica; EMest: Energía metabolizable estimada en función de la anterior

El "no alternativo", puede durar dos años sobre el terreno, según se ha expuesto en el apartado anterior, y si se siembra en invierno no produce espigas durante el primero. Presenta mucho menos crecimiento invernral y concentra su producción en primavera, durante la que recibe dos cortes en abril y mayo. Puede recibir otros adicionales en verano y otoño, en caso de dejarle permanecer dos años sobre el terreno, pero lo habitual es emplearlo como si fuera alternativo, en rotación con maíz. El prescindir del corte invernral simplifica mucho el manejo. Para ayudar a frenar el crecimiento invernral y concentrar producción en primavera, puede suprimirse el N en el abonado de fondo. Se darían 60 kg N/ha en cobertera a la salida del invierno y otros tantos tras el primer corte.

XII.5.- Raigrás italiano alternativo asociado a diversas leguminosas

El trébol violeta (*Trifolium pratense*) se implanta más lentamente que otros tréboles anuales, por lo que en un cultivo de pocos meses (por ejemplo asociado con un raigrás italiano alternativo), no tendrá tiempo a desarrollarse convenientemente y su producción será escasa. Sin embargo, otros tréboles como el alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), el encarnado (*Trifolium incarnatum*), el persa (*Trifolium resupinatum*), el migueliano (*Trifolium michelianum*) y el vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*) se desarrollan sin problema en asociación con el raigrás italiano alternativo, con dosis de siembra de 10 kg de semilla de raigrás italiano + 15 kg de semilla de trébol alejandrino o encarnado o 7 kg de trébol persa, migueliano o vesiculoso por ha. Estas asociaciones se explotarán mediante dos o tres cortes para ensilar, desde la siembra en otoño hasta la siguiente primavera.

Dada la capacidad de fijación de N atmosférico de estas leguminosas, la fertilización nitrogenada puede reducirse a 40 kg N/ha en presiembra y además no hay dificultad para aportarlos como estiércol o purín. De esta manera, el raigrás italiano alternativo puede intervenir en agricultura forrajera sostenible e incluso ecológica, dentro de una rotación anual con maíz forrajero.

En ensayos realizados en el SERIDA de Villaviciosa, se observó que otras leguminosas forrajeras como los haboncillos (*Vicia faba*) y los alverjones (*Vicia narbonensis*), también pueden crecer sin problemas en asociación con raigrás



XII.3.-Cultivo asociado de raigrás italiano alternativo y trébol encarnado

italiano alternativo, aportando un contenido en principios nutritivos muy aceptable. Estas leguminosas carecen de capacidad de rebrote, pero podrían dejar fijado nitrógeno en el suelo para un segundo corte al raigrás italiano. Se trata, por tanto, de una posibilidad interesante a tener en cuenta.

En la tabla XII.2 puede observarse el contenido en principios nutritivos de ambas especies en el momento óptimo de cosecha (legumbres inmaduras para los haboncillos y formación de legumbres para los alverjones).

Tabla XII.2.-Principios nutritivos de haboncillos en estado fenológico de legumbres inmaduras y alverjones en estado fenológico de formación de legumbres en un cultivo asociado con raigrás italiano

Parámetro	Haboncillos (Legumbres inmaduras)	Alverjones (Formación de legumbres)
Materia seca (%)	13,4	16,2
Cenizas (%MS)	5,5	6,6
Proteína bruta (%MS)	20,6	17,0
Fibra neutro detergente (%MS)	34,5	39,7
Azúcares solubles (%MS)	25,8	16,3
DMOestndc (%)	80,4	77,0

(SERIDA; datos no publicados)

MS: Materia seca; DMOestndc: Digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica estimada a partir de la digestibilidad neutro detergente-celulosa de la materia orgánica



XII.4.- Cultivo asociado de raigrás italiano alternativo con haboncillos

XII.6.- Cereales de invierno para forraje, como cultivos monofitos o en mezcla binaria con una leguminosa

Dentro de las gramíneas, destaca el grupo forrajero denominado cereales inmaduros o cereales de invierno para forraje, que comprende a todas aquellas plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas que se cultivan mayoritariamente para la producción de cereal grano: trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa*), centeno (*Secale cereale*) y triticale (*x Triticosecale*) y que representan el 30% de la superficie total destinada a la producción forrajera.

Con los cereales de invierno, el factor de decisión inicial es el tipo de cereal a escoger. Esta elección depende básicamente de las consideraciones agronómicas (tipo de suelo, resistencia al frío y a la sequía) y de la localización del cultivo. Desde la vertiente productiva, la avena es el cereal que más produce en el momento del espigado de la planta, mientras que un mes más tarde se ve superada por la cebada. El tipo de aprovechamiento y el momento óptimo de corte también es función del tipo de cereal considerado aunque normalmente reciben un solo corte en primavera. Si bien los cereales pueden utilizarse como recurso forrajero para su consumo a diente por parte de los animales, en verde o en seco, la forma óptima de aprovechamiento es mediante su ensilaje, a excepción del centeno, en cuyo caso la recomendación siempre es utilizar este cereal en pastoreo y antes del espigado.

Estos cereales pueden asociarse con leguminosas de porte rastrero, como veza común (*Vicia sativa*), veza villosa (*Vicia villosa*) o guisante (*Pisum sativum*), que necesitan de tallos erguidos para entutorar. También es factible asociarlos con leguminosas de porte erecto, como altramuz (*Lupinus Albus*), haboncillos (*Vicia fava*) y alverjones (*Vicia narbonensis*), que no precisan tutor de cereal.

Las variedades de cereales y leguminosas (principalmente vezas) utilizadas hasta mediados del siglo pasado, eran menos productivas que el raigrás italiano alternativo y por ello, fueron desplazadas progresivamente por este. Con el tiempo, surgieron variedades de aptitud forrajera que, mediante programas de mejora, permitieron recuperar, al menos en parte, lo que habían perdido ante el raigrás italiano, recuperando su interés agronómico.

Las dosis de siembra recomendadas corresponden a 150 semillas/m² de gramínea. Para la leguminosa asociada, son 100 semillas/ m² para la veza, 100 para el guisante, 75 para el alverjón y 25 para los haboncillos. Según las habituales densidades de cada semilla, resultan los kg /ha que figuran en la tabla XII.3.



XII.5.- Asociación triticales-haboncillo como cultivo de invierno para forraje

Tabla XII.3.- Dosis de siembra recomendadas para asociaciones de cereales y leguminosas de invierno (kg de semilla/ha)

Asociación	Gramínea	Leguminosa
Cereal de invierno + veza	100-50	50-100
Triticale + haboncillos	65	150
Triticale + guisante	60-70	115-130
Avena + haboncillos	110	150
Avena + guisante	110	55

El abonado de fondo en estas asociaciones cereal-leguminosa consiste en 40 kg N/ha junto con las dosis de P_2O_5 y K_2O que se precisen según resultado de análisis de suelo. Para hablar de producción sostenible, basta con la asociación de la leguminosa. El paso a producción ecológica requeriría el prescindir de abonos de síntesis. No supone problema, pues no son cultivos muy exigentes en nutrientes en el suelo y sus necesidades pueden cubrirse perfectamente con abonos orgánicos.

En las tablas XII.4 y XII.5 se muestra una síntesis de los resultados obtenidos en el SERIDA de Grado (Martínez-Martínez *et al.*, 2002) y de Villaviciosa (SERIDA, 2003) para este tipo de asociaciones con cereales de invierno y leguminosas.

Tabla XII.4.- Producción y contenido en principios nutritivos de las asociaciones de avena y triticale con diversas leguminosas de invierno

	Producción (t MS/ha)	PB (%MS)	FND (%MS)	Aúcares solubles (%MS)	DMOestndc (%)	EMest (MJ/kg MS)
Avena						
+ veza	7,8 a	8,0	62,2	16,9	61,5	9,4
+ guisante	11,0 b	9,7	61,9	12,5	61,9	9,4
+ alverjones	8,2 a	10,3	55,9	16,3	63,8	9,7
+ haboncillos	10,8 b	9,5	56,4	16,9	62,9	9,6
<i>Significación</i>	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Triticale						
+ veza	8,5 a	10,05 b	51,89 b	21,93 ab	62,2	9,4
+ guisante	10,7 ab	10,9 c	50,88 ab	19,15 a	62,9	9,6
+ alverjones	7,6 a	8,25 a	53,22 b	23,93 b	63,6	9,8
+ haboncillos	10,9 b	11,82 d	46,07 a	23,98 b	65,2	10,0
<i>Significación</i>	*	*	*	*	n.s.	n.s.
Mezclas con avena vs mezclas con triticale						
<i>Significación</i>	n.s.	*	***	***	n.s.	n.s.

Martínez-Martínez *et al.*, (2002)

MS: Materia seca; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; DMOestndc: Digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica estimada a partir de la digestibilidad neutro detergente-celulosa de la materia orgánica; EMest: Energía metabolizable estimada en función de la anterior

Significación: ***: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; n.s.: $p > 0,05$
a,b,c,d.; Distinta letra en la misma columna señala diferencia al nivel de significación indicado

Tabla XII.5.- Producción, principios nutritivos y ensilabilidad de los componentes de la asociación triticale-haboncillos, según su estado de desarrollo

Especie:	Triticale			Haboncillos			Significación			
	1	2	3	1	2	3	eem	Corte	Especie	Corte * especie
	Estado: Espigado	Grano incipiente	Grano lechoso	Floración	Vainas	Vainas con grano				
Miles de plantas/ha	111	110	103	20	19	18	5	n.s.	***	n.s.
Altura (cm)	57,7	61,5	69,6	64,1	64,7	65,6	1,5	n.s.	n.s.	n.s.
kg MS/ha	2000	3065	3475	943	1560	1929	176	n.s.	***	n.s.
Materia seca (%)	23,39	32,08	35,32	15,42	17,06	18,53	0,16	n.s.	***	***
Cenizas (%MS)	7,17	5,52	4,65	8,02	5,96	6,18	0,1	***	**	n.s.
PB (%MS)	12,14	9,39	8,36	18,6	15,54	17,8	0,14	***	***	**
FND (%MS)	58,34	53,88	53,29	25,52	24,28	27,62	0,31	***	***	*
Azúcares solubles (%MS)	18,52	26,87	24,11	17,56	19,25	13,34	0,28	*	***	***
Almidón (%MS)	2,35	4,41	11,53	10,24	15,86	14,43	0,18	***	**	***
DMOestndc (%)	68,2	67,5	68,8	83,4	83,7	82,9	0,35	n.s.	***	n.s.
pH	6,2	6,26	6,19	5,31	5,29	5,63	0,03	n.s.	***	n.s.
CT (meq/kg MS)	163	119	100	318	231	206	4	***	***	n.s.

SERIDA (2003)

eem: Error estándar de la media; %MS: Porcentaje sobre materia seca; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; DenzMOndc: Digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica estimada a partir de la digestibilidad neutro detergente-celulosa de la materia orgánica; CT: Capacidad tampón

Significación: ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; n.s.: $p > 0,05$

XII.7.- Monocultivo de leguminosas forrajeras

La alfalfa, tan habitual en los regadíos de otras comunidades autónomas españolas, no es apropiada para Asturias. Aunque son muchas las ventajas que proporciona su forraje, existen numerosos condicionantes para conseguir una buena implantación y persistencia del cultivo en esta región. Tolera muy mal la acidez y el exceso de aluminio de cambio en el suelo, y, presenta muy baja ensilabilidad. Su vocación es la henificación y la deshidratación.

Pero, existen otras posibilidades de interés, entre las leguminosas de porte erecto que no necesitan tutor, como el trébol violeta y los haboncillos.

El trébol violeta, en monocultivo con una dosis de siembra de 20 kg de semilla/ha, necesita solamente un aporte de 40 kg N/ha en presiembra y después aprovecharía



XII.6.- Haboncillos en monocultivo

su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico. Para el abonado de fondo, en su segundo año no recibiría más nitrógeno que el procedente del estiércol y/o purines, en caso de seguir un manejo ecológico. Puede durar dos años sobre el terreno. El primer corte anual se realiza en prefloración (primavera temprana) antes de encamar y los restantes, en botones florales a intervalos variables. Esta especie soporta la sequía mejor que el raigrás italiano y no tiene problemas de ensilabilidad.

Los haboncillos se sembrarían en monocultivo y se fertilizan de forma análoga al trébol violeta. Sin presencia de gramínea, ramifican más. Recibirían un corte único en primavera en estado de vainas con grano. Su ensilabilidad es aceptable, pero durante el proceso de ensilado generan gran cantidad de efluente, por lo que es muy recomendable la prehenificación. En caso de estar asociados a un cereal, el mayor contenido en materia seca de este permite el ensilado directo, sin necesidad de prehenificar.

XII.8.- Los abonos verdes utilizados en agricultura ecológica pueden ser a la vez un forraje para ensilar

Ya hicimos frecuentes alusiones a la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de las leguminosas, gracias a las simbiosis con las bacterias que se encuentran en sus raíces. Además, son muy apreciadas como forraje por su aporte proteico y elevada digestibilidad.

Algunas crucíferas, como los nabos, la colza (*Brassica nappus*) y la facelia (*Phacelia sp.*), destacan por su rápido crecimiento. Son capaces de crecer en tierras

muy pobres en humus, donde otros géneros no podrían implantarse. Utilizan y acumulan en su parte aérea reservas minerales que extraen del subsuelo con más facilidad que otras plantas. Particularmente, dejan azufre disponible en el suelo, elemento indispensable para la vida vegetal y animal. La acción de sus raíces, hace asimilable por otras plantas el fósforo presente en el terreno en estado insoluble. Tras aprovechar su parte aérea como forraje, su sistema radicular puede ser aprovechado como abono verde para mejorar la estructura del suelo.

Además, exudan isotiocianatos, que secuestran nitratos en el suelo y ejercen un efecto control muy efectivo sobre la flora arvense. Debido a ello, las especies mencionadas se utilizan como abonos verdes. Pero, existe la posibilidad de utilizar como forraje para ensilar su parte aérea y como abono verde la raíz más la fracción de tallo no cortado por la segadora.

Dentro de la actual actividad investigadora del SERIDA se ha incluido la utilización de asociaciones leguminosa-crucífera para el doble uso anterior de forraje a ensilar y abono verde. Un ejemplo de esta asociación es el cultivo asociado de haboncillos y colza forrajera que según resultados obtenidos por Martínez-Fernández *et al.*, (2013 y 2014) puede ser una alternativa viable al raigrás italiano como forraje de invierno, sin diferencias significativas relativas a los rendimientos en proteína y energía. En manejo sostenible, esta asociación permite reducir los inputs en fertilización de síntesis y herbicidas, a la vez que mejora el equilibrio del suelo a través de un aumento en los contenidos de potasio.



XII.7.- Cultivo asociado de haboncillos y colza forrajera

XIII | Ensilado de maíz forrajero

- XIII.1.- El maíz forrajero en Asturias
- XIII.2.- Metodología de evaluación de variedades de maíz forrajero por el SERIDA
- XIII.3.- Síntesis de la evaluación de variedades comerciales de maíz para ensilar en Asturias
- XIII.4.- Cultivo del maíz mediante laboreo convencional
- XIII.5.- Opciones para mejorar la sostenibilidad en el cultivo del maíz
- XIII.6.- Cultivo del maíz bajo manejo ecológico
- XIII.7.- Siembra directa del maíz
- XIII.8.- Momento de corte para ensilar el maíz forrajero
- XIII.9.- Utilización del ensilado de maíz forrajero en alimentación animal

XIII.1.- El maíz forrajero en Asturias

Según Bouza-Brey (1953) las primeras semillas de maíz llegaron a Asturias, concretamente a Tapia de Casariego en el siglo XVII, traídas del continente americano por el Gobernador de Florida Gonzalo Méndez de Cancio. Este maíz, cuyo principal uso fue para producción de grano, con destino a harina para alimentación humana, se cultivó en comunidades cerradas y lugares apartados durante siglos. Posteriormente con la introducción de nuevas variedades de maíz híbrido a mediados del siglo XX, pasó a ser cereal pienso y, por último, cultivo forrajero. Como tal, recibe en Asturias el nombre de maizón o maloja.



XIII.1.-Cultivo de maíz forrajero destinado a ensilar

En las explotaciones ganaderas asturianas que tienen parte de su superficie mecanizable, es habitual la inclusión del maíz forrajero en rotación con un cultivo de invierno, ya que, hay un reconocimiento generalizado en el sector ganadero de que es un cultivo de alta producción, la cual se obtiene mediante un solo corte, que ensila sin ninguna dificultad y cuyo contenido en almidón es de interés, tanto en nutrición del vacuno lechero, como de aptitud cárnica (Argamentoría *et al.*, 1997).

En un medio rural esencialmente forrajero, como es el caso de Asturias, el maíz ocupa en la actualidad más de un 40% de la superficie total destinada a cultivos forrajeros (Gobierno del Principado de Asturias, 2011). Este hecho nos da idea de su importancia en las explotaciones ganaderas, derivada de su empleo generalizado en la alimentación de los animales y por tanto también de lo familiar que resulta

su cultivo para los ganaderos – agricultores asturianos. A este respecto, véase en la figura XIII.1 la evolución del número de hectáreas destinadas a su cultivo en Asturias.



Gobierno del Principado de Asturias, (2011)

Figura XIII.1.- Evolución de la superficie destinada a cultivo de maíz forrajero en Asturias en el periodo 1985-2010

La mayor parte de esta superficie corresponde a explotaciones lecheras, si bien ya está siendo también empleado en cebo de terneros. En la actualidad, su utilización preferente es bajo forma de ensilado. En adelante, nos referiremos siempre a esta forma de aprovechamiento.

XIII.2.- Metodología de evaluación de variedades de maíz forrajero por el SERIDA

Desde hace años empresas de diversos países se han dedicado a mejorar genéticamente numerosos caracteres de la semilla de maíz mediante hibridación, lo que conlleva que en un momento dado, el número de variedades comerciales de maíz presentes en el mercado pueda llegar a ser muy elevado y con grandes diferencias entre si.

Estas variedades mejoradas por hibridación se clasifican mediante su ciclo FAO (ver tabla XIII.1). El número que define el ciclo se establece en función de su integral

térmica (acumulación de horas con una temperatura entre 6 y 30°C) desde el nacimiento hasta alcanzar la madurez fisiológica (granos con un 70% de materia seca).

Sin embargo, las peculiares características edafoclimáticas de las zonas húmedas del Norte de España hacen que la información obtenida tras estos procesos de mejora en el país de origen, en ocasiones, no sea válida para Asturias. Por ejemplo, las condiciones medioambientales hacen imposible el uso en Asturias de variedades de ciclos muy largos, teniendo sentido solamente el uso de variedades de ciclo corto, medio o largo y, sin una correspondencia exacta con las categorías descritas en la tabla XIII.1.

Tabla XIII.1.- Ciclo FAO de las variedades de maíz

Ciclo FAO	Variedad
200 – 300	ciclo muy corto o muy precoz
400 – 500	ciclo corto o precoz
600 – 700	ciclo medio
800 – 900	ciclo largo o tardía

De ahí que, a partir de 1996, se haya iniciado en Asturias un proceso de evaluación de variedades comerciales de maíz híbrido para ensilar, mediante acuerdo de colaboración entre la Consejería competente en materia de agricultura y ganadería y diversas empresas productoras de semillas con puntos de distribución y venta en Asturias. Según dicho acuerdo, las empresas envían al SERIDA una muestra de cada variedad que desean evaluar, informando acerca de su nombre, ciclo FAO, estado de la Unión Europea en que se registró, año y número de registro. Hay que tener en cuenta que conforme a la legislación vigente, en Asturias, no se admiten variedades transgénicas.

El objetivo de esta evaluación es que exista información veraz y adaptada a la hora de elegir las variedades a sembrar al año siguiente, conforme a resultados de comportamiento agronómico y contenido en principios nutritivos.

El proceso de evaluación tiene lugar en las cuatro diferentes zonas edafoclimáticas de Asturias que son aptas para el cultivo del maíz para ensilar: Zona costera occidental, Zona costera centro-oriental, Zona interior de baja altitud y Zona interior alta (Martínez-Martínez *et al.*, 1999). En cada una de estas zonas de evaluación se seleccionan fincas representativas, que pueden variar en el tiempo. Véase la localización de las mismas en la figura XIII.2.



Figura XIII.2- Localización de los campos de ensayo de variedades de maíz forrajero

Las nuevas variedades de las que se solicite evaluación se clasificarán a priori en función de su ciclo FAO dentro de una de estas tres categorías.

- Si es inferior a 200, se le asigna ciclo corto
- Entre 200 y 300, ciclo medio
- Superior a 300, ciclo largo

A la vista de los resultados de evaluación, una variedad será considerada definitivamente como de ciclo corto, medio o largo según los días que requiera para alcanzar el estado de grano pastoso-vítreo (estado considerado óptimo para ensilar). Este criterio varía para cada zona edafoclimática, pero el diseño estadístico exige que una misma variedad pertenezca al mismo ciclo en cada una de las zonas. De ahí que se siga el criterio de asignar ciclo según el promedio por zonas de los días necesarios para llegar a grano pastoso-vítreo. Si es inferior a 128 días, ciclo corto. Entre 128 y 145, ciclo medio y más de 145 días, ciclo largo. Lo habitual es que la preasignación según ciclo FAO coincida con la asignación definitiva según días necesarios de cultivo. Dada la mínima frecuencia de casos en que hay que cambiar una variedad de ciclo tras ser evaluada, es algo que carece de importancia.

La evaluación en cada campo experimental comienza con la preparación del terreno, fertilización, tratamientos fitosanitarios, delimitación de pequeñas parcelas y siembra de las variedades en las mismas. Esta se realiza de forma que las variedades de un mismo ciclo queden agrupadas, ya que a igualdad de días de cultivo, una variedad de ciclo largo alcanza mayor altura que una de ciclo corto y con su sombra perjudicaría a esta última.

Posteriormente, se efectúan medidas relacionadas con la producción, comportamiento agronómico y contenido en principios nutritivos, considerando los parámetros que se relacionan a continuación.

Producción: Toneladas de materia seca cosechadas por hectárea.

Comportamiento agronómico:

- Días de cultivo, desde la siembra hasta estado de grano pastoso-vítreo (momento de recolección).
- Porcentaje de plantas caídas a la recolección (% encamado).

Contenido en principios nutritivos:

- Determinación de cenizas, proteína bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y almidón.
- Estimación de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica.
- Cálculo de contenido en energía metabolizable y en energía neta de lactación, expresadas en unidades forrajeras leche y en megacalorías por kg de materia seca, respectivamente.

En base a todos estos criterios, no existe una variedad perfecta, ideal, cuyas características puedan ser calificadas en su totalidad como excelentes. Así, una característica situada en rangos altos, no compensa a otra situada en rangos bajos. Por ejemplo, una variedad con elevado contenido en almidón no compensa si es poco productiva o presenta un alto grado de encamado.

Por otro lado, cada explotación es diferente. Dependiendo de la superficie disponible, puede buscarse una mayor producción por hectárea, o que cada tonelada de forraje cosechado tenga el mayor contenido energético.

El tratamiento estadístico de los datos debe diferenciar entre lo que es imputable a cada variedad en sí y lo que es consecuencia del año climático y de la propia parcela experimental en que se sembró. Estos dos últimos efectos no pueden diferenciarse y se consideran en conjunto, llamándolos "ambiente". También es preciso que el análisis estadístico dé información acerca de cada zona edafoclimática y generalidades acerca del ciclo corto, medio o largo.

Los resultados para las variedades que se mantienen en los puntos de distribución y venta se presentan en dos listas diferentes:

- Grupo 1: LISTA PRINCIPAL DE VARIEDADES: Recoge las que se han evaluado al menos durante dos años y que, por tanto, presentan unos resultados más consolidados.
- Grupo 2: LISTA PROVISIONAL DE VARIEDADES: Contiene las que se han evaluado sólo durante un año, siendo conveniente realizar nuevas siembras para ganar fiabilidad.

Hay otra lista para las que ya fueron retiradas del mercado por sus respectivas casas comerciales:

- Grupo 3: LISTA COMPLEMENTARIA DE VARIEDADES: En ella están las que fueron evaluadas en años anteriores, pero se sustituyeron ya por otras nuevas. Sin embargo, siguen colaborando en el control de los efectos del año y zona edafoclimática. Además, tienen valor histórico y sirven como punto de referencia para las nuevas variedades.

En estas listas figuran los resultados obtenidos, así como el número de ensayos realizados con cada variedad y la respectiva empresa que la comercializa o comercializó.



XIII.2.- Campo de evaluación de variedades comerciales de maíz

XIII.3.- Síntesis de la evaluación de variedades comerciales de maíz para ensilar en Asturias

Los resultados globales, correspondientes al periodo de evaluación 1996-2013 (Argentería *et al.*, 2014; Martínez-Fernández *et al.*, 2014a), ponen de relieve que el valor medio \pm error estándar de materia seca en el momento de la cosecha es de $34,4 \pm 1,17\%$, correspondiente a un estado de grano pastoso-vítreo y que los efectos de ambiente, zona edafoclimática, ciclo y variedad influyen sobre la producción, el comportamiento agronómico y los principios nutritivos.

Efecto ambiente: Es un factor de efecto aleatorio de gran influencia, pues afecta de forma altamente significativa a todas las variables medidas. Como antes dijimos, engloba lo que es propio del año climático y lo inherente al terreno sobre el que

se efectúa la siembra. Para diferenciar lo que es imputable al ambiente de lo que es propio de las variedades de maíz, cada año se incluyen dos variedades testigo bienales y otra plurianual. También ayuda al respecto el que existan variedades evaluadas, por decisión de las casas comerciales, no sólo en un determinado año, si no durante varios años sucesivos.

Zona edafoclimática: Afecta de manera altamente significativa a la totalidad de las determinaciones efectuadas en los ensayos de evaluación de variedades de maíz, pudiendo extraer las siguientes conclusiones del total de años de evaluación:

- La duración del cultivo es inferior en la zona interior baja, intermedia en las costeras (algo superior en la occidental) y muy superior en la zona interior alta.
- En la zona costera occidental y en la interior alta se alcanza en general menor producción que en la costera oriental e interior baja.
- El porcentaje de plantas caídas es superior en la zona costera occidental.
- Una misma variedad puede tener comportamiento muy diferente según zona edafoclimática.

Por ello, es necesario presentar las diferentes listas (principal, provisional y complementaria) de forma independiente para cada zona edafoclimática de Asturias sometida a evaluación. Antes de elegir la variedad a sembrar, hay que tener en cuenta la proximidad o similitud de la explotación con las distintas zonas de ensayo.

Efecto ciclo: La metodología estadística utilizada permite hacer unas generalizaciones del efecto ciclo sobre las determinaciones efectuadas, aunque sólo tienen valor informativo, no decisorio.

Al respecto, lo más destacable es que las variedades de ciclo largo presentan un promedio general de altura de planta y de producción superior, pero también mayor porcentaje de plantas caídas. Esto último, es mucho más acusado en las zonas costeras y, sobre todo, en la occidental.

Efecto variedad: Puede ser consultado en la página web del SERIDA (www.serida.org) y en un folleto publicado anualmente (Argamentería *et al.*, 2013).

En las listas principales, provisionales y complementarias para cada zona edafoclimática, cada valor se acompaña de una letra indicativa del rango dentro del cual se sitúa: A: El mejor; B: Bueno; C: Intermedio; D: Desfavorable; E: El peor. Para días de duración del cultivo y plantas caídas, el mejor rango (A), será el de los valores mínimos. Cuantos menos días necesite una variedad para llegar al estado pastoso-vítreo y cuanto menor sea su porcentaje de plantas caídas, mejor. Para el resto de los parámetros, el mejor rango (A) será el de valores máximos. Cuanta mayor producción, cuanto mayor contenido en almidón, mejor.

Se exceptúan algunas variables que son de importancia secundaria en el maíz para ensilar, por lo que carecen de peso a la hora de elegir una u otra variedad. Para los valores de aporte energético en Megajulios o Megacalorías por kg de materia seca (MJ/kg MS o Mcal/kg MS), tampoco se señala el rango, porque es el mismo que para el mismo parámetro expresado como unidades forrajeras leche por kg de materia seca (UFL/kg MS). Se elige esta unidad de valoración energética por ser la más habitual entre los nutricionistas que prestan sus servicios en Asturias.

El análisis de la estructura de los costes de producción del maíz para ensilar demuestra que alrededor del 70% de estos son fijos (labores mecánicas, abonado, tratamientos fitosanitarios, etc.) y sólo el 30% son dependientes de la producción obtenida (acarreo de la cosecha, llenado del silo, etc.). En cuanto a contenido en principios nutritivos, se puede decir que no influyen en los costes de producción. Por tanto, el coste total por kg de materia seca o por UFL disminuye sensiblemente al aumentar la producción de materia seca por ha y/o las UFL/kgMS.

Por todo ello, es aconsejable consultar las listas anteriores, siguiendo el criterio expuesto a continuación.

Las mejores variedades serán las que mayor número de "A" contengan. No existe ninguna variedad perfecta, cuyos valores estén todos en el rango "A". Debido a ello, hay que priorizar por caracteres. Se sugiere proceder de la siguiente manera:

1º. Elegir la zona edafoclimática correspondiente a la explotación.

2º. Pueden surgir casos dudosos. Una explotación en la zona interior a 250 m de altitud, ¿debe considerarse interior alta o interior baja? Otra, desde la cual no se vea el mar, ¿será de zona costera o interior baja?. En ese caso, sugerimos consultar las listas principales de las dos zonas entre las cuales se dude y hacer para cada una por separado la selección de variedades. Las variedades que aparezcan en ambas selecciones, serán las más apropiadas para la elección final.

3º. Tener en cuenta que los resultados de las listas principales ofrecen más seguridad que los de las provisionales (porque están basados en más ensayos). Las listas complementarias pueden permitir que el interesado compare las variedades actuales con las antiguas, que tal vez usó en su día.

4º. Determinar con ayuda de la tabla XIII.2, el máximo número de días disponibles para alcanzar el estado de grano pastoso-vítreo. La siembra antes del 1 de mayo reviste un riesgo, ante la posibilidad de no haberse acumulado aún suficiente calor en el suelo, excepto en la zona interior baja, en la que, por ser más cálida, es posible sembrar a finales de abril. La fecha de recolección con posterioridad al 30 de septiembre es también muy arriesgada, por peligro de encharcamiento tras las lluvias de otoño y aumento de la posibilidad de fuertes vientos.

