

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA HABANA
INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES "INDIO HATUEY"

**Estudio de los aditivos químicos para la conservación
como ensilajes de cuatro gramíneas tropicales**

Autor: *Lic. Félix Ojeda García*

Tutor: *Dr. Roberto García-Trujillo*

Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agropecuarias

1986

A los mártires y héroes de la Revolución, que hicieron de Cuba un bastión del socialismo y un ejemplo a seguir por los oprimidos del mundo.

A todos aquellos que han contribuido y contribuyen, a que podamos desarrollar nuevos caminos de la ciencia.

A Fidel, nuestro guía y máximo impulsor de todo aquello que contribuya a un presente y futuro mejor para nuestra Patria

A mis papás por inculcarme el espíritu de superación.

A mi esposa Mirta, por su aliento en todas las actividades de mi vida.

A mis hermanos que tanto quiero.

A mi hija Yanet, para la cual desearía que esta tesis le sirva como ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

En toda tesis, se acumula mucho trabajo anónimo, sin el cual nunca se puede realizar.

Quisiera agradecer, sin que el orden implique diferencias de importancia, a mi querido asesor soviético Guennadi Varfolomiev su contribución en las concepciones iniciales de esta tesis, su aporte inestimable en los conocimientos de los aditivos químicos y su ejemplo de laboriosidad y camaradería.

A Isabel Jácome, Marisol Ramírez y Guadalupe Pérez, por los análisis de laboratorio que se realizaron, por la ayuda prestada en el ordenamiento de los datos, por la cooperación en todo lo que necesité y por la solidaridad en los momentos difíciles.

A Marcos Esperance y Orestes Cáceres, por el desinteresado apoyo que me han brindado en estos años, absorbiendo parte de mi trabajo para que pudiera culminar esta obra y por las orientaciones recibidas en aras de una mejor calidad.

A Héctor, Lorenzo, Domingo y Ramón, por la eficiencia con que realizaron las pruebas de metabolismo en carneros.

A José Martínez, Alberto Jácome, María del Carmen Caro y Elsa Sánchez-Quirós por poner a su disposición mis conocimientos, por el celo con que procesaron los resultados, por las muchas horas de esfuerzo y dedicación que emplearon en los análisis estadísticos.

A Duquesne, Batista, Antonio y Eladio, porque muchos de los tratamientos estudiados, fueron confeccionados por sus manos.

A mis compañeros del Laboratorio de Análisis Químico.

Al Consejo Científico de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", por sus orientaciones en cada uno de los experimentos aquí analizados.

A Rafael Herrera, por el cuidadoso estudio que realizó de esta tesis y sus consejos.

A Clara Ardí, por encausarme en los inicios de esta tesis.

A Lucía Lazo por su esmerada mecanografía.

A Roberto García-Trujillo, tutor y amigo que me transmitió su entusiasmo en las horas de desaliento, sus conocimientos y confianza, le agradezco su limitación sin límite de tiempo y el aporte de muchas ideas que están hoy plasmadas en esta tesis.

A Juan J. Paretas, Félix Blanco y Leonel Simón, por ser los primeros que me creyeron capaz de culminar mi candidatura.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1. Ensilajes de pastos tropicales	2
1.1 Edad del forraje	2
1.2 Composición química	2
1.3 Características fermentativas de los ensilajes tropicales	4
2. Los conservantes en los ensilajes	5
2.1 Conservantes acidificantes	5
2.1.1 Ácidos minerales	6
2.1.2 Ácidos orgánicos	7
2.2 Conservantes bacteriostáticos	7
2.3 Estimuladores de las fermentaciones lácticas	9
3. Valor nutritivo de los pastos conservados como ensilajes	11
3.1 Consumo voluntario	11
3.1.1 Efecto del troceado	12
3.1.2 Efecto de los aditivos	14
3.1.3 Efecto del presecado	14
3.2 Retención y digestibilidad del nitrógeno en los ensilajes	15
3.2.1 Retención de nitrógeno	15
3.2.2 Digestibilidad de la proteína	16
3.3 Efecto de la conservación en la digestibilidad de la materia orgánica	16
3.4 Efecto de la conservación en la digestibilidad de la fibra bruta	17
4. Estudio de los principales indicadores fermentativos de los ensilajes y los sistemas de evaluación para determinar su calidad	18
CAPÍTULO 2. ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO FERMENTATIVO DE CUATRO GRAMÍNEAS TROPICALES CONSERVADAS COMO ENSILAJES	23
Introducción	23
Parte 1. Estudio de los principales efectos de los aditivos en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas	23
Resultados	24
Discusión	27
Parte 2. Desarrollo del sistema de evaluación I para determinar en ensilajes tropicales la efectividad de los aditivos	29
Introducción	29
Estudio de los principales sistemas de evaluación e indicadores fermentativos utilizados para medir la calidad de los ensilajes	29
Resultados	34
Discusión	36
Parte 3. Determinación de las dosis óptimas en los conservantes	37
Introducción	37
Materiales y métodos	37
Resultados	38
Discusión	43

CAPÍTULO 3. DETERMINACIÓN DE LOS MEJORES ADITIVOS PARA LA CONSERVACIÓN COMO ENSILAJES DE CUATRO PASTOS TROPICALES	45
Introducción	45
Parte 1. Desarrollo del sistema de evaluación II para determinar en ensilajes tropicales la efectividad de los aditivos, según su calidad fermentativa y su consumo	45
Parte 2. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de pastos tropicales mediante el sistema de evaluación II	46
Resultados	47
Discusión.....	56
CAPÍTULO 4. EFECTO DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS EN EL CONSUMO Y LA DIGESTIBILIDAD DE CUATRO GRAMÍNEAS TROPICALES CONSERVADAS COMO ENSILAJE	59
Introducción	59
Parte. 1. Determinación del efecto de los aditivos químicos sobre el consumo y la digestibilidad de los nutrientes en los ensilajes tropicales	59
Materiales y métodos	59
Tratamientos y diseño	59
Resultados	60
Determinación de los mejores aditivos en los ensilajes	64
Discusión.....	65
Parte 2. Validación del sistema de evaluación II	68
Materiales y métodos	68
Resultados	68
Discusión.....	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Contenido de carbohidratos solubles de pastos tropicales y templados	3
Tabla 2. Pérdidas de los principales nutrientes de los pastos tropicales y templados por efecto de la conservación	11
Tabla 3. Consumo relativo de ensilajes con respecto al forraje inicial.....	12
Tabla 4. Consumos relativos de ensilajes de gramíneas confeccionados con ácido fórmico y presecado, con respecto al forraje verde inicial en bovinos que no recibieron concentrado como suplementos.....	12
Tabla 5. Efecto del troceado presecado y uso de aditivos en el consumo de los ensilajes tropicales.....	13
Tabla 6. Efecto del troceado en el consumo de los ensilajes	13
Tabla 7. Efecto de la calidad de los ensilajes con diferente longitud de troceado.....	14
Tabla 8. Efecto del presecado en el consumo de los ensilajes medidos en novillos.....	14
Tabla 9. Correlaciones entre la retención (en g/día y por kg de peso metabólico) y varios factores fermentativos y el valor nutritivo de ensilajes templados.....	15
Tabla 10. Modificación de la digestibilidad de la materia orgánica por efecto de la conservación y el uso de conservantes	16
Tabla 11. Efecto del troceado, presecado y uso de aditivos sobre la digestibilidad de la materia orgánica.....	17
Tabla 12. Modificación de la digestibilidad de la fibra bruta de la conservación y el uso de conservantes	17
Tabla 13. Influencia de la adición de ácido fórmico asociado o no al formol en el consumo y la digestibilidad de la celulosa bruta	18
Tabla 14. Sistema de evaluación de los ensilajes de acuerdo al sistema de Flieg.	21
Tabla 15. Sistema de evaluación de los ensilajes de acuerdo al sistema de Wieringa.....	22
Tabla 16. Sistema de evaluación de los ensilajes de acuerdo al sistema INRA	22
Tabla 17. Esquema experimental de los conservantes y sus dosis.....	23
Tabla 18. Valores concentrados en los indicadores estudiados para los pastos conservados sin aditivo.....	24
Tabla 19. Efecto de los ácidos minerales en los indicadores fermentativos de cuatro pastos tropicales	24
Tabla 20. Efecto de los ácidos minerales en los indicadores fermentativos de cuatro pastos tropicales.....	25
Tabla 21. Influencia de los ácidos minerales en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas tropicales.....	25
Tabla 22. Efecto de los aditivos bacteriostáticos en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas tropicales.	26
Tabla 23. Influencia de los ácidos orgánicos en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas tropicales.....	27
Tabla 24. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en ensilajes templados	29
Tabla 25. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en ensilajes tropicales.....	29
Tabla 26. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en los ensilajes confeccionados con ácidos minerales.....	30
Tabla 27. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en los ensilajes confeccionados con aditivos bacteriostáticos.....	31
Tabla 28. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en los ensilajes confeccionados con ácidos orgánicos.....	32
Tabla 29. Indicadores químicos utilizados en los principales sistemas de clasificación de los ensilajes.....	33
Tabla 30. Escala de valores según la significación estadística para los ácidos minerales	34
Tabla 31. Clasificación de los ácidos minerales de acuerdo con sus indicadores bioquímicos.	34
Tabla 32. Índice de calidad para los ácidos minerales.....	35
Tabla 33. Escala de valores según la significación estadística para los aditivos bacteriostáticos.	35
Tabla 34. Clasificación de los aditivos bacteriostáticos de acuerdo con sus indicadores bioquímicos.....	35
Tabla 35. Índice de calidad para los aditivos bacteriostáticos.	35
Tabla 36. Escala de valores según la significación estadística para los ácidos orgánicos	36
Tabla 37. Clasificación de los ácidos orgánicos de acuerdo con sus indicadores bioquímicos.	36
Tabla 38. Índice de calidad para los ácidos orgánicos.....	36
Tabla 39. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la guinea likoni	38
Tabla 40. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para el king grass.....	39
Tabla 41. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la bermuda cruzada-1.....	40
Tabla 42. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la pangola.	41
Tabla 43. Dosis encontradas como óptimas para los pastos templados.....	41
Tabla 44. Dosis óptima de los aditivos bacteriostáticos de guinea likoni.....	41
Tabla 45. Dosis óptimas de los aditivos en king grass.....	42
Tabla 46. Dosis óptimas de los aditivos en bermuda cruzada-1.....	42

Tabla 47. Dosis óptimas de los aditivos en la pangola	43
Tabla 48. Sistema de clasificación II para ensilajes tropicales.	46
Tabla 49. Aditivos y dosis de los pastos estudiados para determinar los mejores conservantes de cada grupo de aditivo	47
Tabla 50. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de la guinea likoni	48
Tabla 51. Comportamiento de los indicadores individuales estudiados por aditivo según la puntuación alcanzada en la guinea likoni.....	49
Tabla 52. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de king grass.....	50
Tabla 53. Comportamiento de los indicadores individuales estudiados por aditivo según la puntuación adecuada en los ensilajes de king grass.	51
Tabla 54. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de king grass.....	52
Tabla 55. Comportamiento de los indicadores individuales estudiados por aditivos según la puntuación adecuada en los ensilajes de bermuda cruzada-1	53
Tabla 56. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de la pangola	54
Tabla 57. Comportamiento de los parámetros individuales estudiados por aditivos según la puntuación alcanzada en la pangola.....	56
Tabla 58. Composición química del forraje y los ensilajes de guinea likoni	60
Tabla 60. Composición química del forraje y los ensilajes del king grass	61
Tabla 61. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrimentos en ensilajes tropicales de king grass	62
Tabla 62. Composición química del forraje y los ensilajes de bermuda cruzada-1	62
Tabla 63. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrimentos en ensilajes tropicales de bermuda cruzada-1.	63
Tabla 64. Composición química del forraje y los ensilajes de la pangola	63
Tabla 65. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrimentos en ensilajes tropicales de king grass	64
Tabla 66. Aplicación del sistema de evaluación II para los ensilajes estudiados en el capítulo 4 según los valores de consumo reales.....	65
Tabla 67. Aplicación del sistema de evaluación II para los ensilajes estudiados en el capítulo 4 según los valores de consumo estimado.....	69

INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitantes de la producción ganadera en nuestro país es la disminución de alimentos que se producen en los meses menos lluvioso, hecho que obliga a emplear otros productos en adición al pasto.

Es conocido que una de las formas más comunes de disminuir este déficit, es la conservación de los pastos y forrajes en forma de ensilajes, fabricándose en la actualidad más de tres millones de toneladas por año de este alimento. No obstante con las tecnologías con que se confeccionan, la calidad y el valor nutritivo de estos es reducido, teniendo además cuantiosas pérdidas de material y de nutrimentos (Esperance, Echevarría y Ojeda, 1979; Esperance, 1982; Esperance y Díaz, 1985).

Por otra parte, en las Tesis y Resoluciones del II Congreso del Partido, se expresa la necesidad de que junto a los éxitos de la introducción de nuevas variedades de pastos para la ganadería, se continúe trabajando en el mejoramiento de la base alimentaria y en el control de la calidad de los alimentos.

Estos lineamientos fueron ratificados en los objetivos económicos para el quinquenio 1985-1990 aprobados en el III congreso del Partido recién concluido.

Se ha planteado que hay varios factores que se relacionan con la calidad y valor nutritivo de los ensilajes, tales como características del forraje, longitud de las partículas, duración de la fabricación, etc., pero además, en los intentos por mejorar la calidad fermentativa y el consumo de los ensilajes, señalándose reducciones en las pérdidas de proteína, preservando de una manera más eficiente el valor nutritivo de los forrajes (Demarquilly, 1980; Arnould, 1981), mientras que en las zonas tropicales se desconocen sus efectividad y potencialidades de empleo por no haberse realizado estudios con los mismos (Catchpoole y Henzel, 1971).

En nuestro país el aditivo más utilizado ha sido la miel final de caña de azúcar, la cual ha sido empleada, indiscriminadamente, sin tener en cuenta la especie, edad del forraje, nivel de fertilización y otros factores de los que depende el contenido de carbohidratos solubles (Ojeda, Fernández y Cañizares, 1980).

Esperance, Echevarría y Ojeda (1979) propusieron las bases para mejorar la calidad de los ensilajes, sin el empleo de miel final como conservante, teniendo en cuenta que errores tecnológicos no pueden ser enmendados con el empleo de un aditivo. Estas recomendaciones, junto con los resultados de diferentes institutos de investigaciones que permitieron la creación de las normas nacionales para la fabricación de ensilajes en 1980.

Con estos antecedentes y abrochando los resultados ya obtenidos en el conocimiento de las características de nuestros ensilajes, se concibió una línea de investigación que permitiera dar un paso de avance en la conservación de los pastos tropicales, utilizando aditivos químicos.

Es por ello que como objetivo fundamental de esta tesis, nos propusimos estudiar en cuatro gramíneas tropicales los conservantes y sus dosis más efectivas, mediante ensilajes de laboratorio, utilizando para su discriminación y evaluación, nuevos sistemas de evaluación, mejor adaptados a las particularidades de nuestros ensilajes, capaces de valorar de una manera precisa el proceso conservativo, sin emplear cambios en los análisis bioquímicos que actualmente se ejecutan.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La conservación de alimentos como ensilaje, es un proceso de fermentación, que tiene como objetivo principal, conservar los forrajes verdes, en estado fresco, con el mínimo de pérdidas de materia seca y de elementos nutritivos sin la formación de productos de fermentación, que tengan influencia negativas, sobre las funciones productivas y la salud de los animales (Demarquilly, 1973).

La conservación de un forraje como ensilaje, es un complejo procedimiento enzimático y microbiológico, donde intervienen además aspectos físicos y químicos como cofactores que en ocasiones dejan de serlo, para convertirse en determinantes.

Las bases que permiten una eficiencia en la preservación radican en lograr primero, una extracción del aire del forraje que se quiere conservar, evitando una entrada posterior del mismo y segundo que en la fermentación que se establezca, disminuya suficientemente el pH hasta que cese toda actividad bacteriana.

A la consecución de estos dos aspectos, se subordinan y ejecutan todos los procesos tecnológicos de la fabricación de ensilajes.

Ahora bien, el valor nutritivo de los ensilajes, estará siempre predeterminado, por la calidad inicial del forraje y de los elementos nutritivos que este contenga, a partir de los cuales se desarrollará todo el proceso fermentativo posterior (Dulphy y Michalet-Doreau, 1981).

La tecnología que se emplee puede modificar sustancialmente el valor nutritivo final de los ensilajes, pues un material con buenas condiciones para ser conservado puede destruirse por el mal uso de la misma.

1. Ensilajes de pastos tropicales

Los pastos tropicales han sido subestimados por presentar valores nutritivos inferiores a los pastos templados.

En un estudio realizado por McDowell (1972) entre 312 especies tropicales y 760 especies templadas, este autor encontró que el 52% de las especies tropicales presentaban un valor de TDN de 55% mientras que las especies templadas presentaban una mínima frecuencia en valores de 70% de TDN, para una diferencia de 15 unidades.

Sin embargo, en una revisión efectuada por Pérez-Infante (1983), este autor concluyó que existen mayores producciones de pasto por hectárea y potencialmente iguales producciones de leche en el trópico que en las zonas templadas, cuando se utilizan adecuadamente el manejo y la fertilización en los pastos tropicales.

Este fatalismo sobre la baja calidad de los pastos tropicales, ha sido trasladada a los ensilajes que se confeccionan en esta área, existiendo autores que plantean como una solución a los déficit de alimento en seca, cosechas que se pueden utilizar directamente como la caña de azúcar y la yuca, sin emplear alimentos conservados (Jarrige, Demarquilly y Dulphy, 1981).

Estos criterios desestiman los grandes excedentes que se producen durante la estación de lluvias en el trópico, entre 25 y 50% (García-Trujillo, 1977) que de no utilizarse, no solo se pierden sino que perjudican el posterior desarrollo del pasto. Además no es posible concebir una producción intensiva de carne y leche, con alta eficiencia y aprovechamiento de los recursos naturales y de la superficie sin la conservación (Tossell, 1969).

No obstante, es innegable que los pastos tropicales presentan características intrínsecas que hacen necesario prestarles atención y proporcionarles soluciones técnicas adecuadas.

1.1 Edad del forraje

Los forrajes tropicales presentan una disminución más rápida de su valor nutritivo según aumenta la edad de rebrote que las especies templadas (Wilson y McLeod, 1970). Esta característica obliga a ser más cuidadoso en el momento de seleccionar un pasto para su conservación como ensilaje.

Domínguez (1984) señaló que una disminución significativa en la calidad fermentativa de la pangola y el king grass en la medida que conservó estos pastos con mayores edades. Este mismo efecto negativo fue encontrado por Ojeda, Fernández y Cañizares (1980) en hierba de guinea cv. Likoni.

Esperance (1982) también demostró que con el incremento de la edad, los forrajes ensilados disminuían su contenido de proteína bruta, mientras que incrementaban el contenido de fibra bruta, lo cual incidía negativamente en el valor nutritivo de los mismos, recomendando como edades óptimas para la conservación, de 6 a 7 semanas para las especies de pastoreo y de 10 a 11 para las especies forrajeras. Edades que concuerdan con las indicadas como óptimas por García-Trujillo y Cáceres (1984) en las tablas forrajeras tropicales.

1.2 Composición química

Los forrajes tropicales se señalan como difíciles de compactar y que la expulsión del aire durante la fabricación de los ensilajes se realiza muy ineficientemente, produciendo ensilajes menos densos, permitiendo

una mayor reentrada de aire tanto durante su conservación, como durante su utilización (Catchpoole y Henzel, 1971; Hamilton, Catchpoole, Lambourne y Kern, 1978).

Este comportamiento es atribuible a características estructurales de los forrajes, donde la alta lignificación de los mismos le confiere una gran rigidez y rusticidad (Van Soest, Mortens y Deinum, 1978).

En la práctica, la mejor manera de obviar este inconveniente es mediante un troceado fino de 1-2 cm, lo que permite formar capas uniformes y poco entrelazadas de forrajes, lográndose además incrementos del consumo y una mejor calidad fermentativa de los ensilajes (Dulphy, Bachet y Thomson, 1975; Ojeda y Cáceres, 1981; 1982).

Otro factor determinante entre los pastos tropicales y templados en la conservación como ensilajes, es el bajo contenido de glúcidos solubles que presentan los primeros con respecto a los templados y a las diferencias en la composición química de los azúcares de reserva.

En la tabla 1 se muestra una comparación entre el contenido de carbohidratos solubles de las especies tropicales y templadas y que dentro de ellas son las especies forrajeras tropicales, las que mayor contenido presentan.

Tabla 1. Contenido de carbohidratos solubles de pastos tropicales y templados.

Especies tropicales	CHS (%) MS	Referencia	Especies templadas	CHS (%) MS	Referencia
<i>Setaria anceps</i> (5 semanas)	5,5	(Catchpoole, 1973)	<i>Sorghum sudanese</i> (9 semanas)	13,4	(Smith, 1973)
<i>Setaria anceps</i> (8 semanas)	4,4	(Catchpoole, 1970)	<i>Dactylis glomerata</i>	10,8	(Smith, 1973)
<i>Chloris gayana</i> (5 semanas)	3,0	(Catchpoole, 1970)	<i>Medicago sativa</i>	7,2	(Smith, 1973)
<i>Setaria sphacelata</i> (5 semanas)	6,6	(Catchpoole, 1966)	<i>Phleum pratense</i>	11,2	(Smith, 1973)
<i>Setaria sphacelata</i> (7,5 semanas)	4,5	(Catchpoole, 1966)	Red clover	18,1	(Waite y Boyd, 1953)
<i>Pennisetum purpureum</i> (9 semanas)	11,58	(Silveira <i>et al.</i> , 1979)	Perennial ryegrass	17,0	(Waite y Boyd, 1953)
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. 144 (9 semanas)	9,76	(Silveira <i>et al.</i> , 1979)	Meadow fescue	10,5	(Waite y Boyd, 1953)
<i>Digitaria decumbens</i> (6 semanas)	12,68	(Aguilera, 1979)	Orchard grass	7,1	(Waite y Boyd, 1953)
<i>Cynodon dactylon</i> (6 semanas)	6,31	(Aguilera, 1979)	Timotly	7,2	(Waite y Boyd, 1953)

Wilson y Ford (1973) encontraron que los azúcares solubles en alcohol, para ambas especies, predominaron la glucosa y la fructosa, sin embargo, mientras el rango de las especies tropicales se situó entre 6 y 12%, en las especies templadas osciló entre 12 y 26%.

Estos autores encontraron los resultados más diferentes en la composición de los carbohidratos solubles en agua, donde la glucosa y la galactosa resultaron los glúcidos detectados en las especies tropicales, es decir los precursores del almidón, mientras en las especies templadas fue la fructosa, manteniéndose un rango cuantitativamente a favor de las especies templadas con valores de 4 a 24% en éstas, contra concentraciones de 2 a 8% en las tropicales.

Dado que las bacterias lácticas utilizan como fuente energética principal y prácticamente única los azúcares solubles (Whittenbury, McDonald y Brian-Jones, 1967), estas ven limitadas su desarrollo en los pastos tropicales por falta de este elemento (Celanie, 1982), dificultando que se produzca una adecuada estabilización del ensilaje.

También en los carbohidratos estructurales se han encontrado diferencias entre especies.

En una revisión bibliográfica realizada por Bailey (1973), dicho autor concluye que a pesar de encontrarse un mayor contenido de celulosa en los pastos tropicales cuando se analiza la proporción celulosa/hemicelulosa en las hojas de ambas especies, esta resulta inferior en los pastos tropicales.

Este dato resulta importante si tenemos en cuenta que las pentosas que conforman los polímeros de hemicelulosa pueden tomar parte en la fermentación bacteriana, como fuente energética de las mismas, una vez liberadas por la hidrólisis pasiva debido al efecto de la acidez del medio o por la acción enzimática de las bacterias (Kühbauch y Kleeberger, 1975; Morrison, 1979).

Aguilera (1979; 1980) encontró fluctuaciones en los carbohidratos hidrolizables, los cuales tendieron a incrementarse en la medida que era mayor el tiempo de conservado el pasto y aunque este autor no explica ni sugiere su posible participación en el proceso fermentativo, sabemos que las pentosas son metabolizadas tanto por las bacterias homo y heterofermentativas produciendo además de ácido láctico, ácido acético (McDonald, 1973), lo cual pudiera ser una explicación de los altos contenidos de este último ácido en los ensilajes tropicales.

1.3 Características fermentativas de los ensilajes tropicales

Catchpoole y Williams (1969) realizaron estudios sobre la dinámica de fermentación en 28 ensilajes, pudiendo establecer 6 clasificaciones para los ensilajes de acuerdo a los indicadores fermentativos que presentaron. Estas fueron: A ensilajes de transición; B ensilajes con altos contenidos de ácido láctico, pero menores que C presentando buena estabilidad; C ensilajes excelentes, altos contenidos de ácido láctico, bajo pH y buena estabilidad; D ensilajes con altos contenidos de ácido butírico e inestables; E y F ensilajes con altos contenidos de ácido acético. Las cuales son en sus criterios los tipos de fermentaciones más usuales en los ensilajes tropicales. Estos investigadores encontraron que solo un 4% de los ensilajes iniciaron sus fermentaciones con características acéticas a los 5 días de conservación, presentando el resto fermentaciones lácticas o de transición.

A los 10 días, hallaron un predominio de los ensilajes acéticos (4%), quedando por definir su patrón de fermentación un 11%. A partir de este tiempo detectaron ensilajes con predominio de ácido butírico (4%).

A partir de los 20 días de iniciado el proceso fermentativo, la tendencia a incrementar el por ciento de ensilajes con fermentación acética en detrimento de los ensilajes con fermentación láctica y de transición, se mantuvo para finalmente a los 20 días de conservado, cuando los ensilajes han definido su clasificación tener un 72% de ellos como tipo acético, 14% con patrones lácticos y un 14% con predominio del ácido butírico.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Luis y Ramírez (1985; 1986) en ensilajes de pasto estrella y buffel formidable de donde se deduce que el problema de los ensilajes tropicales radica en su estabilización fermentativa, ya que después de una fermentación predominantemente láctica o de transición, se produce un cambio total en los patrones de fermentación.

Según Whittenbury, McDonald y Brian-Jones (1967) y McDonald (1973) el origen del ácido acético de los ensilajes proviene de cuatro fuentes: a) metabolización de los aminoácidos por las bacterias; b) metabolización de las hexosas por las bacterias heterolácticas; c) metabolización de las pentosas y los ácidos orgánicos de la planta por las bacterias heterolácticas y homolácticas y d) metabolización de las hexosas por las enterobacterias y levaduras.

Bajo cuáles de estas vías se produce el alto contenido de ácido acético en los ensilajes tropicales, es una cuestión que todavía está por dilucidar, y mucho más difícil aún de llevar a ponderar la importancia que puede tener en un momento determinado una sobre la otra, sobre todo debido a los pocos estudios microbiológicos que se han realizado en los pastos tropicales.

Hardy, Domínguez, Ayala y Boado (1979) señalan variaciones en las poblaciones de estreptococos y levaduras en el forraje de king grass antes de ser conservados, con la edad del material, con bajas poblaciones de estreptococos y levaduras a los 45 días mientras que con 60 días el número de levaduras a los 45 días mientras que con 60 días el número de levaduras eran ya apreciables. Esta flora inicial evolucionó, incrementándose los estreptococos y levaduras cuando los ensilajes se confeccionaron sin miel y disminuyendo cuando se utilizó este conservante, resultando lo inverso en los lactobacilos, lo cual indica que solo mediante un adecuado desarrollo de estos últimos microorganismos es factible disminuir la acción desestabilizadora de los primeramente señalados. Celanie (1982) también encontró una actividad predominante de las levaduras en ensilajes de caña de azúcar, sobre los lactobacilos señalando como mayor inconveniente la transformación de la glucosa en etanol, producto que no favorece la conservación. Sin embargo, Luis y Ramírez (1985) las señalan como las responsables de las altas concentraciones de ácido acético en detrimento del ácido láctico originalmente formado.

En los ensilajes de pastos templados, el control microbiológico se realiza mediante el empleo de conservantes con acción específica sobre los microorganismos (Demarquilly, 1979), principalmente bacteriostáticos debido a que sus efectividades tienden a ser permanentes (Di Menna, Parle y Lancaster, 1981).

Otra cuestión de menos importancia a considerar en los ensilajes tropicales es la presencia de ácido butírico, el cual aparece coincidentemente con el cambio de patrón fermentativo, entre los 10 a 20 días después de iniciada la conservación (Aguilera, 1975; 1979; 1980; Ojeda, Fernández y Cañizares, 1980; Celanie, 1982; Luis y Ramírez, 1985; 1986), y que una vez establecido resulta difícil su disminución.

Celanie (1982) demostró que la temperatura acelera todos los procesos fermentativos, incluyendo la actividad de los clostridium, concluyendo que al terminar los carbohidratos solubles disponibles al inicio de la fermentación, los microorganismos lácticos detienen su desarrollo, permitiendo que comiencen las fermentaciones no lácticas.

La solución que han propuesto diferentes autores a estas características de los ensilajes tropicales han sido la utilización de fuentes de carbohidratos solubles (Catchpoole y Williams, 1964), combinación de carbohidratos solubles con una acidificación artificial mediante un conservante (Celanie, 1982) o aceptar este tipo de fermentaciones tal y cual son seleccionando una edad adecuada y condiciones de fabricación óptimas (Aguilera, 1979; 1980; Esperance. Echevarría y Ojeda, 1979; Domínguez, 1984).

La necesidad de lograr fermentaciones lácticas, aún en ensilajes tropicales, no se basa solamente en que estas son más eficientes desde el punto de vista energético o de la conservación, sino que las bacterias lácticas poseen propiedades antimicrobianas, que incluyen a los clostridium, bacilos, estreptococos y estafilococos y que en la medida que inhiben el crecimiento de estos microorganismos, contribuyen a conservar mejor los forrajes (Lingren y Clevström, 1978).

Los por cientos de nitrógenos amoniacal con respecto al nitrógeno total como índice de la dominación que ocurre en el material ensilado es un aspecto que también se debe tener en cuenta para los ensilajes tropicales. Este indicador, responde a las actividad de los clostridium (Beck, 1978) o a la acción de las proteasas vegetales (Gouet y Fatianoff, 1964).

Los resultados de Catchpoole (1963; 1966; 1970) en varios experimentos muestran que los ensilajes de forrajes tropicales, presentan una tendencia a alcanzar valores moderados a altos, desde 5 hasta 50%.

Este autor sugiere como factor principal para controlar la proteólisis, lograr una rápida disminución del pH hasta valores de 4,5. Aunque también encontró diferencias entre especies, lo cual pudiera estar ligado a la constitución enzimática particular en cada forraje.

Ojeda, Fernández y Cañizares (1980) encontraron efecto de la edad del pasto conservado y el nivel de miel final de caña de azúcar empleado, entre este indicador, donde en la medida que se incrementó la edad, se incrementaron las proporciones de nitrógeno amoniacal, a la vez que estos valores disminuyeron con los niveles crecientes de miel. La acción beneficiosa de la miel sobre este indicador coincide con los resultados logrados por Aguilera (1980) en bermuda de costa, donde los ensilajes con 4% de miel presentaron solo 1,6% del nitrógeno total como amoníaco, mientras que los ensilajes sin este aditivo tuvieron 2,2%.

No obstante, este autor no encontró efecto en el caso de la pangola (Aguilera, 1979), lo que pudiera ratificar lo ya señalado de diferencias entre especies.

De lo hasta aquí expuesto, se puede concluir que en lo referente a las fermentaciones, se impone la necesidad de ejercer un control adecuado sobre la evolución microbiológica de los ensilajes de forrajes tropicales.

La vía más explotada y casi la única para solucionar estos inconvenientes ha sido la adición de miel final de caña de azúcar (Catchpoole y Henzel, 1971), pero en su carácter de suministradora de carbohidratos fácilmente fermentables, sustrato de uso general de todos los microorganismos (Gouet, Girardeu y Riou, 1979) puede resultar más perjudicial que beneficiosa (Esperance, Echevarría y Ojeda, 1979) pues de tomar la iniciativa en las fermentaciones, las bacterias perjudiciales, el producto final será aún mas deficiente.

Es por ello que reviste particular importancia realizar investigaciones con conservantes que ejerzan un control selectivo sobre las bacterias del ensilaje, que inhiben aquellas que no contribuyan a la conservación, o que le den ventaja a las bacterias lácticas para su desarrollo de forma tal que permitan un uso más eficiente de los carbohidratos presentes en la planta.

2. Los conservantes en los ensilajes

Se entiende por conservante, toda aquella sustancia que se añade antes o después de confeccionado un ensilaje, con vistas a mejorar o preservar su calidad (Demarquilly, 1977). En la actualidad existe una amplia gama de ellos, algunos comercializados y otros a escala investigativa.

Cada conservante se caracteriza por tener una acción específica en algunas de las etapas del proceso fermentativo que tiene lugar en la conservación, como por ejemplo: inhibir la respiración de la planta o frenar la actividad proteolítica, de las cuales dependerá el éxito o fracaso de la conservación (Gouet, 1979).

Una mala conservación puede provocar pérdidas en el valor nutritivo del ensilaje hasta un 30% (Arnould y Moreels, 1976). Es precisamente en esa ganancia del 20% donde radican las ventajas del uso o no de un conservante, el cual al permitir una mejor conservación del valor nutritivo del forraje original asegura una mayor producción animal.

Para su mejor estudio los conservantes se dividen en varias categorías, según con el tipo de acción que generan, aunque no todos los autores coinciden con el agrupamiento. Así Thomas (1979) solo considera dos grupos estimulantes y modificadores de la actividad microbiana, McDonald (1980) considera cuatro categorías; estimulantes de la fermentación; inhibidores de la fermentación, inhibidores de la post-fermentación aeróbica y nutrimentos. Watson y Nash (1960) y Demarquilly (1979) coinciden con establecer tres categorías, los aditivos acidificantes, los bacteriostáticos y los estimulantes de la fermentación láctica.

En nuestro caso adoptaremos esta última clasificación por ajustarse mejor a los conservantes estudiados por nosotros. No obstante, la gran cantidad de conservantes señalados en la literatura, solo nos referiremos a los más importantes.

2.1 Conservantes acidificantes

En este grupo se incluyen todos los conservantes capaces de disminuir artificialmente el pH de la masa ensilada y su empleo es fundamental cuando la fermentación natural de los ensilajes no es capaz de producir

una concentración hidrogeniónica suficiente para lograr una estabilización del ensilaje o se quiere limitar las fermentaciones y las actividades enzimáticas en la planta.

Estos conservantes se agrupan en: a) los ácidos inorgánicos o minerales, como el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, las mezclas de ambos (AIV), el ácido fosfórico, etc. y b) los ácidos orgánicos tales como el ácido láctico, o los alifáticos desde 1 hasta 12 átomos de carbono. Todos ellos tienen la particularidad de que son ácidos muchos más débiles (menos ionizados) que los ácidos minerales, aunque poseen propiedades bactericidas (Woolford, 1975).

2.1.1 Ácidos minerales

El empleo de estos ácidos para mejorar la calidad de los ensilajes data de 1885 cuando Giglioli los utilizó por primera vez en la Estación de Pórticos en Nápoles, Italia. Sin embargo, a pesar de sus aceptables resultados, no fueron adoptados de una forma práctica hasta que Arturo I. Virtanen, argumentó científicamente su utilización. Este investigador demostró que, un cambio brusco en el pH de la masa ensilada provoca un colapso de la respiración de la planta, reduce las pérdidas de carbohidratos y disminuye la proteólisis (Virtanen, 1934; citado por Watson y Nash, 1960).

