



Pérdidas en los ensilajes

Rolando Demanet Filippi
Dr. Ingeniero Agrónomo
Universidad de La Frontera

Conservación de forrajes
2021

- **Pérdidas en ensilaje**

- El proceso de elaboración y consumo de un ensilaje se inicia cuando se corta la planta y finaliza cuando el animal consume el forraje almacenado
- Durante todo este periodo se producen diversos tipos y grados de pérdidas cuya dimensión depende del tipo de ensilaje que se desarrolle



Pérdidas en el
campo

Pérdidas en el campo

Mecánicas

- ✓ El proceso de corte, esparcido, hilerado y cosecha genera pérdidas de partes de la planta que quedan en el suelo. Esto es más evidente en las leguminosas que por el efecto de la deshidratación pierden sus hojas y con ello la calidad
- ✓ En ensilajes de corte directo la pérdida se genera por el impacto de la chopper y la falta de cálculo en el llenado de los carros

Pérdidas en el campo

Respiración

- ✓ La planta cortada mantiene su metabolismo activo hasta que se reducen los niveles de humedad. Con niveles inferiores a 40% la humedad se hace crítica y la respiración se reduce o detiene
- ✓ Si la planta se rehidrata nuevamente se inicia la actividad metabólica
- ✓ A mayor temperatura mayor es la pérdida por este concepto

Pérdidas en el campo

Respiración

- ✓ Los CHO son el principal sustratos para este proceso para la respiración cuyo uso va en desmedro de la calidad nutritiva de los ensilajes
- ✓ El las áreas cortadas y dañadas se desarrollan bacterias, levaduras y hongos que se viven a expensas de los azucares de la planta
- ✓ Así como la planta sigue respirando también genera fotosíntesis pero el balance de nutrientes en la medida que se deshidrata la planta es siempre negativo

Pérdidas en el campo

Atmosféricas

- ✓ Las pérdidas atmosféricas están referidas a las generadas por la lluvia que lava los tejidos cortados
- ✓ El lavado de tejidos genera pérdida de nutrientes como azúcares, compuestos nitrogenados solubles, minerales y lípidos, todos ellos presentes en los contenidos celulares

Pérdidas en el almacenamiento



- **Pérdidas en el almacenamiento: Efluentes**
 - El efluente es una solución constituida por el contenido celular liberado por el daño mecánico provocado al tejido y la presión ejercida sobre él durante el proceso de compactación en el silo



- **Pérdidas en el almacenamiento: Efluentes**
- Contiene los nutrientes solubles presentes en el citoplasma entre los que se destacan azúcares, compuestos nitrogenados solubles, minerales y productos iniciales de la fermentación como son los ácidos orgánicos

Pérdidas en el almacenamiento

Efluentes

- ✓ La concentración de materia seca depende del contenido de humedad del forraje ensilado
- ✓ Ensilajes con alto contenido de humedad (>80%) generan alta cantidad de efluente pero con bajo contenido de materia seca
- ✓ Se ha determinado que forrajes con 18% de materia seca pueden producir mas de 15 litros/día /ton

Pérdidas en el almacenamiento

Efluentes

- ✓ La máxima producción de efluentes de un ensilaje se verifica entre el tercer y cuarto días post compactado
- ✓ La producción se reduce a partir del día 10 y se puede mantener por semanas dependiendo del contenido de humedad del forraje y la dimensión del silo

Pérdidas en el almacenamiento

Efluentes

- ✓ La concentración de nutrientes que contiene el efluente cambia según pasa el periodo de almacenamiento del ensilaje
- ✓ En las primeras horas la mayor pérdida corresponde a azúcares con pH básico
- ✓ Pasado las horas se produce un incremento de compuestos nitrogenados y ácidos orgánicos con una importante disminución del pH
- ✓ Se ha determinado que en ensilajes con contenido de materia seca inferiores a 20% la pérdida por efluentes puede reducir en 14% el contenido de proteína y 10% la energía metabolizable

Componentes de efluentes de gramíneas

Componentes	Promedio	Variación
pH	3,5	3,5 - 4,4
Materia seca (%)	5,5	1,0 - 11
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,0	2,6 - 3,2
Proteína cruda (%)	26,0	16 - 30
Minerales (% BMS)	26,0	17 - 32

Fuente: Adaptado de Pichard & Cussen, 2006

Pérdidas en el almacenamiento

Aeróbicas iniciales

- ✓ Corresponde a las pérdidas por respiración que ocurren en el periodo que el forraje es depositado en el silo y se produce el ambiente anaeróbico
- ✓ El tiempo de exposición al aire depende del tamaño de picado, velocidad de compactación y sellado del silo