5º. Realizar una preselección con las variedades que no rebasen el valor anterior. Para facilitararlo, las listas vienen ordenadas de menor a mayor número de días de cultivo. A continuación, seguir seleccionando de forma que la proporción de plantas caídas esté en el rango A o B y la producción, contenido en almidón y valor energético, en el A, B o C. (Estos dos últimos están muy bien relacionados; casi basta fijarse sólo en el contenido en almidón). Por último, consultar precios.

Tabla XIII.2.- Días disponibles para cultivo del maíz según fechas de siembra y de recolección

Fecha de siembra	Fecha de recolección	Días transcurridos
1 de mayo	15 de septiembre	137
	30 de septiembre	152
	15 de octubre	167
	30 de octubre	182
15 de mayo	15 de septiembre	123
	30 de septiembre	138
	15 de octubre	153
	30 de octubre	168
1 de junio	15 de septiembre	106
	30 de septiembre	121
	15 de octubre	136
	30 de octubre	151

Para facilitar la elección de la variedad a sembrar teniendo en cuenta lo anterior, en el SERIDA se ha desarrollado una aplicación informática (www.serida.org) cuya elaboración fue financiada por el INIA mediante la Acción Complementaria AC2011- 00061-00 (figura XIII.3) y que funciona siguiendo los pasos descritos a continuación:

1º Zona edafoclimática. Comenzamos eligiendo la zona a la que pertenece la finca en la que queremos sembrar el maíz. Todos los resultados que se obtengan estarán referidos a ella. Teniendo en cuenta la heterogénea orografía asturiana, puede haber dudas entre varias zonas a la hora de encuadrar un terreno, en ese caso deberemos hacer una consulta por cada una de ellas.

2º Días de cultivo. Es un factor limitante. Se introducen las fechas consideradas límite para la siembra y para la recogida del maíz. La aplicación restringe la

búsqueda a las variedades que requieran menos días de cultivo que los de diferencia entre ambas fechas.

3º Resistencia al encamado. En las experiencias de evaluación de variedades, se considera caída a una planta cuya inclinación supere los 45°. Dependiendo del sistema de cosecha utilizado en la explotación, parte de esas plantas podrán ser recogidas y otra parte serán pérdidas. El usuario deberá estimar, teniendo en cuenta su experiencia, qué porcentaje de las plantas caídas considera como pérdidas. Por defecto, la aplicación considera un 25%.

4º Lista. Podemos elegir la lista que queremos visualizar (principal, provisional o complementaria).

5º Orden del listado. Los resultados pueden ordenarse por toneladas de materia seca cosechables por hectárea. También por energía neta de lactación cosechable por hectárea. Si lo que interesa es la calidad del forraje, se puede ordenar por energía neta de lactación por kilogramo de materia seca. Entendemos por producción cosechable, la producción total bruta afectada por el porcentaje de plantas perdidas. De esta manera, reunimos las características de producción y resistencia al encamado en una sola.

Figura XIII.3.- Vista de la aplicación informática para la elección de variedades comerciales de maíz forrajero en Asturias

(Acceso desde la página principal de la web del SERIDA, www.serida.org)

Cumplimentado lo anterior, la aplicación devuelve un listado de variedades por orden de preferencia, con la posibilidad de exportar los resultados en formato “.csv”.

El acceso a esta aplicación es totalmente libre y no es necesario registrarse para utilizarla.

XIII.4.- Cultivo del maíz mediante laboreo convencional

El cultivo de maíz mediante laboreo convencional en un manejo intensivo, requiere las siguientes labores agrícolas:

- Alzar con arado de vertedera y rotovatear.
- Repartir el abonado de fondo. La dosis de N será de 150 kg/ha. Las de P₂O₅, K₂O y MgO irán en función del análisis previo de suelo. Parte de las mismas puede cubrirse con estiércol y/o purines: el maíz admite hasta 80 t/ha del primero u 80 m³/ha del segundo, con la mayor antelación posible a la siembra. El resto de las necesidades se completará con abonos químicos.
- Enterrar los abonos.
- Sembrar en líneas a continuación. Si se dilata mucho la siembra tras el rotovateado, se corre el peligro de que las lluvias puedan volver a endurecer el suelo, lo que exigiría rotovatear de nuevo. Conviene sembrar dentro de la primera quincena de mayo, pudiendo adelantarse a finales de abril en la zona interior baja. La dosis será de 90000-95000 semillas/ha (50-80 cm entre líneas y 21,5-14 cm entre semillas), a reducir a 75000-80000 en la zona interior alta (50-80 cm x 25-16 cm). Las líneas se orientarán en la dirección de los vientos dominantes. Es recomendable mezclar la semilla con un repelente contra aves.
- Repartir insecticida y herbicida. Algunas sembradoras vienen preparadas para repartir insecticida granulado o en polvo a la vez que depositan la semilla. Sino, hay que acudir a la pulverización con posterioridad a la siembra. Es frecuente que la semilla venga tratada con insecticida, pero es conveniente reforzar su acción mediante otro adicional a base de piretrinas o piretroides, pues son muchas las larvas y gusanos del suelo que pueden atacar al maíz en Asturias (típula, gusanos grises, gusanos de alambre, etc.). En cuanto al herbicida, dependerá de las especies invasoras de mayor incidencia. En Asturias, son muy temidas el cenizo (*Chenopodium album*), la juncia (*Cyperus rotundus*) y la equinocloa (*Echinochloa crus gali*). Es aconsejable informarse sobre el tratamiento herbicida más adecuado. Para aplicar conjuntamente en pulverización el insecticida y el herbicida, es preciso consultar previamente su compatibilidad.

- Tras la nascencia, cuando las plantas alcancen 30-40 cm de altura, debe aportarse una cobertera de 50 kg N/ha. Cuanta mayor sea la separación entre líneas del maíz, más fácil resulta después repartir este abonado sin pisar plantas. En caso de no disponer de un tractorista hábil, resulta preferible aportar todo el N en presiembra.

Realizadas todas las labores anteriores, las plantas de maíz seguirán su proceso de crecimiento y aparecerá el penacho en el extremo del tallo. Se formarán las mazorcas y se iniciará la fase de maduración del grano, que puede puntuarse en una escala de 0 a 10 según la tabla XIII.3. Sino tiene lugar la recolección, llega finalmente el marchitamiento y deshidratación de todas las partes verdes.

Tabla XIII.3.- Escala de maduración del grano de maíz

Estado	Código	Características del grano
Incipiente	0	Mazorca recién formada.
Lechoso-incipiente	1	
Lechoso	2	
Lechoso-pastoso	3	Consistencia semilíquida. Al apretarlo sale un líquido viscoso, blanquecino y de sabor dulce.
Pastoso-lechoso	4	
Pastoso	5	
Pastoso-vítreo	6	Consistencia harinosa. Si se aplasta con los dedos ya no sale líquido.
Vítreo-pastoso	7	
Vítreo	8	
Vítreo-duro	9	Firme y duro, conservándose verdes el tallo y las hojas.
Vítreo-muy duro	10	

Argamentería *et al.*, (1997)

XIII. 5- Opciones para mejorar la sostenibilidad en el cultivo del maíz

Para convertir este manejo intensivo en **sostenible**, lo mejor no es reducir la dosis de abonado ni prescindir de tratamientos fitosanitarios, sino buscar otras posibilidades de manejo menos agresivas medioambientalmente.

La sostenibilidad se puede mejorar, realizando rotación de cultivos y evitando sembrar todos los años en una misma parcela. En caso de praderas, es posible levantar en primavera algunas parcelas para sembrar maíz y, cosechado este, volver a sembrar pradera de nuevo. Así cambiamos la ubicación del maíz. Esta opción en Asturias es poco frecuente porque, no abundan los terrenos llanos aptos para cultivar maíz para ensilar. Debido a ello, es muy frecuente la rotación anual de

maíz forrajero con un cultivo de invierno. La sostenibilidad pasa entonces por conseguir que este último no agote el suelo, sino que, por el contrario, lo mejore.

La asociación de la soja con el maíz como cultivo de verano para forraje a ensilar es otra alternativa para mejorar la sostenibilidad. La principal ventaja de este cultivo asociado maíz-soja frente al monocultivo de maíz radica, en obtener la misma producción de materia seca con una dosis de N muy inferior. Así, según ensayos efectuados en el SERIDA (Martínez-Fernández *et al.*, 2010a), con solamente 50 kg N/ha, esta asociación, dio una producción similar a la de monocultivo de maíz con 200 kg de N/ha. Hay, pues, gran potencial de fijación de nitrógeno atmosférico, lo cual implica sensible incremento de la sostenibilidad.



XIII.3.-Cultivo asociado de maíz y soja forrajera

La mejor forma de llevar a cabo la siembra de esta asociación es repartir a voleo semilla de soja inoculada con *Rhizobium* y, enterrarla con un pase superficial de rotovator, antes de sembrar el maíz en líneas de la manera habitual. La dosis de siembra para el maíz sería la misma que en monocultivo. La de soja, sería de 250000 plantas/ha, equivalente a 40 kg de semilla/ha. Pretender sembrar a la vez líneas alternas de maíz y soja con una sembradora convencional o neumática, resulta muy difícil, dada la desigualdad en la dosis de siembra de ambas especies. En el SERIDA, Martínez-Fernández *et al.* (2010a) no obtuvieron resultados satisfactorios de esta manera.

El herbicida utilizado debe ser compatible para el maíz y la soja. Puede utilizarse la pendimentalina (6 L de materia activa/ha). Como insecticida, no hay problema en usar cualquiera de los recomendados para monocultivo de maíz. En todo caso habría que consultar los productos autorizados en cada momento (www.magrama.gob.es).

En la tabla XIV.4 se puede ver la composición de la soja como forraje a ensilar en monocultivo o asociada con maíz forrajero en líneas o a voleo. En ambas opciones, la contribución de la misma a la producción total de la asociación fue muy pequeña (1,1-1,2 t MS/ha de la producción total), por ello, a pesar de su contenido proteico, su aportación no alcanzó para compensar el bajo contenido en proteína del maíz. Por la misma razón, la presencia de soja en la asociación no supone una reducción del contenido energético del forraje a ensilar, ni tampoco un exceso de capacidad tampón.

Tabla XIII.4.- Principios nutritivos y capacidad tampón de la soja en monocultivo o asociada a maíz forrajero en líneas o a voleo

	Monocultivo	Asociada en líneas	Asociada a voleo	p
Materia seca (%)	27,0 ± 3,00 b	29,0 ± 2,86 b	24,0 ± 2,98 a	*
Cenizas (%MS)	10,1 ± 0,60 b	9,1 ± 0,44 a	10,3 ± 0,61 b	*
Proteína bruta (%MS)	12,5 ± 1,88 a	16,6 ± 1,46 b	17,4 ± 1,74 b	***
Fibra neutro detergente (%MS)	45,9 ± 1,74 b	43,4 ± 1,19 a	46,2 ± 1,59 b	*
Almidón (%MS)	5,4 ± 1,07 ab	6,1 ± 0,87 b	3,9 ± 0,92 a	**
Azúcares solubles (%MS)	7,5 ± 1,03 a	8,1 ± 0,87 b	6,2 ± 1,01 a	**
DenzMONdc (%)	64,5 ± 2,06 a	67,0 ± 1,65 b	63,7 ± 1,88 a	*
DMOestndc (%)	72,9 ± 1,09 a	74,2 ± 0,87 b	72,5 ± 1,00 a	*
Energía metabolizable (MJ/kg MS)	10,5 ± 0,16 a	10,8 ± 0,11 b	10,4 ± 0,14 a	**
Capacidad tampón (meqNaOH/kg MS)	512 ± 14,4 b	466 ± 12,1 a	463 ± 17,3 a	*

(Martínez Fernández *et al.*, (2010a)

Medias ajustadas por mínimos cuadrados ± error estándar. %MS: Porcentaje sobre materia seca; DenzMONdc: Digestibilidad neutro detergente-celulasa de la materia orgánica; DMOestndc: Digestibilidad de la materia orgánica en rumiantes estimada en función de la anterior; MJ: Megajulios;

Significación: ***, p " 0,001; **, p " 0,01; *, p " 0,05; n.s.: p > 0,05;

a,b: Valores acompañados de distinta letra en la misma fila difieren al nivel de significación (p) indicado

Esta asociación no permite el cultivo ecológico, ya que al no haber calles entre líneas de maíz, por estar ocupadas por la soja, es imposible realizar una escarda mecánica para eliminar las malas hierbas presentes como consecuencia de la ausencia de herbicida.

XIII.6.- Cultivo del maíz bajo manejo ecológico

Aunque el cultivo del maíz está muy extendido en sistemas manejados convencionalmente, se trata de un cultivo exigente en fertilización y muy sensible a la competencia con malas hierbas. Por ello, en condiciones de manejo ecológico, es difícil obtener cosechas rentables al tener que prescindir del uso de fitosanitarios, principalmente herbicidas, de acuerdo con las exigencias de los reglamentos de producción ecológica (CE N°834/2007 y CE N°889/2008).

En términos generales, la metodología del cultivo del maíz en condiciones ecológicas no difiere esencialmente del cultivo convencional, excepto en el tipo de variedades y productos aceptados, ya que no permite el uso de organismos modificados genéticamente, ni de fitosanitarios sintéticos. Por ello, es preciso recurrir a productos y técnicas naturales para resolver las limitaciones asociadas a la presencia de malas hierbas y los ataques de las plagas, ya que estos aspectos se señalan frecuentemente por el sector agroganadero como clave a solucionar para el desarrollo del mismo.

Además, aunque tanto en el maíz como en los demás cultivos, existe cierta flexibilidad, debido a la falta de disponibilidad de semilla producida en condiciones ecológicas, la práctica ortodoxa de la agricultura ecológica la exige.

En este tipo de manejo, el maíz compite mal con la vegetación espontánea en las primeras fases de desarrollo de las plantas, pudiendo afectar de forma clara al rendimiento final. Sin embargo, cuando éstas alcanzan los 40–50 cm de altura, el maíz suele imponerse a las malas hierbas y lograr buenos rendimientos. No hay una única medida que por sí sola sea capaz de controlar la presencia de malas hierbas, pero pueden adoptarse una serie de estrategias encaminadas a que la vegetación espontánea se mantenga en niveles aceptables y no comprometan el resultado del cultivo. De acuerdo con Martínez-Fernández *et al.* (2011), estas medidas son:

- **Empleo de rotaciones de cultivo.** Están demostradas las ventajas de la siembra del maíz tras praderas de media duración (raigrás italiano-trébol violeta) o larga duración (raigrás inglés- trébol blanco), frente a las rotaciones anuales raigrás italiano –maíz.
- **Ejecución de "falsa siembra".** Se basa en dar ventaja al desarrollo de las semillas de maíz frente a las malas hierbas. Se ejecuta durante la preparación del terreno y antes del último pase de maquinaria previo a la siembra, dejando descansar el suelo unos 8–10 días, sin intervenciones para dar tiempo a que comiencen a germinar las semillas de malas hierbas y se puedan desarraigar precisamente con este último pase de maquinaria en la preparación del terreno.

- Empleo de abonos verdes. Algunos como los nabos, la colza y la facelia, además de proporcionar nutrientes al suelo, influyen en la capacidad de invasión del terreno por parte de las malas hierbas.
- Utilización de estiércoles y purines lo más limpios posibles de semillas de malas hierbas. Para lo cual deben haber pasado respectivamente por un proceso de compostado y fermentación aeróbica, que inhiba en gran medida el poder germinativo de las mismas.
- Escarda en postemergencia del cultivo y de las malas hierbas. Se trata de realizar uno o varios controles mecánicos hasta que las plantas de maíz tienen 20–30 cm de altura, con un desarrollo de 4–6 hojas, con pases de maquinaria adaptada a la separación entre líneas (cultivadores binadores con rejas y/o paletas), que arranquen las plantas no deseadas, para que posteriormente se dessequen gracias a la temperatura ambiental. Este pase de maquinaria lleva a cabo además un movimiento y aireación del terreno, produciendo un efecto beneficioso complementario sobre el cultivo, al realizar un abonado de cobertera sobre el maíz como consecuencia de acercar tierra a las plantas y poner a disposición de las mismas nuevos nutrientes. Estas máquinas solo son capaces de realizar un desherbaje de las plantas situadas entre las líneas de maíz, pero no de las presentes en la misma línea. En este apartado también hay que mencionar la existencia de gradas con púas flexibles, que deben ser utilizadas cuando el maíz tiene desplegadas 2–3 hojas y que trabajan la totalidad del suelo, arrancando las plántulas de malas hierbas recién germinadas. Las plantas de maíz con un sistema radicular más potente, se recuperan en su mayoría, si bien es un método poco experimentado.

La eficacia en el control de malas hierbas (figura XIII.4) dependerá en gran medida de la combinación de las distintas alternativas mencionadas y no debe confiarse solo al empleo de métodos mecánicos. La rotación de cultivos es esencial para conseguir buenos resultados.

Algunas de las actuaciones antes mencionadas para el control de malas hierbas, también son válidas para controlar las plagas. Así, el empleo de rotaciones con cultivos incluyendo praderas es una de las piezas clave. Las siembras tempranas pueden evitar la presencia de algunos patógenos cuando las plantas son muy jóvenes. El empleo de abonos verdes puede romper los ciclos de evolución de algunos patógenos y por tanto reducir su presencia.

Si estas medidas preventivas no resultan eficaces y se producen ataques de patógenos o plagas, con riesgo para la viabilidad del cultivo, existen tratamientos fitosanitarios con materias activas aceptadas en producción ecológica, como el "aceite de neem" para ataques de gusanos de suelo, o el "*Bacillus thuringiensis*, var

kurstaki" para los de rosquillas. Como medida complementaria se deben colocar trampas con atrayentes específicos de cada plaga, para detectar niveles de presencia en campo y por tanto eficacia e idoneidad de los tratamientos.

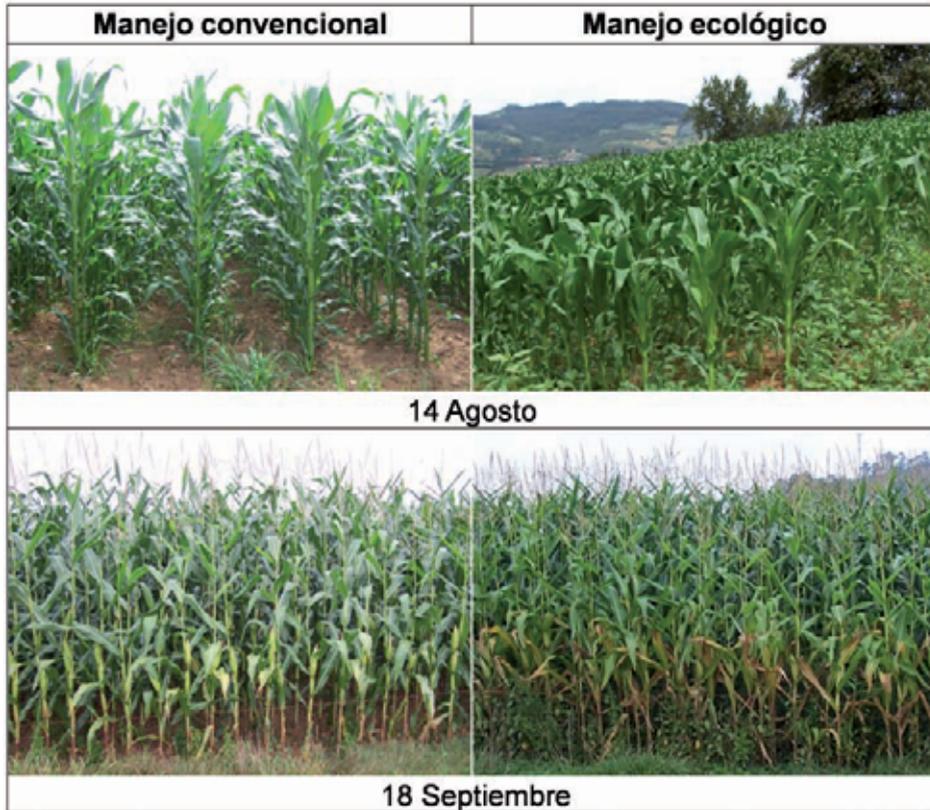


Figura XIII.4.- Invasión de malas hierbas en diferentes fases del desarrollo del cultivo maíz forrajero en manejo convencional vs. ecológico

XIII.7.- Siembra directa del maíz

El mayor problema que presenta el cultivo del maíz forrajero según el laboreo convencional descrito en apartados anteriores es el elevado coste de las diversas operaciones necesarias para su implantación. No obstante, hay terrenos cuya textura permite la **siembra directa** (textura no arcillosa) que ahorra trabajo, aunque los rendimientos que se obtienen son algo inferiores (en este caso se aconseja reducir los valores de producción dados en las Listas de evaluación de variedades en un 15%). Por ello, se ha planteado esta opción como alternativa menos agresiva frente al medio ambiente y con un esquema de trabajo más simple o reducido que el del laboreo convencional.

Básicamente, consiste en introducir las semillas y, eventualmente el abono, en pequeños surcos o ranuras practicadas sobre el terreno por medio de una máquina especial. Previamente, es necesario paralizar la vegetación existente con herbicidas de amplio espectro y no residuales, generalmente a base de glifosato como materia activa. Si la vegetación existente fuese de naturaleza herbácea, hay que esperar a que alcance los 10-15 cm de altura (necesita superficie foliar para ser absorbido).

Entre las principales ventajas de la siembra directa frente al laboreo convencional están la considerable reducción de costes de siembra (alrededor del 50%) y la disminución del tiempo necesario de las labores agrarias, que se acerca a la quinta parte del utilizado en el laboreo convencional, lo que permite efectuar los trabajos en momentos más oportunos, sin tener que esperar a conseguir tempero durante varios días consecutivos. También permite sembrar terrenos con ciertas dificultades, como los poco profundos y los pedregosos, donde no es posible aplicar los sistemas convencionales.

Como inconveniente está la necesidad de maquinaria específica con un elevado importe. Dicho precio, está justificado por las características especiales que debe poseer la máquina en cuanto a adaptación a las irregularidades de terreno se refiere, buena penetración y robustez (para evitar averías frecuentes de los elementos abridores del surco, que está relacionado con el tipo y estado del suelo y con el peso de la máquina), distribución precisa y regular de la semilla, poca separación entre líneas, cerramiento correcto y completo del surco abierto, etc.

Los resultados de esta técnica han sido bastante satisfactorios en la mayoría de las siembras de raigrás italiano para cultivo invernal, pero para el cultivo de maíz, las cosas no están tan claras. Su semilla mucho más voluminosa, presenta mayores requerimientos para su viabilidad productiva, obteniéndose resultados muy variables, desde parcelas con un cultivo bien implantado hasta grandes fracasos con fincas con apenas producción y, por tanto, con pérdidas económicas considerables. En suelos con textura ligera, se suelen conseguir resultados satisfactorios (con producciones similares a los del laboreo convencional), mientras que en los suelos más pesados, con textura arcillosa, los rendimientos pueden ser más variables. Este tipo de terrenos son muy plásticos y si el tempero no es el adecuado, no responden bien a las deformaciones inducidas por la maquinaria, siendo muy frecuente ver surcos sin cerrar una vez efectuada la siembra. Como consecuencia de ello, se producirán problemas en la germinación y desarrollo de las plantas. Si a estos problemas de suelo arcilloso se suma una escasa pluviometría, sobre todo en los primeros momentos de crecimiento de las plántula, los resultados son aún peores (Martínez Martínez *et al.*, 2003).



XIII.4.- Máquina para siembra directa de maíz

Recomendaciones para la ejecución de la siembra directa de maíz:

- Tras el último aprovechamiento del raigrás italiano o pradera a finales de abril-principios de mayo, hay que esperar a que rebrote y alcance 10 cm de altura.
- Aplicar un herbicida de amplio espectro: glifosato a 6 L/ha, (de ahí que el anterior rebrote requerido deba llegar a 10 cm; de lo contrario no absorbería el herbicida y el tratamiento sería ineficaz).
- Sembrar con una máquina de siembra directa que abre un surco en el suelo, deposita la semilla y a continuación tapa el surco. Hay diferentes tecnologías para ello y algunas permiten realizar un cierto laboreo dentro del marco e, incluso, distribuir el abono a la vez. Si hay margen de tiempo suficiente, conviene retrasar esta operación hasta que el efecto del herbicida se haga visible.

Cabe destacar que la siembra directa es perfectamente compatible con un manejo sostenible. Para ello solo se requiere utilizar un cultivo de invierno que implique menores necesidades en fertilizantes sintéticos. Incluso, se podría evitar la aplicación de glifosato, sustituyendo por otro herbicida para control de malezas, menos agresivo. En caso de plantear una asociación maíz-soja para forraje como la descrita en el apartado XIII.5, la máquina de siembra directa, en principio, podría depositar a la vez semilla de ambas especies en líneas alternas.

Sin embargo, para un manejo ecológico, la siembra directa plantea algunos problemas. En primer lugar, al no poderse aplicar ni glifosato ni ningún otro

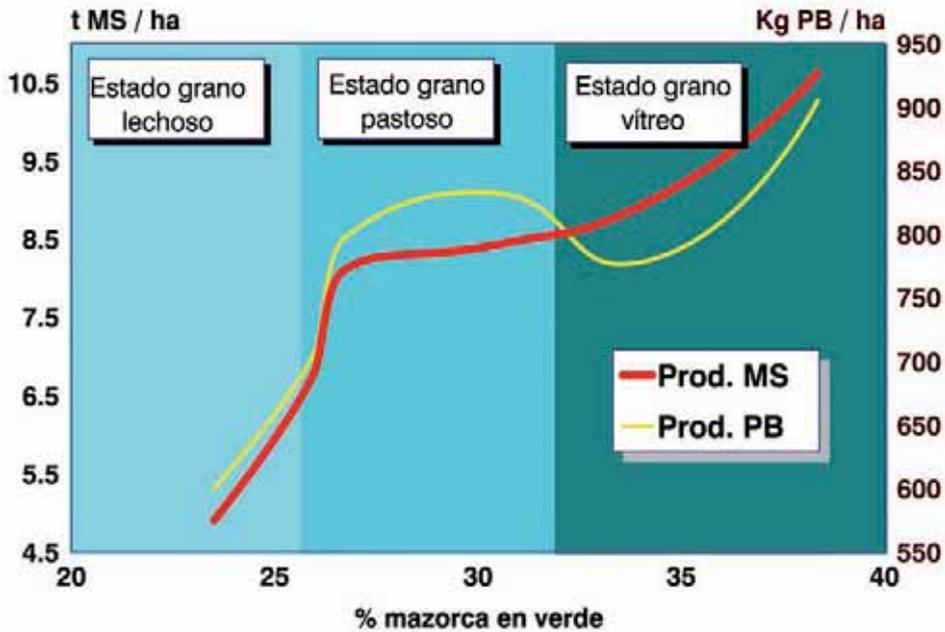


XIII.5.- Siembra directa de maíz tras el último aprovechamiento del forraje de invierno

herbicida, además de utilizar un cultivo invernal sin capacidad de rebrote, habría que acudir en principio a labores mecánicas, cuando la siembra directa lo que pretende precisamente es reducirlas. Por tanto, la compatibilidad manejo ecológico-siembra directa pasaría por efectuar esta última dentro de una rotación anual en la que el cultivo de invierno no sólo no rebrotase y pudiese actuar como abono verde, sino que tuviera además efecto alelopático sobre la flora arvense, es decir que frenara su nascencia y crecimiento.

XIII.8.- Momento de corte para ensilar el maíz forrajero

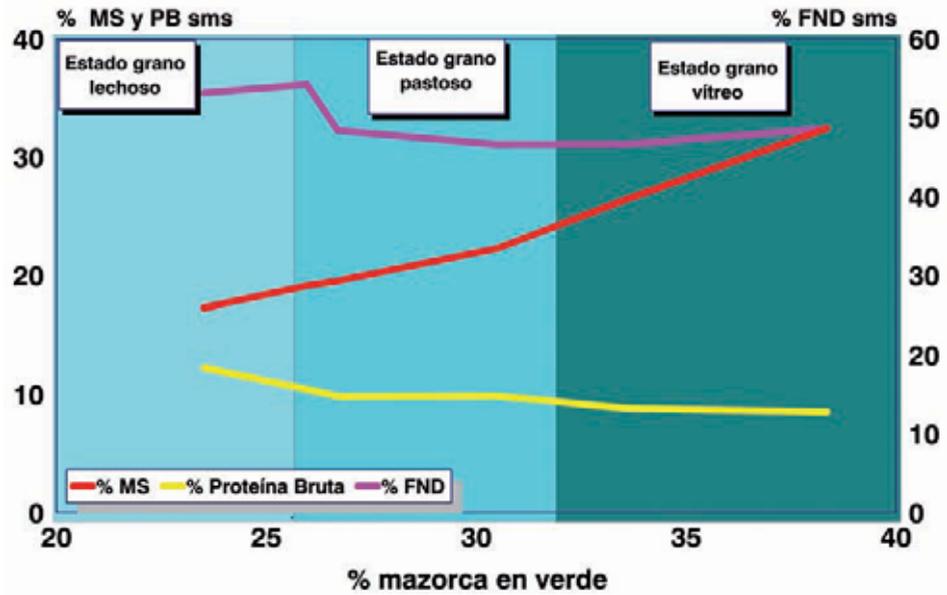
Según resultados obtenidos por de la Roza *et al.* (1995) relativos a la evolución del rendimiento, composición química y aporte energético de una variedad de maíz forrajero de ciclo FAO 200 en la zona costera oriental de Asturias, la producción por ha se incrementa de forma muy rápida hasta la transformación de grano lechoso a pastoso. A partir de ese momento, la producción sigue aumentando a medida que avanza el estado fenológico, incluso después de alcanzar el grano una consistencia de vítreo, pero a un ritmo mucho más lento. (Figura XIII.5).



de la Roza *et al.*, (1995)
MS: Materia seca; PB: Proteína bruta.