En experimentos con cultivos de microorganismos puros, Woolford (1978) no encontró efecto inhibitorio microbiano cuando estudió concentraciones de 7,3 g/litro de ácido clorhídrico y hasta 39,2 g/litro con el ácido sulfúrico, aunque este último presentó cierta acción sobre las bacterias homofermentativas cuando el pH fue menor de 4,0. Es por eso que para lograr una conservación perfecta se necesita llevar el pH de la masa ensilada entre 2,5 ó 3,0; logrando con ello casi una completa esterilización (Thomas, 1978). Sin embargo, en la práctica, las dosis que se necesitan para producir esta brusca disminución de pH son de 10 a 14 litros de ácido clorhídrico, o de 4,2 a 14 litros de ácido sulfúrico por tonelada de forraje ensilado, cantidades que no resultan inofensivas para la salud animal, debido a que los mismos deben neutralizar los excesos de ácidos inorgánicos con sus propias reservas de minerales, provocándoles una desmineralización importante en ellos (Demarquilly, 1979).

En la actualidad este problema se resuelve utilizando dosis menores y llevando el pH solo hasta 4,5 (Arnould, 1981). Con ello se logra disminuir la respiración y se le da cierta ventaja a las bacterias lácticas sobre otros microorganismos, en especial sobre los coniformes, que se ven inhibidos a este pH (De Vuyst y VanBelle, 1964).

El proceso AIV, nombre genérico con que se denomina el uso de ácidos minerales, solos o combinados entre sí, en honor a su máximo impulsor Arturo I. Virtanen está considerado por Thomas (1978) entre los seis mejores conservantes utilizados hasta el presente.

Este conservante reduce las pérdidas de MS y la degradación de las proteínas, favoreciendo un buen desarrollo de los microorganismos lácticos. Se recomienda, fundamentalmente, para los forrajes con bajos contenidos de MS, los que son propensos a producir grandes y deficientes fermentaciones, con altos contenidos de ácido butírico, además de elevadas concentraciones de amoníaco.

El empleo de los ácidos minerales a pesar de su bajo costo, se ha visto disminuido considerablemente después de los años 60, debido a la introducción del ácido fórmico, ya que es menos corrosivo y por su naturaleza orgánica, digerible por el animal.

El llamado preparado AAZ, que consiste en una mezcla de ácido clorhídrico y sulfato de sodio, fue recomendado desde principios de siglo por Giglioli (1918 citado por Watson y Nash, 1960) combinando el poder acidificante del ácido clorhídrico, con las bacteriostáticas del sulfato de sodio.

Este conservante está incluido en las normas técnicas para la fabricación de ensilajes en la URSS en dosis de 30-40 L/t para gramíneas, siendo sus principios de acción los mismos, que el resto de los otros hasta aquí descritos (Taranov, 1976).

2.1.2 Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos alifáticos, presentan la característica de disminuir su poder acidificante a medida que aumenta el número de átomos de carbono en su cadena, mientras que sus propiedades bactericidas se incrementan (Woolford, 1975).

Sin embargo, solo los tres primeros de estos compuestos han demostrado tener interés práctico por poseer suficiente acidez potencial como para favorecer una rápida disminución del pH en la masa ensilada.

Una de sus principales ventajas radica en que son completamente metabolizadas dentro del rumen, por lo que no causan efectos nocivos en el organismo de los animales (Arnould, 1981).

El ácido fórmico, es el ácido orgánico más utilizado y posiblemente el más difundido en la actualidad (Arnould y Moreels, 1981).

La primera patente para su utilización se realizó por Dinks en 1926 (Barnett, 1954). Sin embargo, sus características como conservantes no fueron puestas en evidencia hasta finales de la década del 60, después que se encontraron medios más prácticos para su adición directa durante el corte del forraje, comenzando a partir de entonces su utilización en gran escala (Saue y Breirem, 1969).

Las propiedades que posee el ácido fórmico para mejorar la calidad de las fermentaciones y por consecuencia, una mejor conservación del valor nutritivo de los ensilajes son: a) permite una disminución del pH hasta valores de 4,0 provocando una rápida supresión de la respiración de la planta y una inhibición total en la actividad de las bacterias coniformes (Saue y Breirem, 1969); b) reduce la degradación de las proteínas, la producción de amoníaco y la formación de ácido acético y butírico (Wilson y Wilkins, 1973); c) ejerce una efectiva restricción sobre las bacterias clostrídicas (Beck, 1978) y d) promueve una mejor utilización de los carbohidratos solubles de la planta (Henderson y McDonald, 1976). Las dosis empleadas varían según la especie y su contenido de MS (Thomas, 1978), aunque la más frecuente para las gramíneas es de 3,5 L/t.

El ácido acético ha sido poco estudiado, quizás porque su presencia en los ensilajes ha sido asociada a disminuciones en el consumo de los mismos (Demarquilly, 1973; Michalet-Doreau, 1975). Woolford (1975) encontró propiedades antimicrobianas del ácido fórmico y el ácido acético en la inhibición de los clostridios, aunque la actividad microbiana se incrementó en la medida que disminuyó el pH del medio, por lo que a igual dosis, el ácido fórmico por poseer un poder acidificantes mayor presentó una actividad inhibitoria mayor.

Estos resultados coinciden con los encontrados por De Vuyst, Arnould, Moreels y Romedenne (1973) donde estos autores encontraron un menor pH en los ensilajes, donde se empleó el ácido fórmico con respecto a aquellos donde se utilizó ácido acético.

La utilización de estos conservantes redujo la formación de amoníaco al compararse con las concentraciones que se obtienen en los ensilajes testigos sin conservantes. Sin embargo, la producción de ácido láctico no se afectó, lo cual implica que el control de las fermentaciones se ejerció sobre las bacterias no lácticas.

En esta investigación no se obtuvieron diferencias en el consumo de MS en carneros que consumieron los ensilajes tratados con ácido acético o fórmico. Esto confirmó la hipótesis que no es la presencia del ácido acético la que reduce el consumo de MS de los ensilajes, si no otros productos de las fermentaciones relacionadas con ésta (Demarquilly, 1983 comunicación personal).

El ácido propiónico se ha utilizado principalmente como conservante de granos o como agente antimicrobiano de alimentos por poseer un efecto activo de larga duración (Drysdale, 1980). Sin embargo, como su poder acidificante es inferior al ácido fórmico, resulta menos efectivo cuando se utilizan en dosis semejantes.

Mann y McDonald (1976) indican que cuando se emplea ácido propiónico en ensilajes de pastos con un rango entre 23 y 50% de MS estos tienen un mayor contenido de carbohidratos solubles remanentes, que en los ensilados donde no se haya aplicado conservante mientras que se reducen las fracciones de amoníaco y de nitrógeno soluble. No obstante, todo parece indicar que donde mejor expresa este conservante sus características es en la inhibición de hongos y levaduras cuando se abren los ensilajes (Thomas, 1978).

Zimmer (1974) encontró que la dosis mínima para prevenir estos microorganismos se encuentra cerca de 3 litros de ácido propiónico/t que se producen durante su distribución se necesita entre 6 y 10 L/t.

En la actualidad la tendencia que se sigue es de no emplearlo solo, sino en combinación con otros ácidos más fuertes, casi siempre con el ácido fórmico, con el objetivo de corregir su poca acidez (Crawshaw, 1977) y de disminuir el costo de aplicación.

2.2 Conservantes bacteriostáticos

El basamento teórico de estos conservantes consiste, en controlar las fermentaciones que se producen durante la conservación, mediante su acción directa sobre las bacterias. Ellos se pueden agrupar en: a) de acción general, los cuales inhiben todo tipo de bacterias y b) de acción específica, que inhiben selectivamente un grupo particular de microorganismos.

El formol es más utilizado actualmente, de los conservantes comprendidos en este grupo, por presentar propiedades esterilizantes y actuar sobre todo tipo de bacterias.

Watson y Nash (1960) indicaron su empleo desde 1931 aunque más recientemente Brown y Valentine (1972) reiniciaron los estudios sobre su potencial como conservante. Se han informado requerimientos de 6-8 litros de conservantes por tonelada de forraje verde para lograr una esterilización total de la masa ensilada aunque se conoce que estas dosis tienen por efecto una disminución en el consumo de los ensilajes debido a que las bacterias ruminales son también afectadas por el mismo (Brown y Valentine, 1973).

Otro aspecto negativo detectado en estos ensilajes, es la poca estabilidad que presentan cuando son abiertos debido a su limitada fermentación (Waldo, 1977), (Wilkins, Wilson y Woolford, 1974).

Debido a estas características poco deseables de formol, comúnmente se asocia a otros conservantes como el ácido fórmico o el ácido sulfúrico, para combinar el poder bactericida del primero con el acidificante de los segundos. Así las mejores proporciones encontradas no difieren entre investigadores, siendo aproximadamente una parte de formol y tres partes de ácido fórmico o sulfúrico (Arnould, VanBelle, Jossart, Moreels, Van Holes, Blangy, 1978; Wilson y Wilkins, 1973).

Los ensilajes que se obtienen con estas mezclas no sólo garantizan una mejor conservación del forraje sino también una utilización más eficiente de la proteína. (Arnould y Moreels, 1976) sin detrimento del consumo y la digestibilidad de los ensilajes (McDonald, 1980).

Otros conservantes han sido utilizados como el nitrito de sodio, el ácido benzoico, el ácido salicílico y el sulfito de sodio, los cuales por ser compuestos sólidos, son más fáciles de transportar y manipular, resultando menos corrosivos a las maquinarias que realizan las operaciones de fabricación de los ensilajes (Bodo y Laki, 1972).

Los mayores problemas que se presentan con ellos, están en el momento de su incorporación al silo, donde si se agrega en forma manual se pueden presentar dificultades con su homogenización (Demarquilly, 1979). Aunque existen equipos que al incorporarlos directamente en la silocosechadora, permiten obviar este inconveniente.

El nitrito de sodio, tiene acción selectiva sobre las bacterias que forman, esporas entre las que se encuentran las bacterias clostrídicas (Wieringa, 1966), lo que permite un desarrollo más vigoroso de las bacterias lácticas en los primeros 10 días de conservación, pues pasado este tiempo el anión NO^{-2} es reducido a amoníaco. En esto radica su efectividad debido a que como permite una rápida formación de ácido láctico garantiza la estabilidad de los ensilajes (Wieringa, 1963).

Sin embargo, en los conservantes comerciales, el nitrito de sodio no se utiliza solo, sino que se le combina con otros componentes que también posean potenciales para mejorar las fermentaciones.

Este es el caso del aditivo denominado Kofa, formado por una mezcla 87% de formiato de calcio y un 13% de nitrito de sodio, donde se aprovecha la acción bactericida del primero, para restringir el desarrollo de las bacterias de una forma más permanente y sistemática.

Otro conservante comercializado a base de nitrito de sodio es el llamado Kafasil plus, el cual está compuesto de un 25% de nitrito de sodio, 14% de hexametilentetramina, 52% de cloruro de sodio y fosfato de calcio y sodio y 8% estearato de calcio. En el mismo, además de aprovechar las propiedades bacteriostáticas del nitrito de sodio, se aprovecha la protección que ejerce el formaldehído (liberado por la hidrólisis de la hexametilentetramina), sobre las proteínas (Arnould, Jossart, VanBelle y Moreels, 1977).

Según Demarquilly (1980) este conservante se encuentra por debajo del ácido fórmico y del resto de los ácidos orgánicos, aunque se recomienda cuando por razones técnicas no es posible utilizar los acidificantes.

El sulfito de sodio, basa su acción bacteriostática en el poder de reducción del anión SO^{-3} , presentando una acción selectiva sobre las bacterias heterolácticas (Salle, 1968), por lo que su principal efecto es promover una concentración mayor de ácido láctico (Owen, Meiske y Goodrich, 1970).

En la URSS, se recomienda su utilización en dosis de 4/5 kg/t, para las gramíneas (Taranov, 1976); sin embargo, en la actualidad debido a la facilidad con que se deteriora al ser expuesto al aire, se ha sustituido por el metabisulfito de sodio, que es más estable y con propiedades análogas (De Vuyst, Arnould, VanBelle, Vervack, Ausloos y Moreels, 1967).

El ácido benzoico está señalado como un bacteriostático de este tipo general para todas las bacterias (Salle, 1968).

El o su sal de sodio, son ampliamente utilizados en la industria alimenticia como preservante. Su empleo en la fabricación de ensilajes data de 1923 (Watson y Nash, 1960). Woolford (1975) lo señala como un conservante efectivo, considerado como única objeción su alto costo.

Dimenna, Parle y Lancaster (1981) informan que el benzoato de sodio (3 kg/t) como un excelente biostático, particularmente fungicida, no permitiendo que se incremente el pH, ni el número de hongos por gramo de ensilaje, durante 17 días después de expuesto al aire los ensilajes.

Existen aditivos comerciales que incluyen tanto el ácido benzoico, como el benzoato de sodio entre sus componentes como el fodder-guards, el GAP, el Silage-Master, los cuales son vendidos y utilizados en

Inglaterra (Crawshaw, 1977). Este autor al hacer una evaluación de sus potencialidades, reconoce sus acciones beneficiosas para mejorar la calidad de las fermentaciones, aunque hace hincapié en la necesidad de mantener los preceptos para la fabricación de buenos ensilajes.

El ácido salicílico como conservante ha sido objeto de una menor atención que el resto de los aditivos hasta ahora citados, a pesar que su primera utilización data de 1884 (Watson y Nash, 1960). Este compuesto es un derivado del ácido benzoico diferenciándose por incorporar un radical HO al anillo benzoico.

Esta sustitución favorece el carácter más ácido, del ácido salicílico respecto al ácido benzoico. Si tenemos en cuenta que la actividad efectiva sobre los microorganismos del ácido benzoico está en proporción con el número de moléculas de este ácido que se encuentren sin disociar (Brewster y McEwen, 1963) debemos esperar una menor actividad de inhibición del ácido salicílico, sobre las bacterias. Salle (1968) lo señala como un bacteriostático de acción general. En la URSS se recomienda su utilización en dosis de 0,5-1,0 kg/t para que sea efectivo en la conservación de gramíneas (Taranov, 1976).

2.3 Estimuladores de las fermentaciones lácticas

Bajo este nombre se agrupan los conservantes que presentan como propiedad principal ayudar a establecer durante el proceso de conservación, una flora láctica que predomine sobre el resto de las bacterias que se encuentran en la masa ensilada. Con ello se busca asegurar una formación suficiente de ácido láctico, capaz de garantizar un ensilaje bien conservado y de buena calidad.

Estos conservantes pueden ser agrupados en:

1. Aportadores directos de carbohidratos solubles
2. Aportadores indirectos de carbohidratos solubles
3. Cultivos de bacterias de los géneros lactobacilos y estreptococos

Aportadores directos de carbohidratos solubles

Aunque el azúcar fue el primer conservante utilizado como nutrimento de las bacterias lácticas (Watson y Nash, 1960), actualmente su empleo ha sido sustituido totalmente por las mieles finales de caña de azúcar o de remolacha (Arnould, 1981), debido a que compite con la alimentación humana.

A diferencia de los conservantes hasta aquí estudiados, los carbohidratos solubles, presentan una naturaleza pasiva, y sirven de sustrato energético natural a todos los tipos de bacterias. Esta propiedad hace que en silos inadecuadamente compactados o mal cubiertos, las levaduras y hongos proliferan más rápidamente sirviendo solo para exacerbar los problemas que ocurren en los silos deficientemente confeccionados (Young, 1978).

Las mieles finales, cualquiera que sea su origen, contienen aproximadamente un 50% de azúcar, pero dada la consistencia viscosa que presentan se hace necesario añadirle agua para su mejor distribución, en disoluciones que oscilan desde 25 hasta 50%. Esto crea otro inconveniente, pues puede incrementar la cantidad de efluentes en los silos, por lo que se recomienda solo utilizarla en forrajes que tengan al menos 20-25% de materia seca (Arnould y Moreels, 1976).

La miel final es particularmente efectiva para mejorar las fermentaciones de los forrajes pobres en azúcares y altos en contenidos de proteínas.

Barnett (1954) recomienda dosis entre 0,9 a 1,8%, cantidades inferiores a las consideradas como económicamente rentables por Arnould y Moreels (1976), quienes sugieren 2% para las gramíneas y 4% para las leguminosas.

Estas diferencias parecen estar dadas por las cantidades iniciales de carbohidratos solubles presentes en el forraje, ya que en pastos tropicales Catchpoole (1966) no encontró una fuerte acumulación de ácido láctico en pastos con 4% de miel.

Ojeda, Fernández y Cañizares, (1980) necesitaron dosis de 8% de miel final para lograr una fermentación predominante láctica en hierba de guinea cv Likoni, con 8 semanas de rebrote, mientras que el 4% fue suficiente cuando este pasto se conservó con 6 semanas y a la edad de 4 semanas pudo prescindir de ella.

Con respeto a la influencia que pueda ejercer en las características fermentativas de los ensilajes el uso de la miel final Demarquilly (1973) ha informado que la misma es tan eficiente como la mezcla AIV. Sin embargo, este autor encontró que en la proporción de ácidos orgánicos, la miel promovía mayores cantidades de ácido acético, compuesto asociado negativamente al consumo de los ensilajes, por lo que prefiere el empleo de ácidos fuertes.

En ensilajes tropicales Ojeda y Cáceres (1981) encontraron incrementos de su consumo al mejorar la calidad de los mismos cuando combinaron un troceado más eficiente con 45 de miel, lo que puede ser un índice de particularidades diferentes entre las especies de pastos.

El uso de la lactosa como fuente de carbohidratos solubles, es propio de países que tienen una industria quesera de importancia y donde el suero de la leche constituye un subproducto. En estado líquido su empleo no ha dado buenos resultados debido a su bajo por ciento de materia seca, provocando más efectos indeseados que beneficiosos (Watson y Nash, 1960).

En una revisión bibliográfica efectuada por Thomas (1978) en los Estados Unidos, este producto se ha utilizado de forma deshidratada en dosis de 20% en leguminosas, con resultados beneficiosos, reduciendo el pH e incrementando el contenido de ácido láctico y la digestibilidad de los ensilajes, aunque sus efectos son inferiores a los obtenidos cuando se adiciona miel o ácidos minerales.

Ensayos efectuados en Cuba por Hardy, Domínguez, Ayala y Boado (1979), con suero de leche, no produjeron mejoras en las características fermentativas de los ensilajes.

Aportadores indirectos de carbohidratos solubles

Las celulasas son enzimas que se extraen de cultivos bacterianos, los cuales al actuar sobre las paredes celulares y los polímeros presentes en los jugos celulares, incrementan la cantidad de carbohidratos solubles disponibles para las bacterias del ensilaje.

Arnould (1981) le atribuye tres ventajas: a) efecto beneficioso en la conservación por incrementar el contenido de carbohidratos solubles, b) mejoramiento de la digestibilidad por hidrólisis de la celulosa del forraje y c) mejoramiento en el consumo por acalorar la velocidad de tránsito del alimento.

Aunque este autor, no informa afectaciones en la conservación de las proteínas, si se les señala como principal deficiencia, pues contribuyen a elevar el contenido de proteínas solubles de los ensilajes, indicador que es de por sí ya elevado (Demarquilly, 1983, comunicación personal).

Existen otros conservantes de acción semejante, pero que se basan en una mezcla de cereales ricos en almidón y amilasa. El fundamento de su empleo estriba en la hidrólisis del almidón por una fuente externa de amilasas, ya que las bacterias lácticas no pueden utilizar el almidón en forma directa (Demarquilly, 1979).

Una característica de estos conservantes, es que para ser efectivos necesitan ser empleados en ensilajes con 18-20% de materia seca para que la presencia de agua sirva de vehículo difusor de las enzimas (Arnould, 1981).

En la actualidad existen productos comerciales que emplean este principio, como el llamado Derasyl, el cual consiste en harina de avena, un complejo de enzimas aminolíticas y fermentos lácticos. Se conoce el también Ensitac Fremix, el que está compuesto por malta, lactosa, fermentos vivos seleccionados y reguladores biológicos de crecimiento. Su mayor ventaja radica en mejorar la complementación energética y proteica del ensilaje por la incorporación de cereales y con ello el consumo total de la ración.

Cultivos de bacterias de los géneros Lactobacilos y Streptococos

La utilización de bacterias lácticas como conservante, consiste en dar ventaja numérica a estas bacterias, con respecto al resto de los otros microorganismos que se encuentran en el forraje y con ello permitir un predominio de la flora que garantiza la conservación adecuada del forraje.

Las características potenciales que debe tener un microorganismo para ser utilizado como inóculo o conservante biológico, han sido descritas por Whittenbury (1961), (citado por Wooldford, 1972) y son:

1. Debe tener una alta velocidad de crecimiento para que pueda competir y dominar otros microorganismos similares que se encuentran en los ensilajes.
2. Debe ser homofermentativo.
3. Debe ser tolerante a la acidez y producir un pH final de 4,0 ó cercano a ese valor.
4. Debe ser capaz de fermentar glucosa, fructuosa, sacarosa y preferiblemente fructosanas y pentosanas, las cuales aparecen durante el proceso del ensilaje.
5. No debe producir dextrana de la sacarosa o manitol de la fructuosa.
6. No debe tener acción sobre los ácidos orgánicos.
7. Debe tener un rango de temperatura de crecimiento, preferiblemente por encima de 50°C para que pueda sobrevivir aunque se presente un calentamiento inicial elevado producto de la actividad de los microorganismos aeróbicos.
8. Debe ser capaz de crecer en materiales de bajo contenido de humedad.

Wierings y Beck (1964) agregan un criterio más a la lista, el organismo inoculado no debe tener actividad proteolítica.

El uso de inoculaciones lácticas, como vía para mejorar la calidad de los ensilajes ha sido controvertido. Watson y Nash (1960) y Thomas (1978) no le confieren interés cuando analizan los resultados obtenidos por diferentes autores, considerando que en escalas de producción carece de importancia el uso de cultivos lácticos.

Sin embargo, Beck (1978) en estudios más recientes puntualiza criterios no considerados anteriormente como son la variabilidad que existe en los extractos de bacterias productoras de ácido láctico citando, poniendo como ejemplo que de 81 extractos aislados por Wierings (1962) solamente uno, poseía las características necesarias para ser utilizado.

Otro factor a tener en cuenta es la cantidad de microorganismos a inocular. Arnould (1981) encontró que cantidades menores de 10^5 - 10^6 células/g de forraje verde, son prácticamente inútiles.

Demarquilly (1983, comunicación personal) considera dos aspectos más: a) cuando los microorganismos estén liofilizados, permitir que se hidraten antes de ser añadidos y no esperar que adquieran su forma activa dentro del mismo silo.

Actualmente, existen en el mercado conservantes como inóculo 1977 y silo plus, que se basan en fermentos lácticos de origen vegetal, más un medio de cultivo apropiado.

La efectividad de los conservantes biológicos se sitúa, según Demarquilly (1980), como mejores que el ensilaje sin conservante y no superiores a los conservantes ácidos.

3. Valor nutritivo de los pastos conservados como ensilajes

El valor nutritivo de un alimento se define como una función de: a) consumo voluntario, b) digestibilidad de los nutrimentos y c) eficiencia de utilización de los nutrimentos digeridos (Werali, 1975a).

En el caso de los ensilajes, el valor nutritivo está predeterminado potencialmente, por el valor original que tenga el forraje que le da origen y su calidad final estará en dependencia del proceso fermentativo que ocurra durante la conservación y de los pretratamientos a los cuales son sometidos dichos forrajes.

En el caso particular de los ensilajes tropicales, se le han atribuido como una de sus principales deficiencias, que presentan bajos valores nutritivos, debido entre otros factores a su pobre nivel de consumo y a sus bajos porcentajes de digestibilidad de la materia orgánica y de la proteína bruta. Sin embargo, cuando se analiza la revisión bibliográfica de Catchpoole y Henzel (1971), se constata el poco volumen de información existente sobre este aspecto, atribuible, fundamentalmente, a una pobre actividad investigativa sobre el particular, a la carencia de estudios sistemáticos encaminados a dilucidar los problemas técnicos inherentes a los alimentos conservados en el trópico y al bajo nivel tecnológico utilizado para su fabricación.

En la tabla 2 se hace un resumen de las diferencias que existen en la calidad de la conservación de algunos nutrientes entre los pastos tropicales y los pastos templados donde a excepción del consumo, que presentó valores muy similares entre ambos, los otros indicadores presentaron pérdidas muy superiores en los ensilajes tropicales.

Tabla 2. Pérdidas de los principales nutrientes de los pastos tropicales y templados por efecto de la conservación.

Parámetro	Tipo de pasto	Valor del forraje	Valor del ensilaje	Variación en % de los valores del forraje verde	Fuente
Valor energético	Tropical				
Mcal/kg MS	Tropical	1,72	1,51	-12,2	Esperance (1982)
UF	Templado	0,54	0,46	-14,8	Xandé (1978)
UF _L				-3,5	Jarrige, Demarquilly y Dulphy (1981)
Digestibilidad materia orgánica (%)	Tropical	50,9	43,7	-14,1	Esperance (1982)
	Tropical	61,5	57,2	-7,0	Xandé (1978)
	Templado			-1,5	Jarrige, Demarquilly y Dulphy (1981)
Consumo MS g/kg P ^{0,75}	Tropical	46,5	35,0	-24,7	Esperance (1982)
	Tropical	47,5	40,2	-15,4	Xandé (1978)
	Templado			-22,8	Jarrige, Demarquilly y Dulphy (1981)

UF = Unidad forrajera

UF_L = Unidad forrajera leche

3.1 Consumo voluntario

El consumo voluntario en los ensilajes, tiende a ser inferior que el correspondiente al forraje que le dio origen.

Dulphy (1989) considera el contenido de materia seca, la calidad de conservación y el troceado del material como los principales factores que inciden en esta acción depresiva del proceso de conservación mientras que

otros aspectos como la especie animal y la familia botánica de la planta parecen interactuar como cofactores (tabla 3).

Tabla 3. Consumo relativo de ensilajes con respecto al forraje inicial (datos tomados de Demarquilly y col., 1980, según Dulphy).

	Tipo de silocosechadora utilizada (tamaño de la partícula)	Método de conservación	N	Consumo de materia seca		
				g MS/kg P ^{0.75}	$\frac{\text{Ensilaje}}{\text{Hierba fresca}} \times 100$	
G	Silocosechadora de precisión (0,5-1,5 cm)	Ensilaje directo	Sin aditivo	36	53,4	79
			Con aditivo	64	56,0	83
R	Silocosechadora de precisión y doble corte (2-5 cm)	Ensilaje directo	Con ácido fórmico y formaldehído	21	51,8	77
A			Sin aditivo	20	41,0	64
M	Silocosechadora de precisión y doble corte (2-5 cm)	Ensilaje directo	Con aditivo	27	46,0	71
			Presecado	11	44,5	67
N	Silocosechadora de corte largo (7-15 cm)	Ensilaje directo	Contaminado con tierra	4	28,5	45
E	Silocosechadora de precisión y doble corte (0,5-1,5 cm)	Ensilaje directo	Sin contaminar	14	31,6	56
			Sin aditivo	14	69,6	87
A	Silocosechadora de precisión y doble corte (0,5-1,5 cm)	Ensilaje directo	Con aditivo	19	69,9	84
			Presecado	5	63,9	79
S	Silocosechadora de corte largo	Ensilaje directo		7	58,3	70
	Silocosechadora de precisión y doble corte (2-5 cm)	Ensilaje directo		12	56,5	74

Sin embargo, Demarquilly y Dulphy (1977) lograron consumos en bovinos iguales o ligeramente superiores al forraje inicial cuando utilizaron troceado de 1-2 cm de largo en forrajes presecados hasta 35% de MS o combinado el presecado con ácido fórmico (tabla 4).

Tabla 4. Consumos relativos de ensilajes de gramíneas confeccionados con ácido fórmico y presecado, con respecto al forraje verde inicial en bovinos que no recibieron concentrado como suplementos (Dulphy, 1980).

Contenido de MS del ensilaje (%)	Ensilajes largos (7-15 cm) (%)		Ensilajes cortos (1-2 cm) (%)	
	Sin aditivo	Con aditivo	Sin aditivo	Con aditivo
17	66	75	79	89
20	71	80	84	94
23	75	84	88	100
32	87	93	97	104
35	92	97	100	106

Para los pastos tropicales no fue posible encontrar estudios donde se pudiera tener el forraje como referencia, pero sí diferentes tratamientos al forraje antes de conservarlo y el uso de algunos aditivos.

En la tabla 5 se muestra que por el solo hecho de trocear el forraje antes de conservarlo se logran incrementos en el consumo entre 10 y 20% y que el presecado incrementó entre 28 y 30% el nivel de ingestión.

El uso de miel significó un incremento de un 20 hasta un 53%, mientras que el empleo de ácido fórmico indujo incrementos desde un 19 hasta un 63%.

Estos resultados confirman por una parte los hallados en pastos templados donde a medida que se mejora la tecnología de fabricación en los ensilajes, mejores resultados se obtiene con ellos y por otra la importancia que reviste en los pastos tropicales conservados, encontrar técnicas idóneas de acuerdo con sus características.

3.1.1 Efecto del troceado

El efecto del troceado en el consumo de los ensilajes se puede dividir en dos aspectos: a) la acción física del tamaño de las partículas dentro del rumen y b) las mejoras en la calidad fermentativa que induce un troceado pequeño.

En la tabla 6 se muestra como por la selección de reducir el tamaño de las partículas de ensilajes se pueden lograr incrementos en el consumo de hasta 50% en carneros aunque los resultados son menos espectaculares

que en vacas, 12% además se observan diferencias en las respuestas, que pueden ser atribuidas a los pastos utilizados. Dulphy, Sechet y Thomson (1975) y Deswysen, VanBelle y Focant (1978) explicaron este resultado partiendo del hecho de que los animales que consumían ensilajes de partículas largas presentaban dificultades para regurgitar el bolo alimenticio formado en el rumen, lo que produce falsas rumiaciones e impiden que las partículas de mayor tamaño lleguen al esófago.

Tabla 5. Efecto del troceado presecado y uso de aditivos en el consumo de los ensilajes tropicales.

Especie	Longitud del troceado (cm)	Dosis de aditivo (kg/t)	Consumo (g/kg P ^{0,75})	Nivel de incremento con respecto al control (%)	Fuente
Pangola	15-20	0	34,09	-	Ojeda y Cáceres (1982)
Pangola	4-6	0	37,35	9,6	
Pangola+miel	4-6	40	50,32	47,6	Ojeda y Cáceres (1981)
Guinea	15-20	0	35,22	-	
Guinea	4-6	0	42,73	21,3	
Guinea+miel	4-6	40	49,29	39,9	
Guinea+presecado	4-6	0	48,54	37,8	
Napier	?	0	32,12	-	
Napier+presecado	?	0	42,53	32,4	Silveira, Lavezzo, Silveira, Pezzato y Tosi (1980)
Napier+ácido fórmico	?	5	38,12	18,7	
Taiwan-144	?	0	32,62	-	Esperance, Ojeda y Cáceres (1983)
Taiwan-144+presecado	?	0	41,75	28,0	
Taiwan+ácido fórmico	?	5	39,41	20,8	
Pangola	15-20	0	40,0	-	
Pangola+miel	15-20	40	61,0	52,5	Xandé (1978)
Pangola+fórmico	15-20	35	65,3	63,2	
Transvala	?	0	36,2	-	Xandé (1978)
Transvala+miel	?	?	43,4	19,9	
Guinea	?	0	35,7	-	
Guinea+miel	?	?	46,7	30,1	

Tabla 6. Efecto del troceado en el consumo de los ensilajes.

Tipo de animal	Especie de pasto	Consumo g MS/kg P ^{0,75}		% de incremento	Fuente
		Antes del troceado	Después del troceado		
Cameros	Gramíneas	26,9	40,4	50	Dulphy y Demarquilly (1973)
	Leguminosas	43,0	55,3	29	
Vacas	Gramíneas	67,6	75,5	12	Dulphy y Javel citado por Demarquilly (1977)
Cameros	Gramíneas	35,1	38,0	8	Deswysen, VanBelle y Focant (1978)
		38,6	42,6	11	

Si no se tiene en cuenta que la principal función de la rumiación es reducir el tamaño de las partículas fibrosas para que estas atraviesen el orificio retículo abomasal, se desprende que al no poderse realizar una ruptura efectiva de los ensilajes, con la ayuda de la masticación, estos permanecerán más tiempo dentro del rumen acumulándose dentro del mismo gran parte de la fracción indigestible, reduciéndose por tanto el consumo.

Los beneficios que en los indicadores fermentativos de los ensilajes produce un troceado pequeño, están dados por una mejor compactación durante la fabricación de los mismos, lo cual se traduce en un acortamiento del período de respiración de la planta, tanto por una menor cantidad de oxígeno intersticial, como por prevenir la renovación del aire dentro de la masa ensilada, al incrementar la densidad de la misma haciéndola menos permeable. Si a esta acción se le adjunta, el efecto físico de la ingestión y la eficiencia en la rumiación ya expuestos encontramos el porqué estos dos aspectos en su conjunto permiten mejorar el consumo de los ensilajes.

En la tabla 7 se muestra lo anteriormente señalado, donde se conservó el mismo pasto, con iguales condiciones y solamente varió el tamaño del forraje al momento de confeccionar el ensilaje. Los ensilajes que se trocearon más cortos presentaron un pH y una relación del $N-NH_3/N_t$ menor, así como menores concentraciones de ácido acético, butírico y propiónico, que aquellos donde el troceado fue mayor. El consumo se incrementó en un 32% en las novillas mientras que en los carneros fue 94%.

Tabla 7. Efecto de la calidad de los ensilajes con diferente longitud de troceado (Dulphy y Michalet-Doreau, 1975).

Parámetro	Ensilaje largo	Ensilaje corto	% de incremento del consumo
Materia seca (%)	19,9	20	-
pH	4,23	3,99	
Ácido láctico (g/kg MS)	45,2	46,6	
Ácido acético (g/kg MS)	23,0	16,4	
Ácido propiónico (g/kg MS)	1,6	0,7	
Ácido butírico (g/kg MS)	3,6	0,5	
Consumo (g/kg $P^{0.75}$)	63,9	34,9	32
Consumo(g/kg $P^{0.75}$)	23,5	45,5	94

Estas diferencias en el consumo entre especies, fueron atribuidas a características intrínsecas en la morfología del tracto digestivo y a la sensibilidad en cuanto a la calidad de los ensilajes, siendo los carneros menos sensibles a la calidad de los ensilajes y más al tamaño de las partículas, mientras que lo inverso ocurre con las novillas (Dulphy y Michalet-Doreau, 1975).

3.1.2 Efecto de los aditivos

Los incrementos que se logran con el uso de aditivos varía, según los autores, estando comprendidos entre un 17,9 y 45% (Dulphy, 1979), aunque algunos aditivos como el formaldehído cuando se utilizan en dosis superiores al 3% puede provocar disminuciones significativas en el consumo (Brown y Valentine, 1973).

En general la eficacia de los conservantes estará dada por la capacidad que tengan para reducir la producción de ácidos orgánicos en los ensilajes y la degradación de los aminoácidos por los clostridium proteolíticos (Jarrige, Demarquilly y Dulphy, 1981).