Pérdidas en el almacenamiento

Fermentaciones anaeróbicas

- ✓ La eficiencia de las bacterias ácido lácticas está relacionada con el tipo de transformación de los azúcares: homofermentativas (producen sólo ácido láctico) y heterofermentativas (producen ácido láctico, ácido acético y anhídrido carbónico)

Pérdidas en el almacenamiento

Fermentaciones anaeróbicas

- ✓ Existen dos tipos de fermentaciones anaeróbicas: primarias y secundarias
- ✓ Las fermentaciones primarias transforman los azúcares en ácido láctico y es la fermentación más deseable en el ensilaje
- ✓ Las fermentaciones secundarias actúan sobre sustratos de la fermentación primaria (ácido láctico) y son ineficientes producto de la pérdida de biomasa, energía y estabilidad del ensilaje

Pérdidas en el almacenamiento

Fermentaciones anaeróbicas

Fermentación primaria

- ✓ En ensilajes donde se desarrollan fermentaciones con bacterias ácido lácticas homofermentativas las pérdidas de materia seca se ubica entre 2 y 5% y las de energía tienden a cero

Niveles de pérdida de materia seca y estabilidad del ensilaje producto de las fermentación primaria

Tiempo de fermentación	Pérdidas de materia seca (%)	Estabilidad del ensilaje
Restringido	1,5 - 2,0	Alta
Intermedio	2,0 - 3,0	Intermedia
Extenso	2,5 - 4,0	Baja

Fuente: Adaptado de Pichard & Cussen, 2006

Pérdidas en el almacenamiento

Fermentaciones anaeróbicas

Fermentación secundaria

- ✓ La fermentación secundaria de mayor importancia que ocurre en los ensilajes es la generada por clostridios
- ✓ Los clostridios transforman el ácido láctico en ácido butírico que genera pérdidas de materia seca superiores a 50% y de energía cercana a 20%
- ✓ Las fermentaciones secundarias puede que no se presenten en los ensilajes pero suelen ocurrir en procesos fermentativos extensos en especial en ensilajes de corte directo y premarchito mal compactados



Pérdidas en la
descarga
Apertura del silo

Pérdidas en la descarga (apertura del silo)

Pérdidas superficiales

- ✓ Están relacionada al crecimiento de microorganismos aeróbicos que oxidan carbohidratos en la superficie de los silos
- ✓ Corresponden a bacterias aeróbicas, hongos y levaduras que se desarrollan en presencia de oxígeno en las áreas superficiales de los silos que no están correctamente compactados y sellados
- ✓ Existen pérdidas de fácil identificación (visibles) y otras invisibles

Pérdidas en la descarga (apertura del silo)

Pérdidas superficiales

- ✓ Las pérdidas visibles se pueden identificar al observar el material deteriorado donde se reconoce la presencia de micelio de hongo y una textura y color diferentes al resto del ensilaje
- ✓ Las pérdidas invisibles consisten en la transformación de componentes del forraje (carbohidratos) en agua y CO₂ (gas)

Pérdidas en la descarga (apertura del silo)

Deterioro aeróbico

- ✓ Se produce en forma inevitable durante la apertura del silo y exposición del ensilaje al aire
- ✓ Este proceso se extiende desde la apertura hasta la entrega del forraje a los animales
- ✓ Las bacterias, hongos y levaduras sobrevivientes de las fermentaciones ácido lácticas y falta de oxígeno proliferan ante la exposición al aire

Pérdidas en la descarga (apertura del silo)

Deterioro aeróbico

- ✓ Los microorganismos aeróbicos utilizan como sustrato algunos productos de la fermentación como ácido láctico, ácido acético y compuestos presentes en el forraje original: carbohidratos solubles y proteínas
- ✓ El proceso de deterioro aeróbico es lento y se exagera con el incremento de la temperatura ambiente (verano)

Pérdidas en la descarga (apertura del silo)

Deterioro aeróbico

- ✓ En fermentaciones restringidas (premarchito) existe una mayor susceptibilidad al deterioro aeróbico siendo los carbohidratos solubles el principal sustrato degradado
- ✓ En ensilajes mal preservados que han desarrollado fermentaciones secundarias con producción de ácido acético y butírico el deterioro aeróbico es menor debido a la mayor estabilidad del ensilaje en condiciones de exposición al aire