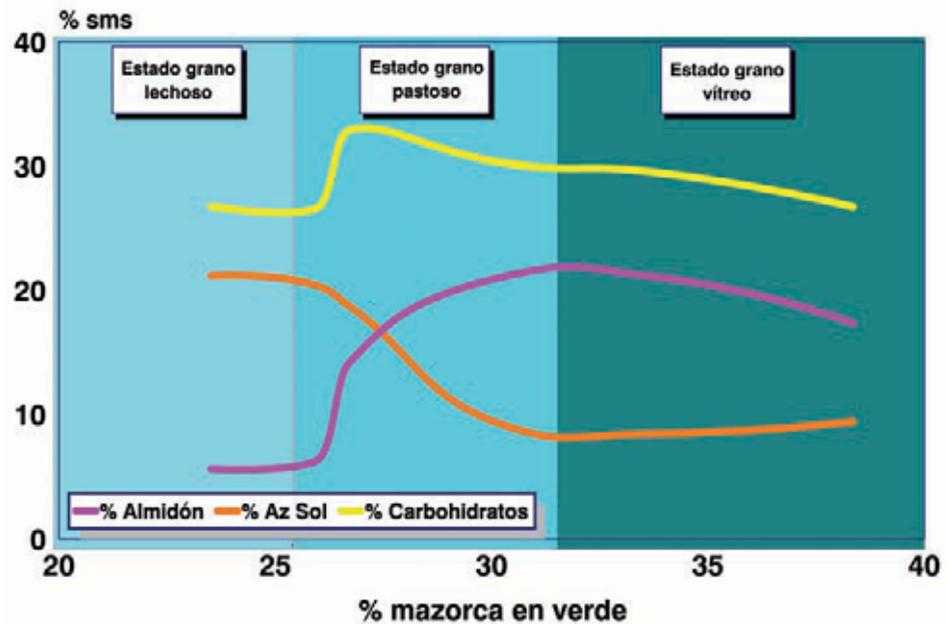
Figura XIII.5.- Evolución de los rendimientos de maíz forrajero respecto al grado de madurez de la planta

En cuanto a principios nutritivos (figura XIII.6), el contenido en materia seca aumenta con el tiempo y el de proteína bruta disminuye. Durante la transición de grano lechoso a pastoso, disminuye la fibra neutro-detergente y también los azúcares solubles, a partir de los cuales se incrementa el almidón (figura XIII.7). Este último proceso continúa durante la transición a grano vítreo. Alcanzado éste, se dan dos fenómenos opuestos: embastecimiento de hojas y tallos, pero también incremento de la proporción de mazorca. El balance es un incremento de la fibra y una disminución del almidón, poco acusados. Como consecuencia de ambos, la energía metabolizable disminuye ligeramente. El resultado de ambas evoluciones de producción y valor nutritivo, es que la producción de energía metabolizable por ha aumenta incluso después de grano vítreo. (Figura XIII.8).



de la Roza *et al.*, (1995)

Figura XIII.6.- Evolución de la composición químico-bromatológica de maíz forrajero según contenido en mazorca.



de la Roza *et al.*, (1995)

Figura XIII.7.- Evolución del contenido en almidón y azúcares solubles con el contenido en mazorca.

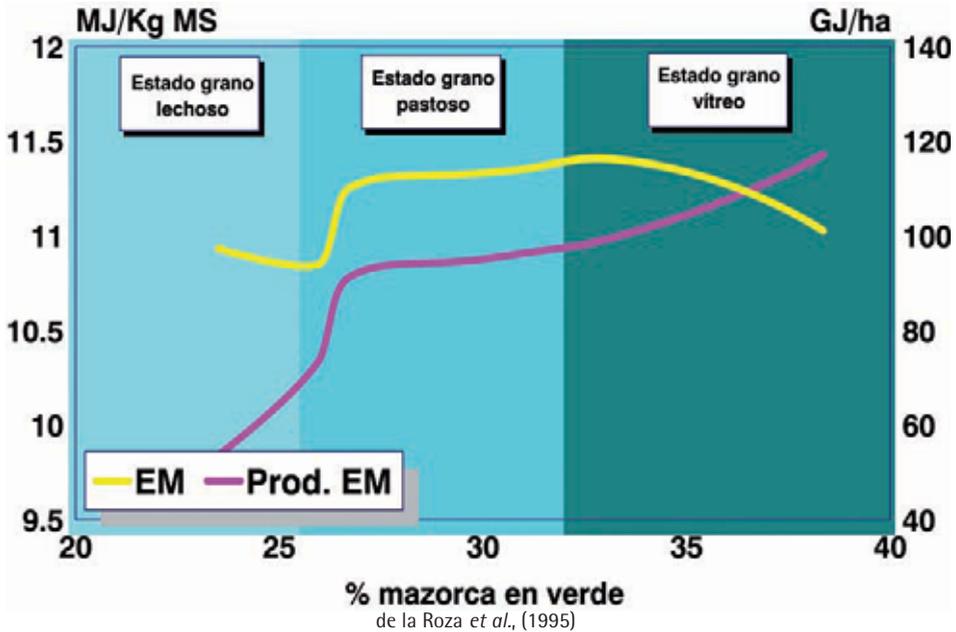


Figura XIII.8.- Evolución del contenido energético de maíz forrajero, según estado de madurez de la planta

Este proceso evolutivo es independiente del tipo de manejo utilizado como puede observarse en la tabla XIII.5. Ensayos llevados a cabo en el SERIDA por Vanegas Ruíz (2011), pusieron de manifiesto que la evolución del contenido en principios nutritivos y aporte energético, tanto en manejo convencional, como en manejo ecológico, es similar a la descrita anteriormente con un aumento progresivo de materia seca (MS) y almidón (ALM), con la consecuente disminución de cenizas (CEN), proteína bruta (PB) y fibras neutro y ácido detergente (FND y FAD), lo que se traduce en un incremento de las estimaciones de digestibilidad in vivo de la materia orgánica y energía metabolizable (EM) al avanzar el estado fenológico, hasta alcanzar el grano consistencia pastoso-vítreo.

En función de los resultados anteriores, el momento óptimo de cosechar el maíz para ensilar, siguiendo un criterio de máxima producción de energía metabolizable por hectárea (GJ/ha), sería el de grano vítreo (figura XIII.8). En esta fase del desarrollo de la planta, aún quedan suficientes azúcares solubles para que tenga lugar una correcta fermentación. Ahora bien, además del criterio de producción de EM/ha, está el de la economía de la ración alimenticia. Según el mismo, interesa mantener el nivel de energía metabolizable en 11 MJ/ kg MS o incluso superior. Por ello se puede establecer el compromiso de cosechar el maíz un poco antes, es decir, en grano pastoso-vítreo (corresponde al código 6 de la tabla XIII.3) para evitar la disminución del contenido energético en esta última etapa de desarrollo de la mazorca.

Una condición indispensable a la hora de cosechar el maíz para ensilar en este estado, es que la maquinaria utilizada para ensilar tenga dispositivo eficaz para aplastar los granos de maíz. De lo contrario, los granos que permanezcan enteros no serán digeridos por el animal y el valor alimenticio del ensilado de maíz resultante será muy inferior al que cabría esperar según los datos de análisis de laboratorio. Si la maquinaria no dispone de dicho mecanismo de aplastamiento, es preferible cosechar en grano pastoso, antes de que se inicie la transición a vítreo (código 5 de la tabla XIII.3).

Para ensilar el maíz, es posible utilizar todo tipo de silo, incluso bajo forma de rotopacas, pero, debido al fino tamaño de picado que se requiere para una correcta compactación, lo más habitual son los silos convencionales horizontales. En cuanto a las recomendaciones de pisado y cierre del silo, son las mismas que para ensilado convencional de hierba. Aunque el maíz forrajero reúna grandes facilidades para ensilar, es preciso realizar bien dichas labores para conseguir un producto final bien conservado y de alto valor nutritivo. Si se respeta la recomendación de cosechar en estado de grano pastoso-vítreo, el porcentaje de materia seca será superior al 30% y no habrá problemas de producción de efluente, lo cual es una importante ventaja.

Como ya comentamos en apartados anteriores, el maíz forrajero debido a su alto contenido de carbohidratos, no presenta generalmente problemas de malas fermentaciones. Sin embargo, es frecuente encontrar problemas de estabilidad aeróbica en sus ensilados, relacionados con problemas de compactación, derivados de un tamaño de picado poco adecuado y elevados contenidos en materia seca alcanzando temperaturas que superan los 50°C tan sólo 4-5 después de su apertura para el consumo. Los ensilados deteriorados, aunque no sean totalmente rechazados por los animales, tienen bajo valor nutritivo debido a la excesiva oxidación de los nutrientes solubles. Por ello, la utilización de aditivos en los ensilados de maíz debe estar orientada a solventar este problema.

Tabla XIII. 5.- Evolución de la calidad nutritiva y contenido energético de una variedad de maíz forrajero de ciclo corto desde el inicio de la formación de la mazorca hasta la fecha de cosecha en dos sistemas de manejo convencional vs. ecológico

Manejo	Días de crecimiento	MS	CEN	PB	FND	FAD	ALM	DMO <i>in vivo</i>	EM
Convencional	68 ± 2	18,08 a	5,55 a	7,40 a	59,78 a	32,49 a	1,27 a	68,6 a	10,4 a
	81 ± 2	22,84 a	4,09 a	6,37 a	59,85 a	31,54 a	4,94 a	67,0 a	10,3 a
	93 ± 2	30,13 a	3,27 a	6,09 a	48,86 b	26,30 b	21,41 a	72,7 a	11,3 a
	97 ± 2	30,53 a	3,35 a	5,57 a	50,67 a	26,98 a	19,96 a	71,4 a	11,0 a
	105 ± 2	37,47 a	3,30 a	6,59 a	42,56 a	22,88 a	29,55 a	74,9 a	11,6 a
Ecológico	68 ± 2	16,95 a	4,99 b	5,36 b	61,92 a	31,45 a	1,41 a	68,0 a	10,3 a
	81 ± 2	17,66 b	4,98 b	7,67 b	58,72 a	32,55 a	1,30 a	68,6 a	10,4 a
	93 ± 2	23,43 b	3,68 a	6,31 a	56,86 a	31,03 a	8,75 b	69,1 b	10,7 b
	97 ± 2	27,08 b	3,03 a	6,30 a	48,46 a	25,18 a	19,07 a	72,9 a	11,3 a
	105 ± 2	32,40 b	3,27 a	7,30 a	43,67 a	23,68 a	28,59 a	75,0 a	11,6 a
Manejo (M)		***	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
Días de crecimiento (E)		***	***	*	***	***	***	***	***
M*E		*	**	**	*	NS	*	NS	NS
eem		0,26	0,06	0,12	0,48	0,42	0,57	0,28	0,05

Vanegas Ruiz (2011)

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; NS: No Significativo ($p \geq 0,05$). Letras diferentes dentro del mismo corte según manejo indican diferencias significativas. MS: Materia seca; CEN: Cenizas; PB: Proteína bruta; FND y FAD: Fibra neutro y ácido detergente; ALM: Almidón; DMO *in vivo*: Digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica estimada; EM: Energía metabolizable (MJ/kg MS). eem: error estándar de la media; valores referidos a materia seca residual (% MS), salvo especificaciones



XIII.6.- Estado fenológico óptimo para la cosecha de maíz forrajero destinado a ensilar

En las imágenes se muestra en detalle las zonas de la mazorca y del grano donde se puede evaluar el estado de maduración del grano.



XIII.7.- Detalle del grado de desarrollo de la mazorca (grano pastoso vítreo) para ensilar

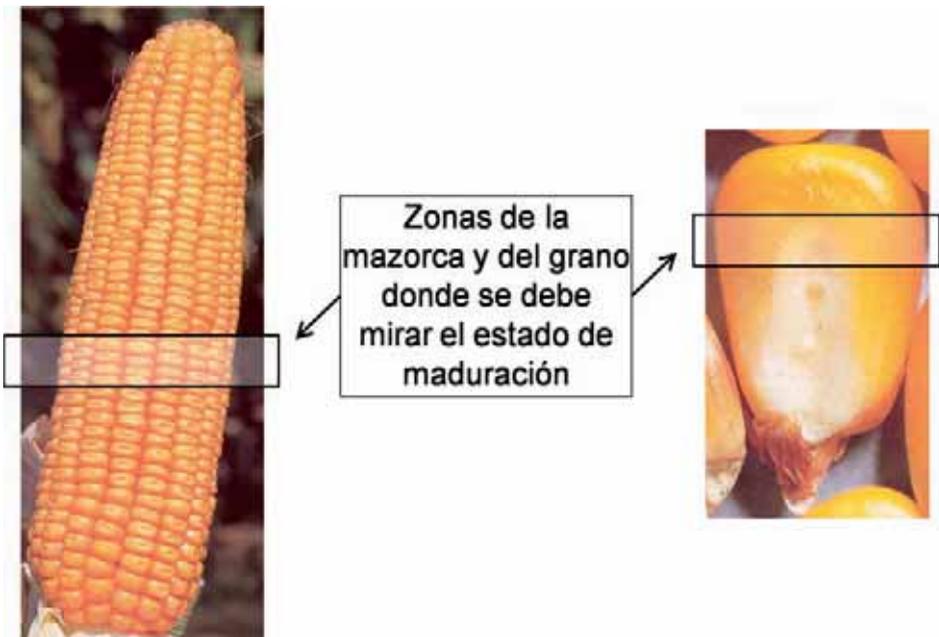


Figura XIII.9.- Zonas de la mazorca y del grano de maíz donde se debe de evaluar el estado de madurez del grano

XIII.9- Utilización del ensilado de maíz forrajero en alimentación animal.

La flora bacteriana que realiza los procesos fermentativos del ensilado utiliza los azúcares solubles, pero no el almidón. Este importante principio nutritivo se mantiene como tal en el forraje ensilado.

Siempre que los granos de maíz estén partidos en su totalidad (una vez más insistimos en este importante detalle), la digestibilidad del almidón de este forraje es elevada. En el rumen se degrada a baja velocidad liberando energía fermentable lentamente, lo que puede permitir una mejor actividad de su microflora con incremento de la eficiencia de síntesis de proteína microbiana. Además, la fracción no degradada es muy digestible en el intestino delgado y puede incrementar la absorción de glucosa en el mismo, efecto deseable en diversos estados metabólicos.

En relación con lo anterior, ha sido comprobado experimentalmente que, una dieta forrajera mixta con proporciones en materia seca dentro del carro mezclador de 2/3 de ensilado de maíz + 1/3 de ensilado de hierba, incrementaba la producción de leche y su contenido en proteína con respecto a solamente ensilado de hierba, siempre que el ensilado de maíz sea de buena calidad (más del 25% de almidón sobre materia seca). Ver tabla XIII.6.

Tabla XIII.6. - Variación en la producción y calidad físico-química de la leche, según calidad nutritiva del ensilado de hierba y del ensilado de maíz ingeridos

Ensilado de:	Hierba (1/3)	Maíz (2/3)	Hierba (1/3)	Maíz (2/3)
Calidad:	Excelente	Buena (almidón=25%MS)	Media	Mala (almidón= 5%MS)
Ingestión de ensilado (kgMS/día)	8,8	10,4	9,3	10,4
Producción de leche (kg/día)	21,4	23,1	23,8	21,6
Grasa (%)	3,77	3,76	3,35	3,60
Proteína (%)	3,06	3,16	2,93	3,06
Grasa +Proteína (kg/día)	1,46	1,59	1,49	1,44

Fitzgerald y Murphy (1993)

MS: materia seca

Entre las líneas de investigación del SERIDA, cabe destacar los trabajos desarrollados sobre la posibilidad de combinar la explotación de prados y praderas con la de maíz forrajero en rotación con un cultivo de invierno. El pastoreo rotacional puede ser suplementado con raciones completas mezcladas formuladas a partir de ensilado de maíz, con efectos favorables sobre la sostenibilidad de las explotaciones lecheras.

La formación de ácido propiónico en el rumen a partir del almidón del maíz forrajero resulta favorable para la producción de carne. Aún son pocas las explotaciones en que se utiliza, pero su número parece ir en aumento. Sí que resulta evidente que las ganaderías lecheras asturianas de mayores dimensiones destinan la mayor superficie posible a rotación maíz forrajero-cultivo de invierno.

XIV

Subproductos para ensilar

XIV.1.- Importancia de los subproductos para ensilar

XIV.2.- Subproductos a ensilar utilizados en Asturias

XIV.2.1.- Producción de bagazo de manzana en Asturias

XIV.2.2.- Composición del bagazo de manzana asturiano

XIV.2.3.- Degradabilidad ruminal del bagazo de manzana asturiano

XIV.2.4.- Utilización del bagazo de manzana en Asturias

XIV.2.5.- La borra de sidra como posible alimento para el ganado en Asturias

XIV.3.- Ensilado de subproductos derivados de la manzana

XIV.4.- Ejemplos de aprovechamiento de otros subproductos agroindustriales mediante ensilado utilizados en otras regiones españolas y en otros países

XIV.1.- Importancia de los subproductos para ensilar

Diversas industrias de transformación agrarias generan un nivel considerable de subproductos derivados del procesamiento de alimentos (subproductos hortofrutícolas, industrias conserveras y de zumos, excedentes de campañas, frutos de retirada y destrío), que es necesario gestionar y/o eliminar. Estos subproductos que frecuentemente son mal utilizados e incluso desperdiciados pueden ser aprovechables como alimento para el ganado si se conservan adecuadamente, ya que permiten incrementar las disponibilidades forrajeras, reducir costes y minimizar los problemas medioambientales que provoca su acumulación y almacenamiento.

Muchos de estos subproductos, presentan un bajo contenido inicial en materia seca, por lo que su consumo directo en fresco solo es posible en explotaciones muy próximas a las empresas que los generan. De ahí que para su aprovechamiento se acuda en casi su totalidad a métodos de conservación como la deshidratación o el ensilado.

La mayoría de los subproductos deshidratados son materias primas de gran interés para fabricación de piensos compuestos y mezclas, para elaboración de dietas mixtas y como un ingrediente más en raciones convencionales. Algunos subproductos fibrosos deshidratados también pueden utilizarse como absorbentes en el proceso de ensilado de hierba, como ya se ha mencionado en capítulos anteriores (ver capítulo IX, apartado IX.4.3 y capítulo X apartado X.2.4). No obstante, el proceso de la deshidratación resulta muy caro, ya que son necesarios entre 250 a 300 litros de combustible y 200 kw/h de electricidad para producir una tonelada de subproducto deshidratado con una materia seca entre 88 y 90%.

En contraposición, diversos resultados de investigación avalan que el ensilado de los mismos subproductos es una opción más apropiada y aconsejable para su conservación por períodos prolongados, sobre todo, teniendo en cuenta que estos subproductos húmedos presentan en general una alta ensilabilidad (Chedly y Lee, 2001).

En este tipo de ensilado se deben respetar los mismos principios que se aplican para hacer un buen ensilado de hierba o cualquier otro cultivo forrajero en verde. Es decir, asegurar un cierre hermético del silo para crear un ambiente anaeróbico, y una buena fermentación que produzca suficiente ácido láctico para inhibir el desarrollo de microorganismos nocivos.

XIV.2.- Subproductos a ensilar utilizados en Asturias

Proceden de industrias agrarias ubicadas en la propia comunidad y en las limítrofes. Los más destacados son:

Bagazo de manzana, conocido popularmente en Asturias como «magalla». Procede del prensado de las manzanas para la extracción del mosto a utilizar en elaboración de sidra.

Borra de sidra, subproducto procedente del proceso de fermentación del mosto de manzana.

Pulpa de remolacha húmeda, procedente sobre todo de azucareras leonesas. Los costes de transporte hacen muy dudosa su rentabilidad. Sólo compensa a un precio total inferior a la tercera parte del de la pulpa seca de remolacha.



XIV.1.-Residuo de manzana para ensilar obtenido después del último prensado para la elaboración de sidra

XIV.2.1.- Producción de bagazo de manzana en Asturias

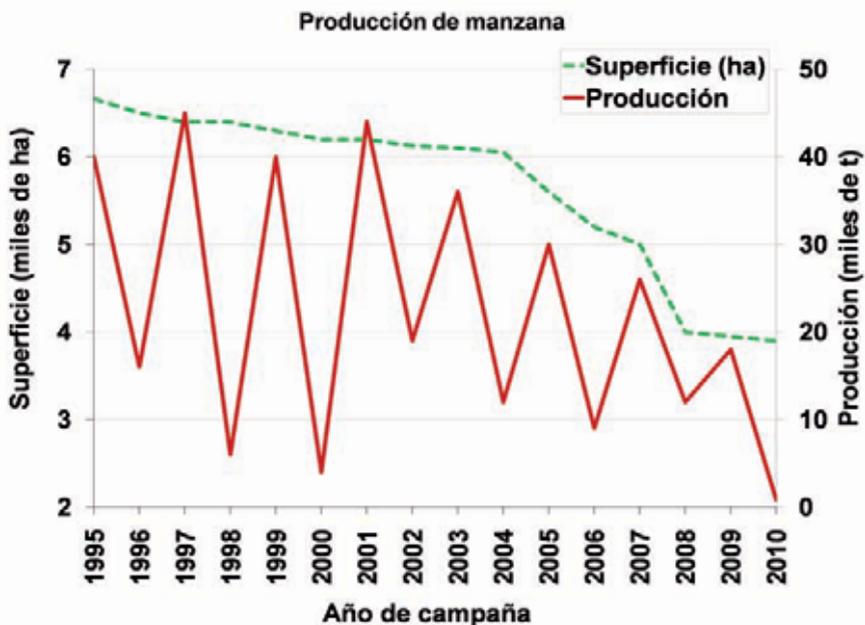
El cultivo del manzano, en particular el del manzano de sidra, está ligado al desarrollo agrario de Asturias. Con la expansión del sector sidrero, se sitúa en tercer lugar en grado de importancia del sector agroalimentario regional, después del lácteo y cárnico.

Las plantaciones de manzano de sidra, implantadas normalmente sobre una cubierta herbácea bien desarrollada y conocidas como "pomaradas" (cultivo mixto adehesado manzano-pradera), se localizan casi en su totalidad en la llamada "Comarca de la sidra", que comprende la zona Centro y Oriente de Asturias. En la

zona occidental, que es donde se localizan las mayores exploraciones lecheras, consumidoras potenciales de este subproducto, hay muy pocas pomaradas.

Según información proporcionada por el Programa de Investigación sobre Manzano de Sidra del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), una pomarada implantada a todo viento, en buenas condiciones y bien manejada, tiene una media de producción anual de manzana entre 15 y 20 t/ha. Si se realizan técnicas de aclareo, estas cifras pueden incrementarse. Si además se sustituye la modalidad tradicional de todo viento por la de cultivo en eje vertical, la producción puede llegar a los 30 t/ha de manzana. De esta producción, el rendimiento en mosto se sitúa en torno a un 70 –75%, por lo que la producción de bagazo de manzana relativo a las cifras anteriores oscilaría entre 3750 y 7500 kg/ha.

No obstante, hay que tener en cuenta un par de consideraciones con respecto a la estimación de la producción anual de bagazo de manzana. Por una parte, según datos estadísticos del Gobierno del Principado de Asturias (2011), la superficie dedicada a pomarada en Asturias ha descendido drásticamente en los últimos años. Además, también hay que tener en cuenta que la producción de manzana está afectada por el llamado efecto "vecería", esto quiere decir que los rendimientos productivos de los años pares son muy inferiores a la de los impares, lo que traducido en cifras implica que la producción de los años malos supone tan solo el 18 - 33% de la de los buenos. Ambos efectos se pueden observar en la figura XIV.1.



Gobierno del Principado de Asturias (2011)

Figura XIV.1.- Superficie de pomarada y producción total de manzana de sidra en Asturias

Las cifras que se muestran en la figura XIV.1, si bien son claramente concordantes en lo que atañe a la vecería, revelan unas producciones de las pomaradas de solo 7000 kg/ha en años "buenos" y de 600 – 2500 en los "malos". Son cifras muy inferiores a las reportadas por los investigadores del SERIDA, como consecuencia del mal manejo e incluso del casi total abandono en muchas explotaciones familiares. De hecho, en 1985 había 10.219 ha de pomarada, que fueron disminuyendo de forma continua hasta el presente.

Debido a este progresivo abandono, la demanda de manzana que requiere el volumen de sidra elaborada y consumida anualmente en Asturias, es mayor que la producción autóctona. Este hecho se solventa importando manzana de mesa de otras Comunidades Autónomas españolas (especialmente Galicia, Lérida y Aragón) e incluso de otros países, fundamentalmente de los países Balcánicos (Dapena de la Fuente, 1996).

Manteniendo el rendimiento del 70 – 75% en mosto y asumiendo que la menor producción en años "malos" se compense con compras en otras regiones españolas, la producción anual de bagazo de manzana en Asturias se puede cifrar en torno a 10 – 14 miles de toneladas anuales.

Existen muchas variedades de manzana de sidra en Asturias. No se sabe exactamente cuantas, pues tienen una distribución muy local. En el Banco de Germoplasma del SERIDA, hay recogidas unas 800, de las que 550 se cree que son autóctonas. En principio, los investigadores del Programa de Manzano de Sidra del SERIDA no creen que la variedad afecte a la proporción mosto: bagazo, aunque sí que es indudable que los lagares tienden a exprimir cada vez más la manzana para incrementar la cantidad de mosto.

XIV.2.2.- Composición del bagazo de manzana asturiano

En alimentación animal el bagazo de manzana es considerado como una buena fuente energética debido a su elevado contenido en polisacáridos de reserva, además de un importante aporte de fibra digestible. Sin embargo, al poseer una baja proporción de fibra efectiva, puede ser limitante para un adecuado funcionamiento del rumen si es suministrada a niveles altos. Se le atribuye un cierto efecto lactogénico derivado del mayor aporte de carbohidratos solubles que aumentarían la síntesis de lactosa a nivel de glándula mamaria. Ahora bien, un suministro excesivo de este subproducto puede provocar una menor producción de ácido acético en el rumen y, consecuentemente, un descenso en el contenido de grasa láctea. Contiene también compuestos polifenólicos y una cierta proporción de taninos condensados (Vicente *et al.*, 2005).

En la tabla XIV.1 se muestra la composición en principios nutritivos, digestibilidad y aporte energético medios del bagazo de manzana. Los resultados muestran diferencias importantes en las características químicas del bagazo de manzana en función de su origen, variedad de manzana y, fundamentalmente, método de extracción. Por ejemplo el que un lagar de Infiesto (Concejo de Piloña) resulte con un contenido en calcio muy superior a la media (0,559% sobre materia seca), es imputable a que en dicha zona predominan terrenos calizos. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que la manzana completa es un fruto rico en pectinas y taninos, compuestos químicos que interfieren la interpretación del análisis basado en el fraccionamiento Van Soest.

Tabla XIV.1.- Contenido en principios nutritivos del bagazo de manzana

	Promedio	Desv.est.	Mínimo	Máximo	N
Materia seca (%)	23,35	4,81	11,70	32,30	26
Cenizas (%MS)	2,24	0,869	1,21	5,57	22
Proteína bruta (%MS)	5,90	1,214	3,577	8,55	22
Extracto etéreo (%MS)	3,13	1,135	1,35	6,30	21
Fibra bruta (%MS)	22,70	4,151	13,05	33,29	21
Materiales extractivos libres de N (%)	66,01	5,927	53,02	80,48	21
Fibra neutro detergente (%MS)	51,15	12,531	25,98	65,89	9
Fibra neutro detergente libre de cenizas (%MS)	50,32	12,866	25,71	64,70	7
Fibra ácido detergente (%MS)	35,76	8,244	19,72	45,14	7
Lignina ácido detergente (%MS)	22,47	7,810	13,06	32,63	6
DenzMOn _{dc} (%)	71,02	6,583	66,36	75,67	2
DMO _{est} (%)	73,4	5,19	67,2	81,3	7
EM _{est} (MJ/kgMS)	11,5	0,81	10,6	12,8	7
Calcio (%MS)	0,212	0,1762	0,056	0,559	6
Fósforo (%MS)	0,109	0,0217	0,081	0,138	7
Magnesio (%MS)	0,056	0,0079	0,049	0,069	6

MS: Materia seca; Desv.est.:Desviación estándar; N: Número de observaciones; DenzMOn_{dc}: Digestibilidad enzimática neutro detergente-celulasa de la materia orgánica; DMO_{est}: Digestibilidad in vivo de la materia orgánica estimada a partir de la anterior y/o de la composición química; EM_{est} (MJ/kg MS): Energía metabolizable estimada, en megajulios por kg de materia seca.

XIV.2.3.- Degradabilidad ruminal del bagazo de manzana asturiano

Siguiendo la propuesta de la Comisión de las Comunidades Europeas para la estandarización del método de las bolsas de nylon, para la determinación de la degradabilidad *in situ* de materia seca y proteína bruta, en el SERIDA se realizaron

diversos ensayos con muestras de bagazo de manzana procedentes de diversos lagares asturianos. En concreto, la muestra BM₂ (tabla XIV. 2) proviene de una torta de extracción de mosto de una única variedad de manzana, en estado maduro y mediante prensa rápida, mientras que BM₁ y BM₃ provienen de la mezcla de variedades ácidas y dulces, sin llegar a madurez, cuyo mosto se extrajo de forma tradicional para mejorar el rendimiento, lo que supone una permanencia larga del bagazo en la prensa.

Los valores obtenidos, que están incluidos en los bancos de datos de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla XIV.2.- Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y proteína bruta de bagazo de manzana asturiano de diferente procedencia

	Materia seca			Proteína bruta		
	A	B	C	A	B	C
Bagazo de manzana (BM ₁)	19,80a	71,26 b	6,27	8,83a	79,91	9,20 a
Bagazo de manzana (BM ₂)	55,81b	40,45 a	7,12	14,08	81,90	8,48 a
Bagazo de manzana (BM ₃)	20,65a	70,22 b	5,91	19,43b	79,82	4,40 b
e.e.m.	0,226	0,285	0,233	0,976	1,148	0,349

Vicente *et al.*, (2005).

BM₁, BM₃: Mezcla de variedades, fruto inmaduro, extracción lenta.

BM₂: Variedad única, fruto maduro, extracción rápida

A y B: (%) fracciones soluble y potencialmente degradable; C: tasa fraccional de degradación (% hora⁻¹).

a, b, c: Valores en la misma columna con letras distintas son diferentes a P<0,05.

Podemos afirmar que la variabilidad en la composición química del bagazo de manzana que se refleja en la tabla XIV.1 en función de su origen, variedad de manzana y, fundamentalmente, método de extracción, se reflejan asimismo en la variabilidad encontrada en los parámetros de degradación ruminal que se muestran en la tabla XIV.2.