3.1.3 Efecto del presecado

En la tabla 8 se resume el efecto del presecado sobre el consumo cuando se comparan con ensilajes directos, según la revisión efectuada por Marsh (1979). Los promedios de incrementos varían entre un 6 y 71%. El autor ratifica los reportados por Wilkinson, Wilkinson y Barry (1976) y por Murdoch (1966), los cuales consideran que una menor y mejor calidad en las fermentaciones de los ensilajes presecados producen una mejora en su consumo.

Tabla 8. Efecto del presecado en el consumo de los ensilajes medidos en novillos (tomado de Marsh, 1979).

Referencias	Consumo se los ensilajes (kg/animal)		% de incremento
	Sin presecar	Presecado	
Moore <i>et al.</i> (1960)	4,04	5,90	+16
Thomas <i>et al.</i> (1961)	3,14	5,32	+69
McCarrick <i>et al.</i> (1965)	4,10	4,57	+11
Kormosand Chesnutt (1966)	5,56	6,02	+8
McCarrick (1966)	6,08	6,53	+7
Alder <i>et al.</i> (1969)	5,60	7,50	+34
Thomas <i>et al.</i> (1969)	5,38	6,28	+17
Forbes y Jackson (1971)	3,78	6,47	+71
Liscombe E.H.F (1975)	3,72	3,95	+6

En un estudio comparativo de 87 forrajes conservados con diferentes métodos, a los cuales se les midió su consumo, Demarquilly (1973) encontró una disminución del consumo desde 1 hasta 63,8% con una media de 33%. Las causas de estas variaciones no pudieron ser bien establecidas, pero las correlaciones negativas entre

el consumo y la presencia de ácidos grasos volátiles, o con las concentraciones de ácido acético, sugieren que la intensidad y calidad de las fermentaciones desempeñan un papel importante.

Demarquilly y Dulphy (1977) consideran cuatro aspectos como los de mayor peso en las disminuciones de consumo de los ensilajes.

- La formación de ácidos orgánicos producto de las fermentaciones de los azúcares solubles, aminoácidos y ácidos orgánicos de la planta.
- La ruptura de las proteínas de la planta en nitrógeno no proteico, aminas, etc.
- Incrementos pasivos de los carbohidratos estructurales de la planta.
- Modificaciones en la estructura del forraje por el troceado, compresión y fermentación en el silo.

Michalet-Doreau (1975) señala además otro aspecto, la velocidad de pasaje del alimento en el tracto digestivo, como limitante del consumo de los ensilajes, sobre todo cuando el troceado no es inferior a 2 cm.

El aumento en el consumo que se registra con el incremento de la materia seca, está asociada con las restricciones que se producen en las fermentaciones de los ensilajes y no por la disminución del agua de estos ensilajes (Wernli, 1975).

3.2 Retención y digestibilidad del nitrógeno en los ensilajes

3.2.1 Retención de nitrógeno

la hidrólisis de las proteínas que promueven las proteasas durante la primera fase da la conservación, convirtiéndolas en aminoácidos libres y esto a su vez, al ser denominados y descarboxilados por las bacterias, conlleva a que los ensilajes contengan una proporción de nitrógeno no proteico y soluble mayor que el forraje fresco (Ohshima y McDonald, 1978).

Al mismo tiempo gran parte de los carbohidratos solubles son transformados en ácidos orgánicos y alcoholes, disminuyendo la relación carbohidrato/nitrógeno, permitiendo que una parte del amoníaco que se forma en el rumen, escape del mismo sin ser incorporado a la proteína bacteriana, eliminándose en forma de urea por la orina.

Conrad, Hibbs, Pratt y Davis (1961), encontraron cambios en los indicadores fisiológicos nitrogenados de los animales cuando consumen ensilajes. Ellos son: a) ruptura de la proteína bruta en un 80% en el rumen, b) altos contenidos de amoníaco en el líquido ruminal y urea en plasma, c) menor cantidad y absorción de aminoácidos en el intestino delgado y d) mayores pérdidas de nitrógeno en la orina y menor retención del nitrógeno.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que todos aquellos factores que contribuyan a disminuir las fermentaciones y degradación de las proteínas, contribuirán a una mayor retención del nitrógeno. Así Grenet (1983) encontró correlaciones positivas entre la retención de nitrógeno y el contenido residual de carbohidratos solubles en los ensilajes, con la digestibilidad de la materia orgánica y el consumo total de proteínas. Mientras que dichas correlaciones fueron negativas con los productos de las fermentaciones, % de nitrógeno amoniacal con respecto al nitrógeno total, contenido de ácido láctico, ácido propiónico y ácido acético, los valores de r encontrados se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Correlaciones entre la retención (en g/día y por kg de peso metabólico) y varios factores fermentativos y el valor nutritivo de ensilajes templados (Grenet, 1983).

	Correlación	
	Gramíneas (n=87)	Leguminosas (n=21)
Digestibilidad de la materia orgánica	+0,32	+0,36
Carbohidratos solubles residuales	+0,50	+0,55
Nitrógeno total consumido	+0,65	+0,57
Nitrógeno amoniacal por ciento del total	-0,43	-0,52
Ácido láctico	-0,31	-0,52
Ácido acético	+0,04	-0,60
Ácido propiónico	-0,33	-0,49

Estos resultados confirman lo señalado por Brokes y Maquines (1973), quienes encontraron que la retención en los ensilajes se incrementó en la medida que se elevó el nivel energético de la ración y los indicados por Fujita (1978), el cual encontró mejoras en la retención de nitrógeno, cuando incluyó diferentes fuentes de carbohidratos solubles en dietas de ensilajes.

El empleo de conservantes en la fabricación de los ensilajes favorece la retención de nitrógeno, porque ellos inhiben la degradación de los compuestos nitrogenados en la planta y permiten una mayor concentración de carbohidratos solubles residuales, al disminuir la intensidad de las fermentaciones.

En Europa, los aditivos más utilizados para este fin, son el ácido fórmico y las mezclas de formaldehído con ácido fórmico y ácido sulfúrico, donde se aprovecha la acción protectora del formaldehído sobre las proteínas y el poder acidificante de los otros ácidos.

Investigaciones realizadas por Esperance, Ojeda y Cáceres (1983), demostraron que cuando se utilizaba ácido fórmico como aditivo se lograba retener el nitrógeno consumido en un 13%, mientras que con la miel final solo se lograba un 6,9%.

3.2.2 Digestibilidad de la proteína

La digestibilidad de la proteína en los ensilajes está influenciada por el nivel de proteína inicial que presentan los mismos (Demarquilly, 1973). Esta particularidad hace que sus posibilidades para juzgar la eficiencia de la conservación sean relativas, permitiendo solo realizar comparaciones entre ensilajes con similares contenidos de este nutrimento.

Sin embargo, se ha señalado una tendencia a incrementar la eficiencia de utilización de la proteína, en la medida que esta aumenta, tanto en ensilajes tropicales (Wilkinson, 1983) como en templados (Andrieu y Demarquilly, 1974), lo cual pudiera ser consecuencia de que estos productos, con altos contenidos de proteína son provenientes de forrajes con buenos valores nutritivos (Ayala, 1984).

3.3 Efecto de la conservación en la digestibilidad de la materia orgánica

La digestibilidad de los ensilajes depende, fundamentalmente, de la que posea el forraje que les dio origen.

En el caso de la digestibilidad de la materia orgánica, aquellos ensilajes conservados en buenas condiciones y en silos donde la hermeticidad es adecuada, esta se encuentra muy próxima al forraje (Demarquilly, 1973; Wilkins, 1975).

En la tabla 10 se muestran los resultados de diversos autores donde se determinaron las variaciones de este indicador de acuerdo con diferentes técnicas de conservación y el uso de conservantes, donde se aprecia un rango de variación desde +0,4 hasta -5,6% con tendencia a prevalecer la disminución de la digestibilidad con respecto a la encontrada en el forraje verde, resultando más acentuado cuando se presecó el material y sobre todo cuando se combinó el ácido fórmico con el formol.

Tabla 10. Modificación de la digestibilidad de la materia orgánica por efecto de la conservación y el uso de conservantes.

Ensilaje	Tratamiento	Variación de la DMO en % del valor del forraje verde inicial	Referencias
Ensilaje de gramíneas y praderas naturales	Directo	-1,1	Demarquilly y Dulphy (1973; 1977)
	Directo + ácido fórmico	+0,4	
	Directo + ácido fórmico + formol	-2,2	
	Presecado (30-35% MS)	-3,1	
Ensilajes de alfalfa	Directo	-1,4	Benata (1976)
	Directo + ácido fórmico	-1,5	
Ensilajes de gramíneas	Directo	-1,3	Benata (1976)
	Directo + ácido fórmico	-0,7	
	Directo + ácido fórmico + formol	-2,2	
	Directo + ácido fórmico + formol	-4,2	
	Directo	-1,4	
	Directo + ácido fórmico	-1,5	
Ray-grass	Directo + ácido fórmico + formol	-5,0	Grenet y Demarquilly (1982)
	Directo	0	
	Directo + ácido fórmico	-1,0	
	Directo + ácido fórmico + formol	-2,3	
Alfalfa	Directo + ácido fórmico + formol	-3,5	Grenet y Demarquilly (1982)
	Directo	-1,7	
	Directo + ácido fórmico	-2,4	
	Directo + ácido fórmico + formol	-5,0	
	Directo + ácido fórmico + formol	-5,6	

Esta disminución en la digestibilidad puede estar determinada, fundamentalmente, a un decrecimiento en la capacidad de digestión de la flora microbiana cuando los animales consumen ensilajes (Dulphy, 1980) o a otros factores metabólicos no bien determinados aún (Wilkins, 1975).

En los ensilajes donde se han utilizado el formol (Benata, 1976) sugiere que pueden existir afectaciones por baja disponibilidad de proteína soluble en el rumen y afectaciones sobre las bacterias ruminales producto del formol residual, sobre todo cuando las dosis sobrepasan los 3,5 L/t.

En la tabla 11 se resumen algunos resultados obtenidos con pastos tropicales.

Tabla 11. Efecto del troceado, presecado y uso de aditivos sobre la digestibilidad de la materia orgánica.

Especie	Tratamiento	DMO	% incremento	Referencias
<i>Panicum maximum</i>	Troceado 15-20 cm	46,70	0	Ojeda y Cáceres (1981)
<i>Panicum maximum</i>	Troceado 4-5 cm	50,36	8	
<i>Panicum maximum</i>	Troceado 4-5 cm 4% miel	53,17	14	
<i>Panicum maximum</i>	Troceado 4-5 presecado	56,03	20	
<i>Digitaria decumbens</i>	Troceado 15-20 cm	58,87	No se detectó efecto	Ojeda y Cáceres (1982)
<i>Digitaria decumbens</i>	Troceado 4-5 cm	56,31	No se detectó efecto	
<i>Digitaria decumbens</i>	Troceado 4-5 cm 4% miel	56,48	No se detectó efecto	
<i>Pennisetum purpureum</i>	Control	58,62	0	Silveira, Lavezzo, Silveira, Pezzato Tosi (1980)
<i>Pennisetum purpureum</i>	Presecado	62,85	7	
<i>Pennisetum purpureum</i>	Ácido fórmico 5%	62,46	7	

El troceado no parece influenciar marcadamente en este indicador, aunque si el uso de la miel y el ácido fórmico, los cuales mejoran la digestibilidad de la materia orgánica con respecto a los ensilajes controles. El presecado permite incrementos similares a los aditivos, en los pastos tropicales (Ojeda y Cáceres, 1981) aspecto que no coincide con lo indicado para los pastos tropicales (Dulphy, 1980).

Todo parece indicar que las variaciones que se producen en este indicador no son más que reflejos de las variaciones en la calidad de la conservación y no una deficiencia del proceso en sí (Xandé, 1978).

3.4 Efecto de la conservación en la digestibilidad de la fibra bruta

Este indicador tiene tendencia a incrementarse en los ensilajes, con respecto a los valores que se encuentran en los forrajes que le dieron origen como se puede apreciar en la tabla 12.

Tabla 12. Modificación de la digestibilidad de la fibra bruta de la conservación y el uso de conservantes.

Ensilajes	Tratamiento	Variación DBF en % del valor del forraje inicial	Referencias
Ensilajes de gramíneas	Sin aditivo	+4,1	Demarquilly y Dulphy (1977)
	Con ácido fórmico	+4,2	
	Con ácido fórmico + formol	+1,9	
Ensilajes de alfalfa	Sin aditivo	+14,0	Demarquilly y Dulphy (1977)
	Con ácido fórmico	+2,2	
	Con ácido fórmico + formol	+2,5	
Ensilajes de gramíneas	Sin aditivo	+4,3	Benata (1976)
	Con ácido fórmico	+4,0	
	Con ácido fórmico + formol	+2,6	
Ensilajes de alfalfa	Sin aditivo	+12,9	
	Con ácido fórmico	+1,7	
	Con ácido fórmico + formol	+5,3	
Ensilajes de ray grass	Sin aditivo	+6,6	Derarquilly y Grenet (1976)
	Con ácido fórmico	+2,4	
	Con ácido fórmico + formol	+3,7	
Ensilajes de alfalfa	Sin aditivo	+17,5	Derarquilly y Grenet (1976)
	Con ácido fórmico	+5,0	
	Con ácido fórmico + formol	+2,9	

En ella encontramos una tendencia a ser mayor los incrementos cuando no se utilizan conservantes y a presentarse mayores diferencias en la alfalfa que en las gramíneas en general.

Demarquilly (1973) atribuye estos incrementos a que la celulosa bruta de los ensilajes se hace más digestible, producto de la acción de los microorganismos o de la hidrólisis parcial que provocan los ácidos orgánicos generados durante las fermentaciones sobre los carbohidratos estructurales.

Esta hipótesis fue confirmada por las investigaciones de Kuhbauch y Kleberger (1975) y Morrison (1979), quienes encontraron cambios significativos en la celulosa bruta de los ensilajes por estos dos conceptos.

Demarquilly (1973) sugiere también otra posibilidad que los incrementos se deban a la mayor permanencia de los ensilajes dentro del rumen con respecto a los forrajes, lo cual permite incrementar la degradación de las hemicelulosas. Esta otra hipótesis pudiera explicar porqué los ensilajes conservados con ácido fórmico y formol presentan aumentos más moderados que aquellos ensilajes sin conservantes, pues el hecho que los primeros sean consumidos en cantidades superiores, implica una mayor velocidad de pasaje y por lo tanto una menor estancia en el rumen (Benata (1976).

En la práctica se debe esperar una combinación de las dos, dado que estos dos efectos son aditivos (tabla 13).

Tabla 13. Influencia de la adición de ácido fórmico asociado o no al formol en el consumo y la digestibilidad de la celulosa bruta (Benata, 1976).

Tratamiento	Dosis L/t	Digestibilidad de la fibra bruta	% de variación	Consumo de MS en g/kg P ^{0,75}	% de variación
Sin conservante	0	75,46		53,85	
Ácido fórmico	3,5	71,50	-1,3	54,62	+1,4
Sin conservante	0	76,04		56,41	
Ácido fórmico + formol	3,5/1,5	73,81	-2,9	57,39	+1,7
Sin conservante	0	48,60		67,94	
Ácido fórmico	5	45,72	-6,2	72,52	+6,7
Sin conservante	0	49,00		69,00	
Ácido fórmico + formol	5,0/1,5	43,30	-11,6	75,20	+9,0
Sin conservante	0	46,00		70,20	
Ácido fórmico + formol	5,0/5,0	40,00	-13,0	68,85	+1,9

4. Estudio de los principales indicadores fermentativos de los ensilajes y los sistemas de evaluación para determinar su calidad

Durante la conservación de un forraje como ensilaje se producen transformaciones en los compuestos orgánicos, originalmente presentes en el material como ya se ha explicado en los acápites precedentes.

Sin embargo, en estos cambios no se presenta un peso importante como criterio de los procesos que se han desarrollado, o resultan difíciles en su determinación analítica, lo que implica una limitante para tenerlos en cuenta al momento de evaluar la calidad de un ensilaje.

Este aspecto se cumple aún más, cuando se intenta incluir otros indicadores como son los organolépticos donde resulta difícil establecer patrones fijos y donde a su vez, los criterios subjetivos y experiencias del evaluador pueden tener un peso importante.

Hasta el presente, todos los sistemas de evaluación adolecen de un defecto, no vinculan los indicadores fermentativos al valor nutritivo del ensilaje, por lo que en realidad, lo que se evalúa es el resultado del proceso tecnológico empleado durante la confección de los ensilajes.

A pesar de esta constante, se impone como una necesidad adoptar normas que permitan definir desde el punto de vista analítico, cuando un forraje se ha conservado bien o mal, con una gama de situaciones intermedias.

Principales indicadores fermentativos de los ensilajes

Los indicadores fundamentales a tener en cuenta en un ensilaje son: materia seca, pH, contenido de ácido orgánico, ácido acético, ácido butírico, ácido propiónico, ácido láctico, nitrógeno amoniacal como por ciento del nitrógeno total y nitrógeno soluble.

Materia seca

El contenido de materia seca de un ensilaje está determinado en primera instancia por el forraje que le dio origen, ya sea porque se haya conservado directo o por si fue sometido a un proceso de presecación.

Durante el proceso de conservación se producen pérdidas de materia seca ensilada que oscilan desde un 7% hasta un 48%, en dependencia del éxito o no de la conservación (Zimmer, 1974); sin embargo, existe otro

factor importante a tener en cuenta cuando se determina el contenido de materia seca de un ensilado y es la presencia de elementos volátiles como ácidos orgánicos, amoníaco y alcoholes, los cuales escapan durante el secado en estufa, provocando subestimaciones que se sitúan entre un 2 y un 15%, de acuerdo a sus concentraciones y de las temperaturas a las que se realice el secado (Dulphy y Demarquilly, 1981).

Este inconveniente se puede obviar determinando la materia seca mediante destilación con tolueno, según la técnica desarrollada por Dejar y McDonald (1961), la cual resulta engorrosa y difícil de manipular, o mediante ecuaciones que teniendo en cuenta los productos volatilizados, se le agregan al por ciento de materia seca obtenido en la estufa, como las propuestas por Fatianoff y Gouet (1969) o más recientemente por Dulphy, Demarquilly y Henry (1975). La importancia de la materia seca como controladora de las fermentaciones que se producen en los ensilajes ya se han discutido en otras partes de esta revisión, pero se pueden resumir de la siguiente forma:

- Controla el crecimiento de los clostridium (Wieringa, 1966)
- Disminuye la actividad fermentativa, sobre todo la producción de ácido acético (Sauvant y Gouet, 1979)
- Incrementa el consumo de los ensilajes (Marsh, 1969)
- La producción de efluentes está en función de ella (Woolford, 1978)

pH

Este indicador ha sido objeto de gran atención, no solo porque es una de las transformaciones más radicales que se producen en el forraje, sino porque Virtanen demostró su estrecha vinculación con los procesos degradativos que se producen en la conservación (Watson y Nash, 1960).

Beck (1978) consideró que el éxito de las bacterias lácticas en su lucha por establecerse en los ensilajes radica, fundamentalmente, en que son capaces de resistir valores de pH más bajos que las demás, sin desconocer también sus mejores capacidades de desarrollarse en medios con presiones osmóticas elevadas.

Brein y Ulvesli (1954) consideran que el pH óptimo para una conservación adecuada se encuentra en 4,2.

Sin embargo, investigaciones más recientes de Wieringa (1977) han demostrado que el pH óptimo puede variar en función del contenido de materia seca.

Por otra parte, el pH que puede alcanzar un forraje está en dependencia de la proporción proteína/carbohidratos soluble (De Vuyst y VanBelle, 1964), pero sobre todo de su capacidad amortiguadora que varía de una especie a otra (Playne y McDonald, 1966).

La determinación del pH es una técnica muy simple, basta solamente un potenciómetro con electrodo de vidrio y una solución de pH conocido, no obstante se deben evitar las mediciones con papel indicador, pues la naturaleza coloreada de los jugos del ensilaje alteraron la determinación por este método.

Ácidos orgánicos

Estos compuestos por ser productos únicamente del metabolismo de las bacterias presentan un interés particular, debido a que por sus concentraciones es posible inferir como se ha desarrollado el proceso fermentativo con un alto grado de aproximación.

El problema mayor se sitúa en como determinarlos. Mientras no se desarrolló la cromatografía gaseosa, los llamados ácidos grasos volátiles, fórmico, acético, propiónico y butírico se valoraban como un todo, mediante una destilación por arrastre con vapor, mientras que el ácido láctico se determinaba por medios colorimétricos.

Posteriormente, apareció el llamado método de Lepper y Flieg (1938), el cual estimaba por separado los contenidos de ácido acético, butírico y láctico, mediante destilación fraccionada.

Mientras la primera resulta muy general para que se pueda utilizar como criterio evaluativo, a la segunda se le han señalado dos fuentes de errores, según Severia, Siston y Wathelet (1980): a) los tenores de ácido acético obtenidos con esta técnica, incluye además los contenidos de ácido fórmico y b) las concentraciones de ácido láctico, están sobre estimadas en 2 ó 3 veces producto de otros compuestos orgánicos, como 2-3 butanodiol, que durante la oxidación crónica, son transformados junto con el ácido láctico en ácido acético, apareciendo luego en la valoración.

Sin embargo, estos autores encontraron una buena correspondencia entre los valores obtenidos por medio de la cromatografía y los obtenidos por esta técnica, para el ácido butírico.

Es de señalar, que si bien otros ácidos como el iso-butírico y el propiónico pueden aparecer valorados con el ácido butírico, lo cual elevaría artificialmente estos valores, desde el punto de vista evaluativo ello entorpecería los criterios a tomar puesto que todos ellos son producto solo de la actividad clostrídica en los ensilajes (Whitterbury *et al.*, 1967).

Lo ideal, desde el punto de vista cuantitativo es determinar los ácidos orgánicos mediante cromatografía, donde además de obtenerse un desglose individual de los mismos, se logra una mayor precisión, pero cuando no se posean estos medios técnicos, la técnica de Lepper y Flieg puede ser utilizada teniendo en cuenta sus

limitaciones; por otra parte, el método Baker y Summenson (1941) continúa siendo el más preciso para la determinación de ácidos lácticos.

La cantidad de ácido láctico considerado como óptimo para garantizar una buena estabilización de los ensilajes, se sitúa entre 1-2% del material fresco (Devuyist y VanBelle, 1964) aunque esto está en dependencia de la capacidad amortiguadora del forraje en cuestión.

El ácido acético, cuando se encuentra en concentraciones de 2% de la materia seca o menos, se considera como adecuado (Sauvant y Gouet, 1979), teniendo en cuenta que siempre se producen fermentaciones heterolácticas.

Con respecto al ácido butírico, por ser siempre de procedencia clostrídica, no se admite la presencia de este ácido.

Nitrógeno amoniacal como por ciento del nitrógeno total y soluble

Sobre estos indicadores es necesario aclarar dos cuestiones que no siempre se aclaran bien.

La proteólisis o ruptura de las proteínas es un proceso enzimático mediante el cual las proteasas solubilizan las proteínas y los péptidos convirtiéndolos en aminoácidos libres, mientras que la amoniogénesis o formación de amoníaco produciendo diferentes compuestos orgánicos de acuerdo a la especie más amoníaco libre. Ambos procesos son perjudiciales, por lo que deben ser inhibidos al máximo.

Para el amoníaco, el método más utilizado es la difusión según Conway (1957), aunque también se puede determinar por destilación por arrastre con vapor.

De acuerdo a la revisión de Sauvant y Gouet (1979), los valores óptimos se encuentran para el nitrógeno soluble entre 50 y 60% con respecto al nitrógeno total mientras que el amoníaco se sitúa en 5 y 10%.

Sistemas de evaluación para determinar la calidad de los ensilajes

Los sistemas de evaluación más utilizados son:

- a. El sistema de Flieg (1938)
- b. El sistema de Wieringa (1966)
- c. El sistema del INRA (Dulphy, Demarquilly y Michalet-Doreau, 1978)

Es necesario aclarar que existen otros sistemas, pero que no serán discutidos aquí, por ser los tres seleccionados los más representativos.

Sistema de Flieg

Este sistema ha tenido una amplia utilización en Europa y aunque se le han efectuado numerosas variantes, el principio en que se basa se mantiene constante.

El método consiste en establecer una proporción entre la suma de las concentraciones de ácido láctico, acético y butírico presentes en los ensilajes y el aporte porcentual que cada uno de ellos realiza a dicha suma.

Con ello se logra una escala de valores de los tres ácidos, los cuales presentan una calificación por puntos, resultando los mejores ensilajes aquellos que obtengan 100, comenzando a bajar la calidad de acuerdo a como vaya disminuyendo la puntuación.

En la tabla 14 se muestra la escala Flieg y sus escalas de puntuación.

Sistema de Wieringa

Este sistema se basa en la apreciación de tres indicadores, pH de la masa ensilada, contenido de ácido butírico y de nitrógeno amoniacal (expresado como por ciento del nitrógeno total).

Cada uno posee una escala de bueno, regular y malo, con puntuaciones descendentes de 2,1 y 0, resultando los de mejor calidad aquellos que obtengan 6 puntos.

En la tabla 15 se muestra la escala de este autor y sus criterios de evaluación.

Sistema INRA

1. Contenido de ácidos grasos volátiles totales (Mmol/kg MS)
2. Contenido de ácido acético (g/kg MS)
3. Contenido de ácido butírico (g/kg MS)
4. Proporción de nitrógeno en forma de amoníaco/nitrógeno total (%)
5. Proporción de nitrógeno soluble/nitrógeno total (%)

Tabla 14. Sistema de evaluación de los ensilajes de acuerdo al sistema de Flieg.

Ácidos orgánicos testigos	Proporción relativa de los ácidos orgánicos en 100 g de ensilaje	Puntuación
Ácido láctico	0 - 20,0	0
	20,1 - 25,0	0
	25,1 - 30,0	2
	30,1 - 34,0	4
	34,1 - 38,0	6
	38,1 - 42,0	8
	42,1 - 46,0	10
	46,1 - 50,0	12
	50,1 - 54,0	14
	54,1 - 58,0	16
	58,1 - 62,0	18
	62,1 - 66,0	20
	66,1 - 70,0	24
	70,1 - 75,0	28
	75	30
Ácido acético	0 - 15,0	20
	15,1 - 20,0	18
	20,1 - 24,0	16
	24,1 - 26,0	14
	28,1 - 32,0	10
	32,1 - 36,0	7
	36,1 - 40,0	4
	40,1 - 45,0	2
	45,1 - 50,0	0
	50,1 - 55,0	0
	55,1 - 60,0	0
	Ácido butírico	0
1,6 - 1,5		30
3,1 - 3,0		20
4,1 - 4,0		15
6,1 - 6,0		10
8,1 - 8,0		9
10,1 - 10,0		8
12,1 - 14,0		7
14,1 - 16,0		6
16,1 - 18,0		4
18,1 - 29,0		2
20,1 - 25,0		0
25,1 - 30,0		0
30,1 - 40,0		-5
40		-10
50		-
60	-	

La puntuación en este caso va de 1 a 5, según las cinco clases establecidas, siendo el máximo 25 puntos para los de mejor calidad y de 5 para los más malos.

En la tabla 16 se muestra la escala propuesta por esta Institución.

Comparación de los sistemas

El sistema de Flieg, al considerar solamente los ácidos, absolutiza solo uno de los aspectos que puede caracterizar las fermentaciones, desconociendo la degradación que puede sufrir el nitrógeno. Además, por las características de la técnica, como el ácido láctico, tiende a ser sobrevalorado al obtenerse las proporciones, la calidad de los ensilajes tiende a ser mayor de lo que realmente corresponde.

De realizar la determinación de los ácidos por otras técnicas, resulta más práctico utilizar otro sistema.

El sistema de Wieringa tiene como inconveniente que desconoce las variaciones del pH con los incrementos de materia seca, aspecto que contrariamente a lo reportado por los trabajos realizados por este autor, tiene gran importancia. Hasta donde llega nuestro conocimiento de este sistema no sabemos si existe alguna ecuación auxiliar para corregir esta deficiencia.

Por otra parte, los marcos de evaluación son muy estrechos, solo tres categorías, lo que impiden los criterios intermedios, que son los que más se presentan en realidad.

El sistema del INRA, nos parece el más completo, pues incluye además del ácido acético, butírico y la suma de los ácidos grasos volátiles que están correlacionados con factores de consumo. Este sistema incluye aparte de la concentración de amoníaco, el nitrógeno soluble, indicador relacionado no solo con la calidad de la conservación, sino también con la rotación de nitrógeno.

Tabla 15. Sistema de evaluación de los ensilajes de acuerdo al sistema de Wieringa (1966).

Apreciación	Puntuación	pH	Ácido butírico (g/kg MS)	N-NH ₃ /N _t (%)
Bueno	2	< 4,2	< 2	< 8
Medio	1	4,3-4,5	2 a 5	8 a 15
Mediocre	0	> 4,5	> 5	> 15

Tabla 16. Sistema de evaluación de los ensilajes de acuerdo al sistema INRA (Dulphy, Demarquilly y Michalet-Doreau, 1978).

Apreciación	Ácidos grasos volátiles (Mmol/kg MS)	Ácido acético (g/kg MS)	Ácido butírico (g/kg MS)	Nitrógeno amoniacal (% N _t) Alfalfa	Otros	Nitrógeno soluble (% N _t)
Excelente	< 300	< 20	0	< 8	< 7	< 50
Bueno	300-600	20-40	< 5	8-12	7-10	50-60
Satisfactorio	680-1 000	40-55	> 5	12-16	10-15	60-75
Mediocre	1 000- 1230	55-75	>5	16-20	15-20	> 75
Muy malos	> 1 230	> 75	> 5	> 20	> 20	>75

CAPÍTULO 2. ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO FERMENTATIVO DE CUATRO GRAMÍNEAS TROPICALES CONSERVADAS COMO ENSILAJES

Introducción

La acción de los aditivos químicos sobre los indicadores fermentativos de los forrajes tropicales conservados como ensilajes no ha sido completamente estudiados, desconociéndose cuáles son los que mejor pueden favorecer una adecuada fermentación y en que dosis. El objetivo de este capítulo fue realizar con un grupo de 11 conservantes una primera aproximación de cuáles eran los más efectivos para la hierba de guinea cv. Likoni, king grass, bermuda cruzada-1 y pangola, así como de sus dosis óptimas en aquellos pastos donde mostraran una actividad beneficiosa.

Parte 1. Estudio de los principales efectos de los aditivos en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas

Para cumplimentar los objetivos propuestos se tomó como unidad experimental silos tipo Cullinson (1960). Estos consisten en pomos de cristal de boca ancha con una capacidad aproximada de 200 a 300 g de masa verde.

La hermeticidad de estos silos se logró mediante un tapón de goma, con una válvula Bunsen en su centro y una contra tapa metálica, parafinándose todos los bordes.

Los pastos estudiados fueron hierba guinea cv. Likoni (*Panicum maximum* Jacq.), king grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), bermuda cruzada-1 (*Cynodon dactylon* Pers.) y pangola común (*Digitaria decumbens* Stent.), fertilizados con 60 kg de N/ha/corte. La edad de corte fue de 6 semanas, excepto el king grass que se cortó a las 10 semanas de rebrote.

Los aditivos sólidos se esparcieron uniformemente sobre los pastos, previamente pesados para garantizar una correcta homogenización, mientras que los aditivos líquidos se agregaron mediante un nebulizador por capas sucesivas.

Después de llenados, los pomos se colocaron en un lugar con poca intensidad de luz, ventilado y seco.

El tiempo de apretura de los silos se prefijó a los 60 días de confeccionados.

Los tratamientos evaluados se presentan en la tabla 17.

Tabla 17. Esquema experimental de los conservantes y sus dosis.

Conservantes	Dosis						
	I	II	III	IV	V	VI	
Ácidos minerales							
Ácido clorhídrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64	
Ácido sulfúrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64	
Ácido clorhídrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64	
Ácido sulfúrico	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,64	
Preparado AAZ	(HCl)	5,32	7,09	8,87	10,64	12,44	14,18
	(Na ₂ SO ₄)	0,75	0,99	1,24	1,49	1,74	1,99
Bacteriostáticos							
Sulfito de sodio	3	4	5	6	7		
Ácido benzoico	2	2,5	3	4	5		
Nitrito de sodio	0,5	1	1,5	2			
Ácido salicílico	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	
Ácidos orgánicos							
Ácido fórmico	2,5	3	3,33	3,66	4	4,33	
Ácido propiónico	2,5	3	3,33	3,66	4	4,33	
Ácido fórmico	2,5	3	3,33	3,66	4	4,33	
Ácido propiónico	2,5	3	3,33	3,66	4	4,33	

Dado que el número de tratamientos a estudiar era elevado, 248 en total y a que estos experimentos eran de carácter preliminar, no se previeron réplicas de los mismos.

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó un diseño factorial de pasto x aditivo x dosis, lo que impidió incluir los ensilajes sin conservantes en el mismo.

Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos, los aditivos se dividieron en tres grupos de acuerdo a su tipo específico de actividad conservativa.

En el grupo I se incluyeron aquellos conservantes, cuya principal función es incrementar la acidez del medio, como es el caso del ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, la mezcla de ambos y el preparado AAZ, agrupándose bajo la denominación de ácidos minerales.

En el grupo II se incluyeron aquellos conservantes, cuya principal acción es disminuir la actividad bacteriana, como es el caso del sulfito de sodio, el ácido benzoico, el nitrito de sodio y el ácido salicílico, agrupándose bajo la denominación de aditivos bacteriostáticos.

En el grupo III se incluyeron aquellos conservantes cuya acción conservadora se basa en las acciones de los dos grupos anteriores, o sea, incrementan la acidez del medio presentando a su vez cierta actividad antimicrobiana, como son los casos del ácido fórmico, propiónico y la mezcla de ambos, agrupándose bajo la denominación de ácidos orgánicos.

Es bueno señalar que en el grupo de los ácidos orgánicos existía la posibilidad de que pudieran ser valorados durante la determinación por destilación de los ácidos acéticos, butírico y láctico por el método de Lepper-Flieg, lo cual pudiera colocarlos en desventaja al momento de evaluar en su conjunto los indicadores fermentativos.

Los indicadores estudiados fueron: materia seca determinada en estufa de ventilación forzada a 70°C durante 24 horas, corrigiéndose las pérdidas de elementos volátiles según la metodología propuesta por Dulphy, Demarquilly Henry (1975); ácidos orgánicos, acético, butírico y láctico según Baule y Wiessbach (1963); por potenciometría, sobre la muestra fresca con agua desgasificada de CO₂ por ebullición; amoníaco por microdifusión según Conway (1957) y nitrógeno total en frasco según AOAC (1965).

Las diferencias entre medias se determinaron según la dócima de Duncan (1955).

Resultados

El comportamiento de los ensilajes sin conservantes de cada uno de los pastos estudiados se indica en la tabla 18, a modo de referencia dado que los mismos no pudieron ser incluidos en el análisis estadístico. En ella se aprecia una tendencia en los ensilajes a producir altos por cientos de N-NH₃/N_t, principalmente en la guinea likoni y en la pangola.

Tabla 18. Valores concentrados en los indicadores estudiados para los pastos conservados sin aditivo.