Pérdidas en la descarga (apertura del silo)

Deterioro aeróbico

- ✓ El uso de ácido propiónico reduce el efecto del deterioro aeróbico del ensilaje
- ✓ La reducción del ancho de corte y de los tiempos entre corte y entrega del material a los animales son determinantes en la disminución de las pérdidas

Estimación de las pérdidas extremas que se pueden producir en los ensilajes según su forma de confección

Tipo de pérdida	Corte directo (18% MS)	Premarchito (22% MS)	Premarchito (30% MS)
Campo			
Mecánicas	1 a 8	2 a 15	3 a 18
Respiración	0	1 a 5	2 a 7
Atmosféricas	0	0 a 18	0 a 18
Almacenamiento			
Efluentes	6 a 9	4 a 6	0
Aeróbicas iniciales	1 a 2	1 a 3	2 a 5
Fermentación	4 a 15	3 a 12	2 a 10
Descarga			
Superficiales	0 a 15	0 a 15	0 a 15
Deterioro aeróbico	0 a 8	0 a 10	0 a 15
Total	12 a > 40	11 a > 50	9 a > 60

Fuente: Adaptado de Pichard & Cussen, 2006

Manejo de efluentes

Manejo de efluentes

- ✓ Los efluentes corresponden a un material que se encuentra en solución rico en nutrientes que pueden ser utilizado por una amplia gama de microorganismos
- ✓ Los componentes derivan del contenido citoplasmático liberado de las células y tejidos que han sido sometidos a procesos de corte, picado y compactación en el silo
- ✓ Los efluentes generan un impacto negativo en el ambiente siendo fuente de contaminación de suelos y agua
- ✓ Además genera procesos corrosivos en las estructuras de los silos, en especial concretos, fierros y maderas

Manejo de efluentes

- ✓ La llegada de los efluentes a los cursos de aguas genera un incremento del consumo de oxígeno produciendo un balance negativo que termina con la muerte de la vida acuática, en especial peces
- ✓ La demanda biológica de oxígeno del efluente es superior a otras fuentes contaminantes como son las aguas servidas, purín y estiércol de animales

Manejo de efluentes

- ✓ La calidad nutricional y el volumen de forraje cosecha son dos de los elementos mas importantes a considerar en la elaboración de ensilajes
- ✓ La mayor calidad del forraje se encuentra en estados tempranos de desarrollo de las plantas (vegetativo) donde el contenido de humedad supera el 80%
- ✓ Con alta humedad el proceso de conservación de forraje se complejiza debido a que se reduce la aptitud fermentativa, favorece la presencia de clostridios, genera pérdida de nutrientes por escurrimiento de efluentes y aumenta las opciones de contaminación ambiental

Manejo de efluentes

- ✓ El efluente de los ensilajes corresponde al contenido intra y extra celular de las plantas que escurre por efecto de la compactación del forraje en el silo
- ✓ Posee un bajo contenido de materia seca pero por su volumen puede generar una pérdida importante de nutrientes desde la masa ensilada
- ✓ Los principales elementos que contiene son sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos, minerales, carbohidratos, entre otros

Contenido de nutrientes de un efluente promedio

Nutriente	% Base materia seca
Materia seca	6 a 10
Proteína cruda	11 a 30
Azucares solubles	1 a 46
Ácido acético	1 a 6
Ácido láctico	2 a 44
Cenizas	16 a 30

Fuente: Adaptado de Alomar, 1991

Manejo de efluentes

- ✓ Transcurrido el tiempo de elaboración el contenido de nutriente de los efluentes que salen del silo cambian su composición nutricional
- ✓ El contenido de materia seca, ácidos orgánicos (ácido acético y láctico) y compuestos nitrogenados tienden a aumentar gradualmente
- ✓ Los azúcares a medida que avanza el proceso de fermentación disminuye en los efluentes

Manejo de efluentes

- ✓ Existen diversas fórmulas que pueden predecir el volumen de efluentes de los ensilajes
- ✓ Todas se relacionan en forma directa con el contenido de humedad del forraje
- ✓ Se ha determinado que con un nivel de materia seca entre 28 y 32% la producción de efluente tiende a cero

Manejo de efluentes

- ✓ El efluente es un líquido altamente corrosivo
- ✓ Naturalmente posee una alta concentración de ácidos orgánicos y el pH se ubica entre 3, 5 y 5,5
- ✓ Esta condición ácida genera el deterioro de paredes de silos, sistemas de drenajes y concretos de patios de alimentación