La mayor variación entre resultados se presenta en las fracciones solubles y potencialmente degradables (coeficientes A y B) para la materia seca (MS), en los que existen diferencias de más de 30 puntos porcentuales entre muestras, claro reflejo de las diferencias iniciales. Se observa que la materia seca del bagazo de manzana monovarietal y con extracción rápida presenta una mayor fracción rápidamente fermentable en el rumen, que convendría tener presente en el racionamiento del ganado vacuno.

Estas diferencias son menores en el caso de la degradabilidad de la proteína bruta (PB). Al respecto, hay que tener en cuenta que la baja proporción de la fracción proteica de este alimento (asociada a piel y semillas) incrementa los errores por contaminación microbiana de los residuos de las bolsas, además del imputable a que su desaparición no implica degradación.

XIV.2.4.- Utilización del bagazo de manzana en Asturias

Muchos productores de manzano de sidra tienen a su vez ganadería propia, por lo que es habitual que retiren del lagar donde vendieron la manzana el bagazo correspondiente a ésta para utilizarlo como parte de la ración de sus animales, tanto fresco como ensilado.

Hace algunos años, en las ganaderías Asturianas era relativamente frecuente mezclar el bagazo de manzana fresco con harina de maíz y suministrarlo así al ganado vacuno. Hoy, se conserva preferentemente mediante ensilado, ya que fermenta con facilidad dado su alto contenido en azúcares y bacterias lácticas.

En ocasiones, también es utilizado como aditivo para mejorar la fermentación en ensilados de hierba de otoño. De hecho, los ensilados de mezcla de hierba de otoño con bagazo de manzana presentan valores de pH inferiores a 4, poco frecuentes en ensilados directos de hierba de primavera. Otros aprovechan la proximidad en fechas de la cosecha del maíz y del proceso de elaboración de sidra (finales de septiembre) para ensilar juntos el maíz y el bagazo resultante de la elaboración del mosto.



XIV.2.-Ensilado de maíz (parte inferior) y bagazo de manzana (capa superior) abierto tras la fermentación para suministrar al ganado como parte de la ración

XIV.2.5.- La borra de sidra como posible alimento para el ganado en Asturias

Como ya se ha mencionado anteriormente, se conoce como "borra de sidra" a otro subproducto procedente del proceso de fermentación del mosto de manzana. Véase en la tabla XIV.3 el contenido medio en principios nutritivos de muestras de borra de sidra, efectuados en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA.

Tabla XIV.3.- Contenido en principios nutritivos de la "borra" de sidra

Materia seca (%)	44,1
Cenizas (%MS)	23,3
Proteína bruta (%MS)	17,22
Fibra neutro detergente libre de cenizas (%MS)	43,98
Fibra ácido detergente libre de cenizas (%MS)	14,15
Extracto etéreo (%MS)	1,56
Fibra bruta (%MS)	2,11
Calcio (%MS)	0,14
Fósforo (%MS)	0,40

SERIDA (2012) datos no publicados

De los resultados que se muestran en la tabla XIV.3 se pueden destacar los siguientes detalles:

- Alto contenido en cenizas, que va a condicionar bajo valor energético.
- Alto contenido en proteína: Dado que la manzana es relativamente pobre en este principio nutritivo, los elevados valores de proteína sugieren que ésta debe ser en gran parte monocelular. Es decir, que es muy probable que proceda de levaduras y/o bacterias. Si permanecen vivas, provocarán que el alimento no sea estable y que además pueda afectar negativamente a la población microbiana del rumen.
- Bajo contenido en fibra neutro detergente, ácido detergente (libres de cenizas) y bruta: La elevada diferencia entre la fracción de fibra ácido detergente y fibra bruta sugiere que, o bien hay mucha lignina, o bien muchas pectinas y taninos. El que la materia prima inicial sea la manzana sugiere más bien esto último. Puede representar un problema nutricional por exceso de formación de gases en el rumen, con riesgo de meteorismo.
- Baja relación calcio: fósforo.

A falta de más información, consideramos como forma más prudente para su posible empleo en nutrición de ganado vacuno el ensilado previo, para limitar la vida microbiana en el producto final. Como precaución ante un posible exceso de pectinas y taninos, sugerimos no rebasar un límite de 5 kg de borra/ cabeza/ día.

XIV.3.- Ensilado de subproductos derivados de la manzana

Se utilizan silos convencionales de tipo trinchera o plataforma aunque sería perfectamente aplicable el ensilado en túnel.

A la hora de realizar la compactación de la masa a ensilar, debido a las características físicas de la misma, el pisado con el tractor no resulta fácil. Se presentan problemas de deslizamiento. Deben extremarse las precauciones en caso de utilizar silo plataforma.

La calidad fermentativa de estos ensilados resulta habitualmente excelente. No hay problemas de conservación. Los ensilados de estos subproductos pueden mantenerse más de dos años después de su apertura sin signos de deterioro ni pérdida de principios nutritivos.

Además de sus características químicas y su buena ensilabilidad, poseen una importante población de bacterias lácticas (fermentación deseable) pero también de levaduras que como ya se indicó en el capítulo III (apartado III.3.3), pueden dar lugar a una intensa fermentación secundaria de tipo alcohólico (fermentación no deseable).

A la hora de establecer su consumo por los animales, debido a este riesgo de alta fermentación alcohólica, así como al exceso de pectinas y taninos, se aconseja su ingestión de forma racionada, recomendándose un máximo de 5 kg de MS/vaca/día.



XIV.3.- Ensilado trinchera de maíz y bagazo de manzana

XIV.4.- Ejemplos de aprovechamiento de otros subproductos agroindustriales mediante ensilado utilizados en otras regiones españolas y en otros países

En algunas zonas de España como Castilla León, se dedican grandes extensiones al cultivo de remolacha con destino a la industria azucarera. Es un cultivo altamente productivo, pudiendo superar las 100 t por ha (MAGRAMA, 2012), por lo que puede plantearse como una alternativa al cultivo del maíz en la alimentación del vacuno lechero. Desde el punto de vista nutricional, la remolacha es muy energética, por su elevada proporción de azúcares, aunque es pobre en proteína, fibra y oligoelementos. Dado el alto contenido en humedad de sus raíces, hace que sea un producto perecedero, por lo que su conservación mediante ensilado permite obtener un alimento energético, para el ganado vacuno de leche (Valdés *et al.*, 2013).



XIV.4.- Proceso de ensilado de remolacha azucarera

En la cuenca del Mediterráneo se han ensilado con éxito grandes cantidades de subproductos agroindustriales y residuos de cosecha como pulpa de cítricos, orujo de uva, pulpa de tomate y torta de aceitunas, entre otros.

Por otra parte, en determinadas regiones del sureste peninsular (principalmente Murcia y Almería) se genera una enorme cantidad de subproductos vegetales de invernadero (tomate, pimiento, judía, alcachofa, brócoli, etc.). En estas zonas el proceso de ensilaje se ha convertido en uno de los métodos más eficaces para garantizar la correcta conservación del valor nutritivo de estos residuos con alto contenido en humedad (Barroso *et al.*, 2006).

La alimentación del ganado en el archipiélago Canario presenta una acusada dependencia del exterior, siendo uno de los graves estrangulamientos del sector ganadero. Para paliar parcialmente esta dependencia y abaratar los costes alimenticios del ganado (concretamente de caprino) se utilizan habitualmente los subproductos agroindustriales derivados del cultivo del plátano. El interés de estos subproductos, para completar el aporte fibroso de la ración deriva de la escasez de cultivos forrajeros en el archipiélago, ya que se importan anualmente más de 100.000 t solamente de paja de cereal para ser utilizada como sustrato fibroso, a las que hay que sumar otros materiales fibrosos y concentrados.

La importancia de estos subproductos se pone de manifiesto al considerar que la superficie dedicada al cultivo del plátano es de unas 9.000 ha, lo que anualmente significa una producción de más de 371.000 t de plátanos para comercializar. Estos subproductos se componen de residuos de cosecha y de la clasificación y empaquetado cifrándose en unos 37 millones de kg de materia fresca su producción anual.

Los subproductos de la platanera se caracterizan por un bajo contenido en materia seca. Su composición química es similar a la de los concentrados energéticos con un contenido en cenizas, proteína y fibra bajos y un contenido medio en carbohidratos no estructurales muy alto (75-80%). El tipo de carbohidratos dependerá del estado de madurez del plátano; mientras que en el fruto verde el almidón representa el 70-90%, en el fruto maduro representa solamente el 50-65%, estando el resto constituido por azúcares solubles. Además se puede considerar como un subproducto muy energético, ya que su valor es superior al de los cereales con valores entre 1,10 y 1,20 UFL kg/MS

Habitualmente se usan en fresco, pero su conservación mediante ensilado ofrece a los ganaderos la posibilidad de conservar alimentos baratos para su empleo futuro (Álvarez, 2013). Estos ensilados son muy apetecibles y palatables en vacas, pudiendo llegar a consumir grandes cantidades, mientras que en pequeños rumiantes en general y sobre todo en cabras en particular, estas cantidades deben ser más moderadas. Su bajo contenido en fibra, proteína y minerales hace necesario

complementarlo con forraje fresco o henificado para prevenir problemas en el rumen y con un suplemento de proteína y minerales



XIV.5.- Proceso de elaboración de ensilado de subproductos de transformación de plataneras

También cabe mencionar que en muchos países tropicales y subtropicales se ensilan habitualmente residuos de cosecha y de procesamiento de alimentos y subproductos de molinería. Son habituales los rechazos de la manufactura del banano (al igual que en el archipiélago Canario), multitud de tubérculos y raíces de yuca, taro, batata y ñame y también subproductos derivados de pulpa fresca de frutas tropicales como el mango, papaya, piña, etc. (Chedly y Lee, 2001).

En las zonas áridas de los países del norte de África, también es frecuente ensilar los subproductos de procesado de palmera datilera para alimentar a los pequeños rumiantes (Khorchani *et al.*, 2004).

XV

Indicadores de calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados

XV.1.- Introducción

XV.2.- Valor nutricional

XV.3.- Toma de muestra para el análisis

XV.3.1.- Toma de muestra en silos horizontales

XV.3.2.- Toma de muestra en silos verticales

XV.3.3.- Toma de muestra en rotopacas

XV.4.- Indicadores de calidad de los ensilados

XV.4.1.- pH y análisis químico-bromatológico

XV.4.2.- Otros parámetros fermentativos

XV.5.- Recomendaciones prácticas para determinar la calidad de los ensilados

XV.6. Calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados en Asturias

XV.6.1.- Ensilados de forraje de pradera y raigrás italiano

XV.6.2.- Ensilados de maíz

XV.6.3.- Ensilados de bagazo de manzana

XV.7.- Aplicación de la reflectancia en el infrarrojo cercano para el control de calidad de los ensilados

XV.1.- Introducción

Es un hecho comprobado la influencia de factores climáticos, edáficos, estado de madurez de la planta, operaciones de manejo, tipo de fermentación, etc., sobre el valor nutritivo de los ensilados. El valor como alimento de los forrajes ensilados, viene determinado en gran medida por el valor energético, el valor nitrogenado y la ingestibilidad que presenta el forraje verde en el momento de su recolección, así como de las alteraciones producidas ligadas a las técnicas de recolección y de conservación.

El contenido en materia seca del forraje ensilado suele ser más elevado que la del forraje verde de partida, debido fundamentalmente al escurrido de jugos o producción de efluente en el silo, dependiente del contenido de materia seca del forraje inicial. Las variaciones que ocurren durante el proceso de prehenificación y ensilaje, se traducen en una desaparición casi completa de los carbohidratos solubles, debido a que son utilizados por la flora microbiana como sustrato en los procesos de fermentación, siendo convertidos en una gran variedad de compuestos y ácidos orgánicos (ácido láctico, ácidos grasos y alcoholes); salvo en los casos de ensilajes muy predesacados o elaborados con adición de ácido fórmico, lo que induce a una fermentación restringida (Demarquilly *et al.*, 1989).

En el caso del maíz, el efecto que el proceso de ensilaje ejerce sobre la composición química, se materializa sobre el contenido en carbohidratos solubles y la consiguiente producción de los ácidos de fermentación, manteniendo una relación inversa con el contenido en materia seca.

El contenido en fibra suele verse afectado significativamente por el ensilado, debido al incremento pasivo provocado por la variación en el contenido en materia seca. No existiendo diferencias apreciables entre el ensilado y el forraje de partida en lo referente al contenido en minerales.

En cuanto al contenido en proteína bruta, aunque sea similar para el forraje de partida y el ensilado, una elevada proporción de la proteína del forraje es degradada en el silo durante el proceso de fermentación a nitrógeno no proteico, en forma de amoniaco, aminoácidos libres y aminas, causa directa de una reducción del valor nutricional del ensilaje. La medida de la concentración de nitrógeno amoniacal se toma habitualmente como criterio del nivel de degradación proteica (Martínez-Fernández, 2003; de la Roza Delgado *et al.*, 2003).

El valor de la digestibilidad puede sufrir una importante disminución en el caso de ensilados que hayan desarrollado un mal proceso de conservación o forrajes ensilados con bajo contenido en materia seca, debido a las pérdidas de efluentes que contienen nutrientes altamente digestibles (Demarquilly *et al.*, 1998); hecho que lleva asociado un aumento relativo de la proporción de paredes celulares.

Asimismo, la prehenificación previa al ensilado también conlleva una disminución de la digestibilidad. En caso de secado del forraje con climatología adversa, lo que origina lixiviación por lluvia, estas pérdidas pueden ser muy importantes, como ya se ha comentado en el capítulo IX relativo a las causas y cuantificación de las pérdidas en los ensilados (ver tabla XV.1, SERIDA, de la Roza Delgado *et al.*, 2007).

Tabla XV.1.- Valor nutritivo de hierba verde y prehenificada con malas condiciones meteorológicas y de los ensilados obtenidos

	Hierba verde			Hierba prehenificada	
		Ensilado trinchera	Ensilado hermético		Ensilado en rotopacas
Materia seca (%)	16,58	17,08	15,55	28,19	25,72
Cenizas (%MS)	9,59	15,42	14,62	23,95	31,5
Proteína bruta (%MS)	17	17,89	18,4	13,96	15,56
Fibra neutro detergente (%MS)	43,71	49,87	49,8	52,04	53,02
Fibra ácido detergente (%MS)	27,34	38,9	39,2	39,4	47,65
Lignina ácido (%MS)	3,6	4,09	3,7	5,0	4,47
Azúcares solubles (%MS)	22,46	3,02	2,69	15,46	0,44
Digestibilidad in vivo MO (%)	81,08	77,42	74,22	77,16	64,92

De la Roza Delgado *et al.*, (2007)

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica

XV.2.- Valor nutricional

La práctica de la alimentación animal desde una concepción simplista, es decir, basada en el racionamiento como objetivo para calcular las cantidades diarias de alimentos en una ración y asegurar la cobertura de las necesidades del animal para una determinada producción, no es difícil. En términos generales, la alimentación del ganado constituye uno de los aspectos claves en la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Por ello, el conocimiento preciso de la composición de los alimentos es una herramienta de ayuda a los ganaderos en la toma de decisiones sobre los sistemas de manejo y gestión de la alimentación de sus explotaciones y una ayuda que facilita a los asesores agropecuarios la elaboración de raciones alimenticias más económicas y equilibradas, aprovechando al máximo el valor nutritivo de los alimentos. Tal información es vital cuando se trata de alcanzar los altos niveles de producción animal hoy en día requeridos para una producción competitiva (Flores, 2004).

Pero al igual que en la nutrición humana, la nutrición animal está cambiando de un concepto de nutrición adecuada a uno de nutrición óptima. De ahí, que fruto

de esa evolución, la Nutrición Animal además de considerar a los alimentos en términos de producción eficiente, debe tener en cuenta su viabilidad para promover la salud animal y humana y proteger de posibles crisis alimentarias.

El conocimiento de la composición química y el valor nutricional de los alimentos para el ganado también es fundamental para la planificación del funcionamiento de las explotaciones ganaderas, en cuanto a la producción de forrajes o la elección de cultivos y su manejo, de forma que estos cubran las necesidades en cuanto a dieta y dimensión económica para los animales a cuyo consumo van destinados. Adicionalmente, proporciona información básica a los gestores para la planificación de una adecuada política agraria a través de una agricultura más competitiva, sin eludir la sostenibilidad.

No hay que olvidar que las preocupaciones y presiones de la sociedad, están haciendo modificar algunas de las prácticas ganaderas tratando de mejorar e incluso eliminar aquellas prácticas más dolosas para los animales, lo que se traduce en reducciones importantes en la rentabilidad de los sectores ganaderos. Por ello, es necesario profundizar en las repercusiones que la implantación de este tipo de sistemas tiene sobre la calidad y salubridad de los productos. Como consecuencia, el papel de la nutrición animal, se está convirtiendo cada vez más en una necesidad esencial que apoye la reducción de los riesgos sanitarios que pueden suponer las malas prácticas en el manejo de la alimentación y se centre cada vez más, no en producir la mayor cantidad de productos animales de la forma más eficiente posible y al menor coste, sino en hacerlo teniendo en consideración otros aspectos, como el bienestar animal y el respeto al medio ambiente, siendo necesario adaptar las estrategias de alimentación a una producción sostenible.

Las conexiones entre alimento, salud animal, nutrición animal y productos animales saludables para consumo humano, implican una formación multidisciplinar y la caracterización de los alimentos para el ganado en función de su composición química y su valor nutricional es un concepto multifactorial. En el caso concreto de los ensilados las determinaciones analíticas mínimas necesarias para poder efectuar su valoración nutricional son pH, análisis químico bromatológico para conocer su contenido en principios nutritivos, a saber: materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra neutro detergente y estimación de la digestibilidad de la materia orgánica y parámetros fermentativos. En función de ellos se puede efectuar la valoración energética y estabilidad del ensilado (Argentería *et al.*, 1997).

XV.3.- Toma de muestra para el análisis

Esta importantísima operación es mucho más difícil de lo que parece y, realizada sin respetar ciertas normas, puede hacer totalmente inútil el posterior esfuerzo que supone efectuar con rapidez un análisis correcto en caso de no realizarse sobre una muestra bien conservada, representativa y homogénea.

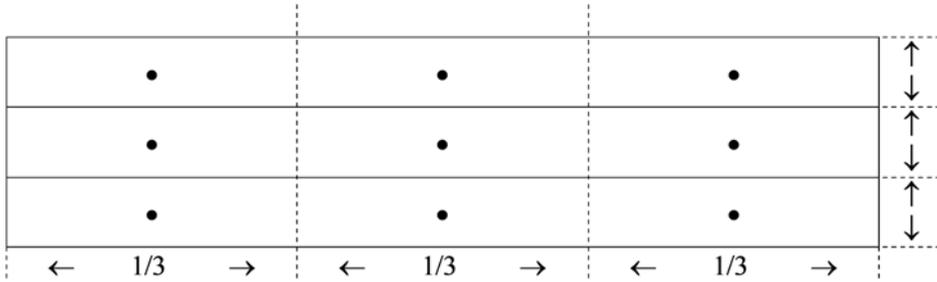
Es necesario tomar las muestras para análisis antes de empezar a suministrar el ensilado a los animales, por tanto el muestreo de los silos para efectuar su caracterización nutricional, debe ser realizado con suficiente antelación a la apertura de los mismos, con el fin de permitir la elaboración de raciones equilibradas para el ganado que optimicen el uso de los forrajes desde un punto de vista económico y nutricional. A continuación, se deben cerrar adecuadamente las perforaciones que haya que practicar en el plástico sobre la masa de ensilado para la extracción de la muestras. Hay que tener muy en cuenta que, aún estabilizado, la aerobiosis siempre daña.

El material vegetal que integra los ensilados no constituye una masa homogénea. La muestra tomada debe poseer el mismo grado de heterogeneidad para representar bien al total de donde procede. Por ello, se aconseja la obtención de muestras en diversos puntos de la superficie y en toda la altura de la masa de forraje ensilado a fin de obtener una muestra representativa del mismo. Esta gran variabilidad existente en la composición química y calidad fermentativa del forraje dentro del mismo silo, se acentúa en gran medida para el caso de ensilajes de hierba procedente de diversas parcelas y/o procesadas de forma diferente (Valladares *et al.*, 2005).

XV.3.1.- Toma de muestra en silos horizontales

La composición del ensilado varía según profundidad y distancia a las caras laterales y frontal. El proceso ideal de muestreo, recomienda introducir una sonda hasta nueve veces: tres en la parte delantera del silo, tres en la central y otras tres en la trasera, extrayendo como muestra individual de cada una, la columna completa de la sección circular desde la superficie hasta el fondo del silo. Estas nueve muestras en total, se reúnen constituyendo una sola, cuyo peso final no debe ser inferior a 1 kg. Ver figura XV.1 (a,b).

(a)



(b)

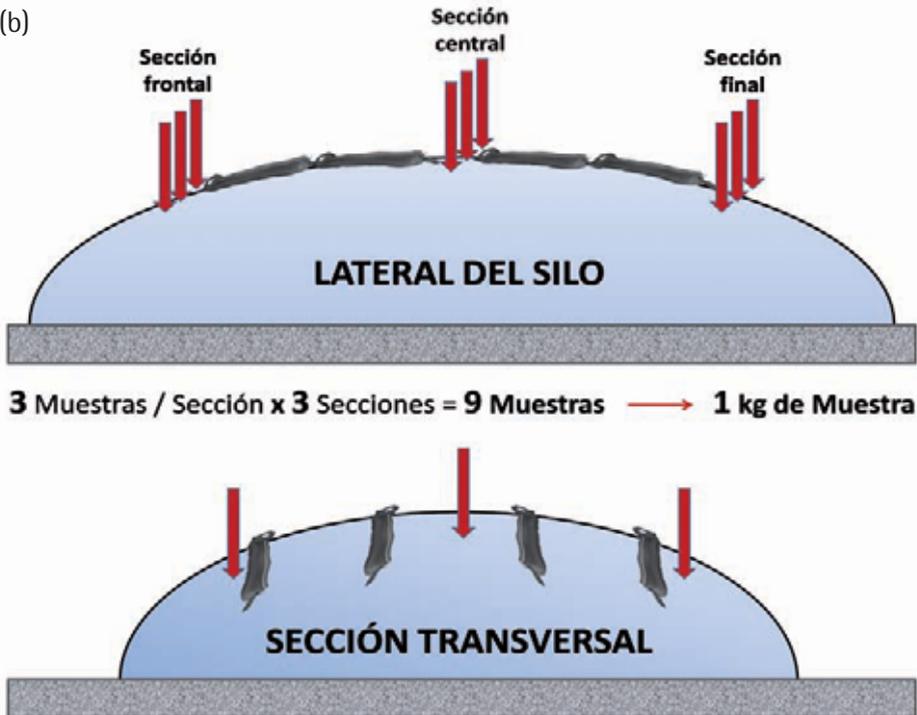


Figura XV.1 (a, b).- Esquema de toma de muestras en silos horizontales

Este proceso de toma de muestras es lento y laborioso; requiere un gran esfuerzo físico, en particular en silos de gran capacidad con alturas superiores a dos metros. En silos no muy grandes, se podría reducir el total a cuatro muestras individuales, similares a las anteriores, a reunir en una sola que no debe ser inferior a 1 kg, aunque lógicamente, la muestra final es menos representativa. Ver figura XV.2.

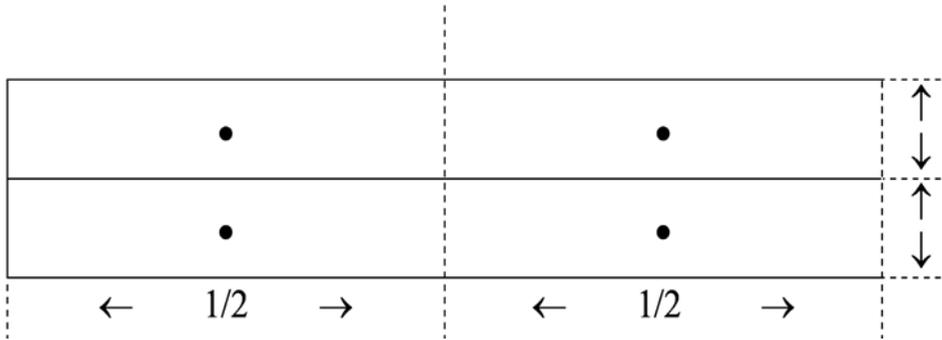


Figura XV.2.- Esquema de toma de muestras reducida en silos horizontales

Con silos muy estrechos, de menos de cinco m. de frente, se podría reducir el total a solo tres muestras a intervalos de 1/3 según el eje longitudinal. Si éste además es corto, de menos de 10 m., se podría incluso reducir a sólo dos muestras a intervalos de 1/2 según dicho eje. Sin embargo, sigue resultando indispensable que el tamaño final de la muestra recogida no sea inferior a 1 kg, para garantizar una correcta preparación de muestra para su análisis.

La toma de las muestras individuales se ha de realizar con una sonda construida en acero inoxidable, y con la boca afilada hacia el interior, formando un bisel de 7°, para poder penetrar sin dificultad en la masa de ensilado, según modelo indicado a continuación (figura XV.3). Es de señalar que, si la altura del silo es superior a 0,50 m, lo cual será habitual, se precisará introducir la sonda más de una vez en cada perforación para extraer una columna completa desde la superficie hasta el fondo.

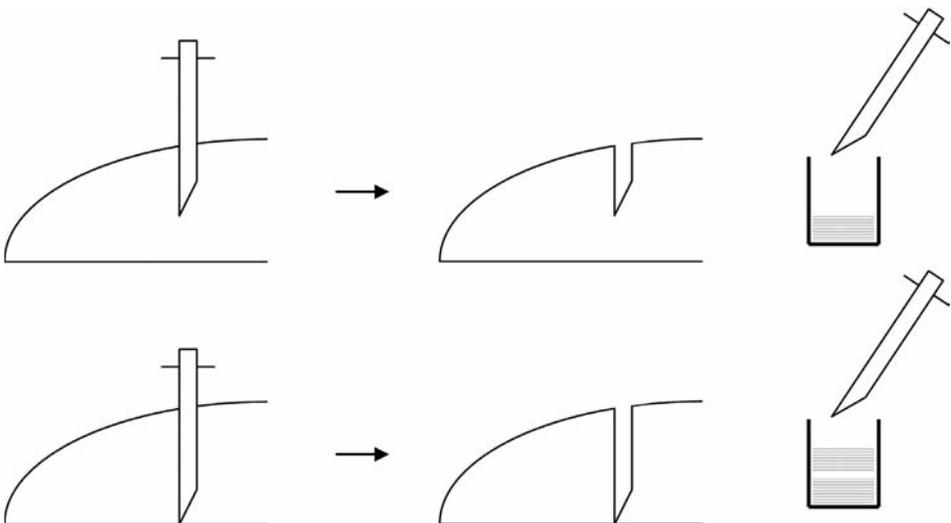


Figura XV.3.- Esquema de toma de muestras con sonda en silos horizontales

La sonda para la toma de muestras puede estar accionada mecánicamente por un taladro eléctrico con batería, para lo cual es necesario que presente la boca roscada. De esta forma el muestreo de los silos puede ser realizado con mayor facilidad y reducido esfuerzo, asegura la representatividad de la muestra tomada, e incrementa la eficacia de los operadores.

Valladares *et al.* (2005) desarrollaron un prototipo de sonda mecanizada, realizado a partir de la modificación de un diseño del Swedish Institute of Agricultural Engineering (Uppsala, Suecia), adoptando la idea de una hélice en el exterior del elemento de toma de muestras para facilitar su introducción y posterior retirada de la masa de forraje. En su concepción más simple consta de dos elementos (cuerpo sacamuestras y extensión), de dimensiones 75 y 100 cm, respectivamente, engarzados mediante un dispositivo en bayoneta fácilmente operable. Ambos construidos en tubo de acero inoxidable de diámetro interior 35 mm y 22 mm respectivamente y 1,5 mm de espesor. Es posible añadir un tercer elemento de extensión, con lo cual se pueden alcanzar profundidades de muestreo de hasta tres metros.



Figura XV.4.- Toma de muestras de ensilados con sonda mecanizada

El vacío generado con cada perforación debe rellenarse con pulpa de remolacha o un concentrado granulado y el orificio en la lámina de cierre del silo se debe cerrar con un trozo de plástico a adherir mediante pegamento o cinta aislante.

Una vez tomada la muestra, ésta no va a ser estable y que debe llegar al laboratorio lo más rápidamente posible, tomando las precauciones necesarias para evitar cualquier modificación de su composición, contaminación o alteración que pueda sobrevenir en el transcurso del transporte o del almacenamiento. La muestra total se introducirá en una bolsa o contenedor bien limpio y seco, fabricado en un material impermeable al agua y al aire, que no produzca alteración alguna en las características del producto muestreado. Se cerrará herméticamente, siendo recomendable envasar al vacío y conservar refrigerada. Si no puede llegar al laboratorio el mismo día, pueden mantenerse refrigerados 24 horas. Periodos superiores a 24 h, requieren congelación.

Si no se dispone de sonda, es imprescindible esperar a abrir el silo y retirar una sección transversal lo más profunda posible y tomar tres muestras en una de las capas más elevadas, en la central y en otra próxima al fondo.

XV.3.2.- Toma de muestra en silos verticales

En silos verticales, la toma de muestras no está estandarizada como en el caso anterior. Se pueden efectuar varias descargas y muestrear a mano en diversos puntos y si es posible, añadir muestra de la capa más superficial. El objetivo final es el mismo: reunir más de 1 kg. de material tomando alícuotas a diferentes alturas y distancias del perímetro para reunir suficiente cantidad de muestra representativa para efectuar un correcto análisis.

Si se trata de un silo hermético con descarga automática, se debe de efectuar una descarga y tomar alícuotas a intervalos regulares a lo largo del sin fin, ayudándose de una pala. Si se trata de un silo torre en obra, acceder a la capa superficial y desde ésta tomar dos muestras a mitad de radio procurando alcanzar la mayor profundidad posible con la sonda descrita en el apartado anterior.