	MS (%)	N-NH ₃ /N _t (%)	pH	Ácido láctico (% MS)	Ácido acético (% MS)	Ácido butírico (% MS)
Likoni	26,30	25,85	5,2	0,39	0,88	1,34
King grass	14,50	10,77	4,0	0,82	0,58	0,15
Bermuda cruzada-1	38,45	11,03	4,4	0,75	0,49	0,23
Pangola	27,62	19,06	4,1	0,91	0,56	0,59

Los pH resultaron particularmente elevados en la likoni con valores aceptables en el resto de los ensilajes.

En los ácidos orgánicos, también la guinea likoni presentó los resultados más desfavorables, al tener las concentraciones más bajas de ácido láctico y las mayores de ácido acético y ácido butírico, si bien este último indicador fue encontrado en todos los casos.

Al realizar el análisis de varianza a los resultados obtenidos, aunque el efecto dosis presentó diferencias estadísticamente significativas al 0,1 ó al 0,01% según el tratamiento, no resultó posible tener en cuenta estos resultados de forma independiente debido a que se hallaron interacciones de los pastos x aditivo, de los indicadores x aditivo y de los pastos por indicadores.

Esto condujo a que solo se pudieran analizar los efectos principales de las medias totales de cada aditivo, las cuales se describen a continuación.

a. Grupo I. Ácidos minerales

En la tabla 19 se muestran los indicadores que presentaron efectos principales con los ácidos minerales.

Tabla 19. Efecto de los ácidos minerales en los indicadores fermentativos de cuatro pastos tropicales.

Aditivos	Materia seca (%)	Ácido láctico (%)
HCl	27,29 ^c	1,03 ^a
H ₂ SO ₄	29,00 ^a	0,82 ^b
HCl + H ₂ SO ₄	27,54 ^{bc}	0,70 ^b
Preparado AAZ	28,50 ^{ab}	0,80 ^b
ES $\bar{X} \pm$	0,38 ^{**}	0,004 ^{***}

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices difieren a ^{**} P<0,01 ^{***} P<0,001 (Duncan, 1955)

Los ensilajes tratados con ácido sulfúrico fueron los que presentaron los mayores tenores de materia seca, aunque estadísticamente no fue posible diferenciarlos de los ensilajes tratados con el preparado AAZ. A su vez, los ensilajes tratados con este último aditivo no difirieron de aquellos donde se utilizó la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico y éstos de los ensilajes donde se empleó ácido clorhídrico, que fueron los que presentaron los tenores más bajos.

Los ensilajes tratados con ácido clorhídrico fueron los que presentaron las mayores concentraciones de ácido láctico, difiriendo significativamente del resto de los tratamientos estudiados, los cuales no difirieron estadísticamente entre sí.

Los ensilajes de guinea likoni, presentaron las mayores concentraciones de ácido acético que difirieron ($P < 0,001$) del resto de los pastos.

El mayor porcentaje de materia seca se registró en la bermuda cruzada-1, mientras que el menor ($P < 0,01$) fue para el king grass.

La concentración de ácido láctico más elevada se obtuvo en la guinea likoni que difirió ($P < 0,001$) del resto de los pastos (tabla 20).

Tabla 20. Efecto de los ácidos minerales en los indicadores fermentativos de cuatro pastos tropicales.

Pastos	Ácido acético (%)	Materia seca (%)	Ácido láctico (%)
Likoni	0,72 ^a	26,26 ^c	0,38 ^c
King grass	0,45 ^b	14,20 ^d	0,92 ^b
Bermuda cruzada-1	0,34 ^b	33,11 ^a	0,91 ^b
Pangola	0,34 ^b	28,75 ^b	1,14 ^a
ES $\bar{X} \pm$	0,03 ^{***}	0,38 ^{**}	0,04 ^{***}

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices difieren a ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$ (Duncan, 1955)

Para el ácido butírico, $N-NH_3/N_t$ y pH se encontraron interacciones entre los pastos y los conservantes estudiados (tabla 21).

Tabla 21. Influencia de los ácidos minerales en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas tropicales.

Aditivo	Pasto	Ácido butírico (% MS)	Indicador $N-NH_3/N_t$ (%)	pH
HCl	Likoni	1,04 ^a	24,53 ^a	5,1 ^a
	King grass	0,01 ^f	9,45 ^{d,efgh}	4,2 ^{b,cd,ef}
	Bermuda cruzada-1	0,39 ^{cd}	6,84 ^{fgh}	4,5 ^b
	Pangola	0,34 ^{cd}	8,35 ^{fgh}	3,9 ^{defg}
H ₂ SO ₄	Likoni	0,78 ^b	3,30 ^h	4,4 ^{b,c}
	King grass	0,00 ^f	15,91 ^{c,def}	3,4 ^{hi}
	Bermuda cruzada-1	0,26 ^{de}	10,31 ^{c,defgh}	4,3 ^{bcd}
	Pangola	0,14 ^{ef}	16,30 ^{c,de}	3,6 ^{ghi}
HCl + H ₂ SO ₄	Likoni	0,72 ^b	12,50 ^{c,defg}	4,2 ^{b,cd,ef}
	King grass	0,07 ^{ef}	9,03 ^{efgh}	3,3 ⁱ
	Bermuda cruzada-1	0,15 ^{ef}	16,52 ^{c,de}	3,8 ^{efg}
	Pangola	0,13 ^{ef}	16,25 ^{c,de}	3,8 ^{efg}
Preparado AAZ	Likoni	0,52 ^c	8,11 ^{g,h}	4,5 ^b
	King grass	0,06 ^{ef}	11,23 ^{c,defg}	3,7 ^{f,ghi}
	Bermuda cruzada-1	0,14 ^{ef}	17,79 ^{b,c}	4,0 ^{c,def}
	Pangola	0,23 ^{c,de}	16,68 ^{c,de}	3,5 ^{gh}
	ES pastos x aditivo \pm	0,06 ^{**}	1,12 ^{***}	0,14 [*]

^{a,b,c,d,e,f} Medias con diferentes superíndices difieren a * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$ *** $P < 0,01$ (Duncan, 1955)

Para el ácido butírico, los ensilajes de guinea likoni mostraron las mayores concentraciones, el king grass presentó los menores y la bermuda cruzada-1 y la pangola los valores intermedios, independientemente de los aditivos estudiados.

Los ensilajes de guinea likoni tuvieron los mayores porcentajes de $N-NH_3/N_t$ cuando se trataron con ácido clorhídrico, mientras que presentó los menores valores cuando se añadió ácido y el preparado AAZ.

El resto de los aditivos, independientemente del pasto evaluado no presentaron diferencias entre sí.

En el caso del pH, independientemente del aditivo estudiado, los ensilajes de likoni fueron los que mayores valores alcanzaron y los de king grass resultaron los más bajos, obteniéndose en los ensilajes bermuda cruzada-1 y pangola valores intermedios. El aditivo que menos disminuyó este indicador fue el ácido clorhídrico, mientras que el resto de los aditivos manifestaron efectos depresivos sobre el mismo.

b. Grupo II. Aditivos bacteriostáticos

En este grupo solo se encontraron interacciones entre los pastos y los aditivos.

De los conservantes, el sulfito de sodio resultó poco efectivo para disminuir las concentraciones de ácido butírico en la guinea likoni al igual que el ácido benzoico lo fue para el king grass y al nitrito de sodio para la pangola y el ácido salicílico en la bermuda cruzada-1 y la pangola (tabla 22).

Tabla 22. Efecto de los aditivos bacteriostáticos en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas tropicales.

Aditivo	Pasto	Indicadores					
		Ácido butírico (% MS)	Ácido acético (% MS)	Ácido láctico (% MS)	pH	Materia seca (%)	N-NH ₃ /N _t (%)
Sulfito de sodio	Likoni	0,91 ^a	0,35 ^{efg}	0,72 ^f	5,26 ^a	28,26 ^d	7,95 ^{de}
	King grass	0,01 ^f	0,71 ^a	1,05 ^{ef}	4,52 ^d	13,67 ^f	12,27 ^{bcd}
	Bermuda cruzada-1	0,31 ^c	0,41 ^{def}	1,56 ^{bc}	4,58 ^b	45,00 ^a	16,28 ^{ab}
	Pangola	0,05 ^{def}	0,39 ^{def}	1,53 ^{bcd}	4,62 ^b	30,33 ^{de}	16,26 ^{ab}
Ácido benzoico	Likoni	0,0 ^f	0,47 ^{cde}	0,84 ^{ef}	4,58 ^b	30,93 ^d	6,95 ^e
	King grass	0,19 ^{cd}	0,29 ^{gh}	0,90 ^{ef}	4,12 ^{de}	15,16 ^f	9,25 ^{cde}
	Bermuda cruzada-1	0,03 ^f	0,41 ^{def}	0,13 ^{def}	4,46 ^{bc}	42,24 ^a	16,22 ^{ab}
	Pangola	0,0 ^f	0,50 ^{cd}	1,51 ^{bcd}	4,36 ^{bcd}	32,48 ^{cd}	18,26 ^a
Nitrito de sodio	Likoni	0,00 ^f	0,50 ^{cd}	0,86 ^{ef}	4,56 ^b	31,39 ^d	10,93 ^{bcd}
	King grass	0,00 ^f	0,29 ^{gh}	1,76 ^b	4,54 ^b	14,44 ^f	6,82 ^e
	Bermuda cruzada-1	0,00 ^f	0,64 ^{ab}	2,49 ^a	4,34 ^{bcd}	44,75 ^a	11,19 ^{bcd}
	Pangola	0,50 ^b	0,21 ^{gh}	1,76 ^b	4,04 ^e	32,55 ^{cd}	14,88 ^{abc}
Ácido salicílico	Likoni	0,02 ^{ef}	0,39 ^{def}	1,19 ^{cde}	4,40 ^{bcd}	29,78 ^{de}	8,02 ^{de}
	King grass	0,00 ^f	0,19 ^h	0,93 ^{ef}	4,12 ^{de}	15,12 ^f	12,06 ^{bcd}
	Bermuda cruzada-1	0,18 ^{cde}	0,55 ^{bc}	1,65 ^b	4,44 ^{bc}	37,02 ^b	9,60 ^{cde}
	Pangola	0,23 ^c	0,20 ^h	0,93 ^{ef}	4,18 ^{cde}	34,58 ^c	13,19 ^{abcd}
	ES pastos x aditivo ±	0,05 ^{**}	0,04 ^{***}	0,13 ^{***}	0,09 ^{***}	0,86 ^{***}	1,77 [*]

^{a,b,c,d,e,f,g} Medias con diferentes superíndices difieren a *P<0,05 ***P<0,001 (Duncan, 1955)

El resto de los tratamientos estudiados, no presentaron grandes diferencias entre sí.

Las mayores concentraciones de ácido acético se encontraron en los ensilajes de king grass tratados con sulfito de sodio y para los ensilajes de bermuda cruzada-1 conservados con ácido benzoico, nitrito de sodio y ácido salicílico. Sin embargo, estos aditivos resultaron muy efectivos para el king grass, donde se presentaron los valores más pequeños de este estudio.

El nitrito de sodio promovió las mayores concentraciones de ácido láctico en los ensilajes de bermuda cruzada-1, el king grass y la pangola, al igual que el sulfito de sodio y el ácido salicílico en los ensilajes de bermuda cruzada-1 en el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Los ensilajes confeccionados con sulfito de sodio fueron los que mayores valores de pH presentaron, mientras que los ensilajes de la likoni y la bermuda cruzada-1 fueron los que mayores valores presentaron independientemente del aditivo estudiado. El resto de los aditivos estudiados no presentaron diferencias significativas entre sí.

Para el N-NH₃/N_t, los aditivos menos efectivos fueron el sulfito de sodio y el ácido benzoico para los ensilajes de bermuda cruzada-1 y estos mismos aditivos más el nitrito de sodio para los ensilajes de pangola. El resto de los tratamientos no difirieron entre sí con valores más bajos que los encontrados entre los tratamientos antes citados.

c. Grupo III. Ácidos orgánicos

Todos los indicadores estudiados con excepción de la materia seca, presentaron interacciones pasto por aditivo.

Los conservantes de este grupo presentaron concentraciones elevadas de ácido butírico con excepción de los ensilajes de king grass que tuvieron valores que pueden catalogarse de moderados. Como aditivo, el ácido fórmico fue el más efectivo, mientras que los ensilajes que tuvieron las mayores concentraciones de ácido butírico independientemente del aditivo empleado fueron los de guinea likoni (tabla 23).

La mezcla ácido fórmico + ácido propiónico y el ácido propiónico solo, fueron los aditivos que produjeron las concentraciones de ácido acético más elevado en todos los ensilajes, excepto en los de pangola donde fueron las más bajas, mientras que el ácido fórmico presentó valores moderados en todos los tratamientos.

Los ensilajes confeccionados con ácido fórmico fueron los que mayores concentraciones de ácido láctico presentaron de forma general y en particular la bermuda cruzada-1. Está conservada con ácido propiónico o con la mezcla de ácido fórmico + ácido propiónico, presentó también buenas concentraciones.

Tabla 23. Influencia de los ácidos orgánicos en los indicadores fermentativos de cuatro gramíneas tropicales.

Aditivo	Pasto	Indicadores				
		N-NH ₃ /N _t (%)	Ácido butírico (% MS)	pH	Ácido acético (% MS)	Ácido láctico (% MS)
Ácido propiónico	Likoni	14,41 ^{bc}	4,26 ^a	5,0 ^a	0,88 ^d	0,39 ^g
	King grass	13,52 ^{bcd}	0,84	3,9 ^{def}	0,90 ^f	0,63 ^f
	Bermuda cruzada-1	11,80 ^{cde}	2,20 ^b	4,3 ^b	0,71 ^a	2,27 ^a
	Pangola	18,63 ^{bc}	1,90 ^c	3,9 ^{def}	30,33 ^{de}	2,34 ^b
Ácido fórmico	Likoni	4,23 ^f	4,19 ^a	4,3 ^b	30,93 ^d	1,14 ^c
	King grass	13,29 ^{bcd}	0,00 ⁱ	3,7 ^f	15,16 ^f	1,07 ^{cd}
	Bermuda cruzada-1	10,63 ^{cde}	0,50 ^g	4,3 ^b	42,24 ^a	1,42 ^b
	Pangola	13,97 ^{bc}	0,20 ^h	3,8 ^{ef}	32,48 ^{cd}	1,05 ^{cd}
Ácido propiónico + ácido fórmico	Likoni	9,63 ^{cde}	1,83 ^c	4,2 ^{bc}	31,39 ^d	0,95 ^d
	King grass	8,23 ^{def}	0,36 ^f	4,0 ^{cde}	14,44 ^f	0,73 ^{ef}
	Bermuda cruzada-1	7,72 ^{ef}	1,90 ^c	4,1 ^{bcd}	44,75 ^a	1,44 ^b
	Pangola	28,46 ^a	1,20 ^d	4,0 ^{cde}	32,55 ^{cd}	0,68 ^f
	ES pastos x aditivo ±	1,73 ^{**}	0,99 ^{**}	0,1 ^{***}	0,09 ^{***}	0,08 [*]

^{a,b,c,d,e,f,g} Medias con diferentes superíndices difieren a ^{**}P<0,01

^{***}P<0,001 (Duncan, 1955)

Los ensilajes confeccionados con ácido fórmico, fueron los que mejor comportamiento presentaron en el pH, al inducir los menores valores con respecto a los otros aditivos, mientras que los ensilajes de guinea likoni y de la bermuda cruzada-1 fueron los que mayores valores presentaron independientemente del aditivo estudiado.

La mezcla ácido fórmico + ácido propiónico y el ácido fórmico fueron los que produjeron los valores más bajos de N-NH₃/N_t en todos los ensilajes estudiados, excepto para los de pangola, para los cuales ningún conservante fue efectivo.

Discusión

Si bien el uso de ácidos minerales tiene como objetivo disminuir artificialmente el pH de la masa ensilada por debajo de 4.0 para proporcionar un producto inmediatamente estabilizado (Thomas, 1978) en las dosis estudiadas en esta tesis, la concepción que prevaleció fue dar un impulso inicial en la acidificación del medio, para proporcionar cierta ventaja a las bacterias lácticas sobre el resto de los microorganismos y alcanzar la preservación de los ensilajes mediante la acción de las mismas.

Con ello se buscaba economizar las cantidades a utilizar de conservantes y obviar problemas futuros en el empleo de los mismos, pues es conocido que los ensilajes demasiados acidificados con ácidos inorgánicos, provocan desmineralización en los animales que lo consumen (Demarquilly, 1973a).

Las dosis entre las cuales se enmarcan estos conservantes, no siempre implicaron una respuesta favorable en todos los ensilajes estudiados surgiendo particularidades de un forraje a otro.

La poca efectividad de los ácidos minerales frente a la guinea likoni y los ácidos clorhídrico y sulfúrico en la bermuda cruzada-1 solo se puede explicar considerando que estos forrajes necesitan dosis mayores a las aquí estudiadas.

Esta hipótesis se ve apoyada por los resultados encontrados, precisamente, en la bermuda cruzada-1, donde los tratamientos con la mezcla de HCl + H₂SO₄ y el preparado AAZ, en los cuales las dosis añadidas eran superiores en concentración a los tratamientos de HCl + H₂SO₄ solos, los indicadores presentaron los mejores valores.

Los valores estadísticamente superiores que presentaron los ensilajes tratados con H₂SO₄, preparado AAZ y la mezcla de HCl + H₂SO₄ en el contenido de MS, indica posiblemente una fermentación más eficiente por parte de estos conservantes, donde las pérdidas, fundamentalmente de CO₂, debieron ser menores en el resto de los tratamientos (Barnett, 1954).

Esta conjetura pudiera avalarse por el hecho de que los ensilajes tratados con HCl, presentaron las mayores concentraciones de ácido láctico, quizás como índice de una mayor fermentación heteroláctica, provocando que alcanzaran los menores tenores de MS.

La correspondencia entre el pH, la MS y la presencia de ácido butírico en los ensilajes ha sido bien establecida por Wieringa (1977). Sin embargo, en este estudio la presencia de ácido butírico en algunos ensilajes no se correspondió con los bajos pH finales alcanzados, lo que induce a considerar que otros aspectos bioquímicos y microbiológicos actuaron en la conservación de los pastos.

Así, ensilajes con pH inferiores a 4,0 considerados por Barnett (1954) como límite mínimo para inhibir a los microorganismos del tipo clostrídicos y Coli, también presentaron ácido butírico.

Igualmente, los beneficios que sobre la inhibición de la proteólisis ejercen estos conservantes, tampoco fue encontrada en todos los tratamientos, resultando superiores al 11% considerado por Carpintero, Holding y McDonald (1969) como óptimo en los ensilajes.

El hecho que aun en aquellos ensilajes donde la presencia de ácido butírico fue mínima, el $N-NH_3/N_t$ fuera elevado, nos hace suponer que la acción de las enzimas proteolíticas fue intensa, facilitando la actividad de las bacterias heterolácticas. Otro factor como la capacidad amortiguadora de los pastos pudo haber incidido en estos resultados, como fue el caso de la guinea likoni, donde el pH descendió por debajo de 4,3.

Los aditivos bacteriostáticos en los ensilajes estudiados no todos respondieron por igual.

El sulfito de sodio no presentó un control efectivo en las fermentaciones butílicas en la guinea likoni y bermuda cruzada-1. Sin embargo, estimuló las fermentaciones lácticas, aspecto que coincide con lo informado por Owen, Heiske y Goodrich (1970), los cuales consideran que esta es la principal respuesta que promueve este aditivo; sin embargo, su actividad sobre las bacterias esporuladas parece ser limitada, no así sobre las bacterias heterolácticas, puesto que las concentraciones de ácido acético en los ensilajes conservados con él, fueron las más bajas.

El ácido benzoico al promover bajas concentraciones de ácido butírico junto con moderadas concentraciones de ácido láctico, sugiere que logró controlar la actividad de los clostridium sacarolácticos, los cuales desdoblan el ácido láctico en ácido butírico ($2 \text{ ácido láctico} \rightarrow \text{ ácido butírico} + 2CO_2 + H_2$), según la vía propuesta por Whittenbury (1968), mientras que las bajas concentraciones de ácido acético sugieren también un control efectivo sobre las bacterias heterolácticas.

Wieringa (1956) señaló que el nitrito de sodio presentaba especificidad en la destrucción de las bacterias del tipo clostridium.

Sin embargo, esta propiedad no se hizo patente en los ensilajes de pangola, donde las concentraciones de ácido butírico se hicieron elevadas.

El hecho de que el ácido láctico presentara en los ensilajes tratados con este conservante, los tenores más elevados indican una fermentación láctica o heteroláctica más efectiva.

El ácido salicílico al igual que el ácido benzoico presentó una actividad bacteriostática de tipo general, aunque las respuestas a este conservante para la bermuda cruzada-1 y la pangola, no fueron buenas, al no controlar adecuadamente las fermentaciones clostrídicas. Por sus características de acción pasiva sobre las bacterias, los valores de pH tendieron a ser mayores en estos ensilajes con respecto a los ensilajes conservados con ácidos minerales.

El $N-NH_3/N_t$ presentó en general tenores más bajos, lo que ratifica la incidencia de la fermentación butírica sobre este indicador. Los conservantes agrupados en la denominación de ácidos orgánicos, presentan la característica de producir una disminución de la acidez del medio junto con una cierta actividad antimicrobiana (Wolford, 1975).

En su caso particular, los resultados obtenidos deben analizarse con otra óptica, teniendo en cuenta que el método de determinación empleado para los ácidos acético, butírico y láctico, existe la posibilidad de que los valores encontrados para los mismos estén influenciados por las dosis de conservantes empleados, sobre todo el ácido butírico por el ácido propiónico y el ácido acético por el ácido fórmico.

Es por eso que los indicadores a tener en cuenta deben ser, fundamentalmente, el pH y el $N-NH_3/N_t$.

Crawshaw (1977) señala que existen dos gradientes inversos entre el poder acidificante de los ácidos orgánicos y su poder antimicrobiano. Así, mientras se incrementa el número de átomos de carbono en la cadena del ácido, disminuye su acidez a la vez que se incrementa su capacidad bacteriana.

Este efecto en el pH coincide con lo encontrado en este experimento, aunque por las razones antes mencionadas no se pudo comprobar con el ácido butírico.

El control de producción de amoníaco en los ensilajes fue evidente cuando se combinaron los ácidos fórmico y propiónico no así cuando se utilizaron solos, lo que no era de esperarse de acuerdo con los resultados informados por Arnould (1981) y Demarquilly y Dulphy (1978), ni por el pH final que presentaron los tratamientos estudiados.

Murdoch (1966) insiste en la importancia que tiene más que el pH final alcanzado por el ensilaje, la velocidad a la cual éste se alcance, pues cuando el desarrollo de las bacterias lácticas se hace lentamente, pueden ocurrir fermentaciones indeseables, aun que se logre una estabilización adecuada al final.

Sin embargo, a pesar de lo anteriormente expuesto, las conclusiones obtenidas resultan demasiado generales. Las múltiples interacciones encontradas entre los diferentes pastos con los aditivos estudiados en cada indicador, nos permiten ser categóricos en las respuestas. La presencia de varios superíndices decimales en cada una de las medias, dificultaron la discriminación de los conservantes, por lo que se buscó un sistema de evaluación capaz de determinar con suficiente precisión y rapidez la efectividad de los conservantes estudiados.

Parte 2. Desarrollo del sistema de evaluación I para determinar en ensilajes tropicales la efectividad de los aditivos

Introducción

En la revisión bibliográfica se detallaron los principales sistemas de evaluación existentes para los ensilajes templados. Sin embargo, dada las características particulares que presentan los ensilajes tropicales, existía la incertidumbre de cuales debían ser los rangos a considerar como óptimo en los indicadores fermentativos de estos ensilajes.

Dada esta disyuntiva se decidió realizar un estudio de las posibilidades de aplicación que presentaban los sistemas de evaluación ya establecidos, a través de los indicadores fermentativos que tenían en cuenta y de su facilidad para discriminar la efectividad de los aditivos.

Estudio de los principales sistemas de evaluación e indicadores fermentativos utilizados para medir la calidad de los ensilajes

La calidad de los ensilajes está condicionada no solo por los indicadores que lo son inherente a los forrajes, como son la materia seca, la proteína bruta y la materia orgánica, sino que en ella participan también otros indicadores propios, formados durante el proceso de conservación como son: los ácidos orgánicos, acético, butírico y láctico, el amoníaco y el pH final alcanzado por la masa ensilada.

La tabla 24 muestra una agrupación de los principales indicadores bioquímicos de los ensilajes templados en la tabla 25, los obtenidos agrupando los resultados obtenidos en los experimentos de esta primera secuencia.

Tabla 24. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en ensilajes templados (Sauvant y Gouet, 1979).

Indicadores	Cantidad (no. de análisis)	Desviación		Valor	
		Media	Típica	Mínimo	Máximo
Contenido de MS de los ensilajes (%)	265	30,2	12,6	13,7	67,3
pH	265	4,72	0,39	3,20	7,45
Ácido acético (g/kg MS)	265	23,0	15,6	1,6	64,0
Ácido láctico (g/kg MS)	263	45,0	28,7	5,7	99,9
Ácido butírico (g/kg MS)	133	10,0	13,0	0	66,1
Ácido propiónico (g/kg MS)	203	2,97	4,2	0	31,2
N-NH ₃ /N _t	265	10,12	4,63	2,2	34,0

Tabla 25. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en ensilajes tropicales.

Indicadores	Cantidad (no. de análisis)	Desviación		Valor	
		Media	Típica	Mínimo	Máximo
Contenido de MS de los ensilajes (%)	248	29,32	10,317	11,21	48,80
pH	248	4,2	0,50	2,6	5,5
Ácido acético (g/kg MS)	248	5,10	2,61	1,40	12,25
Ácido láctico (g/kg MS)	248	13,63	11,649	1,45	44,36
Ácido butírico (g/kg MS)	248	2,16	2,788	0	11,10
N-NH ₃ /N _t	248	17,42	10,020	2,10	58,82

Las diferencias encontradas en los estadígrafos medidos, así como los rangos entre los cuales oscilaron las medias de ambos tipos de ensilajes, confirmaron la hipótesis que no era posible utilizar directamente los sistemas de evaluación de los ensilajes templados para determinar la calidad fermentativa de nuestros ensilajes. Estas diferencias se hicieron más evidentes cuando se determinó el comportamiento de cada tratamiento de forma individual (tablas 26, 27 y 28).

Estos resultados promovieron que se realizara un estudio de los orígenes de cada uno de los indicadores que formaban parte de los sistemas de evaluación con el objetivo de encontrar cuáles eran los indicadores capaces de proporcionar una evaluación correcta de los ensilajes tropicales.

El mismo arrojó que solamente dos de ellos respondían de forma unívoca a fermentaciones indeseables en los ensilajes, el ácido butírico y el N-NH₃/N_t (Whittenbury, McDonald y Brian-Jones, 1967), lo cual permitía aceptar los rangos establecidos para los ensilajes templados en nuestros ensilajes directamente.

Tabla 26. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en los ensilajes confeccionados con ácidos minerales.

Ácidos minerales	Guinea likoni			King grass			Bermuda cruzada-1			Pangola		
	Media	CV	DS	Media	CV	DS	Media	CV	DS	Media	CV	DS
HCl												
MS	24,87	3,66	0,91	12,63	7,14	0,90	43,32	4,82	2,09	28,29	4,04	1,14
pH	5,1	14,72	0,75	4,2	15,00	0,64	4,5	9,26	0,41	3,9	12,73	0,49
N-NH ₃ /N _t	26,00	7,51	1,95	9,45	31,91	3,02	6,84	22,75	1,56	8,36	23,36	1,92
Ácido acético	0,77	62,16	0,48	0,56	66,99	0,37	0,32	83,27	0,27	0,27	120,40	0,32
Ácido butírico	1,04	34,93	0,36	0	0	0	0,39	68,26	0,26	0,35	169,03	0,59
Ácido láctico	0,54	118,99	0,65	1,13	36,99	0,42	1,13	35,43	0,40	1,35	40,64	0,55
H ₂ SO ₄												
MS	27,07	3,81	1,03	14,71	6,95	1,02	45,32	3,72	1,68	28,91	2,70	0,73
pH	4,4	12,89	0,56	3,4	19,61	0,66	4,3	10,55	0,45	3,6	11,58	0,42
N-NH ₃ /N _t	18,13	18,68	3,39	8,65	31,00	2,68	10,31	23,93	2,47	15,46	14,85	2,30
Ácido acético	0,68	89,25	0,61	0,30	122,02	0,36	0,27	78,39	0,21	0,29	111,70	0,32
Ácido butírico	0,78	60,51	0,47	0	0	0	0,26	98,36	0,26	0,14	241,96	0,35
Ácido láctico	0,40	120,29	0,48	0,95	58,29	58,29	0,79	54,52	0,43	1,17	32,39	0,38
HCl+H ₂ SO ₄												
MS	25,25	3,60	0,91	14,50	8,01	1,16	42,02	2,47	1,04	28,37	3,47	0,98
pH	4,2	14,95	0,62	3,3	24,18	0,80	3,78	18,30	0,69	3,8	10,30	0,39
N-NH ₃ /N _t	13,36	15,11	2,02	10,77	17,92	1,93	19,04	9,17	1,74	16,77	9,64	1,62
Ácido acético	0,63	87,49	0,55	0,41	80,49	0,33	0,44	124,26	0,54	0,37	101,62	0,38
Ácido butírico	0,72	76,43	0,55	0,07	547,32	0,42	0,15	248,75	0,37	0,13	216,94	0,28
Ácido láctico	0,29	122,02	0,35	0,71	65,69	0,46	0,80	58,29	0,46	1,02	40,42	0,42
Preparado AAZ												
MS	27,87	6,91	1,93	14,87	7,57	1,13	41,73	3,82	1,64	29,43	3,69	1,08
pH	4,5	12,97	0,58	3,73	21,39	0,80	0,13	211,05	0,28	0,24	154,53	0,37
N-NH ₃ /N _t	8,12	26,27	2,13	11,24	16,05	1,80	17,80	13,77	2,45	16,69	16,83	2,81
Ácido acético	0,69	63,50	0,43	0,53	84,10	0,45	0,35	79,33	0,28	0,43	102,97	0,44
Ácido butírico	0,52	104,33	0,54	0,06	590,11	0,36	0,13	211,05	0,28	0,24	154,53	0,37
Ácido láctico	0,32	109,88	0,35	0,91	61,14	0,55	0,93	43,87	0,41	1,05	34,26	0,36

CV Coeficiente de variación

DS Desviación standard

Tabla 27. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en los ensilajes confeccionados con aditivos bacteriostáticos.

Bacteriostáticos	Guinea likoni			King grass			Bermuda cruzada-1			Pangola		
	Media	CV	DS	Media	CV	DS	Media	CV	DS	Media	CV	DS
SO ₃ Na ₂												
MS	28,27	3,64	1,09	13,68	4,25	0,59	45,00	2,76	1,24	30,33	2,75	0,83
pH	5,3	9,52	0,50	4,5	7,32	0,33	4,6	7,23	0,33	4,6	10,53	0,48
N-NH ₃ /N _t	25,33	8,43	2,14	29,01	6,11	1,77	16,29	14,60	2,38	38,25	9,10	3,48
Ácido acético	0,36	77,81	0,28	0,72	51,59	0,37	0,42	64,33	0,27	0,40	63,49	0,25
Ácido butírico	0,19	155,62	0,30	0,01	103,73	0,15	0,32	97,31	0,31	0,05	476,73	0,24
Ácido láctico	0,72	64,74	0,47	1,06	47,25	0,50	1,57	18,09	0,28	1,53	12,73	0,19
Ácido benzoico												
MS	30,93	4,60	1,42	15,17	8,20	1,24	44,25	3,64	1,61	32,48	2,52	0,82
pH	4,6	6,31	0,29	4,1	14,34	0,59	4,5	7,57	0,34	4,4	9,78	0,43
N-NH ₃ /N _t	26,81	8,65	2,32	25,72	13,17	3,39	16,22	12,20	1,98	35,96	5,37	1,93
Ácido acético	0,47	25,30	0,12	0,29	78,45	0,23	0,41	53,41	0,22	0,50	50,11	0,25
Ácido butírico	0	0	0	0,20	319,96	0,61	0,03	729,8	0,22	0	0	0
Ácido láctico	0,85	33,03	0,28	0,91	79,48	0,72	1,37	32,57	0,37	1,52	36,06	0,55
NaNO ₂												
MS	31,40	2,63	0,83	14,44	4,12	0,59	44,75	4,37	1,96	32,55	3,94	1,28
pH	4,6	8,54	0,39	3,5	13,22	0,47	4,3	7,78	0,33	4,0	8,36	0,33
N-NH ₃ /N _t	25,92	9,02	2,34	20,16	7,37	1,49	11,19	15,38	1,72	32,74	3,17	1,04
Ácido acético	0,51	79,50	0,40	0,29	84,31	0,24	0,64	59,98	0,39	0,23	132,22	0,31
Ácido butírico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	73,12	0,37
Ácido láctico	0,86	49,91	0,43	1,76	29,04	0,51	2,50	26,41	0,66	1,76	29,04	0,51
Ácido salicílico												
MS	29,78	5,28	1,58	15,12	7,68	1,16	37,03	4,83	1,79	34,48	4,00	1,38
pH	4,4	9,04	0,40	4,1	13,18	0,54	4,4	12,09	0,54	4,2	10,49	0,44
N-NH ₃ /N _t	24,52	9,49	2,33	34,05	8,31	2,83	24,52	9,49	2,33	33,49	7,23	2,42
Ácido acético	0,39	90,59	0,36	0,19	110,69	0,21	0,55	76,66	0,42	0,20	104,28	0,21
Ácido butírico	0,02	105,77	0,21	0,01	150,85	0,10	0,18	227,07	0,41	0,23	210,84	0,49
Ácido láctico	0,99	75,91	0,76	0,94	64,39	0,60	1,66	42,22	0,70	0,94	64,39	0,60

CV Coeficiente de variación DS Desviación standard

Tabla 28. Valor medio y dispersión de los resultados de análisis bioquímicos en los ensilajes confeccionados con ácidos orgánicos.