Manejo de efluentes

- ✓ El poder contaminante de los efluente se mide a través de la demanda biológica (o bioquímica) de oxígeno (DBO)
- ✓ La DBO del efluente es superior a otros desechos agrícolas y 200 veces superior a la generada por las aguas servidas de una ciudad
- ✓ Se ha estimado que el efluente generado por 500 toneladas de ensilaje cosechas a 17% de MS equivale a la DBO que produce un día de aguas servidas de una ciudad de 200.000 habitantes (*)

Demanda biológica de oxígeno de diferentes fuentes de desechos orgánicos

Tipo de desecho orgánico	Demanda biológica de oxígeno (mg O₂/litro)
Efluente de ensilaje	12.000 a 90.000
Purín de cerdo	35.000
Orina de vacas	19.000
Purín de vaca	5.000
Aguas servidas	300 a 500

Manejo de efluentes y premarchito

- ✓ La mejor alternativa para eliminar o reducir la producción de efluentes sin alterar en forma significativa la calidad del forraje es la deshidratación previa a la cosecha (premarchito)
- ✓ Además de evitar las pérdidas por efluentes este proceso permite tener una mejor calidad fermentativa y un aumento del consumo de materia seca por los animales

Manejo de efluentes y aditivos absorbentes

- ✓ Una forma de controlar la emisión de efluentes es adicionar al ensilaje al momento de llenado y compactado materiales que tengan la capacidad de absorber agua y contenido celular
- ✓ Estos productos poseen la capacidad de absorber agua, posee baja solubilidad, no deprimen la calidad general del producto ensilado, no afectan el consumo de materia seca y se encuentran disponibles en el mercado a un costo razonable

Capacidad de retención de agua de algunos productos que se podrían usar como aditivo absorbente

Aditivo	Capacidad de retención de agua (g/g MS)
Pulpa de remolacha (coseta)	2,8
Paja de avena	2,5
Heno de alfalfa	2,2
Heno de gramíneas	2,2
Cronta de maíz picada	1,9
Grano de maíz molido	0,7
Grano de trigo y avena chancada	0,7

Efecto de la adición de aditivos absorbentes en la producción de efluentes en silos experimentales

Aditivo	Sin aditivo	Afrechillo	Heno	Coseta
Dosis de aditivo (g/kg)	--	40	30	20
Producción de efluentes (cc/100 kg)	2.300	845	528	181
Pérdidas de MS (g/100 kg)	153	59	31	11
Reducción de efluentes (cc/kg aditivo)	--	366	594	1.033

Fuente: Alomar, 1991

Control de efluentes

- ✓ El volumen de efluente depende del contenido de humedad del forraje que es ensilado y las condiciones climáticas que existen durante el periodo de corte, transporte y almacenamiento
- ✓ El volumen de efluente y la velocidad de producción pueden ser alterados si se considera los siguientes factores:
 - ✓ Estado fenológico de la plantas al momento del corte
 - ✓ Grado de deshidratación previo al almacenaje
 - ✓ Uso de aditivos absorbentes

Control de efluentes

Estado fenológico de las plantas

- ✓ Plantas en estado juvenil poseen una alta proporción de agua que cambia según avanza el estado fenológico hacia estados más maduros
- ✓ Las plantas adultas poseen una mayor proporción de tejidos estructurales y el contenido citoplasmático se encuentra más concentrado cuya consecuencia final es presentar un menor contenido de humedad

Contenido de materia seca (%) de algunas especies forrajeras según su estado fenológico

Especie	Estado fenológico	% MS promedio	Rango de variación
Alfalfa	Vegetativo	17	15 - 19
	Botón	21	20 - 23
	50% floración	25	23 - 26
Trébol rosado	Vegetativo	15	13 - 16
	Botón	20	17 - 22
	Floración	24	22 - 31
Trébol blanco	Vegetativo	15	14 - 17
	Botón	19	18 - 22
	Floración	22	21 - 25
Ballica de rotación corta	Vegetativo	15	14 - 18
	Bota	20	17 - 25
	Espiga	26	22 - 31
Ballica perenne	Vegetativo	17	15 - 19
	Bota	19	17 - 23
	Espiga	25	24 - 28
Avena	Vegetativo	14	12 - 17
	Bota	17	17 - 19
	Espiga	24	23 - 25
	Grano lechoso pastoso	31	30 - 31
	Grano pastoso duro	40	38 - 42
Maíz ensilaje	Grano acuoso	22	21 - 23
	Grano lechoso	27	25 - 29
	Grano pastoso	32	30 - 35
	Grano pastoso duro	38	35 - 40
	Grano duro	44	42 - 46