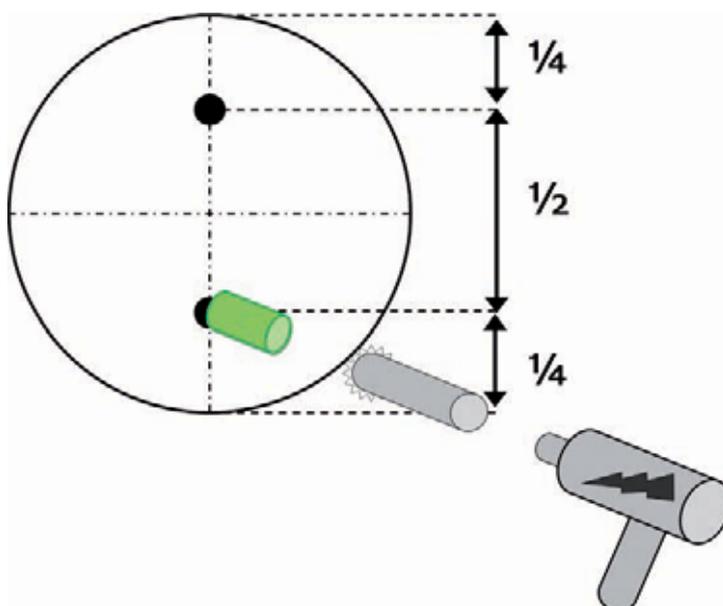


Figura XV.5. Esquema de toma de muestras en silos torre

Si se puede acceder a la masa ensilada a través de ventanas, introducir la sonda anterior en las mismas, penetrando hasta la zona más interior posible.

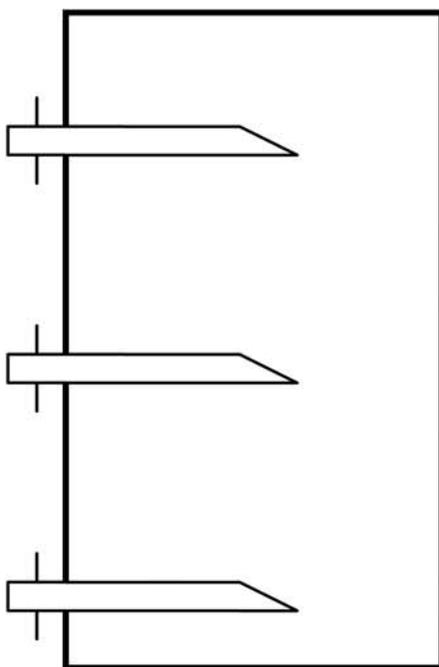


Figura XV.6. Esquema de toma de muestras en silos torre a través de ventanas

XV.3.3.- Toma de muestra en rotopacas

Con ensilado de rotopacas, se deben considerar como "partida a muestrear" las rotopacas que proceden de un mismo corte y de un mismo forraje, no mezclando cortes ni forrajes diferentes, aunque sí parcelas distintas (en caso de estar identificadas las procedentes de cada parcela, se puede hacer un muestreo estratificado). Se deben seleccionar varias rotopacas, tomando en cada una de ellas tres muestras siguiendo el procedimiento descrito para los silos horizontales. El número de rotopacas a muestrear irá en función de las que integren la partida. Generalizando, si el número total de rotopacas de una partida es inferior o igual a 16, se deben de muestrear un total de cuatro y si $n > 16$, se muestreará un número igual a \sqrt{n} , hasta un máximo de 20 rotopacas en total.

Se utilizará la sonda de acero inoxidable antes descrita para extraer de cada rotopaca una columna vertical entera, según se representa en el esquema a continuación (figura XV. 7) en función de que las rotopacas descansen sobre una de sus bases o sobre una superficie lateral.

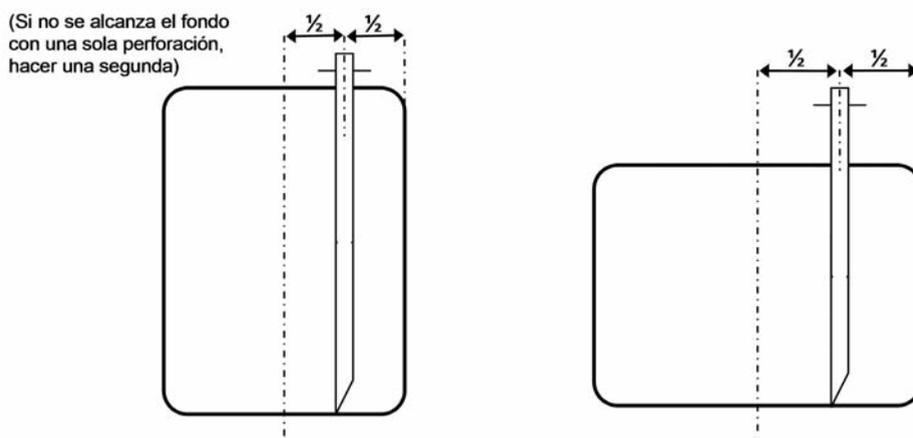


Figura XV.7.- Esquema de toma de muestras en rotopacas

Todas las columnas verticales extraídas se acumularán en una bolsa común, totalizando como en casos anteriores una cantidad nunca inferior a 1 kg. Llenar el hueco de la columna vaciada con pulpa de remolacha o un concentrado granulado y cerrar la perforación en el plástico con un parche de plástico adherido con pegamento.

XV.4.- Indicadores de calidad de los ensilados

Como decíamos anteriormente, el valor energético, el valor nitrogenado y la ingestibilidad de los ensilados, vienen determinados en función de los que presenta el forraje verde en el momento de su recolección y de las alteraciones producidas en los mismos, ligadas a las técnicas de recolección, manejo y conservación. Como resultado de estos factores, el forraje inicial y el producto ensilado difieren y si todo el proceso no se realiza adecuadamente, los resultados pueden ser muy negativos.

Las determinaciones analíticas mínimas necesarias, según criterios seguidos por Laboratorio de Nutrición del SERIDA, para poder valorar un ensilado desde el punto de vista nutricional son: pH y su contenido en principios nutritivos, a saber: materia seca, cenizas, proteína bruta, fibras ácido y neutro detergente y estimación de la digestibilidad de la materia orgánica. A estos parámetros se añadiría el contenido en almidón para los ensilados de maíz. En función de ellos se puede efectuar la valoración energética (Argamentería *et al.*, 1997), siendo necesario recordar que el contenido energético de un alimento no refleja la cantidad de energía que realmente utilizan los animales, ya que una parte se pierde en los procesos digestivos.

El valor energético de los alimentos se puede expresar como energía bruta, digestible, metabolizable o como energía neta. Los actuales sistemas de alimentación de los rumiantes coinciden en que las necesidades energéticas son cuantitativamente las más importantes y difíciles de cubrir. En principio, la energía neta sería la opción más adecuada, pero sin embargo presenta inconvenientes en su determinación experimental, por lo que en la práctica los diversos sistemas de valoración energética de alimentos para rumiantes o bien utilizan energía metabolizable o energía neta empleando aproximaciones para hacer más sencillo su manejo.

XV.4.1.- pH y análisis químico-bromatológico

El pH de su jugo. Es un parámetro rápido e indicativo del tipo de fermentación que tuvo lugar y nos indica, por tanto, si disponemos de un alimento estable. El valor del pH mínimo para garantizar la estabilidad de la masa ensilada está directamente relacionado con el contenido en materia seca (MS) del ensilado.

Dumont (1994), manifiesta que el pH es un indicador de la extensión de la fermentación, dependiente del contenido de MS que contiene la muestra ensilada. La relación entre estos dos parámetros, y su significado respecto a la calidad fermentativa se presentan en la figura XV. 8. Cuanto más bajo sea el valor del pH, mayor será la acidez presente en el ensilado. Puede indicarnos la calidad de preservación del ensilado, pero no tan fidedignamente como el nitrógeno amoniacal (INRA, 1981).

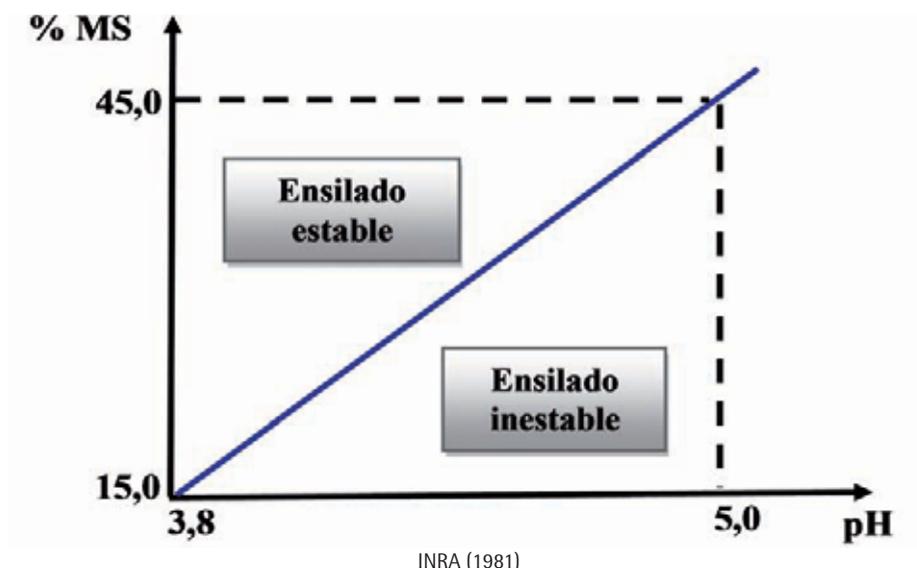


Figura XV. 8. Estabilidad de un ensilado en función de su contenido en materia seca (%MS) y el pH de su jugo obtenido por prensado o por maceración en agua

En el caso de ensilados de hierba no prehenificados y también para el maíz, el pH constituye el análisis más simple y rápido de apreciación de la calidad, ya que está directamente correlacionado con las fermentaciones que han tenido lugar y las pérdidas sufridas por el proceso de ensilado.

El valor de pH final, normalmente será más alto cuando se incrementa el contenido de MS (Haigh, 1987). Refleja el hecho de que en forrajes con menor nivel acuoso la actividad bacteriana está más limitada, debido a la carencia de agua disponible para sus funciones vitales.

Tabla XV.2- pH óptimo de un ensilado de hierba, en función del contenido en materia seca

pH= 0,0359 × % Materia seca	
% Materia seca	pH
20	≤ 4,15
30	≤ 4,52
40	≤ 4,87

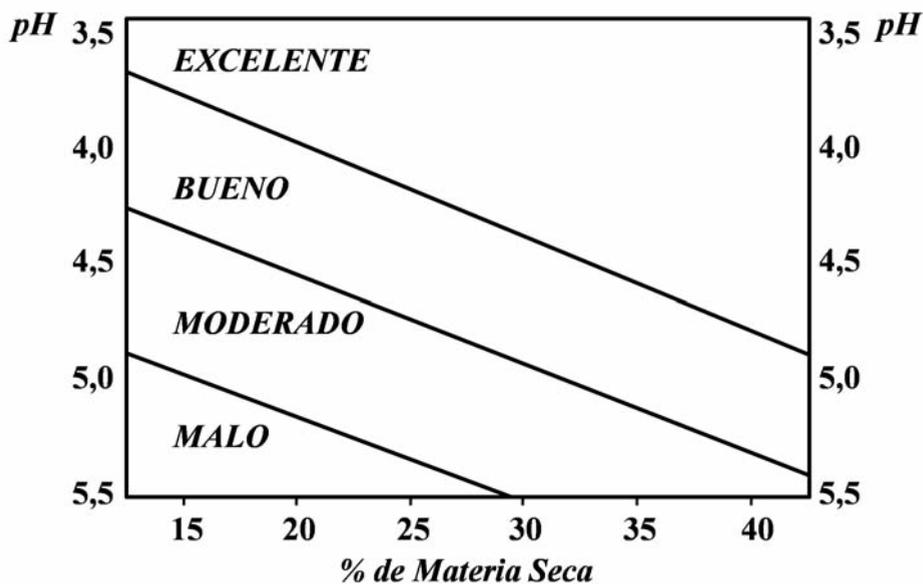
Haigh (1987)

En ensilados con pH superiores a 5 pueden actuar bacterias indeseables, como el *Clostridium tyrobutricum* que fermenta los carbohidratos solubles y ácidos orgánicos produciendo ácido butírico, dióxido de carbono e hidrógeno dando ensilados de color negro y olor a rancio.

Incluso, otros microorganismos proteolíticos fermentan a los aminoácidos y generan, especialmente, amonio (olor a amoníaco o a orina) y aminas (olor a pútrido). Esto puede ocasionar en los animales una reducción del consumo voluntario.

En el momento en que el pH de un ensilado es inferior a 4 las bacterias indeseables se inhiben, siendo remplazadas por las bacterias lácticas. Estas bacterias serán menos abundantes al inicio, aumentando paulatinamente siempre que los carbohidratos solubles existan en abundancia. Su actividad provoca la acumulación de ácido láctico, que es el responsable de la conservación del forraje ensilado (Fernández, 1999).

La Materia seca (MS), es el porcentaje del forraje que no es agua. En la mayor parte de los casos, se determina como pérdida de peso de una muestra al ser calentada. Para los ensilados, el problema se agrava debido a las pérdidas de volátiles durante el secado. Es decir, juntamente con el agua se evaporan algunas sustancias volátiles, pudiendo aplicarse métodos analíticos especiales para mitigar esa pérdida, como la determinación de materia seca por destilación con tolueno corregida por alcoholes. El completo a 100% de la materia seca se denomina **humedad**. Usualmente nos indica el grado de premarchitamiento del forraje, reflejado en un valor de MS alto. Haigh (1987) y Dumont (1994) consideran a la MS como un indicador de calidad fermentativa en función de su relación con el valor final del pH alcanzado por los ensilados (figura XV. 9).



Thomas *et al.*, (1987) citado por Dumont (1994)

Figura XV.9. Calidad de fermentación en relación con el contenido de materia seca y pH de los ensilados

Forrajes con contenidos superiores al 70-75% de humedad al momento de ensilar, dan origen a ensilados de baja calidad nutritiva debido a pérdidas por efluentes (Cañeque y Sancha, 1998; Martínez *et al.*, 2003). Forrajes con contenidos superiores al 70% de humedad son indeseables, dado que en estos casos, el crecimiento de las bacterias del género *Clostridium* no se inhibe aún cuando el pH baje hasta 4. Además de las pérdidas de nutrientes que se producen a través del efluente como consecuencia del exceso de humedad, se generan metabolitos indeseables que reducen la ingestión voluntaria por los animales.

En cuanto a la desecación previa a la preparación de las muestras para análisis, las recomendaciones van desde la trituración y realización de análisis en fresco, liofilización previa a molienda, desecaciones a 40°C durante 72 h, a 50-70°C durante 48-24h, o a 80°C durante 24h, etc. El Laboratorio de Nutrición del SERIDA, tiene estandarizado un proceso de desecación para los ensilados a 60°C durante 20-24 h (de la Roza Delgado *et al.*, 2002)

Se denomina **cenizas** al residuo de alimento después de su combustión a 550°C en horno mufla y nos indican el contenido mineral. El complemento a 100% de las cenizas se denomina **materia orgánica**. Nutricionalmente el valor de las cenizas tiene poca importancia, aunque valores excesivamente altos pueden indicar una contaminación con tierra o dilución con materiales inorgánicos. Si el porcentaje en cenizas es elevado, mayor del 15% sobre MS, es seguro que hubo contaminación con tierra.

La **proteína bruta (PB)**, es un principio nutritivo que se define como el contenido en nitrógeno Kjeldahl multiplicado por el factor 6,25. El valor 6,25 se deriva del hecho de que las proteínas contienen, por término medio, un 16% de nitrógeno ($100/16 = 6,25$). Es un parámetro importante debido a su influencia directa en la producción animal. Para ensilados de hierba, un contenido por debajo de un 12% de PB sobre MS debe considerarse escaso. Para ensilados de maíz el contenido ha de estar comprendido entre 8 y 10% sobre MS. Si los valores son superiores y no hubo adición de urea, puede significar un corte demasiado temprano con pérdida de potencial de producción y bajo contenido en almidón.

En algunos casos, puede ser interesante determinar la proporción de nitrógeno proteico y no proteico del ensilado.

La **fibra neutro detergente (FND)**, es la fracción del forraje que se corresponde con las paredes celulares, excepto pectina y está asociada negativamente con la ingestión de materia seca. El porcentaje de FND se incrementa con el estado de madurez de los forrajes. Van Soest (1994), indica que la FDN representa el total de la pared celular, integrada por celulosa, hemicelulosa y lignina. Pero, también puede contener fracciones de proteína, minerales y cutina. Esta fibra es sólo parcialmente

digestible por los animales. La utilizan más eficientemente los rumiantes, quienes dependen de la digestión microbiana en el rumen para la utilización de los componentes más fibrosos de las plantas. Debido a la posibilidad de contaminación de la muestra con tierra, se recomienda tener en cuenta el contenido en cenizas y excluir éste del valor de FND.

La **fibra ácidodetergente (FAD)**, es la fracción de la pared celular lignificada. Es sinónimo de lignocelulosa, aunque se sabe que el análisis incluye también cutina, lo cual no atenta contra el objetivo perseguido de conocer la indigestibilidad del forraje y estar en pequeña proporción.

Almidón (ALM). El elevado aporte energético del ensilado de maíz deriva de su alto contenido en carbohidratos de reserva (azúcares solubles y almidón). El almidón del maíz forrajero, es degradado en el rumen en menor medida (70%) y más lentamente que el procedente de otros cereales: 13,7% h⁻¹ para el maíz, frente al 21,1% h⁻¹ para la cebada (Tamminga *et al.*, 1989). El almidón no degradado en el rumen genera en el intestino un aporte de glucosa útil para economizar otros nutrientes glucogénicos y prevenir trastornos por exceso de la cetogénesis. Además, la degradación lenta favorece el mantenimiento del pH ruminal, el crecimiento de la microflora allí establecida y estimula la ingestión. Estas características adquieren especial relevancia en dietas con alto porcentaje de hierba o ensilado de hierba en la ración, de ahí que, el contenido en ALM del maíz forrajero en verde o ensilado, sea un parámetro importante a determinar en este tipo de forrajes.

La **digestibilidad** nos define la proporción del alimento que es consumido y no es excretado en las heces y, por tanto, es digerido por el animal.

La determinación de la digestibilidad *in vivo*, implica el empleo de animales experimentales a los que se da una cantidad determinada del alimento que se investiga y se determina la excreción fecal, durante un periodo mínimo de 7 días tras otros 7-15 de adaptación. Estos ensayos son tan laboriosos que no pueden constituir una rutina de valoración de alimentos. Por ello, frecuentemente, lo que se hace es una estimación con métodos de laboratorio más rápidos y económicos mediante análisis de regresión utilizando alimentos patrón con digestibilidad *in vivo* conocida, que en su mayor parte utilizan enzimas para simular la digestión que tiene lugar con los microorganismos del rumen.

Esta estimación de la digestibilidad puede llevarse a cabo utilizando diferentes metodologías:

A partir de la composición químico-bromatológica (INRA, 1981; de la Roza, 1990; entre otros muchos trabajos).

Por el método de la digestibilidad *in vitro* desarrollado por Tilley y Terry (1963).

Por técnicas enzimáticas diversas. Se basan en simular el proceso de digestión ruminal mediante complejos enzimáticos denominados "celulasas" y otras enzimas o tratamientos (Dowman y Collins, 1982; Riveros y Argamentería, 1987; de la Roza y Argamentería, 1992).

Por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). Esta tecnología permite la estimación de digestibilidad in vivo, entre otras múltiples aplicaciones.

La **energía metabolizable (EM)** del alimento representa la energía química disponible para las diversa funciones fisiológicas, deducidas de la energía bruta ingerida las pérdidas en heces, gases y orina. Se mide en megajulios por kg de materia seca (MJ/kg MS) y se estima en función de la digestibilidad, según (MAFF, 1984).

Los ensilados de hierba cuyo contenido en EM no sea superior a 8,5 MJ/kg MS hay que considerarlos como mediocres o malos. La calidad es buena a partir de 10 MJ/kg MS y muy buena a partir de 11 MJ/kg MS. El mayor contenido en EM deber estar asociado a menor pH final, es decir, a mejor fermentación.

Para ensilados de maíz, podemos considerar calidad aceptable a partir de 10,5 MJ/kg MS y buena a partir de 11 MJ/kg MS.

En la tabla XV.3, se presentan los valores recomendables para los constituyentes químico-bromatológicos, pH, digestibilidad y contenido energético en ensilados de hierba, raigrás italiano y maíz forrajero, para ser considerados de buena calidad.

Tabla XV.3.- Valores óptimos de los indicadores de calidad de los ensilados de hierba, raigrás italiano y maíz

Constituyente	Hierba		Raigrás italiano		Maíz
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	
pH	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Materia seca	≤20%*	≤20%*	≤20%*	≤20%*	>30%
Cenizas	< 15%	< 15%	< 15%	< 15%	< 7%
Proteína bruta	> 15%	> 15%	15%	15%	7-10%
Fibra neutro detergente	≤ 45%	≤ 50%	≤ 40%	≤ 45%	≤ 45%
Fibra ácido detergente libre de cenizas	<30%	<35%	<25%	<30%	<30%
Almidón	--	--	--	--	>30%
Digestibilidad enzimática	≥70%	≥65%	≥75%	≥70%	>70%
Energía metabolizable (MJ/Kg MS)	≥10	≥9	≥11	≥10,5	≥11

*: Con prehenificado ≥ 30%
(Valores expresados en %MS salvo especificaciones)

La composición químico-bromatológica antes descrita y la digestibilidad no bastan para predecir si el ensilado será bien aceptado por los animales o no. Es preciso evaluar si el proceso fermentativo que tuvo lugar fue correcto y si la masa ensilada alcanzó las debidas condiciones de acidez, para lo cual se requieren análisis específicos, que reseñaremos a continuación.

XV.4.2.- Otros parámetros fermentativos

En el caso concreto del ensilado, el análisis químico presenta más dificultades que el de otros forrajes. Su valor nutritivo no solamente viene dado por su contenido en principios nutritivos y la digestibilidad de los mismos, sino que hay que evaluar si la fermentación ha sido correcta y si, por tanto, el ensilado va a ser estable. Estos parámetros fermentativos: nitrógeno amoniacal, nitrógeno soluble total, azúcares residuales, alcoholes, ácidos grasos volátiles y ácido láctico, aportan información más fidedigna sobre el proceso fermentativo que tuvo lugar (Martínez-Fernández, 2003).

N soluble y N amoniacal, como medida de la degradación de la proteína que tuvo lugar durante el proceso de ensilado. El N amoniacal ($N-NH_3$) es uno de los indicadores principales de la calidad de fermentación; se expresa como porcentaje del N total, con lo cual la proporción nitrógeno amoniacal a nitrógeno total es un criterio de calidad del ensilado y cuando es alta indica que ha tenido lugar un mayor desarrollo de bacterias butíricas. Esta relación entre $N-NH_3$ y la calidad de fermentación se presenta en la siguiente tabla.

La relación entre el nitrógeno soluble y el nitrógeno total, por su parte, da idea del posible aprovechamiento del nitrógeno presente en los ensilados por los animales, ya que cuando es elevada indica que el nitrógeno soluble del ensilado no puede ser aprovechado en su totalidad por las bacterias ruminales, produciéndose pérdidas del valor proteico total del alimento. Esta proporción no deberá superar el 60%.

Tabla XV.4.- Contenido de nitrógeno amoniacal en ensilados y su relación con la calidad de fermentación

Nitrógeno amoniacal (% del nitrógeno total)	Calidad de fermentación
0-5	Excelente
5-10	Buena
10-15	Moderada
>15	Deficiente

Fuente: Adaptada de Wilkinson (1987)

Azúcares solubles residuales, cuya relación con los azúcares del forraje de partida indica si hubo suficiente sustrato para llevar a cabo la fermentación láctica.

Ácido láctico, como medida de la transformación de los azúcares presentes en el forraje en este ácido y que contribuirá de manera fundamental a la reducción de pH y a la estabilidad del ensilado. Aunque no es un verdadero criterio para determinar la calidad de fermentación de un ensilado, si es indicativo de la intensidad de las fermentaciones y la riqueza inicial del forraje en azúcares solubles.

Ácidos grasos volátiles totales (AGV's), como productos procedentes de otras fermentaciones distintas de la láctica y que contribuyen al deterioro o inestabilidad del ensilado. Entre ellos, el ácido acético y el ácido propiónico deben aparecer en poca cantidad y el ácido butírico debe estar ausente o en cantidad despreciable. Estos ácidos son el resultado de procesos no deseables inducidos por la presencia de bacterias coliformes que transforman el ácido láctico en ácido acético, así como los gérmenes butíricos presentes en el estiércol, tierra y especies adventicias y que degradan el nitrógeno protídico del forraje.

El verdadero interés de la determinación de AGV's se centra en el efecto que tiene su concentración sobre la apetecibilidad de los ensilados. Ésta, disminuye al aumentar el contenido en AGV's, especialmente al incrementarse el ácido acético (Cañeque y Sancha, 1998).

Alcoholes, que son indicadores de fermentaciones alcohólicas producidas por hongos y levaduras, tampoco deseables.

En función de estos parámetros fermentativos, un ensilado se puede considerar bien fermentado cuando presenta las características que se recogen en la tabla XV.5, según el INRA (1981). Aunque hay diferentes baremos según países, las tablas del INRA resultan muy comprensibles a la hora de evaluar la calidad fermentativa de un ensilado.

Tabla XV.5.- Calidad de los ensilados en función de los parámetros fermentativos

Calidad	N soluble (% N total)	N amoniacal (% N total)	Ácidos grasos volátiles (% MS)	Ác. Acético (% MS)	Ác. Láctico (% MS)	Ác. Butírico (% MS)
Excelente	< 50	< 7	< 4	< 2	> 3	Ausencia
Bueno	50 - 60	7 - 10	4 - 7	2 - 4	1,5 - 3	Trazas
Mediocre	60 - 65	10 - 15	7 - 10	4 - 5,5	1,5 - 0,5	< 0,5
Malo	> 65	15 - 20	10 - 13	5,5 - 7,5	< 0,5	> 0,5
Muy malo	> 75	> 20	> 13	> 7,5	Ausencia	> 0,5

INRA (1981)

Como resumen, podemos indicar que un ensilado presenta buena calidad fermentativa si cumple las siguientes características:

- Alto contenido en ácido láctico: Superior al 3%, referido a MS.
- Contenido medio en ácido acético: 0,5-1%, referido a MS.
- Ausencia o trazas de ácido butírico.
- Nitrógeno amoniacal respecto al nitrógeno total: Inferior al 5-10%.
- Nitrógeno soluble respecto al nitrógeno total: Inferior al 50%.

XV.5.- Recomendaciones prácticas para determinar la calidad de los ensilados

La calidad de conservación de un ensilado, viene definida por los productos finales de las fermentaciones que han tenido lugar durante el proceso de fermentación. Cuando es imposible efectuar una toma de muestra para realizar su análisis y, sea preciso efectuar el suministro de ensilado al ganado, se puede estimar la calidad visualmente. Aunque no resulte una información precisa, factores como el olor, color o apariencia general pueden dar una información general y necesaria.

- El ensilado debe presentar un color verdoso o amarillento, muy semejante al de la planta que procede, ligero olor afrutado recordando un poco a vinagre y un sabor ácido. Esto es indicativo de una fermentación normal.
- Si el olor, aunque fuerte, no es a vinagre dándose el mismo color, se trata de un ensilaje obtenido por fermentación fría, con temperatura máxima no superior a 20 °C. Se da en forrajes ensilados con mucha humedad. El valor nutritivo puede ser excelente, pero se habrán dado mayores pérdidas de materia seca.
- En el caso de forrajes de tipo herbáceo, el color está influido por la temperatura. Si el color es amarillo oscuro, indica que la temperatura ha sido superior a 30 °C; marrón oscuro por encima de 45 °C y por encima de 60 °C el color tiende a negruzco, por caramelización de los azúcares. Puede ser debido a poca compactación y el exceso de calor habrá inhibido la fermentación butírica, pero en detrimento de la digestibilidad.

En caso de presentarse olor desagradable, parecido al de ciertos quesos, indica que ha tenido lugar fermentación butírica. Si se ven zonas enmohecidas e incluso olor a estiércol, el valor nutritivo puede ser nulo. En general el olor es un mejor índice del buen o mal éxito del proceso de ensilado que el color.

XV. 6. Calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados en Asturias

Como ya hemos comentado anteriormente, la calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado a las especies vegetales de partida y a su estado de desarrollo lo que determina su composición químico-bromatológica y por otra por los productos finales de las fermentaciones que ocurren durante la fermentación microbiana en el silo. Un ensilado bien elaborado debe contener la misma energía y proteína que el forraje de partida, aunque la ingestión voluntaria del mismo será inferior.

En el caso de los ensilados de hierba, éstos pueden constituir la totalidad de la ración base de vacas lecheras suministrado a voluntad y suplementado con pienso compuesto según estado de lactación. O bien, ser el principal ingrediente de una ración completa mezclada. Es conveniente prestar atención al suministro de oligoelementos con el corrector vitamínico-mineral, pues aunque no existen diferencias apreciables entre el ensilado y el forraje de partida en cuanto al contenido en minerales, los ensilados pueden perder muchos minerales asimilables con la evacuación de efluente.

En los ensilados de hierba en Asturias, existe un problema generalizado de mala o insuficiente fermentación, que en ocasiones va unido a bajos contenidos en energía y proteína con muy baja ingestión voluntaria. En estos casos se hace necesario restringir su suministro para incrementar la ingestión de otros alimentos complementarios, si lo que se persigue es un racionamiento correcto.

El ensilado de maíz forrajero, sin embargo, no suele presentar problemas de fermentación. Es una importante fuente de energía, pero relativamente pobre en proteína, por lo que ha de ser suministrado al ganado junto con otros forrajes ricos en proteína, como la hierba de prado o alfalfa deshidratada de buena calidad, o bien ser suplementado con concentrados de alto valor proteico.

Lo mismo ocurre con otros cultivos forrajeros como el raigrás italiano anual o bianual, solo o asociado con trébol violeta. Tienen muy buena aptitud para el ensilado debido fundamentalmente a su alto contenido en azúcares solubles, unido a elevadas producciones. Igual sucede con el bagazo de manzana o magalla.