Ácidos minerales	Guinea likoni			King grass			Bermuda cruzada-1			Pangola		
	Media	CV	DS	Media	CV	DS	Media	CV	DS	Media	CV	DS
Ácido propiónico												
MS	40,74	7,32	2,98	14,98	7,55	1,13	34,40	3,84	1,32	32,07	4,09	1,31
pH	4,9	6,9	0,3	3,9	12,51	0,5	4,3	8,3	0,4	3,9	8,3	0,3
N-NH ₃ /N _t	14,41	20,79	3,00	13,53	15,44	2,09	11,81	16,97	2,0	18,63	9,82	1,83
Ácido acético	0,68	53,92	0,48	0,91	49,95	0,45	0,72	65,28	0,47	0,40	57,76	0,23
Ácido butírico	0,71	59,06	0,42	0,14	234,01	0,33	0,37	67,10	0,25	0,31	82,87	0,20
Ácido láctico	0,39	72,52	0,28	0,63	91,08	0,58	1,49	17,82	1,15	1,14	64,50	0,74
Ácido fórmico												
MS	32,06	5,55	1,78	16,14	6,61	1,06	38,51	5,67	2,18	34,83	5,68	1,98
pH	4,2	3,7	0,3	3,7	8,9	0,3	4,3	11,3	0,5	3,8	7,4	0,3
N-NH ₃ /N _t	4,24	32,90	1,39	13,30	18,04	2,40	10,65	21,91	2,84	13,97	1,15	8,26
Ácido acético	0,55	81,28	0,44	0,64	64,80	0,41	0,83	51,86	0,43	0,59	46,83	0,27
Ácido butírico	0,7	61,40	0,43	0	0	0	0,08	334,97	0,27	0,03	583,62	0,16
Ácido láctico	3,16	28,72	0,91	1,07	28,94	0,31	3,72	18,30	0,68	3,08	29,10	0,89
Ácido fórmico												
+ácido propiónico												
MS	34,36	7,85	2,70	15,15	9,22	1,39	34,25	2,65	0,91	35,39	7,32	2,59
pH	4,2	12,2	0,5	4,0	14,3	0,5	4,1	9,5	0,4	4,0	10,0	0,4
N-NH ₃ /N _t	9,63	19,98	1,92	8,24	15,24	1,25	7,3	19,75	1,53	28,47	8,43	2,40
Ácido acético	0,90	46,90	0,42	0,94	43,65	0,41	0,86	53,08	0,46	0,62	73,24	0,46
Ácido butírico	6,60	59,39	3,92	0,06	351,86	0,21	0,31	133,46	0,42	0,20	204,47	0,40
Ácido láctico	2,69	24,93	0,67	0,73	64,28	0,47	1,44	39,65	0,57	0,68	71,94	0,42
CV Coeficiente de variación												
DS Desviación standard												

En el caso del pH, por ser una función no solo de la concentración de ácidos orgánicos presentes en la planta o formados durante las fermentaciones, sino también de la capacidad amortiguadora y del contenido de MS del material, su valor se hacía más relativo, pero su importancia no se podía desconocer totalmente, puesto que su acción reguladora sobre todos los procesos microbianos y enzimáticos resulta, en muchas ocasiones decisiva (Wieringa, 1977).

En los otros indicadores se encontró que sus valores dependían de varios factores que actuaban de forma simultánea, como sucede con el ácido láctico cuya concentración depende de la presencia de carbohidratos solubles o el ácido acético en cuya concentración pueden intervenir varios tipos de bacterias (Whittenbury, 1968), no siendo posible por tanto realizar extrapolaciones hacia los ensilajes tropicales.

A su vez, en la literatura especializada, no existe un sistema de evaluación para los ensilajes de nuestras latitudes, a excepción del propuesto por la Estación de Suelos y Fertilizantes "Escambray", lo cual ratifica la pobre atención que han recibido desde el punto de vista de la investigación.

Al hacer un resumen de los indicadores químicos que tienen en cuenta los diferentes sistemas de evaluación (tabla 29) encontramos que todos ellos coinciden en estimar el ácido butírico como un agente indeseable dentro de los ensilajes, dependiendo de los criterios de cada autor o autores las inclusiones de otros indicadores.

Tabla 29. Indicadores químicos utilizados en los principales sistemas de clasificación de los ensilajes.

Sistema	Indicadores			N-NH ₃ /N _t	N-solb./N _t	AGV _t	pH	FB	Rangos de clasificación
	Ácido butírico	Ácido acético	Ácido láctico						
Flieg (1978)	% del total de ácidos	% del total de ácidos	% del total de ácidos						
Wieringa (1966)	g/kg MS			En %			x		B, M y Me
INRA Francés (1978)	g/kg MS	g/kg MS		En %	%	Mmol/kg MS			E, B, S, M y M. malo
Rukis y Ríos (1977)	En fresco		% del total de ácidos				X	% MS	MB, B, R y Malo
Ríos (1984)									
(B) Bueno	(M) Mediocre	Mediocre	(E) Excelente	(S) Satisfactorio	(M. malo)	Muy malo			(MB) Muy bueno
(R) Regular	(Malo) Malo								

En Cuba, la evaluación de la calidad de los ensilajes recibió un gran paso de avance con el establecimiento de la Metodología de Control de la Calidad de los ensilados propuesta por Rukis y Ríos (1977), la cual sentó las primeras bases para los estudios sistémicos de nuestros ensilajes. Posteriormente, se le realizaron algunas modificaciones para adecuarla más a nuestras condiciones, consistentes en proporcionar criterios de evaluación química particulares para el king grass por las características específicas de este forraje frente a la conservación, variar el rango mínimo y máximo de la fibra bruta y considerar en la puntuación final para la clasificación, una escala de valores que incluyen las características organolépticas de los ensilados (Ríos, 1984). Si bien esta metodología constituye actualmente una norma técnica del Ministerio de la Agricultura, desde el punto de vista de los objetivos de esta tesis, presentaba algunos inconvenientes que imposibilitaban su aplicación para discriminar la efectividad de los conservantes químicos estudiados.

La dificultad más importante encontrada fue que el mismo no tiene en cuenta la proporción de nitrógeno amoniacal con respecto al nitrógeno total presente en los ensilajes, indicador que a nuestro criterio es de suma importancia como elemento evaluativo, tanto por constituir una de las principales ventajas que puede proporcionar el uso de conservantes sobre el no empleo de los mismos, como por las diferencias de eficacia que pueden surgir entre los aditivos entre sí.

Colateralmente a esta cuestión, entendimos que la inclusión de las concentraciones de ácido láctico como por ciento del total de ácidos orgánicos, podía poner en desventaja la comparación de los diferentes ensilajes debido a que este indicador presenta grandes fluctuaciones en función de los contenidos de carbohidratos solubles y de materia seca de los pastos tropicales, junto con los altos contenidos de ácido acético que generalmente se encuentran en estos ensilajes producto de los patrones de fermentación que le son propios (Catchpoole, 1966; Catchpoole y Henzel, 1971; Aguilera, 1975; 1979 y Ojeda, 1980). A su vez, por el carácter preliminar de las investigaciones realizadas, no se efectuaron mediciones de la fibra bruta, teniendo en cuenta que este indicador como índice de la calidad era poco confiable dada las imprecisiones que presenta el método de análisis y en su pobre correlación con el valor nutritivo de los forrajes (Chenost, 1966).

Los otros dos indicadores, el ácido butírico y el pH son los únicos que en nuestro criterio permanecen como válidos.

Teniendo como base estos criterios fue que entendimos que los indicadores que se utilizan en el sistema de Wieringa (1966) eran los más factibles para evaluar la efectividad de los conservantes estudiados en la parte 1

de este capítulo, aunque introduciendo algunas variaciones sustanciales en las formas de analizar los resultados finales.

En primer lugar se sustituyó la evaluación de los ensilajes de buenos, regulares y malos que se proporcionaba por la zona de puntuación de los indicadores individualmente, por una zona donde los valores de los indicadores se multiplicara por coeficientes ponderativos, de forma tal que cada uno de ellos aportara a la cifra final de acuerdo a su importancia y no en igualdad de condiciones.

Para limitar el rango de valores posibles a obtener y para facilitar la interpretación posterior de los resultados, la suma de los coeficientes ponderativos se hizo igual a 1 y a la cifra obtenida se le llamó índice de calidad.

Como una de las características primordiales que deben tener los conservantes es la de evitar la formación de ácido butírico, a este compuesto se le otorgó el 50% de prioridad en el índice establecido, asignándosele al pH y al $N-NH_3/N_t$ el 50% restante a partes iguales, quedando el índice de calidad de la siguiente forma: $I_c = 0,50 \text{ ácido butírico} + 0,25 N-NH_3/N_t + 0,25 \text{ pH}$.

En segundo lugar, como estos indicadores están en diferentes unidades de medida y resultaba imposible la sustitución directa de los valores de cada ensilaje en la fórmula del índice de calidad se determinó realizar una homogenización de las medias utilizando la significación estadística como base. Con ello también se obviaba las dificultades que implica las múltiples interacciones que generalmente se producen en los diseños factoriales, como lo ocurrido con la sección anterior.

Por esta razón, el valor real obtenido en cada indicador se transformó a una escala de 1 a 5, donde a igual nivel de significación entre dos medias le correspondiese el mismo valor de homogenización, tomando siempre como referencia la letra que no se encontrara en la extrema derecha.

Estos indicadores tienen como característica común, que mientras más bajos son sus valores, mejor será la calidad de los ensilajes. Por lo tanto a la letra a, como reflejo de la media con mayor valor, se le asignó el valor 1, comenzando a partir de la misma el incremento de la puntuación hasta un máximo de 5.

Cuando las letras asignadas a las medias, por la dócima de Duncan, sobrepasaban a la letra c, las mismas se agruparon por pares, teniendo como criterio que cuando a una puntuación le correspondían dos letras, los valores de las medias agrupadas pudieran considerarse como equivalentes desde el punto de vista práctico.

Como cada uno de los grupos en que se dividieron los aditivos presentó características propias, fue necesario establecer una tabla de puntuación para cada uno de ellos en algunos indicadores.

El valor mínimo alcanzable para este índice de calidad es de 5 puntos y el mínimo de 1.

En este sistema se estableció que para considerar a un aditivo como efectivo se debía alcanzar una puntuación de 3,75 ó más, es decir, un 75% ó más del total posible a alcanzar.

Resultados

a) Ácidos minerales

En la tabla 30 se muestra la escala de valores establecidos de acuerdo con la significación estadística para los ácidos minerales. Para una mejor comprensión, se agrupan los valores alcanzados por cada indicador, lo que se muestra en la tabla 31.

Tabla 30. Escala de valores según la significación estadística para los ácidos minerales.

Puntuación	Ácido butírico	$N-NH_3/N_t$	pH
5	ef	h	hi
4	d	fg	gh
3	c	de	de
2	b	bc	bc
1	a	a	a

Tabla 31. Clasificación de los ácidos minerales de acuerdo con sus indicadores bioquímicos.

Aditivo	HCl			H ₂ SO ₄			HCl+H ₂ SO ₄			Preparado AAZ		
	Ácido butírico	$N-NH_3/N_t$ (%)	pH	Ácido butírico	$N-NH_3/N_t$ (%)	pH	Ácido butírico	$N-NH_3/N_t$ (%)	pH	Ácido butírico	$N-NH_3/N_t$ (%)	pH
Guinea likoni	1	1	1	2	5	2	2	4	4	3	5	2
King grass	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5
Bermuda	4	2	2	5	5	3	5	3	4	5	2	4
cruzada-1												
Pangola	4	4	4	5	3	5	5	3	4	5	3	5

Estos valores al ser procesados por la fórmula propuesta de índice de calidad, promueve la puntuación que se agrupa en la tabla 32. En esta tabla podemos inferir que estos aditivos a las dosis estudiadas fueron poco efectivos para la guinea likoni y menos efectivos para la bermuda cruzada-1 que para el king grass y la pangola. El ácido clorhídrico fue el aditivo menos efectivo de los cuatro estudiados.

Tabla 32. Índice de calidad para los ácidos minerales.

Aditivo	HCl	H ₂ SO ₄	$\frac{\text{HCl}}{\text{H}_2\text{SO}_4}$	Preparado AAZ	Total
Guinea likoni	1,00	2,75	2,50	3,00	9,25
King grass	4,00	4,75	5,00	4,75	18,50
Bermuda cruzada-1	3,00	3,50	4,50	3,75	14,75
Pangola	3,75	4,75	4,50	4,00	17,00
Total	11,75	15,75	16,50	15,50	

b) Ácidos bacteriostáticos

La escala de valores establecida para los aditivos bacteriostáticos se muestra en la tabla 33 y la agrupación de los valores alcanzados en la tabla 34.

Tabla 33. Escala de valores según la significación estadística para los aditivos bacteriostáticos.

Puntuación	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t	pH
5	ef	e	e
4	d	d	d
3	c	c	c
2	b	b	b
1	a	a	a

Tabla 34. Clasificación de los aditivos bacteriostáticos de acuerdo con sus indicadores bioquímicos.

Aditivo	Sulfito de sodio			Ácido benzoico			Nitrito de sodio			Ácido salicílico		
	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH
Guinea likoni	1	5	1	5	5	2	5	5	2	5	5	4
King grass	5	5	2	4	5	5	5	5	1	5	5	5
Bermuda cruzada-1	3	2	2	5	2	3	5	5	4	5	5	3
Pangola	5	2	2	5	1	4	2	3	3	3	4	5

Estos valores al ser procesados por la fórmula propuesta de índice de calidad dan la puntuación que se agrupa en la tabla 35.

Tabla 35. Índice de calidad para los aditivos bacteriostáticos.

Aditivo	Sulfito de sodio	Ácido benzoico	Nitrito de sodio	Ácido salicílico	Total
Guinea likoni	2,00	4,50	4,25	4,50	15,25
King grass	4,25	4,50	4,25	5,00	18,00
Bermuda cruzada-1	2,25	3,75	4,75	4,00	14,75
Pangola	4,50	3,75	2,50	3,75	14,75
Total	13,00	16,00	15,75	17,25	

De la misma se infiere que estos aditivos fueron más efectivos para el king grass y menos para la pangola y la bermuda cruzada-1, donde no se encontraron diferencias en la puntuación, la guinea likoni presentó valores intermedios.

Como aditivo, el menos efectivo fue el sulfito de sodio y el mejor el ácido salicílico, los conservantes ácido benzoico y nitrito de sodio presentaron valores intermedios.

Analizando los valores obtenidos de forma individual, tenemos que el sulfito de sodio no resultó efectivo para la guinea likoni ni para la bermuda cruzada-1, mientras que el nitrito de sodio no lo fue para la pangola.

El resto de los aditivos presentaron potenciales para tenerse en cuenta en otros experimentos.

c) Ácidos orgánicos

La escala de valores establecida de acuerdo con la significación estadística, la reagrupación de los valores alcanzados por cada indicador se muestra en las tablas 36 y 37 y los valores obtenidos al ser procesados por la fórmula de índice de calidad en la tabla 38.

Tabla 36. Escala de valores según la significación estadística para los ácidos orgánicos.

Puntuación	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t	pH
5	i	ef	ef
4	gh	d	d
3	ef	c	c
2	cd	b	b
1	ab	a	a

Tabla 37. Clasificación de los ácidos orgánicos de acuerdo con sus indicadores bioquímicos.

Aditivo	Ácido propiónico			Ácido fórmico			Ácido fórmico + ácido propiónico		
	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH	Ácido butírico	N-NH ₃ /N _t (%)	pH
Guinea likoni	1	3	1	1	5	2	1	5	2
King grass	3	4	5	5	5	5	5	5	5
Bermuda cruzada-1	1	5	2	4	5	2	4	5	2
Pangola	2	3	2	4	3	5	4	3	5

Tabla 38. Índice de calidad para los ácidos orgánicos.

Aditivo	Ácido propiónico	Ácido fórmico	$\frac{\text{Ácido fórmico}}{\text{Ácido propiónico}}$	Total
Guinea likoni	1,50	2,25	3,00	6,75
King grass	3,75	5,00	4,00	12,75
Bermuda cruzada-1	2,25	3,75	3,25	0,25
Pangola	3,00	4,00	2,50	0,25
Total	10,50	15,75	12,75	

De esta última se puede inferir que los aditivos orgánicos en las dosis estudiadas fueron poco efectivos para la guinea likoni y menos aún para la bermuda cruzada-1 y la pangola que para el king grass.

Como aditivo, el ácido propiónico y la mezcla ácido fórmico + ácido propiónico fueron menos efectivos que el ácido fórmico.

Ningún aditivo fue eficiente para la guinea, mientras que el ácido propiónico y la mezcla ácido fórmico + ácido propiónico no fueron eficiente para la bermuda cruzada-1 y la pangola.

Los tratamientos efectivos fueron el ácido fórmico y la mezcla ácido fórmico + ácido propiónico en los ensilajes de king grass y el ácido fórmico para la pangola.

Discusión

El hecho que los ensilajes tratados con ácido clorhídrico hayan resultado menos eficientes, tiene su explicación en que este ácido presenta la mitad de equivalentes gramos que el ácido sulfúrico, es decir, que a dosis iguales hay menos concentración de iones hidrógeno (Virtanen, 1934; citado por Watson y Nash, 1960).

Igualmente, cuando no hay respuestas adecuadas a estos aditivos en los indicadores fermentativos, el problema existente no es otro que el no haber utilizado las dosis necesarias de conservantes (Arnould, 1981), lo cual fue el caso de la bermuda cruzada-1, cuando se conservó con los ácidos clorhídrico y sulfúrico solo y de los ensilajes de guinea likoni con estos conservantes.

Los aditivos bacteriostáticos presentaron, en general, un comportamiento más estable, resultando eficaces para todos los pastos si descontamos las excepciones del sulfito de sodio para la guinea likoni y de la bermuda cruzada-1 y el nitrito de sodio para la pangola. El interés de utilizar los conservantes bacteriostáticos está dado a que por sus características de ser productos sólidos, facilitan considerablemente su adición en el silo, su transportación y almacenamiento, además de no ser corrosivos. En contra partida se le señalan dificultades

para su correcta repartición sobre los forrajes y que tienen efecto residuales en las bacterias ruminales, perjudicando la digestibilidad y consumo de los ensilajes (Demarquilly, 1979).

En los ácidos orgánicos encontramos el mismo fenómeno presentado en los ácidos minerales, una baja respuesta por parte de la guinea likoni a los mismos, lo cual ratifica la hipótesis de que este pasto requiere de dosis elevadas de ácido para controlar las fermentaciones indeseables. Esta puede ser también la razón de los bajos valores encontrados en la pangola para el ácido propiónico y la mezcla de ácido fórmico y propiónico.

Los pobres resultados del ácido propiónico pueden ser atribuidos a su menor acidez con respecto al ácido fórmico (Devuyt, Arnould, VanBelle y Moreels, 1972).

El uso de índices que permitan agrupar en una sola cifra, varios indicadores, es un método corriente en las investigaciones donde interactúan varios factores de forma simultánea.

Estos índices pueden expresar términos absolutos como es el caso de los sistemas de evaluación que se aplica a los ensilajes (Sauvany y Gouet, 1979) o relativos como el propuesto por Garza, Martínez, Treviño, Monroy, Pérez y Chapa (1973), para discriminar pastos de nueva introducción en unas condiciones determinadas.

El sistema de evaluación I, al no utilizar rangos prefijados, se ubica entre los últimos señalados. Sin embargo, demostró cumplimentar los objetivos para lo cual fue creado, al permitir la homogenización de los indicadores estudiados por dos vías que se complementaban.

Al tener en cuenta la dócima de Duncan para la asignación de la puntuación individual del indicador medido, evitó posibles errores de apreciación entre dos tratamientos, que poseyendo valores absolutos diferentes, no se diferenciaban entre sí estadísticamente.

A su vez, al utilizar una ponderación unitaria como coeficiente de los términos considerados en la ecuación del sistema, logró marcar de manera precisa el rango de oscilación de los valores posibles a alcanzar por los tratamientos, lo cual facilitó considerablemente la interpretación de los resultados, permitiendo además priorizar la importancia relativa de los indicadores de acuerdo a su incidencia biológica en el proceso de conservación.

Este sistema puede tener aplicación práctica, no solo para los experimentos realizados en esta tesis, sino que también puede ser empleado en investigaciones donde las medias de los tratamientos presenten al aplicárseles la dócima de Duncan, varias letras simultáneamente y se quiere determinar cuál es el efecto real obtenido.

No obstante, al momento de su utilización, se debe tener en cuenta que por su carácter relativo solo se obtienen respuestas discriminativas, lo cual limita su empleo de forma independiente, como por ejemplo en experimentos de muestreo de ensilajes, donde se necesita determinar la calidad final del producto terminado.

Este sistema adolece además, de un inconveniente del cual no escapa ninguno de los sistemas de evaluación establecido hasta el presente para los pastos tropicales, no vincula la calidad fermentativa con el valor nutritivo de los ensilajes.

Estas limitaciones hicieron pensar en la necesidad de crear un sistema de evaluación más completo para las próximas investigaciones.

Parte 3. Determinación de las dosis óptimas en los conservantes

Introducción

El sistema de evaluación demostró ser efectivo para discriminar los mejores conservantes para la conservación de las gramíneas estudiadas; sin embargo, mediante el no se puede determinar cuál es la dosis óptima de los mismos.

El objetivo de esta parte es encontrar de una forma precisa esa dosis

Materiales y métodos

Para los cálculos de las dosis óptimas de los aditivos se desarrollaron ecuaciones de regresión cuadráticas y lineales del tipo: $Y = a + bx$ y $Y = a + bx + cx^2$

Donde: Y es el indicador medido y x las dosis del conservante estudiado, transformada a equivalente gramo.

Debido a que el número de observaciones era bajo, 6 ó 7 según el caso, y que el proceso de conservación por sí mismo implica variaciones importantes en el material bajo estudio, se adoptó como criterio considerar como válidas aquellas ecuaciones que presentaran una significación del 10% ó más y un coeficiente de determinación (R^2) superior al 70%.

Las ecuaciones obtenidas se muestran en las tablas 39, 40, 41 y 42.

De ellas, se utilizaron solamente las encontradas para los tres indicadores considerados en el sistema de evaluación I y en aquellos conservantes encontrados como efectivos.

Tabla 39. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la guinea likoni.

Ácidos minerales	a	b ₁	ES ±b ₁	b ₂	ES ±b ₂	R ²
HCl						
Ácido láctico	0,358	-0,035	0,021	0,002	0,0006	0,72+
H ₂ SO ₄						
pH	4,963	-0,011	0,002			0,78**
HCl+H ₂ SO ₄						
pH	5,070	-0,012	0,003			0,78**
Preparado AAZ						
Ácido butírico	0,787	-0,005	0,002	0,000009	0,000003	0,72*
N-NH ₃ /N _t (%)	36,086	-0,119	0,031			0,71**
Aditivos bacteriostáticos						
NaNO ₂						
N-NH ₃ /N _t (%)	36,168	-0,915	0,310	0,015	0,005	0,78+
Ácido láctico	0,314	0,033	0,002	-0,0004	0,003	0,99*
Na ₂ SO ₃						
N-NH ₃ /N _t	36,280	-0,392	0,163	0,003	0,002	0,70+
Ácido láctico	0,349			0,00005	0,00001	0,85**
Ácido benzoico						
Ácido butírico	0,769	-0,077	0,061	0,002	0,002	0,80+
Ácido láctico	0,326	0,025	0,004			0,92*
Ácido salicílico						
Ácido butírico	0,737	-0,244	0,104	0,018	0,011	0,70*
pH	4,950	-0,259	0,053	0,024	0,005	0,84**
Ácido láctico	0,277	0,453	0,109	-0,043	0,012	0,78**
Ácidos orgánicos						
Ácido fórmico						
Ácido láctico	7,960	-0,209	0,189	0,002	0,001	0,84+
Ácido propiónico						
N-NH ₃ /N _t (%)	36,031	-1,117	0,250	0,019	0,006	0,80**
Ácido fórmico+ácido propiónico						
N-NH ₃ /N _t (%)	4,613	0,107	0,012	0,00005	0,0001	0,84+

+ Sig. 10%

* Sig. 5%

**Sig. 1%

***Sig. 0,1%

A las dosis encontradas por derivación de las ecuaciones cuadráticas se les denominó dosis crítica.

Para evitar dispersiones en las dosis a evaluar en los experimentos sucesivos, se adoptó llevar por exceso o por defecto valores que no coincidieran exactamente con las dosis reales estudiadas, teniendo en cuenta cuál se encontraba más próxima.

En los aditivos donde se encontró solo una ecuación, la dosis hallada se consideró como adecuada, teniendo en cuenta que cuando se pudo establecer dos o más ecuaciones, no se presentaron contradicciones entre ellas.

Como elemento de comparación, antes de ejecutar estas ecuaciones se efectuó una revisión bibliográfica de las dosis indicadas como óptimas en los pastos templados, las cuales se resumen en la tabla 43.

Resultados

a) Guinea likoni

Para este pasto solo se determinaron dosis críticas para los aditivos bacteriostáticos, por ser los que presentaron potenciales para su utilización (tabla 44). Los ensilajes conservados con ácido salicílico mostraron la misma dosis crítica para el pH y el ácido butírico (1,72 kg/t). El resto de los aditivos estudiados, tuvieron ecuaciones significativas para un solo indicador, por lo que se consideró la dosis encontrada como válida.

b) King grass

En este forraje se encontraron buenas fermentaciones en los tres grupos estudiados y con todos los aditivos, por lo que se determinó la dosis crítica para cada uno de ellos y los resultados se muestran en la tabla 45.

En peral las correlaciones obtenidas fueron altas.

En los ácidos minerales, los ensilajes tratados con ácido sulfúrico presentaron un nivel mínimo de pH con una dosis de 1,28 kg/t. Sin embargo, para lograr un bajo nivel de ácido butírico se necesitó 2,61 kg/t, por lo que se optó, esta última dosis debido a que si ya el pH, con una dosis más baja presentaba un mínimo, al incrementarse la dosis de ácido sulfúrico este mínimo debe mantenerse.

Tabla 40. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para el king grass.

Ácidos minerales	a	b ₁	ES ±b ₁	b ₂	ES ±b ₂	R ²
HCl						
Ácido butírico	0,329	-0,028	0,004	0,0005	0,0001	0,96*
pH	4,726	0,009	0,014	0,001	0,0004	0,93+
H ₂ SO ₄						
Ácido butírico	0,324	-0,014	0,002	0,0001	0,00003	0,94**
N-NH ₃ /N _t (%)	18,019			0,004	0,0008	0,86**
pH	4,650	-0,029	0,014	0,00006	0,0002	0,86+
HCl+H ₂ SO ₄						
pH	4,690	-0,026	0,018	0,00009	0,002	0,70+
Preparado AAZ						
pH	4,673	-0,002	0,009	-0,00004	0,00007	0,80+
Aditivos bacteriostáticos						
NaNO ₂						
Ácido butírico	0,300	-0,018	0,006	0,002	0,0001	0,84*
N-NH ₃ /N _t (%)	23,348	-0,302	0,155	0,008	0,003	0,70+
pH	4,567	0,081	0,029	0,001	0,0005	0,78+
Na ₂ SO ₃						
Ácido butírico	0,332	-0,008	0,001	0,00005	0,00001	0,95*
N-NH ₃ /N _t (%)	22,704	0,298	0,061	-0,003	0,00005	0,89*
Ácido acético	0,398	0,004	0,0009			0,82*
Ácido benzoico						
pH	4,648	-0,061	0,026	0,001	0,0006	0,72+
Ácido salicílico						
Ácido butírico	0,216	-0,089	0,044	0,007	0,005	0,74+
Ácido acético	0,588	-0,159	0,059	0,013	0,006	0,69*
Ácidos orgánicos						
Ácido fórmico						
Ácido butírico	0,338	-0,011	0,0006	0,00006	0,00008	0,99***
N-NH ₃ /N _t (%)	22,678	-0,132	0,040			0,80*
pH	4,693	-0,027	0,005	0,0002	0,00007	0,86*
Ácido propiónico						
Ácido butírico	0,637	-0,033	0,0096	0,0005	0,0002	0,79*
pH	4,700	-0,059	0,008	0,0009	0,0001	0,94**
Ácido fórmico+ácido propiónico						
Ácido butírico	0,340	-0,007	0,0009	0,00004	0,000007	0,95**
pH	4,711			-0,00006	0,000008	0,90***
Ácido acético	0,867	0,009	0,002	-0,00007	0,00002	0,86**

+ Sig. 10%

* Sig. 5%

**Sig. 1%

***Sig. 0,1%

Los ensilajes conservados con ácido clorhídrico presentaron un mínimo de pH en la dosis 0,42 kg/t, mientras que para el ácido butírico presentaron una dosis mínima (2,64 kg/t), no existiendo contradicciones entre ellas, pues a la dosis óptima de ácido butírico, la función que describe el pH se encuentra fuera del intervalo donde mostró poseer un máximo, adoptándose por tanto la última.

Para los aditivos bacteriostáticos en los ensilajes donde se utilizó sulfito de sodio, se obtuvieron dos ecuaciones con un valor mínimo para el ácido butírico con dosis de 6,20 kg/t y un mínimo para el N-NH₃/N_t al aplicar 3,67 kg/t, no existiendo contradicciones entre ambos indicadores, puesto que la dosis crítica mínima del ácido butírico se encuentra fuera del intervalo de la dosis mínima del pH, tomándose por tanto el primer valor.

Para los conservantes ácido orgánicos en los ensilajes donde se empleó ácido propiónico, se encontraron ecuaciones para el pH y el ácido butírico, las cuales coincidieron en sus valores críticos (2,5 kg/t) y el tipo de función mínima en ambos, confirmándose, por tanto, esta dosis como óptima.

En los ensilajes confeccionados con la mezcla ácido fórmico + ácido propiónico tampoco se encontraron contradicciones entre los valores hallados, pues el pH presentó un máximo a 0,102 kg/t, mientras que el ácido butírico lo presentó a 5,52 kg/t, adoptándose este último valor.

c) Bermuda cruzada-1

En este pasto no todos los aditivos indujeron buenas fermentaciones, aunque sí todos los grupos se encontraron representados y en general se encontraron representados y en general se encontraron correlaciones elevadas (tabla 46).

Tabla 41. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la bermuda cruzada-1.

Ácidos minerales	a	b ₁	ES ±b ₁	b ₂	ES ±b ₂	R ²
HCl						
pH	4,357	0,032	0,007	-0,001	0,0002	0,86**
H ₂ SO ₄						
Ácido butírico	0,444	0,004	0,0007			0,85**
Ácido láctico	1,652	-0,0027	0,017	0,0002	0,002	0,70*
HCl+H ₂ SO ₄						
Ácido butírico	0,442	-0,006	0,003	0,00002	0,00003	0,76+
N-NH ₃ /N _t (%)	13,008	0,279	0,121	-0,002	0,001	0,70+
pH	4,368	0,0006	0,085	-0,0001	0,00008	0,77+
Ácido láctico	1,570	-0,010	0,003			0,70+
Preparado AAZ						
Ácido butírico	0,462	-0,009	0,003	0,00005	0,00003	0,80+
N-NH ₃ /N _t (%)	12,433	0,258	0,117	-0,002	0,0008	0,74+
pH	4,349	-0,004	0,003	0,000004	0,00002	0,78+
Aditivos bacteriostáticos						
NaNO ₂						
Ácido butírico	0,399	-0,023	0,006	0,0003	0,0001	0,90**
pH	4,346	0,009	0,004	-0,0002	0,00008	0,76+
Na ₂ SO ₃						
Ácido butírico	0,432	-0,0002	0,000005			0,70*
pH	4,363	0,003	0,001			0,75*
Ácido benzoico						
Ácido butírico	0,459	-0,029	0,001	0,0004	0,00003	0,99**
Ácido salicílico						
Ácido butírico	0,326	-0,128	0,059	0,015	0,006	0,73+
Ácidos orgánicos						
Ácido fórmico						
Ácido butírico	0,457	-0,007	0,003	0,00002	0,00003	0,91+
pH	4,357	0,015	0,007	-0,0002	0,00008	0,75*
Ácido láctico	1,073	0,016	0,007	-0,0001	0,0001	0,72+
Ácido acético	0,425			0,00009	0,00004	0,74*
Ácido fórmico+ácido propiónico						
pH	4,372	-0,00002	0,000003			0,90***
Ácido acético	0,149	0,006	0,001			0,79**

+ Sig. 10%

* Sig. 5%

**Sig. 1%

***Sig. 0,1%

En los ácidos minerales, los ensilajes tratados con la mezcla ácido clorhídrico + ácido sulfúrico mostraron ecuaciones para el pH y el N-NH₃/N_t, las cuales presentaron dosis máximas a 3,20 y 8,87 kg/t; respectivamente, mientras que el ácido butírico presentó un mínimo a 7,70 prevaleciendo esta última por encontrarse fuera del intervalo de las anteriores.

En los ensilajes confeccionados con los preparados AAZ, el N-NH₃/N_t y el ácido butírico mostraron mínimos en las dosis de 9,83 y 8,57 kg/t, respectivamente; optándose por tomar la dosis correspondiente al ácido butírico, no interfiriendo el valor del N-NH₃/N_t, por corresponder a un máximo fuera del intervalo mínimo.

En los aditivos bacteriostáticos los ensilajes tratados con nitrito de sodio, presentaron un máximo en la dosis (0,76 kg/t), mientras que para el ácido butírico tuvieron un mínimo en la dosis 1,25 kg/t, adoptándose este último valor, pues el se encuentra fuera del intervalos de la dosis crítica máxima del pH.

Para el resto de los conservantes, por tener una sola ecuación, se tomaron como válidas las dosis obtenidas.

De los ácidos orgánicos, el ácido fórmico fue el único aditivo que mostró ser potencialmente utilizable, por lo que solamente se desarrollaron ecuaciones para los ensilajes donde este conservante fue empleado. Las mismas presentaron un máximo para el pH en la dosis 1,69 de 1,69 kg/t y un mínimo para el ácido butírico a la dosis 4,26, adoptándose este último valor.

d) Pangola

En la tabla 47 se muestran los resultados obtenidos, se precia que los ensilajes con ácido sulfúrico presentaron mínimos para el pH y el N-NH₃/N_t para las dosis de 0,81 y 2,87 kg/t; respectivamente, adoptándose este último valor.

En los ensilajes conservados con la mezcla ácido clorhídrico + ácido sulfúrico se encontró un máximo para el N-NH₃/N_t con las dosis de 4,75 kg/t, mientras que el pH tuvo un mínimo en la dosis de 5,68 kg/t, adoptándose este último valor.

Tabla 42. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la pangola.

Ácidos minerales	a	b ₁	ES ±b ₁	b ₂	ES ±b ₂	R ²
HCl						
N-NH ₃ /N _t (%)	15,686	-0,906	0,211	0,018	0,006	0,86*
Ácido láctico	4,377	-0,275	0,066	0,006	0,001	0,85*
H ₂ SO ₄						
N-NH ₃ /N _t (%)	15,031	-0,279	0,081	0,002	0,001	0,85*
pH	4,184	-0,014	0,003	0,00004	0,00004	0,96***
Ácido láctico	4,555	-0,147	0,016	0,001	0,0002	0,98**
Ácido acético	0,549	1,315	0,006	0,0001	0,00008	0,59+
HCl+H ₂ SO ₄						
N-NH ₃ /N _t (%)	16,024	-0,208	0,044	0,001	0,0004	0,90*
pH	4,218	-0,009	0,004	0,00003	0,00003	0,82+
Ácido láctico	4,509	-0,095	0,010	0,0006	0,0001	0,97**
Preparado AAZ						
N-NH ₃ /N _t (%)	20,247	0,588	0,273	-0,004	0,002	0,70+
Ácido láctico	0,787	-0,005	0,002	0,000009	0,000003	0,97**
Aditivos bacteriostáticos						
NaNO ₂						
Ácido láctico	4,331	-0,175	0,052	0,002	0,0008	0,89+
Ácido acético	0,556	-0,026	0,001	0,0004	0,00001	0,99***
Na ₂ SO ₃						
N-NH ₃ /N _t	22,704	0,298	0,061	-0,003	0,0005	0,89*
Ácido láctico	4,534	-0,080	0,011	0,0005	0,0001	0,96**
Ácido benzoico						
Ácido butírico	0,067	-0,005	0,0007	0,00008	0,00001	0,96**
N-NH ₃ /N _t (%)	15,703	1,437	0,248	-0,020	0,006	0,96*
Ácido láctico	4,521	-0,243	0,042	0,445	0,0009	0,93*
Ácido salicílico						
N-NH ₃ /N _t (%)	13,416	-2,818	1,119	0,230	0,113	
Ácidos orgánicos						
Ácido fórmico						
N-NH ₃ /N _t (%)	16,126	-0,367	0,085	0,003	0,001	0,87**
pH	4,20	-0,012	0,005	0,0001	0,00006	0,76+
Ácido láctico	4,573	-0,112	0,017	0,0009	0,002	0,96**
Ácido propiónico						
Ácido butírico	0,065	0,005	0,001			0,89**
N-NH ₃ /N _t (%)	16,538	0,497	0,057			0,94***
Ácido láctico	4,630	-0,150	0,013	0,002	0,0003	0,99***
Ácido fórmico+ácido propiónico						
N-NH ₃ /N _t (%)	16,351	0,707	0,226	-0,003	-0,002	0,82+
Ácido láctico	4,576	-0,066	0,010	0,0003	0,00007	0,96**

+ Sig. 10%

* Sig. 5%

**Sig. 1%

***Sig. 0,1%

Tabla 43. Dosis encontradas como óptimas para los pastos templados.