Fuente: Adaptado de Pichard & Cussen, 2006

Control de efluentes

Estado fenológico de las plantas

- ✓ El corte y la exposición del forraje al viento y radiación solar permite la deshidratación que se traduce en una reducción de humedad y de efluentes
- ✓ Para que ocurra en forma rápida el proceso de deshidratación es necesario que la humedad relativa del ambiente sea baja de manera que se produzca un diferencial en la tensión de vapor entre el tejido cortado y el ambiente
- ✓ Acelera la deshidratación el viento que remueve el vapor ubicado en la superficie del forraje y permite una diferencia de potenciales entre la planta y ambiente

Control de efluentes

Estado fenológico de las plantas

- ✓ Alcanzando un porcentaje de materia seca superior a 28% (72% humedad) las pérdidas por efluentes tienden a cero
- ✓ La exposición de las plantas en el campo a la deshidratación no debe superar las 24 horas. Tiempos mayores generan pérdidas que pueden ser mas importantes que las producidas por los efluentes

Control de efluentes

Aditivos absorbentes

- ✓ La agregación de aditivos absorbentes a los ensilajes tiene el objetivo de retener parte de la fase líquida que escurre en forma de efluente
- ✓ Con los absorbentes se pueden mantener en el ensilaje parte de los nutrientes que se pierden por esta vía de escurrimiento

Control de efluentes

Aditivos absorbentes

- ✓ Los absorbentes deben cumplir ciertos requisitos que se resumene en:
 - ✓ Capacidad de retención de líquidos
 - ✓ Estable en medios ácidos (pH ácido)
 - ✓ Nivel nutricional igual o superior al material ensilado
 - ✓ Alta densidad
 - ✓ Promover la fermentación

Contenido de materia seca (%), producción de efluentes y requerimiento de absorbentes según materia verde y seca para eliminar los efluentes de un ensilaje. La capacidad de absorción considerada en este ejercicio es 2 litros/kilo

Materia seca (%)	Litros efluentes/Ton MV	kg Absorbente/Ton MV	kg Absorbente/Ton MS
15,0	330	165	1.100
17,5	275	138	825
20,0	220	110	550
22,5	165	83	385
25,0	110	55	220

Fuente: Adaptado de Pichard & Cussen, 2006

Manejo de efluentes

Almacenaje

- ✓ Para coleccionar y almacenar los efluentes y así evitar los procesos de contaminación es necesario contar con plataformas impermeables con sistemas de conducción y almacenaje en tanques de alto volumen
- ✓ Esto es posible pero muy poco probable que se desarrolle en los sistemas ganaderos actuales donde se privilegia el uso de tecnología que eviten su producción

Manejo de efluentes

Uso en alimentación animal

- ✓ Los efluentes de los ensilajes son ricos en proteína y energía. Su uso en producción animal esta limitada a la capacidad de almacenamiento y preservación del producto
- ✓ El producto almacenado por mucho tiempo tiene que ser sometido a la aplicación de preservantes que eviten la aparición de hongos que pueden causar toxicidad en los animales

Manejo de efluentes

Uso como fertilizante

- ✓ Una forma frecuente de uso de los efluentes es la aplicación en cobertera a las praderas y pasturas como fertilizante
- ✓ El nivel de acidez del producto produce quemaduras en las plantas generando un aspecto seco que según el grado de severidad puede causar la muerte
- ✓ Las dosis de aplicación son variables y se mencionan niveles de 20 a 50 m³/ha
- ✓ En promedio 1.000 litros de efluentes pueden aportar:
 - ✓ 2,5 kg N
 - ✓ 1,0 kg P₂O₅
 - ✓ 4,0 kg K₂O

Efluentes: Causas de su producción

- ✓ Almacenaje de plantas con alto contenido de humedad (> 72%)
- ✓ Mal acondicionamiento del forraje
- ✓ Hileras de tamaño mayor al permitido para el secado
- ✓ Condiciones climáticas adversa
- ✓ Mala determinación del contenido de materia seca
- ✓ Cosecha de cereales en etapas inmaduras
- ✓ Contratista acelera el proceso



Pérdidas en los ensilajes

Rolando Demanet Filippi
Dr. Ingeniero Agrónomo
Universidad de La Frontera

Conservación de forrajes
2021