XV. 6. 1.- Ensilados de forraje de pradera y raigrás italiano

A pesar de la creciente importancia del ensilado como base de la alimentación del ganado en zonas húmedas (Wilkinson *et al.*, 1996), persisten aún muchos casos de mala calidad nutritiva y fermentativa en los forrajes conservados en el Norte de España, que en ocasiones va unido a bajos contenidos en energía y proteína, con muy baja ingestión voluntaria (de la Roza *et al.*, 1991; Martínez-Fernández *et al.*, 1999). Si bien son muchos los factores que condicionan dicha calidad, el tipo y

régimen de aprovechamiento, la composición química y botánica, y el estado de madurez del forraje entre otros, son factores que determinan su aptitud para ser ensilada (Martínez-Fernández, 1994).

En Asturias, los prados, son de composición botánica muy compleja (47 – 70 especies), pero desde luego, no predomina en ellos el raigrás italiano. La ensilabilidad de esta especie es superior a la del raigrás inglés y, la de ambos, superior a la del *Dactylis glomerata* (dactilo), lo que evidentemente implicaría distintas aptitudes para ensilar entre la hierba de prados o praderas.

Martínez-Fernández *et al.* (2003) en colaboración Sociedad Asturiana de Servicios Agropecuarios (ASA), analizaron los resultados de análisis de principios nutritivos y metabolitos de fermentación de muestras de ensilados de hierba y raigrás italiano procedentes de explotaciones asturianas (ver tabla XV. 6).

Tabla XV. 6.- Principios nutritivos y metabolitos de fermentación de ensilados de hierba y raigrás italiano procedentes de explotaciones asturianas

	Ensilado de hierba					Ensilado de raigrás italiano				
	MIN	MAX	X	n	Desv.est.	MIN	MAX	X	n	Desv.est.
MS (%)	15,9	40,9	27,05	67	6,2	15,3	52,5	28,07	119	7,84
CEN (%MS)	6,57	18,51	12,39	67	2,34	7,26	23,58	13,03	119	3,08
PB (%MS)	5,99	20,75	12,09	67	3,48	5,41	24,53	13,1	119	3,6
FND (%MS)	38,5	74,4	56,6	67	8,04	33,64	68,9	51,63	119	6,86
FAD (%MS)	25,62	42,41	34,47	61	3,98	22,61	40,32	31,88	116	3,47
FB (%MS)	21,31	38,69	30,46	64	3,55	17,37	36,7	28,96	118	3,6
De (%MS)	33,4	80,4	55,8	67	11,1	44,5	90,6	64,5	119	9,2
pH	3,54	5,85	4,53	67	0,46	3,58	5,96	4,59	119	0,49
LAC (%MS)	0,02	10,35	3,52	63	2,03	0	11,42	4,47	56	2,64
ACE (%MS)	0	5,7	1,17	63	0,96	0	7,27	1,65	56	1,41
PRO (%MS)	0	0,79	0,07	63	0,15	0	1,45	0,12	56	0,25
BUT (%MS)	0	8,81	2,49	63	2,05	0	8,73	2,31	56	2,47
NNH ₃ (% sobre N total)	0	32,88	2,82	55	7,51	0	26,98	2,29	118	5,72
LAC/ACE	0,45	11,67	4,02	62	2,54	0,22	29,56	4,85	55	5,14

Martínez-Fernández *et al.*, (2003)

MS: Materia seca; CEN: cenizas; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; FB: fibra bruta; De: digestibilidad enzimática de la materia orgánica; pH: Acidez; LAC: Ác. láctico; ACE: Ác. acético; PRO: Ác. Propiónico; BUT: Ác. Butírico; NNH₃: Nitrógeno amoniacal en % sobre N total; LAC/ACE: Relación entre ácido láctico y ácido acético; MIN: valor mínimo; MAX: valor máximo; X: valor medio; n: n° de muestras; Desv. Est. desviación estándar

Llama particularmente la atención el que la variabilidad de los resultados para los ensilados de raigrás italiano supere a la de los de hierba para muchos parámetros. Era de esperar lo contrario, tratándose de una sola especie que además compite muy bien con las especies adventicias, frente a la complejidad botánica de los prados y la mayor facilidad de invasión de la pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco. Hay diferencias de forma consistente en las medias de FND, FAD, FB, De y LAC a favor del raigrás italiano, pero la de ACE está en contra del mismo. Sólo para el caso del NH_3 , se da una menor variabilidad dentro de los ensilados de raigrás italiano.

En cuanto a la relación entre metabolitos de fermentación y los principios nutritivos, en los ensilados de hierba, al incrementar la materia seca hasta un 30%, contribuye a disminuir el ácido acético y a elevar la relación láctico/acético. Sin embargo, en ensilados de raigrás italiano el contenido en acético y la relación láctico/acético son independientes de ésta. Este diferente comportamiento observado entre ambas clases de ensilado es imputable por un lado, a diferencias en la influencia de la prehenificación y, por otro, a la evolución de la ensilabilidad de los respectivos forrajes de partida, en lo que atañe a estimular la fermentación láctica y restringir la acética. También está la posibilidad de una microflora epífita muy diferente entre las dos poblaciones. Por último, hay que tener en cuenta que son de esperar sensibles discrepancias en la proporción proteína verdadera / nitrógeno no proteico, así como en la naturaleza de ambos, entre hierba y raigrás italiano.

Indudablemente, existen fuentes de variación no controladas. Probablemente no existan diferencias de ensilabilidad entre variedades comerciales de raigrás italiano. Tampoco en lo relativo a maquinaria (casi todas las explotaciones tienen la misma para ambos forrajes), ni a la modalidad de ensilado (predominio de rotopacas), ni al uso de aditivos (siempre mínimo). Sin embargo, cabe la posibilidad de que al ser el raigrás italiano objeto de cortes más tempranos, sujetos a una mayor variabilidad climatológica, ésta afecte mucho a la calidad del forraje obtenido.

Como ya hemos visto, se conoce la relación directa entre el contenido en materia seca y el pH final del ensilado. Sin embargo, en Asturias son poco frecuentes los casos en los que se alcanza un valor de pH que garantice la estabilidad del alimento. Generalmente, se dan valores elevados que no aseguran una buena conservación, y, en ocasiones, van asociados a olores desagradables que hacen al ensilado poco apetecible para el ganado.

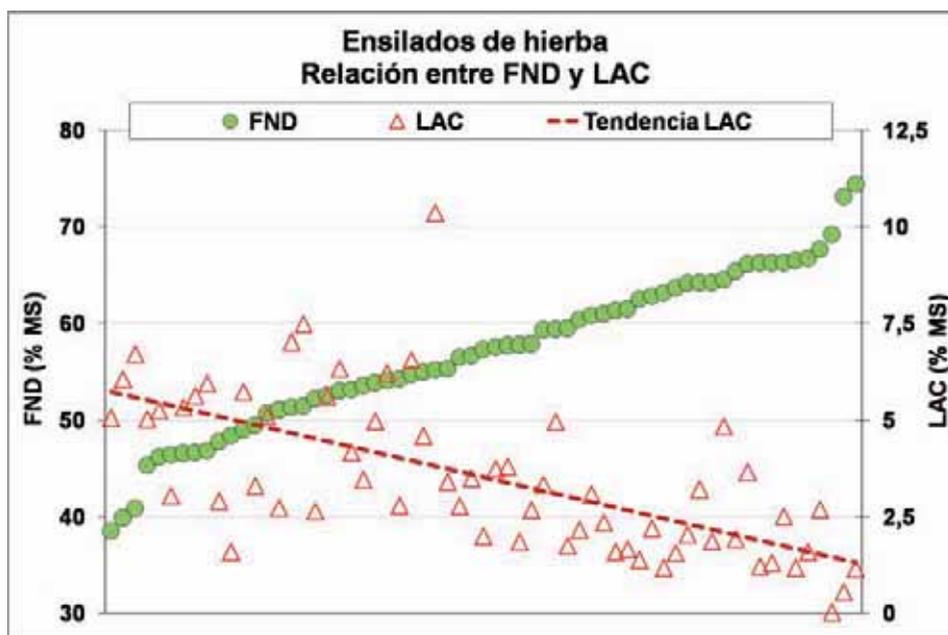
El contenido en proteína bruta suele ser bastante bajo en los ensilados de hierba elaborados en esta región y son muy pocos los que superan el 15% sobre materia seca. Este insuficiente contenido en proteína puede deberse a una deficiente fertilización nitrogenada, a un retraso en la fecha de corte, en cuyo caso estaría

asociado también con un aumento en el contenido en fibra, o a posibles pérdidas de la fracción soluble del nitrógeno por los efluentes cuando el contenido en materia seca del forraje de partida es bajo.

Con respecto a la energía metabolizable, expresada en megajulios por kg de materia seca (MJ/kg MS), los contenidos más bajos corresponden a los prados, seguido de las praderas sembradas de larga duración y del monocultivo de raigrás italiano.

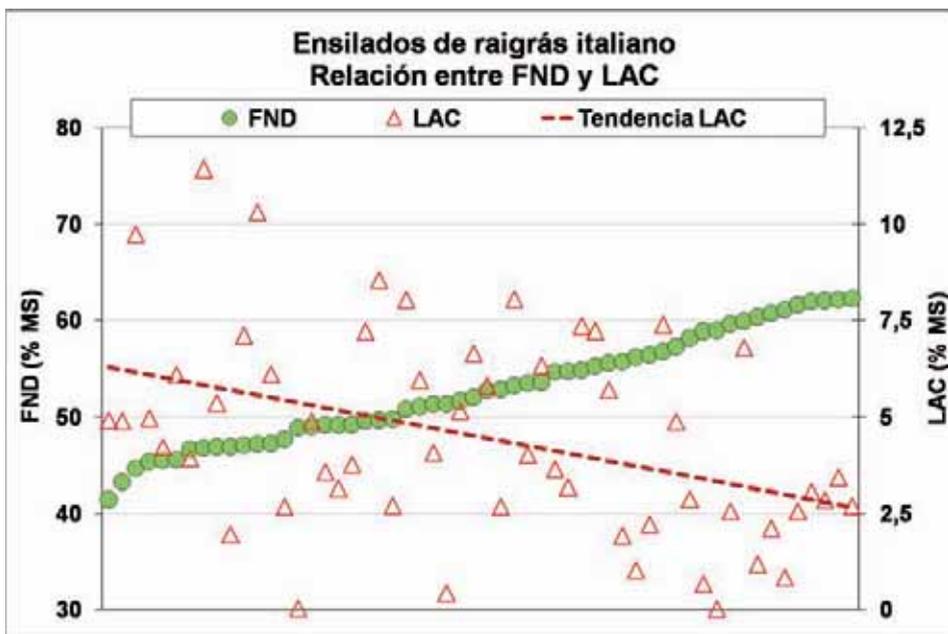
En conclusión, estas evidencias nos dejan una vez más constancia de la importancia de un buen manejo para garantizar ensilados de calidad, sin olvidar que las condiciones climatológicas influyen claramente en la maduración y por tanto en la lignificación de estos forrajes.

Las figuras XV.10 y XV.11 muestran la relación entre el grado de maduración de los forrajes (porcentaje de FND) y la concentración de ácido láctico para ensilados de hierba y raigrás italiano respectivamente, mostrando una tendencia similar para ambos tipos de ensilados. A medida que las especies se van embasteciendo, hay una correlación inversa entre el contenido en FND y el de ácido láctico como producto de la fermentación.



Martínez-Fernández *et al.*, (2003)

Figura XV. 10.-Relación entre fibra neutro detergente (FND) y ácido láctico (LAC) en ensilados de hierba



Martínez-Fernández et al., (2003)

Figura XV. 11.- Relación entre fibra neutro detergente (FND) y ácido láctico (LAC) en ensilados de raigrás italiano

En general, aunque el raigrás italiano tiene mejor ensilabilidad que la hierba procedente de prados y praderas y sus ensilados presentaron unas relaciones más favorables entre principios nutritivos e indicadores de calidad fermentativa, con un mayor promedio de fermentación láctica, no se frenó la fermentación acética, que resultó de promedio superior a la de los ensilados de hierba. Estos hechos ponen de manifiesto que para el establecimiento de un plan de mejora de calidad de ensilados pratenses en el Norte de España, no es suficiente la mera aplicación del concepto de ensilabilidad.

En lo que se refiere a la relación entre tipo silo y su calidad, la mayoría de las explotaciones ganaderas ha adoptado el ensilaje en rotopacas como técnica general para conservar los excedentes forrajeros, como método sustitutivo del ensilaje vertical u horizontal. Su mayor flexibilidad, fácil manejo y almacenaje son argumentos a favor de su utilización. Sin embargo, según Flores (1995), esta técnica también significa un mayor costo por kg de materia seca ensilada y, en algunas ocasiones, como en el caso de lluvias durante la prehenificación, el producto final es de una calidad más pobre que si el ensilaje hubiera sido elaborado directamente. Otra desventaja de las rotopacas es que las láminas de plástico se dañan fácilmente con lo que resulta pérdidas mayores que en almacenamiento horizontal, tal y como se ha expuesto en el Capítulo VI relativo al ensilado de rotopacas.

El SERIDA en sus ensayos de campo ha analizado si existen razones de carácter nutricional a favor o en contra de la técnica de ensilaje, comparando las modificaciones en la composición química, digestibilidad y consumo animal sobre una misma pradera de *Lolium perenne* y *Trifolium repens*, cuando se elabora de forma directa un silo horizontal con la adición de ácido fórmico en una dosis de 3-3,5 L/t o se prehenifica el forraje para la elaboración de rotopacas.

En la tabla XV.7 se presentan los resultados de valor nutritivo del forraje de partida y los ensilados resultantes de una pradera de raigrás inglés y trébol blanco en dos cortes sucesivos, comparando hierba en corte directo frente a prehenificada y silos convencionales (trinchera y hermético) frente a rotopacas con climatología adversa (tiempo húmedo) o favorable (tiempo seco) (de la Roza *et al.*, 2007).

Durante el primer corte hubo lluvia intermitente que obligó a dos ciclos diarios de volteo y que el forraje permaneciera tres días en la parcela para conseguir una materia seca cercana al 30%. Esto aumentó notablemente el contenido de cenizas, el contenido en fibra neutro detergente (FND) y ácido detergente (FAD), así como de lignina (ADL). Se redujo el contenido en azúcares solubles, y la digestibilidad de la proteína y fibra. En consecuencia, el ensilado en rotopacas en el primer corte (elaborado con la hierba prehenificada) presentó un valor nutritivo mucho más bajo que los ensilados horizontales (elaborados con el forraje en corte directo), debido a la realización del proceso de prehenificado con tiempo lluvioso, que originó una pérdida de nutrientes por lixiviación y contaminación por tierra. Estas rotopacas presentaron también mayor fermentación butírica e inferior digestibilidad.

Como se puede apreciar en la tabla XV.7, estos efectos negativos no se apreciaron con condiciones climatológicas favorables.

Tabla XV. 7.- Pradera de raigrás inglés y trébol blanco del SERIDA de Villaviciosa: valor nutritivo del forraje de partida y de los ensilados resultantes

Parámetro (g/kgMS)	Corte 1º, abril Tiempo húmedo 6 semanas 4,1 t MS/ha Pocas adventicias							Corte 2º, mayo Tiempo seco 7 semanas 3,1 t MS/ha Pocas adventicias						
	Hierba		Ensilado			Significación		Hierba		Ensilado			Significación	
	HV	HP	EH	ET	ER	HV vs HP	ER vs ET,EH	HV	HP	EH	ET	ER	HV vs HP	ER vs ET,EH
Materia seca	165	282	175	182	296	***	***	146	284	206	211	236	***	n.s.
Cenizas	95,3	240	154	146	315	*	**	93,7	99,3	112	94,1	101	n.s.	n.s.
Proteína bruta	170	140	179	184	156	n.s.	n.s.	175	151	153	155	138	n.s.	n.s.
Extracto etéreo	20,6	16,8	41,5	44,5	30,2	n.s.	**	18,8	17,0	32,2	30,1	28,5	n.s.	n.s.
Fibra bruta	232	219	268	290	232	n.s.	n.s.	265	282	285	303	303	n.s.	n.s.
MELN	481	385	357	335	267	**	**	448	452	419	418	430	n.s.	n.s.
FND	440	520	499	498	530	*	n.s.	463	505	490	519	485	n.s.	n.s.
FND SIN CEN	429	404	444	452	384	n.s.	n.s.	460	495	476	506	481	n.s.	n.s.
FAD	273	394	389	392	477	**	*	331	357	362	370	344	n.s.	n.s.
FAD SIN CEN	253	231	313	318	272	n.s.	*	319	334	330	344	323	n.s.	n.s.
LAD	36	50	40,9	37,3	44,7	**	n.s.	39,1	49,9	43,3	44,3	29	*	**
AZUC SOLUB	225	155	30,2	26,9	4,4	***	n.s.	129	121	59,1	56,6	44,1	n.s.	n.s.
pH			4,6	4,3	5,0		*			3,9	3,9	4,2		*
Nsol (g/kg N)			502	357	525		*			413	415	550		*
NNH ₃ (g/kg N)			135	102	138		n.s.			55,3	55,8	88,1		n.s.
Láctico (g/kg MS)			23,9	9,3	13,6		n.s.			26,6	11,3	35,5		*
AGV totales (mmol/kg MS)			823	406	533		n.s.			736	549	510		n.s.
Alcoholes totales (g/kg MS)			2,3	1,7	2,2					3,9	2,3	6,0		n.s.
Ingestibilidad (g MS/kg ^{0,75})	40,4	47	36,1	38,3	32,8	n.s.	n.s.	50,9	57,5	46,6	48,8	43,2	n.s.	n.s.
DMO (º/1)	0,82	0,77	0,77	0,75	0,65	**	***	0,78	0,77	0,72	0,73	0,77	n.s.	***

de la Roza *et al.*, (2007)

HV: Hierba verde de partida; HP: Hierba prehénficada; ET: Ensilado trinchera; EH: Ensilado hermético; ER: Ensilado de rotopacas; FND: Fibra neutro detergente; FAD SIN CEN: Fibra ácido detergente libre de cenizas; LAD: lignina ácido detergente; AZUC SOLUB: Azúcares solubles; Nsol: Nitrógeno soluble; NNH₃: Nitrógeno amoniacal; AGV: Ácidos grasos volátiles totales; DMO: Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica en tanto por uno. Significación: ***: p< 0,001; **: p< 0,01; *: p< 0,05; n.s.: p> 0,05

Podemos afirmar que este mayor uso de ensilado en rotopacas *versus* ensilados horizontales no tiene ninguna justificación desde el punto de vista de la alimentación animal y únicamente sería de interés cuando las condiciones atmosféricas favorables (sol y viento) están totalmente garantizadas por su fácil manejo.

En aquellas explotaciones que no se dispone de la construcción necesaria para la realización de silos trinchera, pueden elaborarse silos plataforma, ya que puede obtenerse un forraje conservado de la misma calidad.

XV.6.2.- Ensilados de maíz

Cada vez con más ahinco, las explotaciones lecheras buscan que su sistema productivo sea capaz de adaptarse a los nuevos retos que se plantean por la desaparición de las cuotas lácteas en 2015 tratando de optimizar sus recursos para conseguir el mejor resultado económico al menor coste posible, con el fin último de asegurar su supervivencia futura en un entorno más abierto y competitivo (Álvarez Pinilla y Pérez Méndez, 2010).

Actualmente, las explotaciones lecheras asturianas mantienen la tendencia en alza del empleo de maíz forrajero conservado bajo forma de ensilado, por su facilidad para integrarlo en los sistemas de alimentación unifeed. Concretamente en Asturias, el maíz se rota habitualmente con raigrás italiano y se incluye en las raciones alimenticias bajo forma de ensilado.

La planta entera de maíz es considerada una materia prima ideal para ensilar por su elevado valor nutritivo, porque su cosecha es rápida, porque puede producir mayor cantidad de materia seca por ha que la misma superficie sembrada con otros pastos y, además, no requiere de ningún tratamiento anterior para ser ensilado. Su alto contenido energético le convierte en un recurso excelente para la producción lechera. Además, ensila sin problemas, ya que posee un porcentaje elevado azúcares solubles y almidón y, genera unas pérdidas mínimas, puesto que se ha de cosechar con un contenido en materia seca del 30% o superior, que se corresponde con el estado de grano vítreo (ver capítulo XIII relativo al ensilado de maíz forrajero).

Dada la gran importancia que tiene el ensilado de maíz en la rentabilidad de las explotaciones lecheras asturianas, el SERIDA (de la Roza Delgado *et al.*, 2012), en colaboración Sociedad Asturiana de Servicios Agropecuarios (ASA), analizaron la evolución de la calidad de los ensilados de maíz en sucesivas campañas, basándose en el análisis de principios nutritivos y metabolitos de fermentación.

En estos ensilados es importante evaluar los contenidos en materia seca, almidón y materia orgánica digestible y alcanzar un valor de pH bajo y suficiente ácido láctico. Pero también es deseable que presenten ligeros contenidos de ácidos acético y propiónico para evitar el desarrollo de hongos y levaduras responsables de la inestabilidad aeróbica (ver tabla XV. 8).

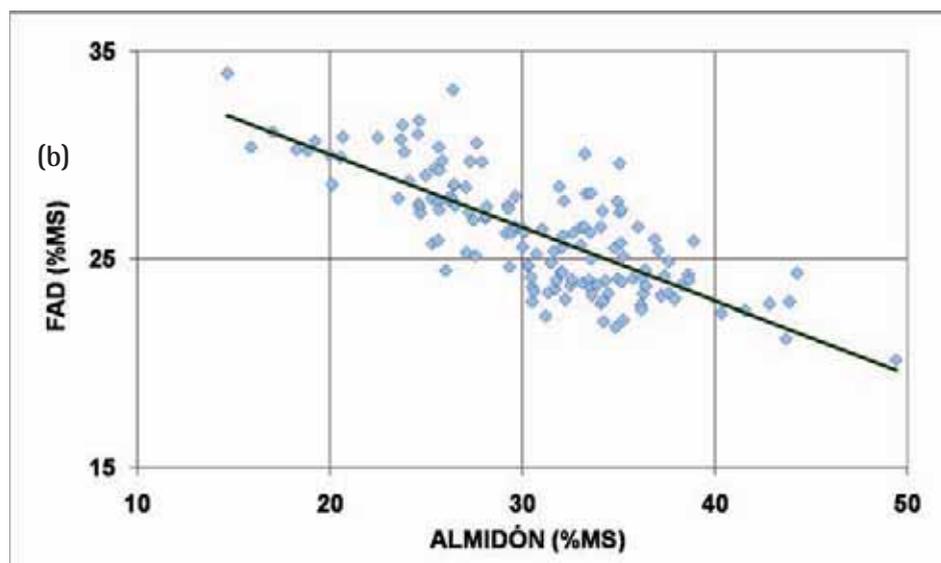
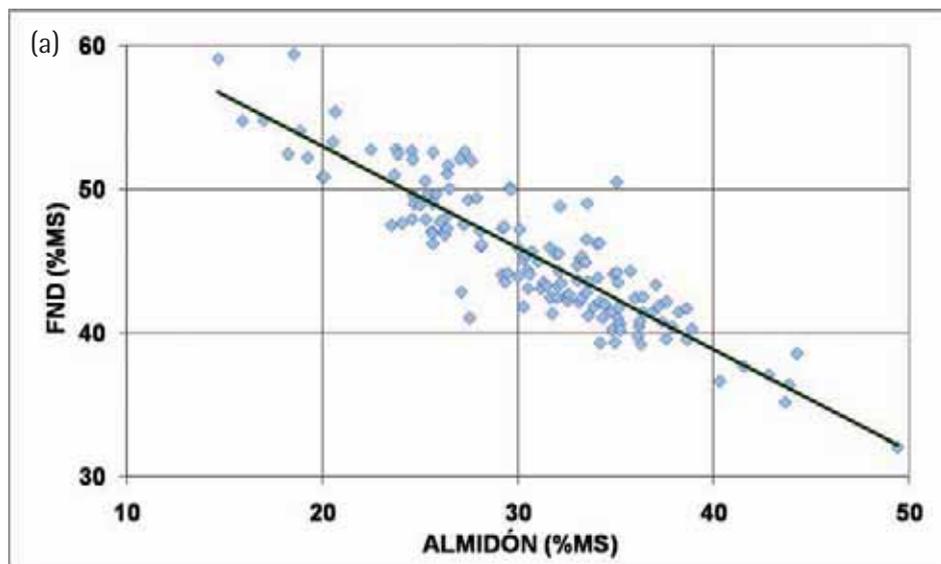
Tabla XV. 8.- Intervalo de variación y desviación estándar de la calidad nutritiva y parámetros fermentativos en ensilados de maíz en diferentes campañas.

	Año 2003		Año 2009		Año 2011	
	Intervalo	Desv.est.	Intervalo	Desv.est.	Intervalo	Desv.est.
Materia seca (%)	22,38-44,57	4,11	20,53-48,39	3,81	24,06-46,02	3,66
Cenizas (%MS)	2,25-11,62	1,22	2,24-6,43	0,7	1,62-11,78	0,78
Proteína bruta (%MS)	5,17-11,09	0,88	5,52-10,61	0,76	4,26-9,50	0,8
FND (%MS)	32,05-59,39	4,81	34,24-62,44	4,89	33,83-56,64	3,74
FAD (%MS)	20,20-33,94	2,75	21,12-38,69	3,19	20,38-34,09	2,22
FB (%MS)	17,88-32,62	2,64	5,65-31,08	2,85	16,29-27,95	1,85
Almidón (%MS)	14,68-49,42	6,05	8,98-42,17	5,53	15,73-44,56	4,65
DMOvivoest (%)	49,99-75,80	4,13	50,83-76,64	4,16	58,30-77,80	3,13
EM (MJ kg MS ⁻¹)	8,27-12,84	0,73	8,32-12,47	0,69	9,17-12,60	0,55
pH	3,34-4,73	0,25	3,03-4,27	0,21	3,06-5,20	0,22
Ácido láctico (%MS)	0,37-7,34	1,29	0,17-27,23	2,88	0,05-14,60	1,44
Ácido acético (%MS)	0,00-7,69	1,19	0,00-13,22	1,14	0,10-5,07	0,84
Ácido propiónico (%MS)	0,00-0,70	0,06	0,00-0,94	0,14	0,00-0,84	0,1
Ácido butírico (%MS)	0,00-1,78	0,16	0,00-3,14	0,32	0,00-0,90	0,07
N-NH ₃ (% sobre N total)	--	--	0,28-14,73	3,08	1,13-12,28	1,73

de la Roza Delgado *et al.*, (2012)

FND: Fibra neutro detergente; FAD: Fibra ácido detergente; FB: Fibra bruta; DMOvivoest: Digestibilidad in vivo de la materia orgánica estimada; EM: Energía metabolizable; Desv. Est.: Desviación estándar

En general, en todas las campañas estudiadas, se observa una amplia variabilidad en los diferentes parámetros evaluados. Respecto al contenido en materia seca se considera que valores inferiores al 25%, disminuyen el rendimiento del cultivo y ponen en peligro el proceso fermentativo, y valores superiores al 45%, suponen un estado fenológico demasiado avanzado para su aprovechamiento como ensilado. En cuanto al contenido proteico, singularmente bajo en este cultivo, se considera que el nivel óptimo de PB en un forraje de maíz para ensilar ha de estar comprendido entre 7 y 10% sobre MS (tabla XV.3), y si lo superan significa que el corte fue demasiado temprano, hecho observable en algunos casos, excepto para los ensilados correspondientes al año 2011. Con respecto al contenido en almidón y energía, la variabilidad que se presenta está relacionada no sólo con las distintas variedades de maíz empleadas, sino de acuerdo con el párrafo anterior, con los diferentes estados de desarrollo del cultivo. De ahí que las correlaciones halladas entre las fracciones de fibra neutro y ácido detergente y el almidón fuesen siempre negativas. Ver figura X.12.



de la Roza Delgado *et al.*, (2012)

Figura XV.12 (a, b).- Correlación entre el contenido en almidón y los contenidos en fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en ensilados de maíz procedentes de explotaciones asturianas

En la calidad fermentativa, los valores de pH, aunque con algunas excepciones, muestran una tendencia hacia la acidificación y en su mayor parte no comprometen el proceso fermentativo, hecho que se pone de manifiesto con contenidos en ácido láctico en general elevados, escasa fermentación secundaria y mínima degradación de la proteína inicial, es decir, presentan una calidad fermentativa buena, mayoritariamente homofermentativa, con contenidos en nitrógeno amoniacal (N-NH₃) inferiores al 10%, una relación láctico/acético, que mejoró de 2,42 a 2,90 entre las campañas de 2003 y 2011 y ausencia casi total de fermentación butírica. En cuanto a los contenidos en ácido acético y ácido propiónico como garantes de una mayor estabilidad aeróbica, no hubo cambios en el tiempo.

De acuerdo al valor nutritivo, los valores medios se corresponden con una calidad aceptable: 29,5% de materia seca, 9,4% de proteína bruta sobre materia seca y 11 megajulios por kg de materia seca. No obstante, el ensilado de maíz tiende a presentar serios problemas de estabilidad aeróbica, atribuibles en su mayor parte a contenidos en materia seca inferiores al 30%.

En resumen, se ha observado una evolución positiva de la calidad de los ensilados de maíz en el tiempo, lo que puede representar una mejora en la rentabilidad de las explotaciones agroganaderas, al disminuir significativamente la necesidad de compra de alimentos externos.

XV.6.3.- Ensilados de bagazo de manzana

Dada la facilidad para ensilar de este subproducto (Capítulo XIV) cada vez más abundante en Asturias, no se aprecian problemas de mala fermentación. Adicionalmente, si comparamos estos valores de sus principios nutritivos con el producto fresco, se observa que las pérdidas de calidad nutricional imputables al proceso de ensilado son pequeñas.

Tabla XV-9.- Principios nutritivos y metabolitos de fermentación de muestras de ensilados de bagazo de manzana analizadas en el SERIDA (1987-2012).