Conservante	Rangos encontrados (kg/t)	Fuente
HCl	1,80-2,16	Arnould y Moreels (1976)
H ₂ SO ₄	2,45-2,94	Arnould y Moreels (1976)
HCl+H ₂ SO ₄	3,3	Demarquilly y Taranov (1977)
Preparación AAZ	7,0	Taranov (1976)
NaNO ₂	0,5-1	Demarquilly, y Arnould (1977)
		Jossart, VanBelle y Moreels (1977)
Na ₂ SO ₃	5-6	Taranov (1976)
Ácido salicílico	0,5-1,0	Taranov (1976)
Ácido fórmico	4-5	Taranov (1976)
	3-5	Demarquilly (1980)
Ácido propiónico	4-5	Demarquilly (1980)

Tabla 44. Dosis óptima de los aditivos bacteriostáticos de guinea likoni.

Aditivos	Rango (kg/t)	Indicador	Dosis crítica	Dosis seleccionada
Nitrito de sodio	0,5-2,0	N-NH ₃ /N _t	1,03 (-)	1,0
Ácido benzoico	2,0-5,0	Ácido butírico	3,19 (-)	3,0
Ácido salicílico	0,3-2,5	pH	1,72 (-)	2,0
		Ácido butírico	1,73 (-)	

(-) La función toma un valor mínimo en la dosis crítica

Tabla 45. Dosis óptimas de los aditivos en king grass.

Aditivo	Rango (kg/t)	Indicador	Dosis crítica	Dosis seleccionada
Ácidos minerales				
H ₂ SO ₄	1,36-3,64	pH	1,28 (-)	2,72
		Ácido butírico	2,61 (-)	
HCl	1,36-3,64	pH	0,42 (+)	2,72
		Ácido butírico	2,64 (-)	
H ₂ SO ₄ +HCl	2,72-7,28	pH	2,30 (-)	2,72
Preparado AAZ	5,32-14,18	pH	14,18 (-)	14,18
Aditivos bacteriostáticos				
NaNO ₂	0,5-2,0	pH	1,30 (-)	
		Ácido butírico		1,0
		N-NH ₃ /N _t		
Na ₂ SO ₃	3,0-7,0	Ácido butírico	6,30 (-)	6,0
		N-NH ₃ /N _t	3,67 (+)	
Ácido benzoico	2,0-5,0	pH	2,63 (-)	3,0
Ácido salicílico	0,3-2,5	Ácido butírico	1,55 (-)	1,5
Ácidos orgánicos		pH		
Ácido fórmico	2,5-4,33	Ácido butírico	4,25 (-)	4,33
		pH		
Ácido propiónico	2,5-4,33	Ácido butírico	2,5 (-)	2,5
		Ácido butírico	2,5 (-)	
Ácido propiónico+ácido fórmico	5,0-8,66	Ácido butírico	5,53 (-)	6,0

(-) La función toma un valor mínimo en la dosis crítica (+) La función toma un valor máximo en la dosis crítica

Tabla 46. Dosis óptimas de los aditivos en bermuda cruzada-1.

Aditivo	Rango (kg/t)	Indicador	Dosis crítica	Dosis seleccionada
Ácidos minerales				
H ₂ SO ₄ +HCl	2,72-7,28	pH	3,20 (+)	
		Ácido butírico	7,70 (-)	7,27
		N-NH ₃ /N _t	6,87 (+)	
Preparado AAZ		pH	9,83 (-)	
		Ácido butírico	8,57 (-)	8,87
		N-NH ₃ /N _t	6,86 (+)	
Aditivos bacteriostáticos				
NaNO ₂		pH	0,76 (+)	1,5
		Ácido butírico	1,35 (-)	
Ácido benzoico		Ácido butírico	4,00 (-)	4,0
Ácido salicílico		Ácido butírico	1,13 (-)	1,0
Ácidos orgánicos				
Ácido fórmico		pH	1,69 (+)	4,33
		Ácido butírico	4,26 (-)	

(-) La función toma un valor mínimo en la dosis crítica (+) La función toma un valor máximo en la dosis crítica

En el caso de los ensilajes preservados con ácido clorhídrico, no fue posible precisar una dosis, porque solo se encontró un máximo para el N-NH₃/N_t en la dosis crítica de 0,034 kg/t, adoptándose 2,72 kg/t por ser la dosis intermedia estudiada.

Para los ensilajes confeccionados con el preparado AAZ, se adoptó la dosis crítica mínimas para el N-NH₃/N_t que fue de 13,90 kg/t.

En los aditivos bacteriostáticos para los ensilajes realizados con ácido benzoico, el ácido butírico y el N-NH₃/N_t presentaron mínimos en las dosis de 3,62 y 3,39 kg/t y aunque prácticamente no se encontraron diferencias entre ellas, se adoptó la dosis del ácido butírico por comprender ambas.

Para el resto de los aditivos de este grupo se adoptaron como válidas las únicas dosis críticas mínimas encontradas.

De los ácidos orgánicos, el ácido fórmico indujo mínimos en el pH y el N-NH₃/N_t con las dosis 3,70 y 3,11 kg/t, respectivamente. En este caso se adoptó una dosis intermedia entre ambos indicadores. En los ensilajes donde se utilizó ácido fórmico + ácido propiónico como conservante, se encontró un mínimo para el N-NH₃/N_t en la dosis 6,46 kg/t, por lo que se optó por utilizar una dosis mayor a 7,32 kg/t.

Tabla 47. Dosis óptimas de los aditivos en la pangola.

Aditivo	Rango (kg/t)	Indicador	Dosis crítica	Dosis seleccionada
Ácidos minerales				
H ₂ SO ₄	1,36-3,64	pH	0,81 (-)	2,72
		N-NH ₃ /N _t	2,87 (-)	
HCl	1,36-3,64	N-NH ₃ /N _t	0,03 (+)	2,72
H ₂ SO ₄ +HCl	2,72-7,28	pH	5,68 (-)	5,44
		N-NH ₃ /N _t	13,90 (-)	
Preparado AAZ	2,72-7,28	pH	2,30 (-)	2,72
Aditivos bacteriostáticos	5,32-14,18	N-NH ₃ /N _t	13,90 (-)	14,18
NaNO ₂	3,00-7,0			
		N-NH ₃ /N _t	6,18 (-)	6,0
Na ₂ SO ₃	3,0-7,0	Ácido butírico	6,30 (-)	4,0
		N-NH ₃ /N _t	3,67 (+)	
Ácido benzoico	2,0-5,0	Ácido butírico	3,62 (-)	4,0
		N-NH ₃ /N _t	3,99 (-)	
Ácido salicílico	0,3-2,5	N-NH ₃ /N _t	1,58 (-)	2,0
Ácidos orgánicos				
Ácido fórmico	2,5-4,33	pH	3,70 (-)	3,33
		N-NH ₃ /N _t	3,11 (-)	

(-) La función toma un valor mínimo en la dosis crítica (+) La función toma un valor máximo en la dosis crítica

Discusión

Las ecuaciones cuadráticas han sido señaladas como las más adecuadas para representar la respuesta de los pastos a dosis crecientes de nitrógeno (Crespo, 1981) y para determinar dosis óptima de ácido fórmico en experimentos de conservación como ensilajes de alfalfa. (Lancaster y Brunswick, 1976).

Estos resultados coinciden con los encontrados en esta tesis, donde los coeficientes de correlación y el nivel de significación, para este tipo de expresión matemática, fueron los mejores, entre las ecuaciones lineales cúbicas, ensayadas previamente.

En este estudio, se hizo extensiva a todos los conservantes la aplicación de este tipo de función matemática.

Alderman, Collins y Dougall (1971) considera que cuando existe una significación de 0,1%, se necesita un coeficiente de determinación de 0,64 ó más para que se pueda utilizar adecuadamente las ecuaciones de regresión como predicción, pero con el nivel de significación está muy vinculado al número de observaciones realizadas (Lerch, 1977) y como por las características de este experimento había una limitación en este sentido, se compensaron estas deficiencias incrementando el coeficiente de determinación hasta 0,70 y determinando la dosis crítica en el mayor número de indicadores posible.

Por otra parte, el objetivo final que se perseguía con el empleo de estas ecuaciones, era situarle a cada conservante con potencial de utilización una dosis adecuada, con la menor arbitrariedad posible, cuestión que se cumplimentó adecuadamente.

Las dosis adecuadas no difieren notablemente de las indicadas como óptimas en los países templados, aunque se encontró una tendencia a necesitarse dosis más elevadas en algunos conservantes para alcanzar resultados adecuados como fueron los casos del ácido clorhídrico (Arnould y Moreels, 1976), ácido clorhídrico + ácido sulfúrico y preparado AAZ (Taranov, 1976), nitrito de sodio (Arnould, Jossart, VanBelle y Moreels, 1977; Demarquilly, 1980) y ácido propiónico (Demarquilly, 1980).

Una explicación de estos resultados pudiera encontrarse en la mayor capacidad amortiguadora que presentan los pastos tropicales con respecto a los pastos templados (Celanie, 1982), lo cual implica una presencia mayor de iones hidrógeno (H⁺), para lograr una correcta estabilización de los ensilajes, y por ende, dosis iniciales más elevadas de estos conservantes.

A su vez, la concordancia encontrada en las dosis óptimas de los aditivos bacteriostáticos, entre los ensilajes templados y tropicales pudiera confirmar la hipótesis que los procesos microbiológicos y enzimáticos de la conservación son de carácter universal, con independencia de la zona donde se ejecuten (Gouet, 1985 comunicación personal), teniendo en cuenta que estos conservantes presentan una actividad permanente cuando se agregan los ensilajes.

CAPÍTULO 3. DETERMINACIÓN DE LOS MEJORES ADITIVOS PARA LA CONSERVACIÓN COMO ENSILAJES DE CUATRO PASTOS TROPICALES

Introducción

En el capítulo 2 se discriminaron los aditivos de acuerdo a su efectividad y se determinaron sus dosis óptimas para los pastos estudiados, empleando el sistema de evaluación I y las dosis críticas encontradas para los tres indicadores principales de la calidad fermentativa de los ensilajes tropicales.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se entendió necesario realizar nuevos experimentos con el objetivo de precisar cuáles eran dentro de cada grupo de aditivos, los mejores conservantes y cuáles presentaban un mayor potencial de utilización.

Esta selección se efectuó mediante un sistema de evaluación capaz de vincular la calidad fermentativa de los ensilajes con el valor nutritivo de los mismos.

Parte 1. Desarrollo del sistema de evaluación II para determinar en ensilajes tropicales la efectividad de los aditivos, según su calidad fermentativa y su consumo

El sistema de evaluación II tiene como base el sistema anteriormente desarrollado y empleado en el capítulo precedente, al cual se le realizaron algunas variaciones con el objetivo que se pudiera utilizar con todo tipo de ensilajes, tuvieran o no análisis estadístico. Además, se trató de vincular la calidad fermentativa con el valor nutritivo de los ensilajes a través del consumo.

En este sistema se mantuvieron dos indicadores del sistema anterior, el ácido sulfúrico y el $N-NH_3/N_t$, mientras que se sustituyó el pH por un consumo estimado en gramos de materia seca por kilogramo de peso metabólico ($g/kg P^{0,75}$) determinado por indicadores capaces de obtenerse mediante análisis de laboratorio.

Los criterios que prevalecieron para no tener en cuenta el pH fueron, en primer lugar su inestable vinculación a la calidad fermentativa por la influencia que ejercen sobre el sistema de contenido de materia seca de los ensilajes, las fermentaciones lácticas o acéticas que ocurran durante la conservación y la capacidad amortiguadora de los forrajes, aspectos señalados por Catchpoole y Henzel (1971) como determinantes para estimar el comportamiento y posterior clasificación de los ensilajes (Catchpoole y Williams, 1969) y en segundo lugar nuestro interés de encontrar una respuesta más zootécnicas a la clasificación cuantitativa y cualitativa de los ensilajes tropicales, deficiencias que adolecen muchos sistemas de evaluación utilizados hasta el presente.

Este nuevo enfoque lo consideramos como de vital importancia para los estudios y conclusiones finales de los estudios realizados, dado que se estaban evaluando conservantes menos empleados en ensilajes tropicales o sobre los cuales se poseía poca información, por lo que una estimación de su potencial zootécnico unido a una valoración de calidad fermentativa permitiría realizar trabajos posteriores sobre resultados menos especulativos.

Para estimar el consumo se tomaron 33 ensilajes a los cuales se le conocía, además de este indicador, su contenido de materia seca, corregidas las pérdidas en la estufa, la proteína bruta, determinada en fresco, el pH y los ácidos láctico, acético y butírico, expresados en g/kg de MS, de acuerdo a los métodos de análisis descritos en el capítulo 2, la fibra bruta y la materia orgánica según AOAC (1965).

Todos ellos se agruparon en una ecuación de regresión lineal múltiple del tipo $Y = a + bx + \dots + n \times n$, donde Y era el consumo en $g MS/kg P^{0,75}$ y la x los indicadores conocidos para cada ensilaje, encontrándose la ecuación siguiente: $Y = 38,782 + 0,120 MS - 0,054 FB - 0,222 \text{ ácido butírico}$

$$ES \pm \quad (0,015) \quad (0,016) \quad (0,053)$$

La significación estadística obtenida fue de 0,1%, el coeficiente de determinación de 0,90 y la variación residual válida al 95%. El sistema considera cinco categorías de calidad para los ensilajes: excelente, buena, satisfactorio, mediocre y muy malo.

Los tres indicadores contemplados en el sistema se dividieron también en cinco categorías, correspondiéndole, a cada una de ella un intervalo o rango de categorización.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para establecer los rangos fueron los siguientes:

- En el consumo se fijó el valor de $71 g/kg P^{0,75}$ ó más, como nivel de consumo óptimo para considerar a un ensilaje excelente. Este es el valor tomado como referencia en las tablas forrajeras tropicales desarrolladas por García-Trujillo y Cáceres (1984) para estudiar el índice de consumo de los forrajes. Como valor inferior de este indicador para ensilajes de muy mala calidad, se fijó $42 g/kg P^{0,75}$, el cual es la ingestión mínima capaz de aportar la suficiente materia orgánica digestible para el mantenimiento de un carnero de 50 kg de peso vivo, asumiendo una digestibilidad de materia orgánica de 55%. A partir de estos extremos se procedió a dividir en intervalos regulares de 10 unidades las otras tres categorías establecidas.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

- Para el ácido butírico se tuvo en cuenta que su presencia es el resultado de fermentaciones indeseables y un factor de inestabilidad en los ensilajes, por lo que para la categoría de excelente, las concentraciones aceptadas se situaron a niveles inferiores a 1 g/kg de MS en la categoría de bueno, concentraciones inferiores a 5 g/kg de MS.

A partir de esta categoría se tomó en consideración la correlación lineal encontrada entre el consumo y el ácido butírico en los ensilajes que sirvieron para la ecuación de estimación del consumo, la cual se resume como:

$$Y = 54,024 - 0,546 \text{ ácido butírico}$$

$$ES_{\pm} \quad (0,061)$$

De acuerdo a esta ecuación, el consumo de los ensilajes cae en valores considerados como muy malos cuando la concentración de ácido butírico llega a 20 g/kg de MS, utilizándose este valor para esta misma categoría.

En la misma forma se procedió a otorgar los valores que se establecieron a los ensilajes considerados como mediocres, tomándose concentraciones de ácido butírico que se correspondieron aproximadamente la consumo estimado para esta categoría.

- En el $N-NH_3/N_t$ se adoptó como válido el criterio de evaluación del INRA Francés (1978), el cual establece la gradación de este indicador según la actividad deamitativa de las bacterias con la calidad de los ensilajes, teniendo en cuenta que la presencia de este indicador es igualmente indeseable con independencia del tipo de ensilaje que se trata.

A todos los indicadores se le otorgaron valores des 5 hasta 1, correspondiéndole la máxima puntuación a la categoría de excelente y la mínima a la categoría de muy malos. A su vez, la clasificación final de un ensilaje estará determinada por la puntuación final que alcance después de la suma individual de los tres indicadores considerados en el sistema. Un resumen como quedó constituido el sistema de evaluación II se muestra en la tabla 48.

Tabla 48. Sistema de clasificación II para ensilajes tropicales.

Clasificación	Puntuación de los indicadores	N-NH ₃ /N _t (%)	Ácido butírico (g/kg MS)	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación de clasificación
Excelente	5	<7	<1	>71	15-13
Bueno	4	7-10	<5	71-62	12-10
Satisfactorio	3	11-15	5-0	61-52	9-7
Mediocre	2	16-20	10-20	51-41	6-4
Muy malo	1	>20	>20	<42	3

Ecuación múltiple lineal para estimar el consumo

$$Y = 38,782 + 0,120 \text{ MS} - 0,054 \text{ FB} - 0,0222 \text{ ácido butírico}$$

$$ES_{\pm} \quad (0,015) \quad (0,016) \quad (0,053)$$

Y: Consumo de MS g/kg P^{0,75}

$$MS \text{ (kg)} \quad FB \text{ (g/kg MS)} \quad R^2 = 0,90 \quad \text{Sig.} = 0,1\%$$

Ecuación lineal de regression entre el consume y el ácido butírico

$$Y = 54,025 - 0,546 \text{ ácido butírico} \quad R^2 = 0,52 \quad \text{Sig.} = 0,1\%$$

$$ES_{\pm} \quad (0,061)$$

Y: Consumo de MS

Ácido butírico (g/kg MS)

Ensilajes que dieron origen a estas ecuaciones: hierba de guinea 6; bermuda cruzada-1 3; pasto estrella 6; king grass 4; pangola 7 y Taiwán 7 con un total de 33

Parte 2. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de pastos tropicales mediante el sistema de evaluación II

Utilizando silos tipo Cullinson (1960) igual a los descritos en el capítulo 2, se realizaron nuevos experimentos donde se confeccionaron ensilajes con los pastos guinea cv Likoni, king grass, bermuda cruzada-1 y pangola, tomando para cada uno de ellos los aditivos que mejores fermentaciones indujeron y con las dosis encontradas en el capítulo anterior, aunque en algunos tratamientos, se entendió necesario repetir el trabajo experimental con varias dosis en algunos de los pastos estudiados para comprobar si las dosis encontradas en el experimento anterior coincidían como la mejor también en este estudio.

En el caso de la guinea likoni y de la pangola se incluyeron los conservantes sulfito de sodio y nitrito de sodio, respectivamente, a pesar de no estar incluidos en la selección preliminar dado los antecedentes favorables que se obtuvieron con los otros pastos estudiados.

Un resumen de los tratamientos empleados en estos experimentos se muestra en la tabla 49.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Cada tratamiento estudiado se combinó con 10 y 20 kg de miel final de caña de azúcar para determinar, si la presencia de una mayor concentración de azúcares fermentables en los pastos en el momento de la fabricación de los ensilajes incidía en la efectividad de los conservantes, excepto para los ensilajes de king grass, donde solo se pudo estudiar la dosis de 10 kg/t de miel final por dificultades experimentales.

Tabla 49. Aditivos y dosis de los pastos estudiados para determinar los mejores conservantes de cada grupo de aditivo.

Conservantes	Guinea likoni (kg/t)	King grass (kg/t)	Bermuda cruzada-1 (kg/t)	Pangola (kg/t)
Ácidos minerales				
Ácido clorhídrico	-	2,72	-	2,72
Ácido sulfúrico	-	2,72	-	2,72
Ácido clorhídrico + ácido sulfúrico	-	2,72	7,27	3,44
Preparado AAZ	-	14,20	12,44	14,18
Bacteriostáticos				
Sulfito de sodio	5, 6 y 7	6	6 y 7	-
Ácido benzoico	2, 3 y 4	3	3	2; 2,5 y 3
Nitrito de sodio	0,5; 1 y 2	1	0,5; 1 y 1,5	0,5; 1 y 1,5
Ácido salicílico	1 y 2	1,5	1	1,5 y 2
Ácidos orgánicos				
Ácido fórmico	-	3,33	3,66	3,0 y 3,33
Ácido propiónico	-	-	-	3,0
Ácido fórmico + ácido propiónico	-	6,00	-	7,32

Todos los tratamientos constaron de tres réplicas, lo que hizo un total de 375 silos experimentales con un total de 2 725 análisis de laboratorio, teniendo en cuenta los tratamientos controles con y sin miel final.

Como criterio de discriminación se utilizó el sistema de evaluación II, el cual al basarse en rangos de valores para otorgar la puntuación de los indicadores no permite el empleo de análisis estadísticos entre ellos, aunque cada resultado empleado fue la media de las tres réplicas estudiadas, lo cual incrementa la precisión del valor tomado. Igualmente se consideraron como válidos los valores absolutos obtenidos por la suma de los puntos alcanzados para cada indicador de forma individual, como la puntuación total proporcionada por el sistema, tanto en los aditivos estudiados, dentro de cada grupo de conservantes.

El tiempo de apertura se prefijó a los 60 días de confeccionados los ensilajes.

Los análisis químicos se realizaron de acuerdo con las técnicas descritas en el capítulo 2. Las determinaciones de fibra bruta se efectuaron de acuerdo con la técnica de Weende (AOAC, 1965).

Resultados

a) Guinea likoni

Los resultados encontrados en la clasificación de los ensilajes de guinea likoni se muestran en la tabla 50. Todos los aditivos promovieron mejores ensilajes que el control. A su vez las mejores dosis de aditivos encontradas en este experimento coinciden con aquellas encontradas en el experimento 1.

La adición de miel solo fue efectiva cuando la dosis de aditivo se utilizó por debajo de la óptima.

El mejor aditivo resultó el ácido benzoico en la dosis de 4 kg/t, con lo que se alcanzó la máxima puntuación. Siguiéndole en orden descendente el nitrito de sodio.

El ácido salicílico no presentó diferencias entre el uso de 1 ó 2 kg/t de acuerdo con el sistema de puntuación, la mejor dosis para el sulfito de sodio, se encontró en 7 kg/t, resultando estos conservantes los que presentaron las puntuaciones más bajas.

Esta misma tendencia se mantiene cuando se lleva la puntuación en por ciento del total posible a obtener.

Con vista a tener un criterio general de cómo fue el comportamiento general de cómo fue el comportamiento de los indicadores individuales y en su conjunto, frente a los conservantes, se determinó la puntuación promedio de cada uno de ellos, y los resultados se muestran en la tabla 51, de donde se pueden extraer algunas consideraciones.

Todos los aditivos redujeron las concentraciones de ácido butírico, con respecto a los ensilajes de control, resultando más efectivos el nitrito de sodio y el ácido salicílico. El ácido benzoico presentó una efectividad ligeramente inferior, mientras que el sulfito de sodio fue el de peor comportamiento.

Para el $N-NH_3/N_t$, el aditivo más efectivo fue el ácido benzoico, seguido del sulfito de sodio, aun que en general la respuesta de los aditivos frente a este indicador fue débil.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 50. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de la guinea likoni.

Aditivos	Dosis (kg/t)	Miel (kg/t)	Ácido butírico (g/kg)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t (%)	Puntuación	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación	Total	% del total de puntos	Clasificación
Bacteriostáticos											
Sulfito de sodio	5	0	3,3	4	12,12	3	52,37	3	10	66,87	B
	5	10	0,7	5	21,84	1	62,00	4	10	66,87	B
	5	20	1,1	4	13,79	3	60,35	3	10	66,87	B
Sulfito de sodio	6	0	1,3	4	11,93	3	53,84	3	10	66,87	B
	6	10	1,7	4	12,50	3	54,99	3	10	66,87	B
	6	20	0,7	5	10,92	3	56,68	3	11	73,33	B
Sulfito de sodio	7	0	1,5	4	17,21	2	52,85	3	9	60,00	S
	7	10	2,7	4	16,74	2	60,91	3	9	60,00	S
	7	20	0,4	4	19,81	2	58,87	3	9	60,00	S
Bacteriostáticos											
Ácido benzoico	2	0	0	5	16,45	2	68,47	4	11	73,33	B
	2	10	0	5	12,87	3	76,58	5	13	86,67	E
	2	20	0	5	8,83	4	68,57	4	13	86,67	E
Ácido benzoico	3	0	2,1	4	14,16	3	59,16	3	10	67,67	B
	3	10	0,3	5	8,58	4	59,43	3	12	80,00	B
	3	20	0,3	5	11,41	3	64,76	4	12	80,00	B
Ácido benzoico	4	0	0	5	4,93	5	76,13	5	15	100,00	E
	4	10	0	5	4,38	5	64,33	4	14	93,33	E
	4	20	0	5	5,38	5	70,11	4	14	93,33	E
Bacteriostáticos											
Nitrito de sodio	0,5	0	0	5	11,46	3	76,75	5	13	86,67	S
	0,5	10	0	5	11,12	3	72,55	5	13	86,67	E
	0,5	20	0	5	16,09	2	61,67	3	10	66,67	B
Nitrito de sodio	1,0	0	0	5	9,41	4	73,10	5	14	93,33	E
	1,0	10	0	5	7,06	4	72,56	5	14	93,33	E
	1,0	20	0	5	17,15	2	69,61	4	11	73,33	B
Ácido salicílico	1,0	0	0,6	5	12,01	3	62,63	4	12	80,00	B
	1,0	10	0	5	12,01	3	54,38	3	11	73,33	B
	1,0	20	0,6	5	10,18	3	69,01	4	12	80,00	B
Ácido salicílico	2,0	0	0,2	5	12,46	3	64,14	4	12	80,00	B
	2,0	10	0	5	10,56	3	63,28	4	12	80,00	B
	2,0	20	0,1	5	18,70	2	58,92	3	10	66,67	B
Control	0	0	11,5	2	16,82	2	55,55	3	7	46,68	S
	0	10	10,1	3	12,32	3	53,30	3	9	60,00	S
	0	20	0,5	2	17,38	2	58,47	3	7	46,68	S

B Bueno

E Excelente

S Satisfactorio

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 51. Comportamiento de los indicadores individuales estudiados por aditivo según la puntuación alcanzada en la guinea likoni.

	Ácido butírico (g/kg)	N-NH ₃ /N _t (%)	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación
Sulfito de sodio	4,22	2,44	3,11	9,77
Ácido benzoico	4,89	3,88	4,00	12,67
Nitrito de sodio	5,00	3,00	4,50	12,50
Ácido salicílico	5,00	2,83	3,67	11,50
Control	2,33	2,33	3,00	7,67

El nitrito de sodio y el ácido benzoico presentaron los mejores indicadores de consumo y aunque los otros aditivos presentaron también indicadores superiores a los ensilajes control, sus valores fueron menores.

b) King grass

En la tabla 52 se exponen los resultados obtenidos en los ensilajes de king grass, donde se aprecia que todos los tratamientos superaron en calidad a los ensilajes control los que se caracterizaron por presentar una baja puntuación.

De los ácidos minerales, el ácido sulfúrico solo y el preparado AAZ combinado con 10 kg de miel, resultaron los mejores tratamientos, siguiéndole el ácido clorhídrico solo y la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico solo o combinado con miel y el preparado AAZ sin combinarlo con miel.

En los aditivos bacteriostáticos, el ácido salicílico solo o combinado con la miel fue conservante que mejor comportamiento presentó, siguiéndoles en orden descendente el ácido benzoico y el nitrito de sodio. Este último no difirió en puntuación con el sulfito de sodio.

El uso de la miel, no mejoró la calidad de los ensilajes con respecto a los tratamientos donde no se utilizó, resultando en el caso del sulfito de sodio depresiva.

En los ácidos orgánicos, la mezcla ácido fórmico + ácido propiónico solo, resultó el mejor tratamiento, no existiendo diferencias entre el resto de los aditivos de este grupo.

Al igual que el experimento anterior, se determinó la puntuación promedio de cada conservante. En este caso también se determinó una media de la puntuación de cada grupo en particular, para poder establecer un criterio del comportamiento en general de los mismos.

Los resultados se muestran en la tabla 53; en ella se puede apreciar que de los ácidos minerales la mezcla ácido clorhídrico + ácido sulfúrico fue la que mejor controló las fermentaciones butílicas, mientras que en los aditivos bacteriostáticos, el sulfito de sodio fue el único que presentó un comportamiento no adecuado, no encontrándose diferencias entre el resto de los aditivos estudiados.

En general, todos los aditivos disminuyeron las concentraciones de ácido butírico con respecto a los ensilajes control, resultando los menos efectivos los ácidos minerales.

En el caso del N-NH₃/N_t, el ácido sulfúrico, el preparado AAZ, el ácido salicílico y los ácidos orgánicos fueron los conservantes que mejor comportamiento tuvieron. El resto de los aditivos presentaron baja puntuación.

El índice de consumo fue para todos los tratamientos bajo, resultando más acentuado para los aditivos acidificantes.

La puntuación media de los tratamientos resultó mayor para los ácidos orgánicos, siguiéndole la puntuación media de los aditivos bacteriostáticos.

Desde el punto de vista individual, con los ácidos minerales el conservante con menor puntuación fue el ácido clorhídrico y en los aditivos bacteriostáticos, el sulfito de sodio. No se encontraron diferencias entre los aditivos orgánicos estudiados.

c) Bermuda cruzada-1

En la tabla 54 se muestran los resultados obtenidos con los ensilajes de bermuda cruzada-1.

Como se puede apreciar no en todos los tratamientos se logró una mejor calidad en los ensilajes, resultando en algunos igual e incluso inferior a los ensilajes control, como es el caso del tratamiento con ácido salicílico con 0,3 kg/t. La adición de 20 kg de miel, presentó una tendencia a incrementar la calidad de los ensilajes, con respecto a las dosis de 10 kg de miel, aunque en ningún caso promovió valores que sobrepasaran los valores encontrados con el aditivo solo.

En los ácidos minerales, los mejores resultados se encontraron en la mezcla ácido clorhídrico + ácido sulfúrico y el menos efectivo fue el preparado AAZ

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 52. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de king grass.

Aditivos	Dosis (kg/t)	Miel (kg/t)	Ácido butírico (g/kg)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t (%)	Puntuación	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación	Total	% del total de puntos	Clasificación
Ácidos minerales											
H ₂ SO ₄	2,72	0	7,0	3	6,25	5	39,79	1	9	60,00	S
	2,72	10	7,2	3	9,04	4	40,54	1	8	53,33	S
HCl	2,72	0	8,1	3	7,68	4	38,61	1	8	53,33	S
	2,72	10	12,3	1	22,16	1	38,00	1	3	20,00	M. malo
HCl + H ₂ SO ₄	2,72	0	3,7	4	29,57	1	42,91	2	7	46,68	S
	2,72	10	2,0	4	23,34	1	45,62	2	7	46,68	S
AAZ	14,2	0	8,7	3	11,52	4	41,16	1	8	53,33	S
	14,2	10	12,9	3	3,98	5	40,30	1	9	60,00	S
Bacteriostáticos											
Nitrito de sodio	1	0	0,2	5	22,80	1	46,22	2	8	53,22	S
	1	10	0,1	5	27,38	1	46,54	2	8	53,33	S
Ácido benzoico	3	0	0,5	5	17,45	2	44,56	2	9	60,00	S
	3	10	0,6	5	15,30	2	43,78	2	9	60,00	S
Sulfito de sodio	6	0	14,3	3	14,24	3	40,85	1	7	46,68	S
	6	10	13,2	3	15,82	2	40,64	1	6	40,00	S
Ácido salicílico	1,5	0	0,2	5	12,50	4	43,88	2	11	73,33	B
	1,5	10	0,1	5	9,46	4	42,23	2	11	73,33	B
Ácidos orgánicos											
Ácido fórmico	3,33	0	4,8	4	12,13	4	45,24	2	10	66,67	B
	3,33	10	2,5	4	8,00	4	44,30	2	10	66,67	B
Ácido fórmico/ ácido propiónico	6	0	3,3	4	2,70	5	46,02	2	11	73,33	B
	6	10	1,0	4	8,00	4	45,44	2	10	66,67	B
Control	0	0	12,6	1	25,04	1	40,70	1	3	20,00	M. malo
	0	10	0,2	1	49,41	1	40,40	1	3	20,00	M. malo

B Bueno

S Satisfactorio

M. malo Muy malo

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 53. Comportamiento de los indicadores individuales estudiados por aditivo según la puntuación adecuada en los ensilajes de king grass.

Aditivos	Ácido butírico (g/kg)	N-NH ₃ /N _t (%)	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación
Ácidos minerales				
Ácido sulfúrico	3	4,5	1	0,5
Ácido clorhídrico	2	2,5	1	5,5
Ácido sulfúrico + Ácido clorhídrico	4	1,0	2	7,0
Preparado AAZ	3	4,0	1	8,0
\bar{x}	3	3,0	1,25	7,25
Bacteriostáticos				
Nitrito de sodio	5	1,0	2	8
Ácido benzoico	5	2,0	2	9
Sulfito de sodio	5	2,5	1	6,5
Ácido salicílico	5	4,0	2	11
\bar{x}	4,5	2,8	2	8,88
Ácidos orgánicos				
Ácido fórmico	4	4,0	2	10
Ácido fórmico + ácido propiónico	4	4,5	2	10,5
\bar{x}	4	4,3	2	10,3
Media	1	1,0	1	3

En los aditivos bacteriostáticos, el ácido benzoico fue el conservante que mayor puntuación alcanzó, seguido del nitrito de sodio en la dosis de 1,5 kg/t, sulfito de sodio (6-7 kg/t) y el ácido salicílico (1 kg/t).

En los ensilajes conservados con sulfito de sodio fue necesaria la adición de 20 kg de miel para que este aditivo pudiera expresar su potencial.

En el caso de los ensilajes donde se emplearon ácido fórmico, estos difirieron su puntuación de los ensilajes control cuando no se combinó con miel final.

En la tabla 55 se muestra la puntuación alcanzada por los indicadores evaluados, por este tipo de aditivos y por conservantes individualmente.

Todos los aditivos ejercieron una acción efectiva en las fermentaciones butílicas, resultando la puntuación superior en todos los tratamientos con respecto a los ensilajes control, destacándose el ácido benzoico y el nitrito de sodio por obtener la máxima puntuación.

La efectividad sobre el N-NH₃/N_t, resultó baja en la mayoría de los tratamientos estudiados, aunque en el caso de la mezcla ácido clorhídrico + ácido sulfúrico y del sulfito de sodio este indicador presentó puntuaciones óptimas.

En el índice de consumo, no se encontraron grandes diferencias entre los tratamientos, resultando el de mejor puntuación el preparado AAZ.