Parámetro	Promedio	Desv. est.	Mínimo	Máximo
pH	3,44	0,200	3,18	4,10
Materia seca (%)	23,21	5,393	16,50	37,82
Cenizas (%MS)	2,22	0,352	1,66	3,00
Proteína bruta (%MS)	6,03	0,967	4,30	8,52
Extracto etéreo (%MS)	2,97	0,879	1,81	5,12
Fibra bruta (%MS)	22,87	3,597	18,05	34,51
Fibra neutro detergente (%MS)	56,35	3,820	47,96	62,81
Fibra ácido detergente (%MS)	40,48	3,472	35,56	46,96
Fibra ácido detergente sin cenizas (%MS)	40,27	3,415	35,51	46,87
DMOestndc (%)	62,87	3,515	57,17	71,82
EMest (MJ/kgMS)	9,84	0,545	8,90	11,15
Láctico (%MS)	1,95			
Acético (%MS)	1,76			
Propiónico (%MS)	0,20			
Butírico (%MS)	< LDD			

Desv.est.: desviación estándar; DMOestndc: Digestibilidad in vivo de la materia orgánica estimada; EMest: Energía metabolizable estimada; <LDD: Inferior al límite de detección

XV.7.- Aplicación de la reflectancia en el infrarrojo cercano para el control de calidad de los ensilados (NIRS)

Existe una opinión generalizada de que las ganaderías en la denominada España húmeda, no realizan un aprovechamiento forrajero al nivel que sería deseable (Álvarez Pinilla y Pérez Méndez, 2010). Entre las razones se citan, están la ineficiencia en la producción forrajera y la inadecuada conservación de los excedentes mediante ensilaje, y se argumenta la necesidad de aprovechar en mayor medida los recursos propios para obtener sistemas de producción más flexibles.

La mejora de los sistemas de alimentación de las explotaciones y el uso de sus recursos forrajeros, es una de las áreas a las que se debe primar, dirigiendo los esfuerzos en aumentar la precisión de la caracterización y predicción de la capacidad de los alimentos para cubrir las necesidades de los animales.

En este sentido, el pilar fundamental que sustenta la necesidad del análisis NIRS, que resulta altamente atractivo, no es sólo su demanda por la industria y cooperativas, sino asimismo la necesidad de modernización de las explotaciones ganaderas, que apuestan por producciones rentables y más saludables dependiendo de sí mismas en base a sus recursos forrajeros.

Actualmente, la tecnología NIRS es considerada a nivel mundial un potente sensor para el análisis cualitativo y cuantitativo en la industria agroalimentaria, farmacéutica, química, y para determinadas aplicaciones en medicina, medio ambiente, etc. (Davies y Williams, 1996). En términos generales, ya ha sido reconocida su capacidad para sustituir o complementar a los métodos analíticos tradicionales por su rapidez de respuesta, además de ser una tecnología limpia con el medio ambiente, dado que no emplea reactivos, a pesar de que sus instrumentos a nivel de laboratorio se tilden de sensibles a factores físicos como la temperatura, el envejecimiento de la fuente de luz o a distorsiones instrumentales que pueden afectar la validez de los modelos a largo plazo.

Sin embargo, los robustos diseños de la nueva generación de instrumentos NIRS, así como el abaratamiento del coste, han propiciado el desarrollo de aplicaciones en las que el sensor (instrumento NIR) está en contacto directo con las muestras (Soldado *et al.*, 2013a). Su aplicación en la medida de la calidad de la dieta (Sthut y Tolleson, 2000), ingestibilidad y digestibilidad (de la Roza *et al.*, 2002, Soldado *et al.*, 2004), contenido en proteína, humedad, grasa, fibra, y demás parámetros nutritivos (Martínez *et al.*, 2004; de la Roza *et al.*, 2006) en alimentos para animales ha sido ampliamente demostrado. Por ello, las ventajas que aporta la integración de la rapidez y eficiencia de estas predicciones NIRS, a la toma de decisiones a tiempo real en alimentación animal, redundarían en una reducción de costes y por consiguiente de inputs medioambientales.

Cabe destacar que las explotaciones lecheras se han decantado mayoritariamente por la denominada alimentación unifeed o ración completa mezclada, que permite un mayor control de las cantidades de los diversos alimentos que integran la ración para el cumplimiento de las condiciones del racionamiento animal y el reparto diario de las mismas. La caracterización de los diferentes alimentos que integran la ración, particularmente el ensilado, es un factor clave en la formulación de las dietas destinadas a producción animal, porque como ya hemos dicho reiteradamente un ensilado de mala calidad puede reducir la ingesta y en consecuencia las producciones.

En el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), la investigación en valor nutritivo de forrajes ensilados se lleva a cabo en el área de Nutrición, Pastos y Forrajes, y se encuentra ligada al laboratorio de Nutrición,

el cual es el vehículo de suministro de datos de referencia, está acreditado para la determinación de la composición químico-bromatológica de alimentos para animales mediante vía húmeda, y ha sido además el primer laboratorio nacional acreditado para un servicio analítico por NIRS para el análisis nutritivo de alimentos por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) en cumplimiento de la Norma UNE EN ISO/IEC 17025.

En concreto, la tecnología NIRS que asocia los datos primarios a datos espectrales para el desarrollo de calibraciones de predicción tanto de valor nutritivo de alimentos, como de respuesta animal, constituyen una línea de investigación propia. Pero además, adicionalmente a su actividad investigadora, el SERIDA viene prestando una labor de servicio analítico a agricultores y ganaderos, así como a otros programas de investigación mediante NIRS desde 1994.

En el momento actual disponede modelos de predicción de valor nutritivo para diferentes alimentos, ensilados de hierba (tabla XV.10) y maíz (tabla XV.11), praderas, henos de hierba y alfalfa, piensos compuestos y mezclas. Además de diversos parámetros metabólicos y de respuesta animal (tabla XV.12) e incluso parámetros fermentativos.

Tabla XV.10.- Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad nutritiva de ensilados de hierba

PARÁMETRO	Rango	Desv. est	ETC	R ²	ETVC	r ²	RER
MSlab (%)	84,18-97,21	2,490	0,823	0,891	0,918	0,864	14,19
Cenizas (%)	4,11-18,80	2,595	0,903	0,879	1,100	0,820	13,35
Proteína bruta (%)	5,14-20,28	2,596	0,514	0,961	0,579	0,951	26,15
FND (%)	31,30-71,60	6,834	1,488	0,953	1,661	0,941	24,26
FAD SIN CEN (%)	23,70-37,80	2,795	0,877	0,902	0,989	0,875	14,26
Fibra bruta (%)	18,74-35,59	3,415	1,317	0,851	1,420	0,827	11,87
DenzMOn dc (%)	30,90-81,78	10,089	2,550	0,936	2,751	0,926	18,50

(SERIDA, 2005)

MSlab: % materia seca residual; FND: Fibra neutro detergente; FADSINCEN: Fibra ácido detergente libre de cenizas; DenzMOn dc: Digestibilidad enzimática de la materia orgánica FND-celulosa; Desv. Est.: desviación estándar; ETC: error estándar de calibración; ETVC: error estándar de validación cruzada; R² y r²: coeficiente de determinación del colectivo de calibración y de validación cruzada, respectivamente; RER (*ratio error range*): Relación entre el intervalo de composición de los datos de referencia para el colectivo de calibración y el error típico de validación cruzada

Tabla XV.11.- Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad nutritiva de ensilados de maíz

PARÁMETRO	Rango	Desv. est	ETC	R ²	ETVC	r ²	RER
MSlab	89,11-97,39	1,88	0,759	0,838	0,846	0,799	9,79
Cenizas (%)	2,34-9,31	1,034	0,360	0,879	0,424	0,832	16,44
Proteína bruta (%)	4,93-11,34	0,998	0,307	0,906	0,357	0,873	17,96
FND (%)	25,75-62,52	5,228	1,980	0,857	2,156	0,830	17,05
FAD SIN CEN (%)	19,75-36,07	3,280	0,957	0,915	1,171	0,874	13,94
Fibra bruta (%)	15,89-29,64	2,591	1,280	0,756	1,373	0,722	10,01
Almidón (%)	7,17-40,97	6,533	2,495	0,854	2,610	0,843	12,95
DenzMONdc (%)	47,71-81,90	4,781	1,635	0,883	1,826	0,855	18,72

(SERIDA, 2005)

MSlab: % materia seca residual; FND: Fibra neutro detergente; FADSINCEN: Fibra ácido detergente libre de cenizas; DenzMONdc: Digestibilidad enzimática de la materia orgánica FND-celulosa; Desv. Est.: desviación estándar; ETC: error estándar de calibración. ETVC: error estándar de validación cruzada; R² y r²: coeficiente de determinación del colectivo de calibración y de validación cruzada, respectivamente. RER (*ratio error range*): Relación entre el intervalo de composición de los datos de referencia para el colectivo de calibración y el error típico de validación cruzada

Tabla XV.12.- Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad de la dieta (ensilado de hierba) a través de muestras fecales

Parámetro	SEC	R ²	SECV	r ²	RER	Rango	SD
Ingestión total (kg MS / vacaxdía)	1,349	0,629	1,467	0,560	6,50	10,3-19,8	2,216
Ingestión forraje (kg MS / vacaxdía)	0,967	0,867	1,309	0,757	8,02	5,3-15,8	2,654
Digestibilidad materia orgánica (%)	1,994	0,857	2,626	0,750	10,13	54,2-80,8	5,271
Digestibilidad de energía bruta (%)	1,874	0,856	2,622	0,715	8,49	52,2-74,4	4,974
Energía digestible (MJ / kg MS)	0,344	0,841	0,475	0,695	7,81	10,1-13,8	0,864
Energía metabolizable (MJ / kg MS)	0,262	0,933	0,434	0,819	8,16	8,2-11,7	1,012

(de la Roza *et al.*, 2002).

SEC: Error estándar de calibración; R²: Coeficiente de determinación de calibración; SECV: Error estándar de validación cruzada; r²: Coeficiente de determinación de validación cruzada; RER (*ratio error range*): Relación entre el intervalo de composición de los datos de referencia para el colectivo de calibración y el error típico de validación cruzada

Toda esta experiencia del SERIDA en el campo de la tecnología NIRS, principalmente con equipamientos de laboratorio (*at-line*), junto con los nuevos desarrollos quimiométricos e instrumentales, en busca de estrategias que contemplen un alto potencial de muestreo y análisis a bajo coste, (características que se encuentran entre los atributos de la espectroscopía NIR), ha permitido un cambio radical en los procesos de análisis y control de los ensilados.

En la actualidad, estas aplicaciones, permiten una evaluación rápida y precisa de los atributos de calidad, ya que los alimentos se analizan en su estado natural. En el caso de ensilados esto supone que el análisis se realiza directamente en estado húmedo, tras solo un proceso de picado (figura XV.13).



Figura XV. 13.- Análisis NIRS de una muestra de ensilado de hierba en estado natural

Las tablas XV.13 y XV.14 muestran los estadísticos obtenidos para el análisis NIRS sobre muestras de ensilado en su estado húmedo. En su mayor parte son más exactos y precisos que cuando se analizan las muestras de ensilado tras una preparación previa de desecación y molienda (Tablas XV.10 y 11). Por tanto estos resultados avalan esta modalidad de análisis, a pesar de la gran dificultad que entraña el análisis de muestras húmedas y muy heterogéneas.

Tabla XV.13.- Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad nutritiva de ensilados de hierba en fresco (F)

PARÁMETRO	Rango	Desv.est.	ETC	R ²	ETVC	r ²	RER
Materia seca _F (%)	13,47-62,02	9,529	0,705	0,995	0,840	0,992	57,79
Ceniza _F (%)	0,89-6,67	0,975	0,377	0,850	0,458	0,781	12,62
Proteína bruta _F (%)	1,70-8,44	1,274	0,239	0,965	0,316	0,939	21,33
FNDSINCEN _F (%)	6,82-38,27	6,131	0,606	0,990	0,798	0,983	39,41
FADSINCEN _F (%)	3,84-22,07	3,389	0,288	0,993	0,670	0,962	27,21
Fibra bruta _F (%)	4,57-19,78	3,130	0,367	0,986	0,543	0,970	28,01
DENZmoNDC (%)	27,78-75,35	9,294	3,107	0,888	3,580	0,581	13,29

F: datos calculados sobre materia seca en fresco; FNDSINCEN y FADSINCEN: % de fibra neutro y ácido detergente libres de cenizas; DenzMONdc: Digestibilidad enzimática de la materia orgánica FND-celulosa; Desv.est.:Desviación estándar; ETC: error estándar de calibración. ETVC: error estándar de validación cruzada; R² y r²: coeficiente de determinación del colectivo de calibración y de validación cruzada, respectivamente; RER (*ratio error range*): Relación entre el intervalo de composición de los datos de referencia para el colectivo de calibración y el error típico de validación cruzada

Tabla XV.14.- Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de parámetros fermentativos de ensilados de hierba en fresco

PARÁMETRO	Rango	Desv.est.	ETC	R ²	ETVC	r ²	RER
pH	2,69-6,33	0,607	0,114	0,965	0,197	0,897	18,46
NNH ₃ (g/100 mL)	25,40-268,3	64,98	18,30	0,921	21,26	0,893	11,42
N soluble (g/100 mL)	0,12-0,77	0,145	0,027	0,965	0,045	0,903	14,44
Ac. Láctico (%)	LD- 5,139	1,158	0,224	0,963	0,328	0,920	15,68
Ac. Acético (%)	LD- 1,828	0,350	0,097	0,923	0,142	0,838	12,87
Ac. Butírico (%)	LD- 1,740	0,441	0,132	0,911	0,174	0,846	10,02

NNH₃: N amoniacal; Desv.est.: Desviación estándar; ETC: error estándar de calibración; ETVC: error estándar de validación cruzada; R² y r²: coeficiente de determinación del colectivo de calibración y de validación cruzada, respectivamente; RER (*ratio error range*): Relación entre el intervalo de composición de los datos de referencia para el colectivo de calibración y el error típico de validación cruzada

Sin embargo, a pesar de su rapidez, el análisis a nivel de laboratorio presenta una serie de limitaciones, dado que los instrumentos NIRS tradicionales son muy "sensibles" a variaciones de temperatura y humedad, lo que restringe su uso fuera de condiciones controladas. Además, es necesario transportar la muestra desde el punto de origen donde se recoge al laboratorio de control de calidad, ocasionando una demora entre el proceso de muestreo y el resultado analítico, hecho que en ocasiones no posibilita una respuesta inmediata sobre la calidad del producto, pieza clave para la elaboración de raciones.

Para paliar estas limitaciones, los avances en la tecnología NIRS han hecho posible el desarrollo de sensores portátiles capaces de recoger la información espectroscópica directamente en el campo y sobre muestra intacta (Martínez *et al.*, 2010; Soldado *et al.*, 2013). El desarrollo, la evaluación y la implantación de estas metodologías NIRS denominadas *on-site* permitirá incrementar la eficacia en la determinación de los parámetros de interés y proporcionará información relevante para la toma de decisiones en tiempo real.

Sin embargo, existen numerosos problemas a resolver antes de la implantación de estos sistemas para el control de calidad en agroalimentación en general, y en la alimentación animal en particular. Por todo ello, el SERIDA durante los últimos años está evaluando las posibilidades de transferencia de modelos de predicción entre equipos *at-line* y *on-site*, para optimizar el uso de sensores NIRS portátiles en la caracterización a nivel de explotación ganadera (*in-situ*) de ensilados de hierba y maíz sin pretratamiento de muestra (figura XV.14). Para ello, aprovecha las grandes bases de datos espectrales que fruto de la experiencia y años de estudio, están disponibles en sus equipamientos de laboratorio, para transferir a equipamientos portátiles, que posibiliten esa predicción instantánea.

Las tablas XV.15 y XV.16 muestran los resultados obtenidos con modelos de predicción transferidos de instrumentos de laboratorio a sensores NIRS portátiles capaces de recoger la información espectroscópica directamente en el campo y sobre muestra intacta, para su uso como herramientas instantáneas para el control de calidad.

Los estadísticos, son ligeramente menos exactos y precisos que los obtenidos en equipamientos de laboratorio. Sin embargo, nos confirman que las bibliotecas de espectros recogidos en equipos *at-line* con muestra intacta, pueden ser transferidas a otros equipamientos NIRS portátiles, menos sensibles a cambios de temperatura y humedad, posibilitando su utilización en campo.

Tabla XV.15.- Estadísticos de las ecuaciones NIRS para el control de calidad de ensilados de hierba en fresco en equipos portátiles

Parámetro	ETC	R ²	ETVC	r ²
pH	0,282	0,77	0,316	0,72
Materia seca (%)	2,158	0,92	2,844	0,89
NNH ₃ (g/100ml)	20,923	0,88	29,266	0,76
NSoluble g/100ml)	0,052	0,87	0,068	0,78
Ácido láctico (g/100ml)	491	0,79	575	0,71
Ácido butírico (g/100ml)	231	0,80	275	0,72

R² y r²: coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada
 ETC: Error típico de calibración; ETVC: Error típico de validación cruzada

Tabla XV.16. Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz desarrollados en el equipo *at-line*.

Parámetro	SECV	1-VR	RER	RPD
pH	0,127	0,354	7,463	1,244
Materia seca (%)	0,850	0,939	24,334	4,056
Cenizas _F (%)	0,126	0,603	9,517	1,587
Proteína bruta _F (%)	0,114	0,838	14,919	2,487
Fibra neutro detergente _F (%)	1,494	0,833	14,522	2,431
Almidón _F (%)	0,954	0,818	14,065	2,344
DenzMondc (%)	1,895	0,604	9,557	1,593
NNH ₃ (mg/dl)	3,938	0,858	15,957	2,659
Ácido láctico (mg/dl)	224,839	0,885	17,723	2,954
Ácido acético (mg/dl)	132,606	0,876	14,725	2,849

Soldado *et al.*, (2013b)

F: Fresco; DenzMondc: Digestibilidad de la Materia orgánica; NNH₃: Nitrógeno amoniacal;
 SECV: error de validación cruzada; 1-VR: Coeficiente de determinación de la validación cruzada;
 RER: rango/SECV; RPD: SD/SECV

Estas metodologías NIRS *on-site* permiten por tanto incrementar la eficacia en la determinación de constituyentes nutricionales y fermentativos de ensilados de forma intacta y proporcionan información relevante para la toma de decisiones en tiempo real en el campo. Sin embargo, como ya mencionamos anteriormente, aún existen numerosos problemas a resolver antes de su implantación para el control de calidad en la agroalimentación en general, y en la alimentación animal en particular.



Figura XV. 14.- Instrumentos de análisis NIR

Listado de tablas

Tabla I.1	Categorías de pastos existentes en Asturias y superficie que ocupan
Tabla II.1	Práctica del ensilado en las explotaciones lecheras gallegas por tamaño de cuota láctea asignada en 1996
Tabla III.1	Algunas especies de bacterias lácticas aisladas de ensilados
Tabla V.1	Potencia necesaria del tractor para accionar diversos tipos de cosechadora de forrajes
Tabla VIII.1	Intervalos que definen la ensilabilidad de un forraje
Tabla VIII.2	Rangos de ensilabilidad según valores obtenidos del índice de ensilabilidad (IE)
Tabla IX.1	Pérdidas energéticas durante el proceso de ensilado y sus causas
Tabla IX.2	Producción total de efluente según tipo de forraje y contenido en materia seca en el momento del corte
Tabla IX.3	Ecuaciones de regresión entre la cantidad de efluente evacuado por los ensilados de hierba y el contenido en materia seca de los forrajes de partida, según diferentes autores
Tabla IX.4	Demanda biológica de oxígeno (DBO) según tipo de residuo
Tabla IX.5	Capacidad de absorción relativa de varios materiales utilizados en silos trinchera de 10 t de capacidad
Tabla IX.6	Composición química del efluente de ensilado de hierba
Tabla X.1	Tipos de aditivos para ensilados
Tabla X.2	Principios nutritivos, contenido energético y parámetros fermentativos de ensilados de hierba según tipo de aditivo. Producción y características del efluente
Tabla X.3	Componentes químicos, digestibilidad e ingestión voluntaria en novillos destetados de un ensilado de hierba sin aditivo o utilizando un ácido mineral (sulfúrico) o un ácido orgánico (fórmico) a 2,3 L/t de forraje verde inicial
Tabla X.4	Efectos del tratamiento con aditivos sobre la ingestión, digestibilidad y producción de leche en ensilados de raigrás italiano de segundo corte
Tabla X.5	Producción de efluente esperada (L/t) en función del contenido en materia seca del forraje inicial en ensilados directos o con adicción de ácido fórmico y dosis de pulpa necesaria para interceptar dicha producción
Tabla X.6	Efectividad de diversos aditivos sobre la calidad fermentativa según ensilabilidad de la hierba
Tabla XI.1	Fórmulas recomendadas para siembra de praderas de larga duración en Asturias (kg de semilla/ha) y recomendaciones de uso
Tabla XI.2	Producción de prados y praderas manejados de forma intensiva en la zona costera de Asturias
Tabla XI.3	Composición estimada de la hierba ingerida en pastoreo según estaciones y promedio de los forrajes segados para ensilar

Tabla XII.1	Producción y contenido en principios nutritivos del raigrás italiano alternativo en rotación anual con maíz
Tabla XII.2	Principios nutritivos de haboncillos en estado fenológico de legumbres inmaduras y alverjones en estado fenológico de formación de legumbres en un cultivo asociado con raigrás italiano
Tabla XII.3	Dosis de siembra recomendadas para asociaciones de cereales y leguminosas de invierno (kg de semilla/ha)
Tabla XII.4	Producción y contenido en principios nutritivos de las asociaciones de avena y triticale con diversas leguminosas de invierno
Tabla XII.5	Producción, principios nutritivos y ensilabilidad de los componentes de la asociación triticale-haboncillos, según su estado de desarrollo
Tabla XIII.1	Ciclo FAO de las variedades de maíz
Tabla XIII.2	Días disponibles para cultivo del maíz según fechas de siembra y de recolección
Tabla XIII.3	Escala de maduración del grano de maíz
Tabla XIII.4	Principios nutritivos y capacidad tampón de la soja en monocultivo o asociada a maíz forrajero en líneas o a voleo
Tabla XIII.5	Evolución de la calidad nutritiva y contenido energético de una variedad de maíz forrajero de ciclo corto desde el inicio de la formación de la mazorca hasta la fecha de cosecha en dos sistemas de manejo convencional vs. ecológico
Tabla XIII.6	Variación en la producción y calidad físico-química de la leche, según calidad nutritiva del ensilado de hierba y del ensilado de maíz ingeridos
Tabla XIV.1	Contenido en principios nutritivos del bagazo de manzana
Tabla XIV.2	Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la materia seca y proteína bruta de bagazo de manzana asturiano de diferente procedencia
Tabla XIV.3	Contenido en principios nutritivos de la "borra" de sidra
Tabla XV.1	Valor nutritivo de hierba verde y prehenificada con malas condiciones meteorológicas y de los ensilados obtenidos
Tabla XV.2	pH óptimo de un ensilado de hierba, en función del contenido en materia seca
Tabla XV.3	Valores óptimos de los indicadores de calidad de los ensilados de hierba, raigrás italiano y maíz
Tabla XV.4	Contenido de nitrógeno amoniacal en ensilados y su relación con la calidad de fermentación
Tabla XV.5	Calidad de los ensilados en función de los parámetros fermentativos
Tabla XV.6	Principios nutritivos y metabolitos de fermentación de ensilados de hierba y raigrás italiano procedentes de explotaciones asturianas
Tabla XV.7	Pradera de raigrás inglés y trébol blanco del SERIDA de Villaviciosa: valor nutritivo del forraje de partida y de los ensilados resultantes

Tabla XV.8	Intervalo de variación y desviación estándar de la calidad nutritiva y parámetros fermentativos en ensilados de maíz en diferentes campañas
Tabla XV.9	Principios nutritivos y metabolitos de fermentación de muestras de ensilados de bagazo de manzana analizadas en el SERIDA (1987-2012)
Tabla XV.10	Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad nutritiva de ensilados de hierba
Tabla XV.11	Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad nutritiva de ensilados de maíz
Tabla XV.12	Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad de la dieta (ensilado de hierba) a través de muestras fecales
Tabla XV.13	Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de la calidad nutritiva de ensilados de hierba en fresco
Tabla XV.14	Resultados estadísticos de ecuaciones NIRS para la predicción de parámetros fermentativos de ensilados de hierba en fresco
Tabla XV.15	Estadísticos de las ecuaciones NIRS para el control de calidad de ensilados de hierba en fresco en equipos portátiles
Tabla XV.16	Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz desarrollados en el equipo at-line

Listado de figuras

Figura II.1	Zonas edafoclimáticas de Asturias
Figura II.2	Promedio del año climático en Asturias
Figura II.3	Estacionacidad de la producción de praderas en Asturias
Figura III.1	Cambios en la microflora durante el proceso de fermentación de los ensilados
Figura IV.1	Esquema de un panel individual portátil para construcción de un silo trinchera
Figura VIII.1	Presencia de ácido butírico en ensilados en relación con el coeficiente de fermentabilidad y la presencia de nitratos del forraje de partida
Figura VIII.2	Calidad fermentativa esperable en los ensilados en función de la relación existente entre los parámetros que definen la ensilabilidad
Figura VIII.3	Forrajes con diferente rango de ensilabilidad utilizados en los ensayos realizados en el SERIDA para la obtención de un índice de ensilabilidad (IE) adaptado a las características de los forrajes para ensilar en la Cornisa Cantábrica
Figura IX.1	Pérdidas ocasionadas durante el proceso de ensilado
Figura IX.2	Efluente generado por ensilados directos elaborados con forraje procedente de una pradera de larga duración tras 65 días de fermentación, en función del manejo
Figura IX.3 (a, b)	Producción de efluente acumulada tras 75 días de ensilado, en silos realizados con forraje procedente de una pradera de larga duración, manejada de manera convencional o ecológica y, en corte directo, o tras 24 horas de prehenificación
Figura IX.4	Relación entre producción de efluente y materia seca del forraje de partida
Figura IX.5	Evolución del pH y temperatura en °C en ensilados de habas forrajeras y raigrás italiano en contacto con el aire, elaborados sin aditivo
Figura IX.6	Evolución del pH y temperatura (Tª °C) en ensilados de pradera de corta duración (raigrás italiano-trébol violeta) en contacto con el aire, elaborados sin aditivo
Figura IX.7	Proceso de deterioro aeróbico en ensilados de maíz elaborados sin aditivo
Figura X.1	Producción de efluente (L/t de forraje) en ensilados elaborados con forraje de pradera (<i>Lolium perenne-Trifolium repens</i>), con un contenido en materia 165 g/kg. Efecto del aditivo utilizado y de la adición de pulpa de remolacha granulada
Figura X.2	Estabilidad aeróbica de ensilados de maíz directo y tratado con un aditivo biológico formulado con bacterias lácticas formadoras de ácido propiónico
Figura X.3	Estabilidad aeróbica de microensilados elaborados con forraje de pradera procedente de las parcelas experimentales del SERIDA en función del aditivo empleado
Figura XI.1	Unidades de pastos descritas en el Nomenclátor Básico de Pastos Españoles
Figura XI.2	Manejo intensivo de una pradera de larga duración en la zona costera de Asturias (manejo realizado en el SERIDA 1986-1998)
Figura XI.3	Evolución a lo largo del año de las cantidades de oferta y rechazo según clases de pasto. Entre paréntesis se indica el número de aprovechamientos por parcela y mes. Al margen, cantidad(es) de forraje segado para ensilar

- Figura XI.4 Evolución de las producciones de materia seca (kg MS/ha) en una pradera de raigrás inglés-trébol blanco según manejo convencional (MC) o ecológico (ME)
- Figura XIII.1 Evolución de la superficie destinada a cultivo de maíz forrajero en Asturias en el periodo 1985-2010
- Figura XIII.2 Localización de los campos de ensayo de variedades de maíz forrajero
- Figura XIII.3 Vista de la aplicación informática para la elección de variedades comerciales de maíz forrajero en Asturias (acceso desde la página principal de la web del SERIDA, www.serida.org)
- Figura XIII.4 Invasión de malas hierbas en diferentes fases del desarrollo del cultivo maíz forrajero en manejo convencional vs. ecológico
- Figura XIII.5 Evolución de los rendimientos de maíz forrajero respecto al grado de madurez de la planta
- Figura XIII.6 Evolución de la composición químico-bromatológica de maíz forrajero según contenido en mazorca
- Figura XIII.7 Evolución del contenido en almidón y azúcares solubles con el contenido en mazorca.
- Figura XIII.8 Evolución del contenido energético de maíz forrajero según estado de madurez de la planta.
- Figura XIII.9 Zonas de la mazorca y del grano de maíz donde se debe de evaluar el estado de madurez del grano
- Figura XIV.1 Superficie de pomarada y producción total de manzana de sidra en Asturias
- Figura XV.1 (a, b) Esquema de toma de muestras en silos horizontales
- Figura XV.2 Esquema de toma de muestras reducida en silos horizontales
- Figura XV.3 Esquema de toma de muestras con sonda en silos horizontales
- Figura XV.4 Toma de muestras de ensilados con sonda mecanizada
- Figura XV.5 Esquema de toma de muestras en silos torre
- Figura XV.6 Esquema de toma de muestras en silos torre a través de ventanas
- Figura XV.7 Esquema de toma de muestras en rotopacas
- Figura XV.8 Estabilidad de un ensilado en función de su contenido en materia seca (%MS) y el pH de su jugo obtenido por prensado o por maceración en agua
- Figura XV.9 Calidad de fermentación en relación con el contenido de materia seca y pH de los ensilados
- Figura XV.10 Relación entre fibra neutro detergente (FND) y ácido láctico (LAC) en ensilados de hierba
- Figura XV.11 Relación entre fibra neutro detergente (FND) y ácido láctico (LAC) en ensilados de raigrás italiano
- Figura XV.12 (a, b) Correlación entre el contenido en almidón y los contenidos en fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en ensilados de maíz procedentes de explotaciones asturianas
- Figura XV.13 Análisis NIRS de una muestra de ensilado de hierba en estado natural
- Figura XV.14 Instrumentos de análisis NIRS