En la puntuación total, a excepción del ácido salicílico todos los tratamientos resultaron superiores a los ensilajes control, siendo los ácidos minerales los que en su conjunto presentaron los valores más elevados.

d) Pangola

En la tabla 56 se muestran los resultados obtenidos para la hierba pangola.

Con los ácidos minerales, no se encontraron mejoras en la calidad de los ensilajes con respecto al control, excepto para el tratamiento con ácido sulfúrico sin miel.

Para los aditivos bacteriostáticos, el nitrito de sodio (1 kg/t) fue el mejor conservante de todos los estudiados, no existiendo diferencias en la puntuación entre el ácido salicílico con 1,5-2,0 kg/t y el ácido benzoico con 3 kg/t. Estos ensilajes fueron superiores en calidad a los ensilajes control.

Para los ácidos orgánicos, el ácido fórmico con la dosis de 3,33 kg/t y el ácido propiónico (3 kg/t) resultaron los mejores tratamientos, obteniendo puntuaciones superiores a los ensilajes control.

La adición de miel no tuvo efecto suplementario en la calidad de los ensilajes, no implicando en casi ningún tratamiento un incremento en la puntuación con respecto a la utilización del aditivo solo.

En la tabla 57 se muestran los resultados obtenidos con los indicadores individuales estudiados. Los ácidos minerales presentaron puntuaciones iguales o superiores a los ensilajes control para el ácido butírico. Sin embargo, para los otros aditivos, la puntuación alcanzada fue inferior a los ensilajes control, excepto para el nitrito de sodio y la mezcla de ácido fórmico + ácido propiónico que resultaron superior o igual, respectivamente.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 54. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de king grass.

Aditivos	Dosis (kg/t)	Miel (kg/t)	Ácido butírico (g/kg)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t (%)	Puntuación	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación	Total	% del total de puntos	Clasificación
Ácidos minerales											
AAZ	12,44	0	1,7	4	15,10	3	66,27	4	11	73,33	B
	1,74										
	12,44	10	0,7	5	13,84	3	63,38	4	12	80,00	B
	1,74										
	12,44	20	1,8	4	13,70	3	64,84	4	11	73,33	B
	1,74										
HCl + H ₂ SO ₄	7,27	0	2,9	4	4,13	5	63,27	4	13	86,67	E
	7,27	10	0,4	5	4,71	5	62,91	3	13	86,67	E
	7,27	20	0,4	5	4,58	5	57,77	3	13	86,67	E
Bacteriostáticos											
Ácido benzoico	3	0	0,1	5	1,53	5	62,06	4	14	93,33	E
	3	10	0,3	5	5,98	5	59,67	3	13	86,67	E
	3	20	0,4	5	4,90	5	59,53	3	13	86,67	E
Ácido salicílico	1	0	0,5	5	15,37	3	60,14	3	11	73,33	B
	1	10	0,1	5	11,90	3	60,39	3	11	73,33	B
Ácido salicílico	0,3	0	5,2	4	20,08	2	55,65	3	9	60,00	S
	0,3	10	2,5	4	24,24	1	58,81	3	8	53,33	S
Nitrito de sodio	0,5	0	0	5	13,09	3	59,36	3	11	73,33	B
	0,5	10	0	5	16,18	2	60,52	3	10	66,67	B
	0,5	20	0,1	5	10,24	3	60,08	3	11	73,33	B
Nitrito de sodio	1,0	0	0,3	5	15,03	3	62,83	4	12	80,00	B
	1,0	10	0	5	14,17	3	57,58	3	11	73,33	B
	1,0	20	0	5	17,43	2	62,30	3	10	66,67	B
Bacteriostáticos											
Nitrito de sodio	1,5	0	0	5	9,83	4	64,85	4	13	86,67	E
	1,5	10	0	5	9,94	4	64,85	4	13	86,67	E
	1,5	20	0	5	11,36	3	60,48	3	11	73,33	B
Sulfito de sodio	6	0	6,6	3	3,31	5	65,69	4	12	80,00	B
	6	10	2,9	4	8,43	4	61,89	3	11	73,33	B
	6	20	0,3	5	4,81	5	60,33	3	13	86,67	E
Sulfito de sodio	7	0	7,5	3	9,37	4	63,51	4	11	73,33	B
	7	10	4,4	4	3,54	5	59,31	3	12	80,00	B
	7	20	1,1	4	6,16	5	63,60	4	13	86,67	E
Ácidos orgánicos											
Ácido fórmico	3,66	0	0,4	5	15,97	3	61,00	3	11	73,33	B
	3,66	10	3,5	4	14,44	3	59,52	3	10	66,67	B
	3,66	20	0,4	5	18,25	2	61,46	3	10	66,67	B
Control	0	0	1,5	4	11,57	3	57,21	3	10	66,67	B
	0	10	1,2	4	13,13	3	57,06	3	10	66,67	B
	0	20	4,9	4	14,59	3	52,27	3	10	66,67	B

B Bueno

S Satisfactorio

M. malo Muy malo

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 55. Comportamiento de los indicadores individuales estudiados por aditivos según la puntuación adecuada en los ensilajes de bermuda cruzada-1.

Acidificantes	Ácido butírico (g/kg)	N-NH ₃ /N _t (%)	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación
Preparado AAZ	4,33	3,00	4,00	11,33
Ácido sulfúrico + Ácido clorhídrico	4,67	5,00	3,33	13,00
\bar{X}	4,50	4,00	3,67	12,17
Bacteriostáticos				
Ácido benzoico	5,00	5,00	3,33	13,33
Ácido salicílico	4,50	2,25	3,00	9,75
Nitrito de sodio	5,00	3,00	3,33	11,33
Sulfito de sodio	4,00	4,66	3,50	12,16
\bar{X}	4,63	3,73	3,29	11,65
Ácidos orgánicos				
Ácido fórmico	4,67	3,00	3,00	10,67
Control	4,00	3,00	3,00	10,00

Para el N-NH₃/N_t, solamente los tratamientos con ácido clorhídrico y la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico fueron inferiores al tratamiento control el resto fue igual o superior en puntuación.

El mejor tratamiento fue el ácido propiónico que obtuvo la máxima puntuación.

Para el índice de consumo, a excepción del tratamiento con la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico que promedió igual puntuación que los ensilajes control, el resto de los tratamientos fue superior a los mismos.

El aditivo con mejor respuesta fue el nitrito de sodio.

En la puntuación total, excepto para los tratamientos con ácido clorhídrico y la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico, que no difirieron de los ensilajes control, el resto de los tratamientos resultaron superiores. Los tratamientos con ácido propiónico, nitrito de sodio y ácido fórmico fueron los que mayor puntuación alcanzaron.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 56. Determinación de los mejores aditivos para la conservación de la pangola.

Aditivos	Dosis (kg/t)	Miel (kg/t)	Ácido butírico (g/kg)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t (%)	Puntuación	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación	Total	% del total de puntos	Clasificación
Ácidos minerales											
H ₂ SO ₄	2,72	0	0,8	5	16,57	2	62,62	4	11	73,33	B
		10	0,4	5	25,23	1	56,70	3	9	60,00	S
		20	0,4	5	18,14	2	60,35	3	10	66,67	B
HCl	2,72	0	0,3	5	20,64	1	58,45	3	9	60,00	S
		10	1,2	4	28,08	1	58,67	3	8	53,33	S
		20	0,5	5	29,36	1	62,05	4	10	66,67	B
HCl + H ₂ SO ₄		0	0,6	5	19,38	2	59,54	3	10	66,67	B
		10	2,8	4	22,03	1	59,52	3	8	53,33	S
		20	0,3	5	23,90	1	61,81	3	9	60,00	S
AAZ	14,18-2,0	0	1,2	4	16,97	2	57,02	3	9	60,00	S
		10	5	4	17,92	2	55,44	3	9	60,00	S
		20	0,8	5	20,26	1	61,81	3	9	60,00	S
Bacteriostáticos											
Nitrito de sodio	0,5	0	0,3	5	9,54	4	64,54	4	13	86,67	E
		100	3,3	4	14,48	3	64,51	4	11	73,33	B
		20	1,3	4	5,50	5	59,52	3	12	80,00	B
Nitrito de sodio	1,0	0	0,1	5	3,89	5	63,44	4	14	93,33	E
		10	0,6	5	29,00	1	64,03	4	10	66,67	E
		20	1,4	4	7,76	4	63,35	4	12	80,00	B
Nitrito de sodio	1,5	0	2,5	4	16,34	2	71,32	5	11	73,33	B
		10	0,3	5	17,48	2	65,35	4	11	73,33	B
		20	1,4	4	15,35	2	67,79	4	10	66,67	B
Nitrito de sodio	2,0	0	0,5	5	21,54	1	66,39	4	10	66,67	B
		10	0,4	5	25,84	1	63,48	4	10	66,67	B
		20	0,3	5	21,54	1	66,25	4	10	66,67	B
Ácido salicílico	1,5	0	2,5	4	7,67	4	61,91	3	11	73,33	B
		10	0,3	4	15,03	2	58,32	3	9	60,00	S
		20	6,3	3	14,16	3	64,67	4	10	66,67	B
Ácido salicílico	2,0	0	5,5	3	5,16	5	58,82	3	11	73,33	B
		10	0,3	5	11,52	3	59,73	3	11	73,33	B
		20	1,6	4	14,00	3	64,37	4	11	73,33	B
Bacteriostáticos											
Ácido benzoico	2,0	0	3,3	4	17,81	2	62,96	4	10	66,67	B
		10	1,4	4	18,70	2	62,71	4	10	66,67	B
		20	0,6	4	16,60	2	64,30	4	10	66,67	B
Ácido benzoico	2,5	0	1,9	4	25,50	1	60,85	3	8	53,33	S
		10	2,9	4	21,94	1	61,51	3	8	53,33	S
		20	1,5	4	18,50	2	62,40	4	10	66,67	B
Ácido benzoico	3,0	0	2,0	4	14,50	3	62,95	4	11	73,33	B
		10	4,9	4	13,34	3	59,47	3	10	66,67	B
		20	3,2	4	15,08	2	67,67	4	10	66,67	B

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 56. Continuación.

Aditivos	Dosis (kg/t)	Miel (kg/t)	Ácido butírico (g/kg)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t (%)	Puntuación	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación	Total	% del total de puntos	Clasificación
Ácidos orgánicos											
Ácido fórmico	3,0	0	3,7	4	16,02	2	60,78	3	9	60,00	S
		10	1,8	4	13,76	2	61,40	3	9	60,00	S
		20	4,5	4	21,85	1	62,22	4	9	60,00	S
Ácido fórmico	3,33	0	3,0	4	2,79	5	60,07	3	12	80,00	B
		10	1,4	4	6,49	5	57,92	3	12	80,00	B
		20	1,4	4	2,20	5	59,48	3	12	80,00	B
Ácido fórmico/ ácido propiónico	7,32	0	0,3	5	16,95	2	59,73	3	10	66,67	B
		10	3,7	4	10,48	3	63,28	4	11	73,33	B
		20	1,9	4	16,48	2	60,06	3	9	60,00	S
Ácido propiónico	3,0	0	8,5	3	1,89	5	58,34	3	11	73,33	B
		10	6,3	3	6,55	5	57,84	3	11	73,33	B
		20	3,4	4	6,25	5	61,95	3	12	80,00	B
Control	0	0	0,7	5	16,28	2	60,42	3	10	66,67	B
	0	10	1,1	4	20,00	1	59,20	3	9	60,00	S
	0	20	3,3	4	15,65	2	59,49	3	9	60,00	S
B Bueno	S Satisfactorio		M. malo	Muy malo							

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Tabla 57. Comportamiento de los parámetros individuales estudiados por aditivos según la puntuación alcanzada en la pangola.

Aditivos	Ácido butírico (g/kg)	N-NH ₃ /N _t (%)	Consumo estimado (g/kg P ^{0,75})	Puntuación
Ácidos minerales				
Ácido sulfúrico	5,00	1,66	3,33	9,99
Ácido clorhídrico	4,66	1,00	3,33	8,99
Ácido sulfúrico + Ácido clorhídrico	4,66	1,33	3,00	8,99
Preparado AAZ	4,33	1,66	3,66	9,65
\bar{X}	4,66	1,41	3,33	9,40
Bacteriostáticos				
Nitrito de sodio	4,58	2,58	4,00	11,16
Ácido salicílico	4,00	2,33	3,33	9,66
Ácido benzoico	4,00	2,00	3,44	9,44
\bar{X}	4,16	2,30	3,66	10,12
Ácidos orgánicos				
Ácido fórmico	4,00	3,33	3,11	10,33
Ácido fórmico + ácido propiónico	4,33	2,33	3,33	9,99
Ácido propiónico	3,33	5,00	3,66	11,99
\bar{X}	3,88	3,55	3,36	10,79
Control	4,33	1,66	3,00	8,99

Discusión

El estudio de la efectividad de los conservantes mediante un sistema de evaluación, tiene el inconveniente de no permitir el empleo de análisis estadístico, debido a que como las clasificaciones oscilan, dentro de intervalos preestablecidos, la comparación de las medias entre sí, solo se pueden efectuar dentro de la amplitud del indicador, para el cambio de una categoría a otra. Sin embargo, presenta la ventaja de poder agrupar en una sola cifra indicadores disímiles, cuya interacción mutua, no siempre son factibles de interpretar, sobre todos en experimentos con un número considerable de tratamientos, en los cuales generalmente se encuentran varias interacciones y donde resulta muy difícil conjugar la importancia biológica del resultado, con las diferencias significativas desde el punto de vista estadístico.

Estas dificultades se hicieron evidentes cuando se analizaron los resultados del capítulo 2, razón por la cual no se insistió en mantener, al menos en este tipo de experimentos, los criterios estadísticos como fundamentos para la discriminación y evaluación de conservantes.

El término calidad del ensilaje se ha usado comúnmente para indicar el éxito de la fermentación y no el valor nutritivo de los ensilajes (McCullogh, 1978), término que desvirtúa la información real que aportan los sistemas de evaluación utilizados.

El sistema de evaluación II, logra una vinculación más efectiva y completa en su clasificación de los ensilajes, principalmente porque logra una ecuación de predicción del consumo dentro de límites aceptables mediante indicadores determinados por análisis de laboratorio.

Gordon, Derbyshire, Weiseman y Jacobson (1961) encontraron respuesta hasta un 66% de las variaciones de los ensilajes cuando incluyeron en una ecuación múltiple lineal los ácidos grasos volátiles individuales, el ácido láctico, la materia seca y el pH. Sin embargo, el hecho que este estudio lo realizaran con un solo tipo de pasto, necesariamente limitó el alcance de sus resultados.

Para evaluar la posibilidad de utilización de un conservante, Demarquilly (1980) considera que se debe conocer cuatro indicadores fundamentales 1) calidad de la fermentación, 2) cantidad consumida de ensilaje con respecto al forraje verde inicial, 3) protección sobre las proteínas y 4) eficacia de utilización del nitrógeno.

El sistema empleado en esta tesis sigue estos mismos principios excepto el último aspecto para el cual se requiere evaluaciones con animales, las cuales no se poseían cuando se desarrollaron estos experimentos y el consumo relativo del ensilaje con respecto al forraje verde inicial, indicador que se constituyó por el consumo como tal por las mismas razones anteriores.

En la guinea likoni solo se estudiaron conservantes bacteriostáticos, sus comportamientos fueron los característicos de este tipo de aditivos, disminución de las concentraciones de ácido butírico y baja efectividad para controlar la disminución (Demarquilly, 1977), aunque todos mejoraron estos indicadores con respecto a los ensilajes control.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

Los incrementos en el consumo estimado están en correspondencia con las mejoras que indujeron los aditivos en la calidad fermentativa.

El ácido benzoico y el nitrito de sodio fueron los aditivos más eficientes, aunque también el ácido salicílico presentó valores adecuados. El hecho de que se mantuvieran como mejores dosis y aditivos los mismos encontrados en el capítulo precedente confirma la compatibilidad de ambos sistemas, ya que estos resultados se encontraron por vías diferentes.

Los conservantes bacteriostáticos, no solo promovieron una mejor actividad microbiana, sino que cuando se utilizaron en una dosis adecuada permitieron un mejor aprovechamiento de los carbohidratos solubles (Beck, 1978), como se constata cuando se analiza que la combinación de la miel con los conservantes estudiados solo fue efectiva en las dosis por debajo de la óptima.

En los ensilajes de king grass, los ácidos minerales fueron los menos efectivos.

El ácido sulfúrico y el preparado AAZ combinado con 10 kg de miel, fueron los conservantes con mejor comportamiento, debido al control que ejercieron sobre la deaminación, pues ninguno de ellos, lograron inhibir totalmente las fermentaciones butílicas.

Michelena y Molina (1985), encontraron resultados similares cuando estudiaron dosis crecientes de ácido sulfúrico y formol en ensilajes de este forraje, lo que nos hace suponer que otros factores independientemente del pH permiten el desarrollo de la flora clostrídica.

No obstante, ellos mejoraron todos los indicadores con respecto a los ensilajes control, lo cual coincide con lo esperado para estos conservantes (Thomas, 1978).

La poca efectividad del sulfito de sodio sobre las fermentaciones butílicas ha sido señalada por Owen, Meskie y Moore (1970) y por Arnould y Moreels (1976), donde estos últimos consideran que a las dosis donde puede ser efectivo este conservante en forma de metabisulfito de sodio (10%), resulta depresivo para el consumo de los animales.

Los mejores aditivos bacteriostáticos resultaron el ácido salicílico, el ácido benzoico y el nitrito de sodio en orden decreciente de efectividad. Esta misma tendencia fue la encontrada cuando la discriminación se efectuó el sistema de evaluación I, si bien, con la aplicación del sistema de evaluación II, se pudo precisar las diferencias de comportamiento entre el nitrito de sodio y el sulfito de sodio a favor del primero.

Los ácidos orgánicos fueron los conservantes que presentaron en su conjunto los mejores comportamientos.

El control más eficiente que sobre la deaminación ejerció la mezcla de ácido fórmico + ácido propiónico, se puede atribuir a un mejor efecto antimicrobiano del conservante por la presencia de ácido propiónico en el mismo (Crawshaw, 1977).

La utilización de miel tuvo poca o ninguna influencia en los resultados encontrados, no variando el comportamiento de los conservantes por su inclusión o no, por lo que no parece tener importancia la combinación en el caso de los ensilajes de king grass, aspecto también señalado por Domínguez, Ardí y Ayala (1982).

En la bermuda cruzada-1, los ensilajes sin conservante presentaron buena calidad, por lo que la acción de los conservantes fue menos espectacular que en los ensilajes anteriormente discutidos.

En los ácidos minerales la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico al controlar más eficientemente la deaminación y las fermentaciones clostrídicas resultó el mejor conservante en su grupo ratificando la puntuación encontrada por el sistema de evaluación I.

El hecho que las menores concentraciones de ácido butírico tendieran obtenerse al combinar estos conservantes con miel final, nos sugiere una baja concentración de carbohidratos solubles en este pasto, imprescindibles para un desarrollo adecuado de la flora láctica (Beck, 1978), aunque en la puntuación este aspecto no se ve reflejado.

El control eficiente que ejercieron los aditivos bacteriostáticos en los ensilajes de bermuda cruzada-1 sobre las fermentaciones butílicas, no se conjuga con los altos por cientos de nitrógeno amoniacal presente en los mismos, lo que da a entender una intensa actividad enzimática proteolítica. Gouet y Fatianoff (1964), señalan entre un 5 a un 7% de $N-NH_3/N_t$ en ensilajes estériles, lo que da una idea de las proporciones con que pueden actuar estas enzimas cuando no se logra un descenso rápido del pH en los ensilajes.

Los mejores conservantes fueron en orden descendente el ácido benzoico, el nitrito de sodio y el sulfito de sodio. En ellos no se obtuvieron respuestas similares entre los dos sistemas empleados, sobre todo con el ácido salicílico debido a los valores normalmente elevados del $N-NH_3/N_t$ de estos ensilajes. Sin embargo, la acción que el sulfito de sodio aparezca entre los descartados por el primer sistema y produzca buenos ensilajes al evaluarse por el segundo, viene dada por la combinación que se le hizo con miel final, es decir, que para poder expresar su potencial necesitó que las bacterias lácticas tuvieran a su disposición suficientes carbohidratos solubles.

El ácido fórmico donde único mostró superioridad a los ensilajes sin aditivo, fue en la disminución de las concentraciones de ácido butírico, lo cual coincide con lo señalado por Esperance, Ojeda y Cáceres (1983), no así el efecto beneficioso encontrado por estos autores sobre la deaminación.

Capítulo 3. Determinación de los mejores aditivos para la conservación como ensilajes de cuatro pastos tropicales

En los ensilajes de pangola, encontramos que los ácidos minerales al presentar altas proporciones de $N-NH_3/N_t$, no hicieron evidente una de sus principales propiedades, controlar la deaminación (Thomas, 1978), lo que nos hace suponer que se requerían dosis más elevadas de estos aditivos.

El ácido sulfúrico resultó el mejor conservante, ratificando lo encontrado en el capítulo anterior con el sistema de evaluación I.

Los aditivos bacteriostáticos, mantuvieron su efectividad entre las fermentaciones de tipo clostrídicas, aunque con la particularidad de mejorar también las proporciones de $N-NH_3/N_t$, los que nos sugiere que lograron ejercer un control más efectivo sobre las fermentaciones, sobre todo en las dosis encontradas como óptimas.

Los mejores aditivos fueron el nitrito de sodio, el ácido benzoico y el ácido salicílico. Los dos últimos en las mismas dosis encontradas como mejores en el capítulo 2, 3 kg/t y 2 kg/t respectivamente. Sin embargo, la comprobación realizada con el nitrito de sodio para estimar la efectividad de discriminación del sistema de evaluación I, según el cual debía ser descartado, nos muestra que si bien resultó acertado en la mayoría de las ocasiones, no siempre fue correcto.

En los ácidos orgánicos, el mejor conservante resultó el ácido fórmico ratificando los resultados obtenidos anteriormente, tanto frente a los otros conservantes de su grupo, como en la dosis óptima propuesta.

Solo el ácido propiónico al combinarse con 20 kg/t de miel, logró expresar su potencial de utilización similar al ácido fórmico, lo que indica que presenta una menor eficiencia como conservante.

El comportamiento del consumo estimado para todos los tratamientos, como era de esperar, estuvo muy vinculado a la calidad fermentativa, sobre todo con las concentraciones de ácido butírico, pro su acción depresiva sobre el mismo.

McCulloch (1961) y Gordon *et al.* (1964) también encontraron coeficientes de correlación negativos entre el consumo de los ensilajes y la presencia de ácido butírico, lo cual ratifica la universalidad de este proceso indeseable.

El sistema de evaluación II demostró ser un criterio sensible, capaz de diferenciar los efectos de los tratamientos sobre la calidad final de los ensilajes, no presentando contradicciones en términos generales con el sistema de evaluación I, a pesar de enfocar la clasificación de los ensilajes desde otros puntos de vista, por lo que podemos considerar que ambos sistemas se complementan, aunque el último sistema empleado presenta las ventajas de una mayor precisión y factibilidad de utilización.

Como ambos sistemas fueron creados bajo consideraciones teóricas y teniendo en cuenta que el objetivo final de esta tesis, es encontrar nuevos conservantes para mejorar la calidad de los ensilajes tropicales, se optó por corroborar los resultados obtenidos en pruebas de metabolismo con carneros, donde a la vez que se evaluarán la efectividad de los conservantes, se pudiera determinar la correspondencia del sistema II en ensilajes confeccionados a una escala mayor.

CAPÍTULO 4. EFECTO DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS EN EL CONSUMO Y LA DIGESTIBILIDAD DE CUATRO GRAMÍNEAS TROPICALES CONSERVADAS COMO ENSILAJE

Introducción

En el capítulo precedente se determinaron los aditivos efectivos para mejorar la calidad fermentativa de los ensilajes, utilizando para ello el sistema de evaluación II, desarrollado a partir de estudios teóricos de los principales sistemas de evaluación establecidos para los ensilajes templados y tropicales. Sin embargo, este sistema no había sido validado en silos de mayor dimensión, ni con animales.

Los objetivos de este capítulo fueron estudiar la acción de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los principales nutrimentos de cuatro gramíneas tropicales y determinar la correspondencia entre los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio que se aplican en el sistema de evaluación II, con los resultados obtenidos directamente con animales.

Parte. 1. Determinación del efecto de los aditivos químicos sobre el consumo y la digestibilidad de los nutrientes en los ensilajes tropicales

Materiales y métodos

Tratamientos y diseño

En este capítulo se realizaron cuatro experimentos utilizando las gramíneas estudiadas en los experimentos anteriores, guinea likoni, king grass, bermuda cruzada-1 y pangola.

Los tratamientos estudiados fueron seleccionados entre los que mejores resultados mostraron en el capítulo 3.

- a) Para la hierba guinea likoni
 1. Ensilajes con 4 kg/t de ácido benzoico
 2. Ensilajes con 1 kg/t de nitrito de sodio
 3. Ensilajes con 3 kg/t de ácido salicílico
- b) Para el king grass
 1. Ensilajes con 3 kg/t de ácido benzoico
 2. Ensilajes con 1,5 kg/t de ácido salicílico
 3. Ensilajes con 3,32 kg/t de ácido fórmico
- c) Para la bermuda cruzada-1
 1. Ensilajes con 3 kg/t de ácido benzoico
 2. Ensilajes con 1,5 kg/t de ácido salicílico
 3. Ensilajes con 3,32 kg/t de ácido fórmico
- d) Para la pangola
 1. Ensilajes con 3 kg/t de ácido benzoico
 2. Ensilajes con 1,5 kg/t de ácido salicílico
 3. Ensilajes con 3,32 kg/t de ácido fórmico

Todos los forrajes conservados tuvieron dos ensilajes de referencia, uno sin aditivo y otro 40 kg de miel final de caña de azúcar por tonelada de forraje.

Cada tratamiento estudiado constó al menos de cuatro silos como réplica.

El diseño experimental para la determinación del consumo y la digestibilidad de los nutrimentos fue un bloque al azar, se emplearon 5 carneros, con un período pre-experimental de adaptación de 5 días y 5 días de medición.

Los ensilajes se muestrearon, tanto durante los períodos de adaptación como los períodos de medición, se tomaron muestras frescas para la determinación de NH₃, pH, ácidos orgánicos y materia seca.

En el caso del king grass y la bermuda cruzada-1 se efectuaron evaluaciones de consumo y digestibilidad en el forraje antes de ser conservados para tomar sus valores como referencia.

La masa verde empleada en la confección de los ensilajes se tomaron de parcelas ya establecidas de 1 ha, las que fueron fertilizadas con 60 kg de N/ha/corte.

Capítulo 4. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de cuatro gramíneas tropicales conservadas como ensilaje

La edad de corte utilizada para los pastos rastreros y macollosos fue de 6 semanas de rebrote mientras que para el king grass se empleó 10 semanas.

La época de fabricación de los ensilajes se situó entre los meses de junio a julio excepto en la guinea likoni que se realizó a mediados de octubre por dificultades con la disponibilidad de material.

Los silos experimentales utilizados fueron tubos de concreto de 200 kg de masa verde de capacidad, recubiertos interiormente de polietileno negro, con tapas de hormigón con un peso de aproximadamente 40 kg.

Todos los forrajes se trocearon hasta lograr partículas no mayores de 2 cm antes de ser introducidos en los silos, compactándose adecuadamente el material.

Los ensilajes se evaluaron a partir de los 60 días de confeccionados.

Los animales recibieron dos comidas diarias, una por la mañana y otra por la tarde, con un 10% por encima del consumo del día anterior.

Se realizó diariamente antes del suministro del nuevo alimento, la recolección total de heces fecales excretadas y el residuo de ensilajes no consumidos por los animales.

Las técnicas de análisis para el NH_3 y el pH, la materia seca y los ácidos orgánicos fueron las descritas en el capítulo 3.

La proteína bruta se determinó en fresco para los ensilajes y sobre una muestra seca y molida en los forrajes, según el método Kheldaj (AOAC, 1965) y materia orgánica por diferencia de la ceniza bruta (AOAC, 1965).

Para determinar la efectividad de los aditivos se utilizó el sistema de evaluación II, aunque se introdujo una modificación en el mismo, dado que se poseían los valores reales de consumo, otorgándose la puntuación de acuerdo a estos valores y no por la ecuación de estimación. También para la discusión general de aquellos indicadores no incluidos en el sistema como la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), digestibilidad de proteína bruta (DPB) y digestibilidad de la fibra bruta (DFB), se tuvo en cuenta la significación estadística de cada uno de ellos, según la prueba de Duncan (1955) como décima de comparación múltiple.

Resultados

a) Guinea likoni

En la tabla 58 se muestra la composición química del forraje y los ensilajes con guinea likoni.

Tabla 58. Composición química del forraje y los ensilajes de guinea likoni.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	MS (%)	PB (% MS)	FB (% MS)	MO (% MS)	pH	N-NH ₃ /N _t (%)	Ácido láctico (% MS)	Ácido acético (% MS)	Ácido butírico (% MS)
Forraje	-	36,80	8,00	28,60	85,17					
Ensilaje sin aditivo	-	34,30	5,52	28,29	85,65	5,0	9,54	2,08	0,78	0
Ácido salicílico	2	36,25	6,88	28,00	87,41	4,7	7,46	3,37	1,19	0
Ácido benzoico	4	35,45	7,83	28,38	85,65	5,0	6,42	2,24	1,42	0
Nitrito de sodio	1	37,80	7,47	28,57	85,70	4,6	8,17	5,94	1,56	0
Miel	40	42,70	6,95	28,63	84,11	4,5	7,70	3,98	1,71	0

La materia seca (MS) de los ensilajes varió poco con respecto a la del forraje, excepto para el tratamiento con miel que tendió a incrementarse.

La proteína bruta (PB) presentó una tendencia degradativa, siendo menos acentuada en los tratamientos con ácido benzoico y nitrito de sodio. La fibra bruta (FB) y la materia orgánica (MO) tuvieron poca variación por efecto de la conservación.

El pH puede considerarse elevado, pero ello viene dado por el alto contenido de MS en los ensilajes, pues el N-NH₃/N_t tuvo valores bajos, mientras que el ácido butírico no estuvo presente en los mismos. Los ensilajes conservados con ácido benzoico no mostraron diferencias para este indicador con respecto a los ensilajes sin aditivo.

Las concentraciones de ácido láctico se vieron estimuladas por uno de los aditivos, especialmente con el nitrito de sodio y el ácido salicílico. Los aditivos también estimularon la producción de ácido acético, no presentando grandes diferencias entre sí.

Capítulo 4. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de cuatro gramíneas tropicales conservadas como ensilaje

En la tabla 59 se muestran los resultados encontrados en las mediciones efectuadas con los animales donde no se encontraron diferencias significativas en el consumo de los ensilajes cuando se emplearon conservantes, aunque todos fueron más consumidos que el ensilaje control, aproximadamente en un 20%.

Tabla 59. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrientes en ensilajes tropicales de guinea likoni.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	Consumo g/kg P ^{0,75}	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)
Nitrito de sodio	1	78,87 ^a	63,46 ^b	58,32 ^{ab}	68,30 ^{bc}
Ácido benzoico	4	79,22 ^a	57,45 ^c	53,18 ^b	71,03 ^{bc}
Ácido salicílico	2	79,34 ^a	64,55 ^{ab}	57,11 ^{ab}	73,57 ^{ab}
Miel	40	80,54 ^a	70,00 ^a	59,00 ^a	77,78 ^a
Sin aditivo	-	66,00 ^b	61,44 ^b	45,56 ^c	66,56 ^c
ES \bar{X}		2,68	1,53	1,73	1,73
Sig.		*	**	***	***

a,b,c Valores con superíndices no comunes difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

*P<0,05

**P<0,01

***P<0,001

Los tratamientos que mejor DMO presentaron fueron los ensilajes con miel y ácido salicílico, aunque este último no difirió de los ensilajes con nitrito de sodio sin aditivo, siendo el ensilaje con ácido benzoico el que presentó menor DMO.

Los tratamientos que mejor DPB presentaron fueron los ensilajes sin aditivos, los cuales difirieron (P<0,01) de todos los tratamientos estudiados. La DPB más elevada se encontró en los ensilajes confeccionados con miel y ácido salicílico. Este último no difirió significativamente los tratamientos con ácido benzoico y nitrito de sodio.

Los ensilajes con más baja DFB fueron los del tratamiento sin aditivo.

b) King grass

En la tabla 60 se muestran la composición química del forraje y los ensilajes confeccionados para el experimento con king grass.

Tabla 60. Composición química del forraje y los ensilajes del king grass.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	MS (%)	PB (% MS)	FB (% MS)	MO (% MS)	pH	N-NH ₃ /N _t (%)	Ácido láctico (% MS)	Ácido acético (% MS)	Ácido butírico (% MS)
Forraje	-	19,70	8,00	31,32	87,50					
Ensilaje sin aditivo	-	20,92	7,53	39,70	89,93	4,4	18,27	2,51	2,32	3,68
Ácido salicílico	1,5	22,08	7,13	35,28	87,66	4,1	18,22	3,41	1,73	1,74
Ácido benzoico	3	22,53	7,60	35,70	88,11	4,4	17,10	3,20	2,28	1,50
Ácido fórmico	3,33	22,48	7,99	38,62	89,27	4,1	15,14	3,87	1,88	1,39
Miel	40	22,51	7,75	34,59	90,05	4,1	20,40	5,58	2,61	1,34

La MS de los ensilajes tendió a incrementarse con respecto a la original del forraje, excepto para el tratamiento sin aditivo que prácticamente no varió.

La PB presentó una tendencia degradativa en todos los casos, aunque para el tratamiento con ácido fórmico y miel final, las variaciones fueron mínimas.

La FB y MO tendieron a incrementarse con respecto a los tenores que presentó el forraje.

El uso de conservante favoreció la disminución del pH en los ensilajes con respecto a los ensilajes sin aditivos.

El N-NH₃/N_t fue elevado en todos los casos, aunque en los ensilajes con ácido fórmico tendió a disminuir.

Todos los aditivos incrementaron las concentraciones de ácido láctico, destacándose en este aspecto la miel final. Las concentraciones de ácido acético disminuyeron cuando se utilizaron el ácido salicílico y el ácido fórmico como conservantes, no encontrándose grandes diferencias entre el resto de los tratamientos y los ensilajes control en este indicador.

Capítulo 4. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de cuatro gramíneas tropicales conservadas como ensilaje

Todos los aditivos tendieron a controlar las fermentaciones butíricas, aunque su efectividad no fue total.

En la tabla 61 se muestran los resultados encontrados en las mediciones efectuadas con carneros, donde se puede apreciar que no se encontraron diferencias significativas en el consumo de los ensilajes estudiados, independientemente del uso o no de conservantes.

Tabla 61. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrientes en ensilajes tropicales de king grass.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	Consumo g/kg P ^{0,75}	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)
Forraje verde	-	61,80 ^a	66,23 ^a	65,23 ^a	64,78 ^a
Ácido benzoico	3	41,92 ^b	56,19 ^{cd}	64,99 ^a	58,83 ^b
Ácido salicílico	1,5	44,03 ^b	60,71 ^b	62,75 ^{ab}	65,32 ^a
Ácido fórmico	3,33	43,07 ^b	60,01 ^{bc}	65,26 ^a	68,24 ^a
Miel	40	43,57 ^b	63,03 ^b	60,26 ^b	67,80 ^a
Sin aditivo	-	43,38 ^b	53,94 ^d	62,35 ^b	66,21 ^a
ES \bar{X}		2,16	1,42	0,96	1,84
Sig.		***	***	**	**

a,b,c,d Valores con superíndices no comunes difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

**P<0,01

***P<0,001

En general, los ensilajes fueron consumidos un 30% menos que el forraje que le dio origen.