Listado de fotografías

IV.1	Batería de silos trinchera
IV.2	Silo trinchera bajo techo
IV.3	Batería de silos trinchera construidos con paneles laterales portátiles
IV.4 (a, b)	Silos zanja construidos aprovechando los desniveles del terreno
IV.5	Silo plataforma
IV.6 (a, b)	Silo plataforma
V.1	Recolección de maíz como ejemplo característico de ensilado directo
V.2	Segadora con barra de corte manual o guadañadora
V.3 (a, b)	Hilerado de forraje con rastrillo hilerador
V.4	Forraje segado con hilerado posterior
V.5 (a, b)	Remolque autocargador accionado por un tractor
V.6	Segadora de discos acoplada a la parte posterior de un tractor específico de montaña
V.7	Segadora acondicionadora acoplada a un tractor específico de montaña
V.8	Descarga del forraje en un silo trinchera
V.9 (a, b)	Acondicionado y pisado del forraje en el interior de un silo trinchera
V.10	Proceso de cerrado de un silo trinchera
V.11	Cierre definitivo de un silo trinchera
V.12	Suministro de ración <i>unifeed</i> con ensilado con sistema experimental de control individual de ingestión en la Unidad de producción de leche del SERIDA
VI.1	Aspecto general de rotoempacadora acoplada al tractor
VI.2 (a, b)	Rotoempacadora de forraje en funcionamiento
VI.3	Rotopacas recién elaboradas sobre una parcela
VI.4	Rotopacas encintadas almacenadas
VI.5	Encintadora de rotopacas en funcionamiento
VI.6 (a, b, c, d)	Plataforma de encintado de rotopacas en funcionamiento
VI.7	Tractor transportando una rotopaca con un punzón antes del encintado
VI.8	Rotopacas encintadas y almacenadas verticalmente en una parcela
VI.9	Rotoempacadora adaptada para trabajar en zonas de montaña
VII.1 (a, b, c)	Moledora embutidora y ensilados en bolsa resultantes
VII.2 (a, b)	Rotopacas de maíz elaboradas con compactadora embutidora
VII.3	Aspecto de una batería de silos experimentales en las instalaciones del SERIDA
VII.4	Aspecto de la columna de ensilado en el momento de apertura del microsilo

- IX.1 Fosa construida a pie de ensilado para captación de efluentes
- XI.1 Pradera de larga duración de raigrás ingles y trébol blanco
- XII.1 Pradera de corta duración de raigrás italiano y trébol violeta
- XII.2 Monocultivo de raigrás italiano alternativo
- XII.3 Cultivo asociado de raigrás italiano alternativo y trébol encarnado
- XII.4 Cultivo asociado de raigrás italiano alternativo con haboncillos
- XII.5 Asociación triticales haboncillo como cultivo de invierno para forraje
- XII.6 Haboncillos en monocultivo
- XII.7 Cultivo asociado de haboncillos y colza forrajera
- XIII.1 Cultivo de maíz forrajero destinado a ensilar
- XIII.2 Campo de evaluación de variedades comerciales de maíz
- XIII.3 Cultivo asociado de maíz y soja forrajera
- XIII.4 Máquina para siembra directa de maíz
- XIII.5 Siembra directa de maíz tras el último aprovechamiento del forraje de invierno
- XIII.6 Estado fenológico óptimo para la cosecha de maíz forrajero destinado a ensilar
- XIII.7 Detalle del grado de desarrollo de la mazorca (grano pastoso vítreo) para ensilar
- XIV.1 Residuo de manzana para ensilar obtenido después del último prensado para la elaboración de sidra
- XIV.2 Ensilado de maíz (parte inferior) y bagazo de manzana (capa superior) abierto tras la fermentación para suministrar al ganado como parte de la ración
- XIV.3 Ensilado trinchera de maíz y bagazo de manzana
- XIV.4 Proceso de ensilado de remolacha azucarera
- XIV.5 Proceso de elaboración de ensilado de subproductos de transformación de plataneras

Referencias bibliográficas

- Álvarez, S. 2013. Aprovechamiento del subproducto de platanera en la alimentación animal. Primeras Jornadas de Transferencia I+D+i para una producción sostenible del plátano en las RUPS. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Gobierno de Canarias.
- Álvarez, M. A., García, P. y Valderrábano, J. 2004. Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles: Cartografía de los pastos de Asturias. Ed. Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT). Universidad de Oviedo. 138 pp.
- Álvarez Pinilla, A., Pérez Méndez, J. A. 2010. Acciones de Futuro para el Sector Lechero en la Cornisa Cantábrica. Centro Nacional de Competencia de la Leche. Gobierno del Principado de Asturias. Oviedo (España).
- Antuña, A., Nuño, M^a I., Martínez, A. y de la Roza, B. 1991. Efecto del intervalo entre cortes y la fertilización nitrogenada sobre la cantidad y calidad de hierba cosechada en una pradera de raygras inglés - trébol blanco en la zona costera de Asturias. *Investigaciones Agrarias, producción y protección vegetales*, V 6(1), 93-106.
- Argentería, A., Carballal, A., González, C., Martínez-Fernández, A., de la Roza Delgado, B., Soldado, A., Modroño, S. 2014. Variedades de maíz. Actualización año 2013. Edita SERIDA. Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principado de Asturias. Villaviciosa, España. 33pp.
- Argentería, A., de la Roza, B., Martínez-Fernández, A., Sánchez, L. y Martínez, A. 1997. *El ensilado en Asturias*. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. Consejería de Agricultura. 127 pp.
- Barroso, F. G., Martínez, T. F., Megías, M.D., Madrid, M.J., Hernández, F. 2006. Conservación y valoración de la pulpa de tomate ensilada para alimentación animal. Actas de la XXXI Jornadas Científicas de la SEOC, Zamora, 48-50.
- Blas, C. de; González, J. y Argentería, A. 1987. *Nutrición y alimentación del ganado*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 251-267 pp.
- Bouza-Brey, F. 1953. Noticias históricas sobre la introducción del cultivo del maíz en Galicia. Bol. Real Acad. Hist. 132, 35-72.
- Buxade Carbó, C. 1995. La contaminación en una explotación de vacuno de leche. En: Ganado vacuno de leche: Producción y contaminación. Fundación de estudios lácteos. Ed: Ediciones Ayala. Madrid (España). 176 pp.
- Cañeque, V. y Sancha, J. L. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Ed.: Mundi Prensa. Madrid (España). 260 pp.
- Castle, M. E. 1982. «Making high-quality silage». In: *Silage for milk production*. Technical Bulletin 2. Eds. J. A.F. Rook & P. C. Thomas. U. K. 105-125 pp.
- CEE., 1991. Reglamento nº 2092/91 del Consejo de 24/6/1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimentarios.
- CEE. 2007. Reglamento nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2091/91.
- CEE. 2008. Reglamento nº 889/2008 de la comisión de 5 de setiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CEE) nº 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.
- Chedly, K y Lee, S. 2001. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. Ed: L't Marnette. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 161, 87-97.
- Clarke, S.P., Stone, R. P. 1995 How to handle seepage from farm silos?. Factsheet from the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario. Canada.

- Dapena de la Fuente, E. 1996. Comportamiento Agronómico y Tecnológico de variedades de manzano asturianas. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
- Davies, A. y Williams, P. 1996. Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves. Proceedings of the 7th International Conference NIR Publications. Chichester. (UK). 742 pp.
- de la Roza, B. 1990. Diseño y comparación de técnicas de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de forrajes Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. Asturias (España). 217 pp.
- de la Roza, B. y Argamenteira, A. 1992. Organic matter digestibility of forages for ruminants. Prediction by sodium chlorite pretreatment in conjunction with enzymatic treatment. Biotech Forum Europe, 9, 294-297.
- de la Roza, B., Argamenteira, A., Martínez-Fernández, A. 2007. Ingestión voluntaria y digestibilidad de forraje de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco ensilado bajo forma de rotopacas o en silos horizontales. *Pastos*, 37(2), 203-227.
- de la Roza, B. y Martínez, A. 2002. Retención de efluentes de ensilados de hierba por diversos absorbentes. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes. Actas de la XLII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Lleida. 491-496.
- de la Roza, B.; Martínez, A. y Argamenteira, A. 1996. El ensilado de forrajes. *Campo Práctico* Nº 2, 18 pp.
- de la Roza, B., Martínez, A. y Argamenteira, A. 1999. Estabilidad aeróbica, calidad de los ensilados de raigrás italiano y su respuesta en producción, según la naturaleza del aditivo empleado. En: *Actas de las Jornadas sobre Producción Animal*. ITEA. Zaragoza. 526-528.
- de la Roza Delgado, B.; Martínez Fernández, A.; Argamenteira Gutiérrez, A. 2002. Determinación de materia seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, XXXII (1), 91-104.
- de la Roza, B.; Martínez, A. y Argamenteira, A. 2003. El ensilado como método de conservación de forrajes. Informe Técnico. Ed: KRK. SERIDA (España). 61 pp.
- de la Roza, B.; Martínez, A. y Argamenteira, A.; Cornejo, E. S. 1991. Calidad nutritiva de los ensilados de la comunidad autónoma asturiana. Actas de la XXVI Reunión Científica de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal, 241-252.
- de la Roza B., Martínez A., Modroño S.; Argamenteira A. 2002. Measurements of metabolic parameters in lactating dairy cows with near infrared reflectance spectroscopy analysis using cattle faecal samples. In: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 10th International Conference*. NIRS Publications. Chichester UK. 371-374.
- de la Roza, B., Martínez, A., Modroño, S., Flores, G. y Argamenteira, A., 1999. A comparison of NIR spectroscopy with neutral detergent cellulase technique to predict the in vivo digestibility of grass silages. En: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 9th International Conference*. Pp. 661-665. Ed: A.M.C. Davies and R. Giangiaco. NIR Publications, Chichester, (UK).
- de la Roza, B., Martínez, A., Santos, B., González, J., Gómez, G., 1998. The estimation of crude protein and dry matter degradability of maize and grass silage by NIRS. *J. Near Infrared Spectroscopy*, 6, 105-114.
- de la Roza, B., Santos, B., Miranda, J.; Díez, E., Alfageme, L.A., Argamenteira, A. 1995. Evolución del valor nutritivo del maíz forrajero en verde en zona húmeda, según su contenido en materia seca. Pp. 217-221. Actas XXXV Reunión Científica de la S.E.E.P.
- de la Roza Delgado B, Soldado A., Martínez Fernández A., Vicente F., Modroño S. 2006. NIRS as a tool to predict nutritive quality of raw Total Mixed Rations with silages incorporated. Sustainable Grassland Productivity Grassland Science in Europe, Eds.: J. Lloveras; A. González-Rodríguez; O. Vázquez Yáñez; J. Piñeiro; O. Santamaría; L. Olea and M. J. Poblaciones; ISBN:84 689 6711 4. Artes Gráficas Marcipa (Badajoz), 11, 571-573

- de la Roza Delgado, B., Soldado, A., Modroño, S., González, M. A., Argamentería, A., Martínez Fernández, A. 2012. Evolución da calidade dos ensilados de millo elaborados nas explotacións leiteiras da cornixa Cantábrica nos últimos anos. *Afriga*, 100, 74-80.
- de la Roza Delgado, B., Vicente, F., Soldado, A., Martínez-Fernández, A., Argamentería, A. 2014. Uso de unifeed en la alimentación de rumiantes. *Ganadería*, 93, 50-53.
- Demarquilly, C., Andrieu, J., Michale-Doreau, B., Sauvant, D. 1989. Measurement of the nutritive value of feeds. En: *Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables*. 193-211. Ed. R. Jarrige. INRA y John Libbey Eurotext, París, Francia.
- Dermaquilly, J., Dulphy, J.P., Andrieu, J.P., 1998. Valeurs nutritive et alimentaire des fourrages selon les techniques de conservation: foin, ensilage, enrubannage. *Fourrages*, 155, 349-369.
- Dulphy, J. y Demarquilly, C. 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. En: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*. Ed. INRA publications, Route de St-Cur, 78000 Versailles. 61-80 pp.
- Dowman, M. y Collins, F. 1982. The use of enzymes to predict the digestibility of animal feeds. *J. Sci. Food Agric*, 33, 689-696.
- Dumont, J. 2004. Manejo eficiente de purines. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Eds.). Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno-(Chile). Informativo Remehue. 21 pp.
- Fernández, A., 1999. El silaje y los procesos fermentativos. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires (Argentina). 1, 4-11.
- Ferrer, C., San Miguel, A. y Olea, L. 2001. Nomenclator básico de pastos en España. *Pastos*. XXIX (2), 7-44.
- Fitzgerald, S. y Murphy, J. 1993. Role of maize silage for milk production. In: *Dairying improving the competitive edge*. Teagasc. (Ireland).
- Flores, G. 1995. Evaluación de equipos de ensilado de hierba. Reunión de Coordinación sobre Producción de Pastos y Forrajes. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Coruña. (España).
- Flores Calvete, G., 2004. Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 319 pp.
- Flores Calvete, G., Amor Fernández, J., Resch Zafra, C., y González Arraez, A. 2000. Valor nutritivo del ensilaje de hierba en las explotaciones ganaderas de Galicia. *Pastos*, XXX(2), 149-191.
- Guerrero, A. 1987. *Cultivos herbáceos extensivos*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 601-604 pp.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2011. La agricultura asturiana. Macromagnitudes agrarias. Referencias estadísticas 2009-2010. Ed: SADEI. Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos. Principado de Asturias. 293 pp.
- Haigh, P. M. 1987. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silage on commercial farms. *Grass and Forage Science*, 42, 1-8.
- Haigh, P. M. 1990. Effect of herbage water soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on comercial farms. *Grass and Forage Science*, 45, 263-271.
- Henderson, N. 1993. Silage additives. *Animal Feed Silage and Technology*, 45, 35-56.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). 1981. Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed.: INRA publications. Versailles (Francia). 590 pp.
- Investigación Agroalimentaria. 1995. *Memoria CIATA 1990-1994*. Consejería de Agricultura del Principado de Asturias. 104 pp.

- Investigación Agroalimentaria. 1996. *Memoria CIATA 1995*. Consejería de Agricultura del Principado de Asturias. 95-98 pp.
- Investigación Agroalimentaria. 1997. *Memoria CIATA 1996*. Consejería de Agricultura del Principado de Asturias.
- Investigación y Desarrollo Agroalimentario. 2003. *Memoria SERIDA 2003*. Consejería de Agricultura del Principado de Asturias.
- Kaiser AG, Piltz JW. 2002. Silage production from tropical forages in Australia. In: Proceedings of XIII th International Silage Conference. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/silage/kaiserpaper/kaisersilage.htm> [last access 10/11/2011].
- Khorchani, T., Hammadi, M., Genin, D., Sakkal, K., El Jani, H., Abdouli, H. 2004. Valorisation of date-palm by-products (DPBP) for livestock feeding in Southern Tunisia. II- Characteristics and digestibility of DPBP-based silages. *Options Méditerranéens*. Serie A. Séminaires Méditerranéens N° 59, 227-232.
- Kung, L., Taylor, C.C., Lynch, M.P. & Neylon, J. M. 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 86, 336-343.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). 1984. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Reference Book 433. Her Majesty's Stationery Office. London, (UK). 71 pp.
- MAGRAMA. 2012. Anuario de Estadística 2011. Madrid. España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAPA, 2003. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Ed.: Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España).
- MAPA, 2004. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Ed.: Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España). 705 pp.
- MARM, 2012. Guía técnica: Seguridad en el trabajo con maquinaria agrícola en zonas de montaña. Eds: Gobierno de Navarra, Junta de Castilla y León y Gobierno del Principado de Asturias. 267 pp.
- Martínez-Fernández, A. 1994. Evolución de la aptitud para ensilar de las especies pratenses: *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum* y *Dactylis glomerata*. Seminario de investigación. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. 25 pp. Universidad de Oviedo. (España).
- Martínez-Fernández, A. 2003. Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis doctoral. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Asturias, (España). 450 pp.
- Martínez-Fernández, A. y Argamenteira Gutiérrez, A. 2010. Conservación de forrajes de invierno. *Tecnología Agroalimentaria*, 8, 35-40.
- Martínez-Fernández, A., Argamenteira, A., de la Roza Delgado, B. 1999. Principios nutritivos y fermentativos de ensilados de hierba en función del tipo de pradera y del aditivo empleado en su elaboración. Poder contaminante de los efluentes generados. *Pastos*, XXIX (2), 171-188.
- Martínez-Fernández, A. Argamenteira, A y de la Roza, B. 2000. Obtención de un forraje equilibrado en energía y proteína mediante la asociación maíz-leguminosa forrajera. En: Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Braganza-Lugo-Coruña. 335-361.
- Martínez-Fernández, A., Benaouda, M., Prospero, F., Vicente, F. 2013. Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano. En: *Los pastos: Nuevos retos, nuevas oportunidades*. pp. 219-226. LII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Badajoz (España).

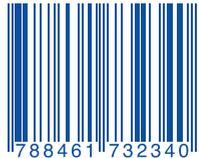
- Martínez-Fernández, A., Carballal Samlea, A., de la Roza Delgado, B., Soldado Cabezuelo, A., Modroño Lozano, S., Argamentería Gutiérrez, A. 2014a. Visión global del proceso de evaluación de variedades de maíz para ensilar en Asturias (1996-2011). *Tecnología Agroalimentaria*, 14, 16-24.
- Martínez-Fernández, A. y de la Roza, B. 1997. Poder contaminante de los efluentes de ensilados de hierba y raigrás italiano según materia seca del forraje inicial y aditivo utilizado. *Actas XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P.* 199-204.
- Martínez-Fernández, A. y de la Roza, B. 1999. Efecto de diferentes aditivos sobre la estabilidad aeróbica en ensilados de hierba según tipo de pradera. En: *Actas de la XXXIV Reunión Científica para el estudio de los Pastos*. Almería. 239-243.
- Martínez -Fernández, A, de la Roza Delgado, B., Modroño Lozano, S y Argamentería, A. 2008a. Producción y contenido en principios nutritivos de prados, praderas y de la rotación raigrás italiano-maíz en la rasa marítima centro-oriental de Asturias. *Pastos*. XXXVIII (II), 187-224.
- Martínez-Fernández, A., de la Roza Delgado, B., Modroño Lozano, S., Cueto, A. y Argamentería, A. 2010a. Cultivos de maíz y soja (puros y asociados) para forraje en la zona litoral centro oriental de Asturias. *Pastos*, 40(2), 75-188.
- Martínez-Fernández, A., Fernández, O., Soldado, A., Peláez, M., Modroño, S., Galiano, R., de Anda, G., de la Roza, B., Argamentería, A. 2003. Diferencias entre contenido en principios nutritivos y metabolitos de fermentación de ensilados de hierba y raigrás italiano procedentes de explotaciones asturianas. En: *Pastos, Desarrollo y Conservación*. Robles *et al.* (eds). *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*. 311-318. Granada (España).
- Martínez Fernández, A., Martínez, S., Ferrero, I., Fernández, O., Modroño, S., Jimeno V., Soldado, A., Pérez-Hugalde, C.; Fuentes-Pila, J.; de La Roza, B. 2004. The potencial of calibration transfer to quality control of undried Maize silage. *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of 11th International Conference on Near Spectroscopy*. Eds. A.M.C. Davies y A. Garrido-Varo, UK. ISBN.:09528666 4 1.285-290.
- Martínez Fernández, A., Pedrol, N., Martínez, A., Soldado, A., Vicente, F., de la Roza Delgado, B. 2008b. Effects of different management systems of sown Meadows. En: *Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production*. Hopjins et al (Eds). 22nd General Meeting of the European Grassland Federation. EGF2008. V13, 607-609. Upsala (Suecia).
- Martínez-Fernández, A., Soldado, A., Argamentería Gutiérrez, A., González, M., Pedrol, N. y Martínez Martínez, A. 2010b. Comparación de dos sistemas de manejo en una pradera de raigrás inglés-trébol blanco. En: *Actas de la IV Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*. 155-160. Zamora-Miranda do Douro (España-Potugal).
- Martínez-Fernández, A., Soldado, A., de la Roza Delgado, B., Vicente, F., González Arrojo, M.A., Argamentería, A. 2013. Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 455-462.
- Martínez-Fernández, A., Soldado, González, A., Vicente, F., de la Roza Delgado, B. 2010. NIRS on site vs. at-line: Transferability and robustness of chemometric models on fresh silages. En: *Proceedings of NIR on the GO IV Conference*. 53-55. Pádova (Italia).
- Martínez-Fernández, A., Vanegas Ruíz, J.L., Argamentería, A., Martínez Martínez, A. 2011. Tecnologías del cultivo de millo forraxeiro en produción ecolóxica e convencional. *Afriga*, 91, 54-60.
- Martínez-Fernández, A., Vicente, F., Argamentería, A., Soldado, A., de la Roza Delgado, B. 2007. Estabilidad aeróbica de ensilados de haboncillos vs. su asociación con triticale cultivados bajo condiciones orgánicas. En: *Los sistemas forrajeros: Entre la producción y el paisaje*. Ed: Neiker Tecnalia. *Actas de la XLVI Reunión Científica de la de la S.E.E.P.* 381-387.

- Martínez-Fernández, A., Vicente, F., Benaouda, M., Argamentería, A. 2014. Cultivos forrajeros de invierno-primavera en rotación: otras opciones. *Mundo Ganadero*, 259, 48-50.
- Martínez-Martínez, A., Argamentería, A., de la Roza Delgado, B. y Martínez-Fernández, A. 2002. Mezclas cereal-leguminosa como forraje invernal en zonas húmedas. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*. Chocarro et al (Eds). Actas de la XLII RC de la SEEP. 315- Lleida (España).
- Martínez-Martínez, A., de la Roza Delgado, B., Martínez-Fernández, A. 1999. Comportamiento agronómico de variedades comerciales de maíz empleadas para forraje en distintas zonas edafoclimáticas de Asturias. Pp. 233-238. Actas de la XXXIX RC de la SEEP. Almería (España).
- Martínez-Martínez, A., Pedrol Bonjoch, N., Alperi Palacio, J. y González García, C. 2003. Cultivo de maíz para silo. Edita KRK Ediciones. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Colección Guías Agroganaderas. 91 pp.
- Martínez-Martínez, A., Piñeiro Andión, J. 1994. Efecto del riego en la producción de praderas en Asturias. En: Actas de la XXXIV Reunión Científica de la SEEP. pp 203-208. Santander (España).
- McCarthy, D. 1984. *Milk production from grassland*. pp 1-65. En: Moorepark 25th Anniversary Publication. Part. 1: Milk Production. J. O'Shea (ed). Dairy Husbandry Department, Moorepark Research Centre, Fermoy, Co. Cork, Ireland.
- McAllan, A. B., Jacobs, J. L., Merry, R. J. 1991. Factors influencing the amount and pattern of silage effluent production. En: *European Grassland Federation Conf. Forage Conservation Toward 2000*, Ed: G. Pahlow y H. Honig. Braunschweig. 368-370.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. 1986. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. 399-409 pp.
- McDonald, P., Henderson AR, Heron S.J.E, 1991. The biochemistry of silage, ed.: Chalcombe Publications. UK.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). 1975. *Energy allowances and feeding systems for ruminants*. Tech. Bull. 33. Her Majesty's Stationery Office (London).
- Muck, R. E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.* 71, 2992-3002.
- Muck, R. E., O'Kiely, P. y Wilson, R. K. 1991. Buffering capacities in permanent pasture grasses. *Irish Journal of Agricultural Research*, 30, 129-141.
- Nuño, M^a I., Antuña, A., de la Roza, B., Martínez, A. y Argamentería, A. 1989. Fertilización nitrogenada de praderas naturales aprovechadas en régimen de pastoreo en la zona costera de Asturias. I Dosis máximas de nitrógeno por pastoreo. *Pastos*, V (18-19), 109-135.
- Offer, N. W., Chamberlain, D. G. y Johnston, C. A. 1988. Stintegres for management of silage effluent. *Silage for milk production*, B. G. S. Occasional Symposium nº 23, 67-77.
- O'Kiely, P. 1997. The use of additives: Effects on conservation and nutritive value. En: *Actas del seminario «Uso de aditivos para ensilados. Valor nutritivo, estabilidad aeróbica y control medioambiental»*. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria. Villaviciosa. 46 pp.
- O'Kiely, P. y Flinn, V. 1987. En: *Grass Silage*. Beef Series Nº 5. An Foras Talúntais, 19 Sandymount Avenue, Dublin 4.
- O'Kiely, P. y Flinn, V. 1988. Comparison of formic acid with a formic acid/formaldehyde mixture as preservatives for unwilted grass silage fed to male Friesian cattle. *Irish. J. Agric. Res.*, 27, 111-122.
- O'Kiely, P.; Flinn, V. y Poole, D. B R. 1989. Sulphuric acid as silage preservative. 1. Silage preservation, animal performance and copper status. *Irish. J. Agric. Res.*, 28, 1-9.
- O'Kiely, P.; Forristal, D.; Bradt, K.; McNamara, K.; Lenahan, J.; Fuller, H.; Whelan, J. 2002. Improved technologies for baled silages. Beef Production Series 50.

- O'Kiely, P. y Wilson, R. K. 1991. Comparison of three silo types used for study in silo processes. *Irish Journal of Agricultural Research*, 30, 53-60.
- Piñeiro, J y Pérez, M. 1992. Mezclas pratenses para la España húmeda. Hoja divulgativa 8/92 HD. Ed.: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 45 pp.
- Playne, M. J. y McDonald, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Fd. Agric*, 17, 264-268.
- Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero, sobre protección contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial del Estado, 11 de Marzo de 1996, Nº 61.
- Riveros, E. y Argamentería, A. 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. I. Forrajes verdes. II. Henos. III. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, 12, 49-75.
- Rodríguez Beceiro, U. 1999. A concentración parcelaria nas explotacións de leite de Galicia. Trabajo final de carrera. Escuela Politécnica Superior de Lugo. 140 pp. Lugo (España).
- Ruser, B., Kleinmans, J. 2005. The effect of acetic acid on the aerobic stability of silages and on intake. In: Park, R.S. Et Stronge, M.D. (eds). *Silage Production and Utilisation. Proceedings of the 14th International Silage Conference, Belfast (U.K.)*, 231 pp.
- Salcedo, G.; Martínez-Suñer, L; Sarmiento, M. 2009. Efectos del color del plástico y número de capas sobre la composición química y calidad fermentativa en ensilados de hierba y veza-avena. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. Reine et al (eds). Actas de la XLIII RC de la SEEP. 279-286. Huesca (España).
- SERIDA. 2003. Memoria del Servicio de Investigación y Desarrollo AGroalimentario. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Proyecto RTA03-042. Leguminosas forrajeras de invierno para producción de leche. 295 pp.
- Soldado A., de la Roza B., Martínez A., Modroño S., Vicente F. and Argamentería A. 2004. NIRS: a tool to predict ruminal degradability in feedstuffs. In: *Proceeding of 11th International Conference on Near Spectroscopy*. pp. 679-684. Ed: A. M. C. Davies and A. Garrido -Varo. NIR Publications. Chichester UK
- Soldado A., Fearn, T., Martínez-Fernández, A., de la Roza-Delgado, B. 2013a. The transfer of NIR calibrations for undried grass silage from the laboratory to on-site instruments: Comparison of two approaches. *Talanta*, 105, 8-14.
- Soldado A., Fonseca, I., Martínez-Fernández, A., Modroño, S., de la Roza-Delgado, B. 2013b. Del laboratorio al campo: caracterización de ensilados de maíz con sensores NIRS portátiles. En: *Los Pastos: Nuevos retos, nuevas oportunidades*. Olea Marquez et al (eds). 195-202. Actas de la 52 RC de la SEEP. Badajoz (España).
- Stuth, J.W., Tolleson, D.R. 2000. Monitoring the nutritional status of grazing animals using near infrared spectroscopy. *Compendium on continuing Ed. For the Pract. Vet.* 22:S108-S115.
- Tamminga, S., Robinson, P., Vogt, M., Boer, H. 1989. Rumen ingesta kinetics of cell wall components in dairy cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 25, 89-98.
- Taylor, C.C., Ranjit, N.J., Mills, J.A., Neylon, J.M. y Kung, L. 2002. The effect of treating whole plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 85,1793-1800.
- Tilley, J. y Terry R. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, 18, 104-111.

- Tobía, C, Villalobos E, Rojas A, Soto H, Moore K.J., 2008. Nutritional value of soybean (*Glycine max* L. Merr.) silage fermented with molasses and inoculated with *Lactobacillus brevis* 3. *Volume 20, Article 106*. Retrieved May 25, 2011, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/tobi20106.htm>.
- Valdés, C., Andrés, S., Tejido, M.L., García, R., Calleja, A., Girádez, F.J., Llorente, P. 2013. Re-ensilado de remolacha con alfalfa predesecada: Efecto del contenido de humedad de la alfalfa en la calidad del ensilado. En: *Los Pastos: Nuevos retos, nuevas oportunidades*. Olea MARquez et al (eds). 195-202. Actas de la 52 RC de la SEEP. Badajoz (España).
- Valladares, J., Flores, G., González-Arráez, A., Fernández-Lorenzo, B.; Castro, P., Cardelle, M. 2005. Diseño de una sonda mecanizada para toma de muestras en silos. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. Osoro, et al. (eds). Actas de la XVI RC de la SEEP. 145-152. Gijón (España).
- Van Soest, P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. 2nd ed., Cornell University Press (Ed.). New York, (USA), 476 pp.
- Vanegas Ruiz, J. L. 2011. Comparación de dos sistemas de manejo (convencional o ecológico) en la evolución del cultivo de maíz forrajero. Evaluación de posibles diferencias en degradabilidad ruminal de los ensilados resultantes. Tesis Master. Instituto Agronómico del Mediterráneo. Universidad de Zaragoza. 104 pp.
- Vicente, F., Cueto, M.A., de la Roza Delgado, B., Argamentería, A. 2005. Caracterización de subproductos de la manzana para su uso en nutrición animal. XI Jornadas sobre Producción Animal. ITEA Vol. extra 26,560-562. Zaragoza (España).
- Weissbach, F. 1999. Consequences of grassland intensification for ensilability and feeding value of herbage, in: *Contributions of Grassland and Forage Research to the development of Systems of Sustainable Land Use*. Institute of Crop and Grassland Science of the Federal Agriculture Research Centre (FAL), Braunschwig, Germany. p. 41-53.
- Wilkinson, M. 1987. *Silage UK*. 4ª ed. Chalcombe Publications. Lincoln, (UK). 146 pp.
- Wilkinson, J. M., Stark, B.A. 1992. *Silage in Western Europe*, Second Edition. Chalcombe Publications. United Kingdom.
- Wilkinson, J. M., Wade, F.; Hill, J. 1996. *Silage in Europe. A survey of 33 countries*. Chalcombe Publications. United Kingdom. 154 pp.
- Woolford, M. K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, INC. New York. 349 pp.
- Zimmer, E. 1980. Efficient Silage Systems. En: *Forage conservation in the 80's*. 186-197. Ed. C. Thomas. Occasional Symposium Nº11. British Grassland Society. Brighthelm (Reino Unido).

ISBN 978-84-617-3234-0



9 788461 732340



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERÍA DE AGROGANADERÍA
Y RECURSOS AUTOCTONOS



Servicio Regional de Investigación
y Desarrollo Agroalimentario



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Nacional de Investigación
y Tecnología Agraria y Alimentaria