Los ensilajes que mejor DMO presentaron fueron los que se conservaron con miel final, los cuales no difirieron de la DMO del forraje verde. Estos ensilajes a su vez no difirieron de los tratamientos con ácido salicílico y ácido fórmico.

El tratamiento con peor comportamiento en este indicador fue el control, el cual no difirió estadísticamente de los ensilajes con ácido benzoico.

En la DPB, los ensilajes confeccionados con ácido fórmico, ácido salicílico y ácido benzoico, mostraron valores similares a los encontrados para el forraje verde, mientras que los tratamientos con miel y sin aditivo resultaron estadísticamente más bajos.

La DFB no presentó variaciones por efecto de conservación, ni por el uso de aditivos con respecto al forraje verde, excepto para el tratamiento con ácido benzoico que fue significativamente inferior (P<0,01).

c) Bermuda cruzada-1

En la tabla 62 se muestra la composición química del forraje y los ensilajes confeccionados con bermuda cruzada-1.

Tabla 62. Composición química del forraje y los ensilajes de bermuda cruzada-1.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	MS (%)	PB (% MS)	FB (% MS)	MO (% MS)	pH	N-NH ₃ /N _t (%)	Ácido láctico (% MS)	Ácido acético (% MS)	Ácido butírico (% MS)
Forraje	-	26,30	10,30	31,57	92,79					
Ensilaje sin aditivo	-	24,23	9,80	30,58	91,25	3,4	1,81	5,89	3,49	0
Ácido salicílico	1	25,64	10,17	30,63	91,01	3,6	1,07	4,10	3,10	0
Ácido benzoico	3	25,07	10,17	30,03	91,31	3,4	1,70	4,67	3,05	0
Ácido fórmico	3,66	25,60	10,25	29,65	91,36	3,4	1,02	3,82	3,47	0
Miel	40	25,42	9,73	32,02	93,34	3,4	1,98	4,62	3,54	0

La MS de los ensilajes presentó poca variación con respecto a la del forraje original, excepto para el tratamiento sin aditivo, donde se encontraron los por cientos más bajos.

La PB prácticamente no tuvo variaciones producto del proceso fermentativo, excepto para los tratamientos sin aditivo y con miel cuyos valores fueron más bajos.

No se encontraron grandes diferencias entre los valores del forraje y los ensilajes para la FB y MO.

Todos los ensilajes tuvieron un pH bajo y un % N-NH₃/N_t excelente.

Capítulo 4. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de cuatro gramíneas tropicales conservadas como ensilaje

Las concentraciones de ácido láctico no presentaron grandes diferencias entre los distintos tratamientos sin aditivo el de mayores concentraciones en este indicador.

El ácido acético presentó concentraciones elevadas, sin grandes diferencias entre tratamientos.

No se detectó ácido butírico en ninguno de los ensilajes estudiados.

En la tabla 63 se muestran los resultados en las mediciones efectuadas con los carneros, donde se pudo apreciar que no se encontraron diferencias significativas en el consumo de forraje verde inicial con respecto a los ensilajes obtenidos con los tratamientos de ácido fórmico y ácido salicílico. Los tratamientos sin aditivos y con miel tampoco difirieron entre sí, resultando los ensilajes confeccionados con ácido benzoico los de menor consumo

Tabla 63. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrimentos en ensilajes tropicales de bermuda cruzada-1.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	Consumo g/kg P ^{0,75}	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)
Forraje verde	-	56,25 ^{ab}	62,19 ^a	67,79 ^a	65,98 ^{cd}
Ácido benzoico	3	43,14 ^d	55,55 ^c	54,85 ^c	60,57 ^c
Ácido salicílico	1	53,07 ^{abc}	58,31 ^b	65,62 ^a	63,81 ^d
Ácido fórmico	3,66	56,29 ^a	62,39 ^a	61,91 ^b	70,08 ^{ab}
Miel	40	48,31 ^c	58,30 ^b	48,53 ^d	67,63 ^{bc}
Sin aditivo	-	51,46 ^{bc}	60,75 ^b	56,73 ^c	70,51 ^a
ES \bar{X}		1,55	0,69	0,76	1,09
Sig.		***	***	***	***

a,b,c,d Valores con superíndices no comunes difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

***P<0,01

Los ensilajes realizados con ácido fórmico y sin aditivo presentaron DMO similares a los encontrados en el forraje verde, aunque los ensilaje control no difirieron desde el punto de vista estadístico con los ensilajes confeccionados con miel y ácido salicílico. El tratamiento con menor DMO fue el ácido benzoico.

Para la DPB, el conservante que mejores valores presentó fue el ácido salicílico, los que no difirieron estadísticamente de los encontrados con forraje verde, siguiendo en orden descendente el tratamiento sin aditivo y ácido benzoico. Los valores más bajos se encontraron en el tratamiento con miel.

En la DFB, los tratamientos sin aditivo, ácido fórmico y miel presentaron valores superiores a los encontrados en el forraje verde, mientras que el tratamiento con ácido salicílico presentó valores estadísticamente similares.

d) Pangola

En la tabla 64 se muestra la composición química del forraje y los ensilajes para la pangola.

Tabla 64. Composición química del forraje y los ensilajes de la pangola.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	MS (%)	PB (% MS)	FB (% MS)	MO (% MS)	pH	N-NH ₃ /N _t (%)	Ácido láctico (% MS)	Ácido acético (% MS)	Ácido butírico (% MS)
Forraje	-	20,50	10,00	30,60	86,70					
Ensilaje sin aditivo	-	22,90	7,97	34,99	90,10	4,6	21,00	2,50	3,44	0,50
Ácido salicílico	2	19,65	9,11	34,17	90,61	4,3	20,50	2,64	2,08	0,73
Ácido benzoico	3	20,97	6,91	33,61	90,08	4,2	18,00	2,44	3,15	0,96
Ácido fórmico	3,33	21,30	9,06	33,57	90,30	4,2	12,10	5,83	2,75	0,13
Miel	40	22,48	6,95	32,14	86,96	3,9	15,62	5,44	2,23	0,00

La MS se vio poco afectada por la conservación, independientemente del uso o no de conservantes. La PB presentó un efecto degradativo en todos los casos, resultando menos acentuado con ácido fórmico y ácido salicílico. La FB y la MO tendieron a incrementarse con respecto al forraje verde.

Con el uso de aditivos, el pH tendió a disminuir, encontrándose los valores más bajos en el tratamiento con miel.

Capítulo 4. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de cuatro gramíneas tropicales conservadas como ensilaje

El $N-NH_3/N_t$ fue elevado en todos los tratamientos estudiados, aunque con el uso de ácido fórmico se logró una disminución de este indicador.

El ácido fórmico y la miel final fueron los aditivos donde mayores concentraciones de ácido láctico se presentaron mientras que el resto de los tratamientos no presentaron grandes diferencias entre sí. Los tratamientos sin aditivo y ácido benzoico resultaron los que mayores concentraciones de ácido acético presentaron.

Ningún conservante logró inhibir completamente las fermentaciones butíricas resultando los más efectivos, la miel y el ácido fórmico.

En la tabla 65 se muestran las mediciones efectuadas en carneros. El conservante que mejor consumo promovió en los ensilajes fue la miel final. Los tratamientos control y con ácido fórmico, no difirieron entre sí, los cuales resultaron superiores al ácido salicílico y el ácido benzoico, que fueron los de menores consumos.

Tabla 65. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de los nutrimentos en ensilajes tropicales de king grass.

Tratamientos	Dosis (kg/t)	Consumo g/kg $P^{0,75}$	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)
Sin aditivo	-	48,13 ^b	52,14 ^{ab}	46,14 ^b	66,86 ^a
Ácido benzoico	3	36,51 ^c	45,77 ^{cd}	48,27 ^{ab}	61,11 ^b
Ácido salicílico	2	39,70 ^c	49,90 ^b	38,23 ^c	55,27 ^d
Ácido fórmico	3,33	48,32 ^b	51,61 ^{ab}	51,18 ^a	60,60 ^b
Miel	40	54,47 ^a	53,37 ^a	27,87 ^c	58,46 ^c
ES \bar{X}		1,10	0,63	0,83	0,65
Sig.		***	***	***	***

a,b,c,d Valores con superíndices no comunes difieren a $P < 0,05$ (Duncan, 1955)

*** $P < 0,01$

Para la DMO no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sin aditivo, miel y ácido fórmico, mientras que con ácido benzoico y ácido salicílico presentaron valores estadísticamente más bajos.

En la DPB los mejores conservantes fueron el ácido fórmico y el ácido benzoico y los de menores valores, el ácido salicílico y la miel presentando los ensilajes sin aditivo valores intermedios.

Los mayores valores se encontraron para los ensilajes confeccionados con ácido salicílico.

Los ensilajes con DFB más elevados fueron los que se confeccionaron sin aditivo seguidos en orden descendente los ensilajes con ácido fórmico y ácido benzoico. Los ensilajes con menores DFB fueron los confeccionados con ácido salicílico encontrándose valores intermedios en los confeccionados con miel como conservante. Los ensilajes donde se utilizó ácido fórmico y ácido benzoico no difirieron entre sí, ni resultando inferiores a los ensilajes sin aditivo.

Determinación de los mejores aditivos en los ensilajes

La puntuación y clasificación de los ensilajes se muestran en la tabla 66.

Cuando se toma como referencia a los ensilajes sin aditivo, tenemos que para la guinea likoni, todos los conservantes indujeron mejores puntuaciones, destacándose el ácido benzoico que alcanzó el máximo de puntos. Sin embargo, no se detectaron diferencias en la clasificación de los mismos.

Los ensilajes de king grass conservados con ácido fórmico resultando los que mayor puntuación y clasificación, mientras que el ácido benzoico y el ácido salicílico superaron en puntuación a los ensilajes sin aditivo y miel, los cuales no se diferenciaron entre ellos. De acuerdo a la clasificación solo el ácido fórmico fue superior al resto de los tratamientos.

En la bermuda cruzada-1, los ensilajes conservados con ácido fórmico y ácido salicílico fueron los de mayor puntuación y mejor clasificación, no detectándose diferencias entre el resto de los tratamientos estudiados.

Los ensilajes conservados con miel final, presentaron las mejores puntuaciones y clasificaciones en la pangola, siguiéndole en orden descendente, el ácido fórmico. No se encontró diferencias en la puntuación para los ensilajes conservados con ácido benzoico y sin aditivos, resultando los ensilajes del tratamiento con ácido salicílico los de menor puntuación. Sin embargo, estos tres últimos tratamientos no presentaron diferencias en la clasificación.

Tabla 66. Aplicación del sistema de evaluación II para los ensilajes estudiados en el capítulo 4 según los valores de consumo reales.

	Ácido butírico (g/kg MS)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t	Puntuación	Consumo g MS/kg P ^{0,75}	Puntuación	Total de puntos	Clasificación
Guinea likoni								
Sin aditivo	0	5	9,54	4	66,00	4	13	E
Ácido salicílico	0	5	7,46	4	79,34	5	14	E
Ácido benzoico	0	5	6,46	5	79,22	5	15	E
Nitrito de sodio	0	5	8,17	4	78,87	5	14	E
Miel	0	5	7,70	4	80,54	5	14	E
King grass								
Sin aditivo	36,8	1	18,27	2	43,38	2	5	M
Ácido salicílico	17,4	2	18,22	2	44,03	2	6	M
Ácido benzoico	15,0	2	17,10	2	41,92	1	5	M
Nitrito de sodio	13,9	2	15,14	3	43,07	2	7	S
Miel	13,4	2	20,40	1	43,57	2	5	M
Bermuda cruzada-1								
Sin aditivo	0	5	1,81	5	51,46	2	12	B
Ácido salicílico	0	5	2,07	5	53,07	3	13	E
Ácido benzoico	0	5	1,70	5	43,14	2	12	B
Nitrito de sodio	0	5	1,02	5	56,29	3	13	E
Miel	0	5	1,98	5	48,31	2	12	B
Pangola								
Sin aditivo	5,0	3	21,00	1	48,13	2	6	M
Ácido salicílico	7,3	3	20,50	1	39,70	1	5	M
Ácido benzoico	9,6	3	18,00	2	36,71	1	6	M
Nitrito de sodio	1,3	4	12,10	3	48,32	2	9	S
Miel	0,9	5	15,62	3	54,47	3	11	S

E Excelente B Bueno S Satisfactorio

M Mediocre

Discusión

El valor nutritivo de un alimento es una función del consumo de la digestibilidad de los nutrientes y de la eficiencia con que se utilicen estos últimos (Wernli, 1975).

Sobre estos indicadores precisamente, son donde el uso de conservantes debe demostrar sus ventajas.

Desde el punto de vista de la conservación, existe otro indicador importante también, las variaciones que se producen en el valor nutritivo del ensilaje con respecto al forraje que le dio origen.

En esta tesis, aunque solo se realizó esta comparación con dos pastos podemos considerarlos como representativos de los procesos que ocurren generalmente en la práctica.

Así, los ensilajes de king grass se consumieron como promedio un 33% menos que el forraje verde inicial. Este valor coincide con la variación media de ensilajes templados informados por Demarquilly (1973), aunque la amplitud encontrada por este autor oscila desde 1 hasta 67%, lo que da una idea de la complejidad del problema. Sin embargo en los ensilajes de bermuda cruzada-1, con el empleo de ácido fórmico y ácido salicílico, esta variación fue mala estadísticamente.

Como factores que influyeron en los bajos consumos, Demarquilly y Dulphy (1977) señalan cuatro modificaciones principales en los ensilajes con respecto a los forrajes.

1. Producción de ácidos orgánicos por fermentaciones de los azúcares solubles, aminoácidos y ácidos orgánicos de la planta.
2. Ruptura de las proteínas de las plantas en compuestos nitrogenados no proteicos, tales como aminoácidos libres, amoníaco y aminas.
3. Incrementos pasivos de los carbohidratos estructurales.
4. Modificaciones en la estructura del forraje por el troceado, la compactación y la fermentación en el silo.

Los dos primeros aspectos son precisamente donde los aditivos pueden actuar positivamente reduciendo las fermentaciones y la ruptura de las proteínas, ya que los otros dos son inherentes al proceso.

La presencia de ácido butírico y de las altas proporciones de N-NH₃/N_t ha sido señalado por Wernli (1975) como índice de malas fermentaciones y como depresores del consumo, aunque estudios más recientes demuestran que más que estos compuestos en sí, son la presencia de otros compuestos que acompañan la formación de los mismos, los que deprimen el consumo (Wilkins, 1978). Estos factores confluyen en los ensilajes de king grass, lo cual pudiera explicar en parte la disminución del consumo.

A pesar de los mecanismos que regulan el apetito de los rumiantes son bien conocidos, en el caso de los ensilajes todavía existen aspectos que permanecen sin explicar. Desde el punto de vista práctico se han señalado la materia seca, la calidad de la fermentación y el troceado como los más importantes (Dulphy, 1980).

Demarquilly y Dulphy (1977) señalaron otro factor adicional, el contenido de proteína bruta cuando es inferior al 8%.

La relación entre el consumo y el contenido de materia seca ha sido establecida por diversos autores (Esperance, 1982; Dulphy y Demarquilly, 1981). Todos coinciden en señalar en que a medida que este indicador se incrementa lo hace también el consumo.

Thomas, Moore, Okamoto y Syres (1961), no encontraron afectaciones en el consumo de los ensilajes cuando les agregaron agua directamente, lo que indica que no es el agua *per se* sino las fermentaciones que se producen cuando el contenido de humedad es alto.

Muchos estudios han demostrado que cuando el forraje es presecado, la intensidad de fermentación se ve reducida considerablemente, siendo esta inclusive de mejor calidad que la correspondiente a la de los ensilajes no presecados (Marsh, 1979; Donaldson y Edwards, 1977), lográndose por tanto un mayor consumo.

Estos factores se conjugaron en nuestro estudio en los ensilajes de guinea likoni, donde los consumos resultaron elevados con respecto a la media de 47,5 g MS/kg P^{0,75} que normalmente se obtienen en los ensilajes tropicales (Esperance, 1982).

Los incrementos encontrados en el consumo de los ensilajes cuando se utilizaron conservantes, están asociados a las mejores fermentaciones que ellos inducen, como es el caso de los ensilajes confeccionados con ácido fórmico, nitrito de sodio y ácido salicílico (Wilkins, 1978; Wilkinson, Wilson y Barry, 1976).

De los aditivos estudiados en esta tesis, el ácido fórmico es el más difundido y utilizado en la actualidad (Barry, Wilkinson y Wilkins, 1977; Jarrige, Demarquilly y Dulphy, 1981). Por sus características acidificantes y bactericidas, reduce la proteólisis y la actividad de las bacterias clostrídicas, lo que hacen que este conservante sea considerado como el mejor que se dispone actualmente (Saue y Breirem, 1969; Dulphy, 1980).

El nitrito de sodio como aditivo para los ensilajes comercialmente no se utiliza solo sino combinado con otros bacteriostáticos como en el aditivo Kofa o con nexamina (Arnould, 1981), señalándose buenos resultados, lo cual coincide con los encontrados por nosotros.

El ácido salicílico ha encontrado menos difusión que los conservantes anteriormente citados, aunque ya desde principios de siglo se conocen sus propiedades como aditivo (Watson y Nash, 1960).

Sin embargo, sus resultados no fueron tan consistentes como el ácido fórmico, sobre todo en la pangola donde se mostró muy ineficiente.

El ácido benzoico mostró desde el punto de vista nutricional ser negativo. En todos los ensilajes presentó tendencia a disminuir el consumo, disminución que no se corresponde con la calidad fermentativa de los ensilajes.

Por sus características de ser un bacteriostático fuerte, nos hace suponer que este aditivo provoque un efecto análogo al formaldehído cuando se utiliza en alta dosis, el cual produce una disminución de la actividad bacteriana ruminal (Brown y Valentine, 1972; Wilkins, Wilson y Cook, 1974).

La miel final como conservante demostró ser un aditivo, particularmente efectivo en la pangola, lo cual coincide con lo sugerido por Ojeda y Cáceres (1982), en lo que a consumo se refiere. En el resto de los ensilajes estudiados siempre resultó inferior o igual al ácido fórmico, lo que permite afirmar que más importante que la adición de carbohidratos fermentables, es lograr una fermentación eficiente.

La digestibilidad de la materia orgánica está considerada como un indicador capaz de reflejar la calidad de la conservación, pues esta solo se ve disminuida cuando la preservación es deficiente o se producen pérdidas de constituyentes solubles en los efluentes (Demarquilly y Dulphy, 1977).

Siguiendo este principio tenemos que ninguno de los aditivos resultó efectivo en los ensilajes de king grass, mientras que el ácido fórmico lo fue en la bermuda cruzada-1.

Para los otros ensilajes estudiados, donde se determinaron los valores de DMO en el forraje verde inicial, este indicador tiene solamente un valor relativo entre ellos para estimar la eficiencia de la conservación, resultando la miel y el ácido salicílico para la guinea likoni y la miel en la pangola, los más eficientes.

Los resultados obtenidos para la DPB en esta tesis deben ser tomados en cuenta con precaución, porque más importante que la digestibilidad aparente de la proteína bruta, es la retención de nitrógeno que pueden realizar los animales.

La proteína bruta transformada en compuestos solubles es fácilmente absorbida en el tracto digestivo de los rumiantes, haciendo que solo pequeña parte de nitrógeno total consumido sea expulsado en las heces fecales, mientras que la mayor parte puede ser eliminada en la orina en forma de urea. Esto conlleva en muchos casos cuando no se hace un balance completo del nitrógeno, que los ensilajes con peor conservación tengan una digestibilidad mayor (Zelter, Gouet, Tisserand, Duatand, Fatianoff, Bousset y Puech, 1967), aunque estos resultados son muy variables (Demarquilly, 198). Este mismo autor (Demarquilly, 1973), encontró que el valor obtenido para este indicador está relacionado con el contenido de proteína bruta de los ensilajes, lo que ratifica la poca sensibilidad como criterio de evaluación.

Por otra parte, está bien establecido que el uso de aditivos mejora la retención del nitrógeno y sobre todo en el caso del ácido fórmico que ha sido el más estudiado (Grenet y Demarquilly, 1982; Durand, Zelter y Tisserand, 1968).

Esperance, Ojeda y Cáceres (1983) encontraron una mejor retención del nitrógeno en los ensilajes de pangola tratados con ácido fórmico, que cuando este pasto se conservó con miel final, lo cual ratifica la importancia de emplear aditivos eficientes.

Desafortunadamente en nuestros estudios no se pudieron tomar muestras de orine para realizar los balance de nitrógeno, pero podemos suponer que este efecto se mantuvo.

La tendencia encontrada en la digestibilidad de la fibra bruta no siguió una tendencia homogénea.

Demarquilly (1973) atribuye estas fluctuaciones cuando son positivas a cambios en la composición de la fibra bruta por la acción hidrolizante de las bacterias y de los ácidos formados, o a una mayor permanencia del ensilaje dentro del rumen y cuando son negativas a malas fermentaciones que deprimen considerablemente el consumo.

En el caso de los ensilajes tratados con ácido benzoico, donde la tendencia fue ser inferior con respecto al resto de los tratamientos, podemos atribuirle a una fuerte acción bacteriostática de este aditivo.

En la determinación de los mejores aditivos, de acuerdo con el sistema de evaluación II, encontramos un aspecto de importancia, la clasificación de los ensilajes al enmarcarse dentro de un rango de puntuaciones, es menos sensible que la puntuación individual. Esto nos indica que dentro de una misma clasificación se pueden encontrar gradientes de calidad. Hasta que punto ello promueve diferencias dentro de la respuesta animal deberá ser objeto de estudios posteriores.

El aditivo que mostró resultados más consistentes, mejorando la calidad de los ensilajes, fue el ácido fórmico, lo cual coincide con lo indicado por diversos autores de países templados (Demarquilly, 1982; Wilkins, 1978 y Wilkinson, 1980). Sin embargo, cada pasto presentó sus particularidades en la respuesta a los conservantes, por lo que nos hace suponer que en la efectividad de los conservantes intervienen factores propios inherentes al pasto conservado en sí.

Marsh (1969) argumenta que en la medida que se incrementa el contenido de materia seca de los ensilajes, menos respuestas se encuentran al uso de los conservantes, ya que el control que ejerce en las fermentaciones indeseables hace posible prescindir de los mismos. Este puede ser el caso de los ensilajes de guinea likoni, donde prácticamente no se encontraron diferencias entre los aditivos.

En la bermuda cruzada-1, la acción de los conservantes se hace más evidente, pues aunque los ensilajes control y con miel son de buena calidad, esta se incrementa cuando se utiliza ácido fórmico y ácido salicílico. Este incremento estuvo determinado fundamentalmente, por un mayor consumo de los ensilajes, lo cual puede atribuirse a que no se encontró para ningún tratamiento ácido butírico y las concentraciones de $N-NH_3/N_t$ (%) fueron en todos los casos bajos. Esto nos hace pensar en una restricción de las fermentaciones como un todo por parte de estos dos conservantes, o de una baja concentración de ácido acético (tabla 63) factores señalados por Demarquilly (1973) como influyentes en el consumo de los ensilajes. Los otros aditivos estudiados, ácido benzoico y miel, no mostraron diferencias notables con respecto a los ensilajes control, lo cual se reflejó en su puntuación general y en la clasificación.

Para los ensilajes de pangola, dos conservantes hicieron patentes su efectividad, la miel final y el ácido fórmico. Ambos disminuyeron las concentraciones de ácido butírico y el $N-NH_3/N_t$ en los ensilajes, como índice de una mejor fermentación.

Estas reducciones actuaron más favorablemente en los ensilajes conservados con miel, donde se obtuvieron los mayores consumos. Este efecto coincide con lo indicado por Ojeda y Cáceres (1982) para ensilajes de este pasto. Sin embargo, no se corresponde con otros experimentos realizados por Esperance, Ojeda y Cáceres (1983) donde los ensilajes conservados con ácidos fórmico aventajaron en consumo a los confeccionados con miel.

No obstante, ambos conservantes promovieron mejores calidades en los ensilajes que el ácido benzoico y el ácido salicílico, los cuales presentaron valores muy similares a los ensilajes control.

Con los ensilajes de king grass, el único conservante que manifestó efectividad fue el ácido fórmico, el cual al disminuir en $N-NH_3/N_t$ (%), alcanzó los ensilajes una mejor clasificación que el resto de los tratamientos.

McCulloch (1978a) señala que cuando el contenido de materia seca de los forrajes conservados es bajo, los conservantes acidificantes resultan más efectivos por inhibir de una forma más rápida la actividad enzimática y microbiana de los ensilajes, en contrapartida con los otros tipos de conservantes donde esta acción la deben realizar los microorganismos lácticos, lo cual se produce más lentamente.

El resto de los conservantes no lograron incrementar de forma notable la calidad de los ensilajes, presentando solo restricciones parciales en las fermentaciones butílicas, resultando prácticamente nulos en los % de $N-NH_3/N_t$.

De acuerdo a los resultados aquí discutidos, se puede afirmar que existe correspondencia entre los conservantes encontrados como mejores para cada pasto estudiado y los seleccionados de acuerdo con el

sistema de evaluación II, aunque esta afirmación será objeto de una comprobación matemática en la segunda parte de este capítulo.

Aunque en los objetivos de esta tesis, no se previeron realizar estudios económicos dado el carácter básico de la misma, consideramos necesario, una vez conocidos los potenciales de efectividad de los conservantes, aportar algunos elementos de sus costos y las áreas de adquisición con el propósito de aportar criterios que permitan valorar sus posibilidades de utilización en la fabricación de ensilajes a nivel de producción.

Para ello se tomaron los precios registrados por el CEP (1981), en el Listado Oficial de Precios, actualizados con especialistas del CEATM Nacional, estando todos los precios referidos a tonelada métrica como unidad de medida.

Los ácidos clorhídrico y sulfúrico son de producción nacional y son conservantes con bajos costos (\$134.00 y \$60.00 pesos, respectivamente), por lo que sus aplicaciones no encarecerían notablemente la tonelada de ensilajes producidos; sin embargo, como ellos son altamente corrosivos, no resultan inofensivos para los equipos y demás maquinarias que se emplean durante la fabricación de los ensilajes, contribuyendo a una más rápida oxidación y deterioración de las mismas.

Estos inconvenientes se atenúan cuando se emplean ácidos orgánicos, en su condición de ácidos más débiles, pero la acción corrosiva se mantiene.

Los costos de adquisición de los ácidos fórmico y propiónico son más elevados (\$321.60 y \$650.00, respectivamente), resultando el más competitivo el ácido fórmico, pudiéndose adquirir ambos en el área socialista, lo cual facilita su compra.

Otra cuestión a tener en cuenta en el momento de evaluar estos conservantes es la dificultad que presentan en su manipulación, sobre todo en estado puro, por el riesgo que conllevan para el personal que los trabaja. Estos problemas se han minimizado con el uso de clasificadores especiales acoplados a la silocosechadora, ahorrando además maquinaria adicional para su inclusión en los ensilajes.

De los conservantes bacteriostáticos, el nitrito de sodio es el aditivo con menos precio (\$99.00), presentando la ventaja de poderse adquirir en el área socialista.

El ácido benzoico, aparte de ser reconocido por sus efectos depresivos sobre el valor nutritivo de los ensilajes, su precio en el mercado es muy elevado (\$850.00).

El ácido salicílico también presenta un precio que lo hace poco competitivo (\$960.00).

Estos dos últimos conservantes tienen el agravante que su adquisición se realiza en mercados capitalistas.

El sulfito de sodio además de su alto costo (\$490.00), no presentó buenas respuestas como conservante, por lo que no parece tener interés de utilización.

La mayor ventaja de los conservantes bacteriostáticos sobre los anteriores aditivos estudiados radica en que son más fáciles de almacenar y transportar; sin embargo, son más difíciles de distribuir dentro del forraje durante la fabricación de los ensilajes, por lo que se necesita de una asperjadota acoplada a la silocosechadora para lograr una correcta homogenización.

Parte 2. Validación del sistema de evaluación II

Materiales y métodos

La validación del sistema de evaluación II se desarrolló sobre la base de comparar los resultados obtenidos en los ensilajes estudiados en este capítulo con los valores que predice el sistema a través de los indicadores bioquímicos.

Para ello se determinaron las correspondencias entre el consumo real y el consumo estimado, entre la puntuación general obtenida mediante los resultados reales y entre la clasificación de los ensilajes de acuerdo con los valores reales y la clasificación según los valores estimados, mediante ecuaciones de regresión lineal.

Para poder establecer la regresión entre las clasificaciones, se adoptó la siguiente equivalencia numérica en puntos: (5) excelente; (4) bueno; (3) satisfactorio; (2) mediocre y (1) muy malos.

Los valores incluyeron todos los ensilajes estudiados, los cuales se muestran en las tablas 66 y 67.

Resultados

Al comparar los consumos reales obtenidos en los ensilajes con los estimados por la ecuación de predicción empleada en el sistema de evaluación II, encontramos la ecuación siguiente:

$$\text{Consumo real} = -10,209 + 1,048 \text{ Consumo estimado} \\ \text{ES } b \pm 0,117 \quad r^2 = 0,85^{***} \quad P < 0,001^{***}$$

El error estándar de estimación fue 6,38 la variación residual resultó válida al 95% con un coeficiente de indeterminación del 15%.

Capítulo 4. Efecto de los aditivos químicos en el consumo y la digestibilidad de cuatro gramíneas tropicales conservadas como ensilaje

Cuando se correlacionaron la puntuación real con la puntuación estimada encontramos la siguiente ecuación:

$$\text{Puntuación real} = -0,532 + 1,016 \text{ Puntuación estimada}$$

$$\text{ES } b \pm 0,041 \quad r^2 = 0,97^{***} \quad P < 0,001^{***}$$

El error estándar de estimación fue 0,62, la variación residual resultó válida al 95% con un coeficiente de indeterminación del 3%.

La correspondencia entre la clasificación general, real y estimada mostró la ecuación siguiente:

$$\text{Clasificación real} = 0,132 + 1,008 \text{ Clasificación estimada}$$

$$\text{ES } b \pm 0,066 \quad r^2 = 0,98^{***} \quad P < 0,001^{***}$$

El error estándar de estimación fue de 0,24, la variación residual fue válida al 99,9% con un coeficiente de determinación del 6%.

Tabla 67. Aplicación del sistema de evaluación II para los ensilajes estudiados en el capítulo 4 según los valores de consumo estimado.

	Ácido butírico (g/kg MS)	Puntuación	N-NH ₃ /N _t	Puntuación	Consumo g MS/kg P ^{0,75}	Puntuación	Total de puntos	Clasificación
Guinea likoni								
Sin aditivo	0	5	9,54	4	64,47	4	13	E
Ácido salicílico	0	5	7,46	4	67,16	4	13	E
Ácido benzoico	0	5	6,46	5	66,60	4	14	E
Nitrito de sodio	0	5	8,17	4	68,72	4	13	E
Miel	0	5	7,70	4	74,56	5	14	E
King grass								
Sin aditivo	36,8	1	18,27	2	34,29	1	4	M
Ácido salicílico	17,4	2	18,22	2	42,14	2	6	M
Ácido benzoico	15,0	2	17,10	2	43,21	2	6	M
Nitrito de sodio	13,9	2	15,14	3	42,82	2	7	S
Miel	13,4	2	20,40	1	44,15	2	5	M
Bermuda cruzada-1								
Sin aditivo	0	5	1,81	5	50,26	2	12	B
Ácido salicílico	0	5	2,07	5	53,00	3	13	E
Ácido benzoico	0	5	1,70	5	51,05	2	12	B
Nitrito de sodio	0	5	1,02	5	58,35	3	13	E
Miel	0	5	1,98	5	51,80	2	12	B
Pangola								
Sin aditivo	5,0	3	21,00	1	46,26	2	6	M
Ácido salicílico	7,3	3	20,50	1	42,29	2	6	M
Ácido benzoico	9,6	3	18,00	2	42,60	2	7	S
Nitrito de sodio	1,3	4	12,10	3	45,93	2	9	S
Miel	0,9	5	15,62	3	48,20	2	10	B

E Excelente B Bueno S Satisfactorio M Mediocre

Discusión

Las ecuaciones desarrolladas no tuvieron como objetivo desarrollar nuevas predicciones, sino solamente ganar criterios sobre la correspondencia de los indicadores medidos, por lo que se puede afirmar que existe una adecuada confiabilidad en los criterios de selección empleados para la determinación de los conservantes de acuerdo al sistema de evaluación II; no solo por las altas correlaciones y significaciones estadísticas encontradas entre los valores calculados y reales, sin o también por los bajos errores estándar de estimación que mostraron.

Por las características de este sistema las fuentes de variación que se encuentra, provienen de la estimación del consumo, por lo que en la medida que se mejora la predicción de este indicador, mejor correspondencia se logra.

La ecuación propuesta en esta tesis presentó un coeficiente de determinación, mayor que la ecuación propuesta por Dulphy y Michalet-Doreau (1981), aunque el número de ensilajes utilizados por estos autores fue muy superior al muestreo, 170 en total, la gama de características fermentativas fue muy amplia.

El sistema de evaluación II, demostró ser fácil de aplicar puesto que los indicadores que intervienen en el, son de uso corriente en los laboratorios. Además su interpretación no es complicada al establecer un rango de categorías bien definidas, confiriéndole a su vez una adecuada sensibilidad.

McCullogh (1978) destaca la atención que presentado en los últimos años, los métodos de evaluación para ensilajes, capaces de señalar no solo el éxito de la conservación, sino también el valor nutritivo del producto ofertado a los animales. Sobre esta óptica fue desarrollado el sistema de evaluación II, lo cual le permitió discriminar los conservantes de una forma más integral, objetivo principal de esta tesis, pero también demostró ser factible de aplicar a cualquier ensilaje, con independencia de la dimensión con que se haya confeccionado, confiriéndole una aplicación más amplia.

CONCLUSIONES

- * En la hierba de guinea cv. Likoni, los ácidos minerales y los ácidos orgánicos resultaron ineficientes a las dosis estudiadas en esta tesis, al no controlar adecuadamente la formación de ácido butírico y de nitrógeno amoniacal. Los aditivos bacteriostáticos, excepto el sulfito de sodio, promovieron las mejores fermentaciones. Las dosis encontradas como óptimas fueron: 4 kg/t para el ácido benzoico, 1 kg/t para el nitrito de sodio y 2 kg/t para el ácido salicílico.
- * El king grass, presentó tendencias a producir ensilajes con fermentaciones butíricas. Sin embargo, cuando se conservó con 2,72 kg/t de ácido sulfúrico, 14,2 kg/t de preparado AAZ combinado con 10 kg/t de miel final, 1,5 kg/t de ácido salicílico, 3 kg/t de ácido benzoico, 3,5 kg/t de ácido fórmico y 6 kg/t de ácido fórmico + ácido propiónico, se logró una reducción importante de las concentraciones de ácido butírico y del nitrógeno-amoniacal.
- * La bermuda cruzada-1, se mostró como un pasto con buenas características para ser conservada, por presentar los ensilajes bajas concentraciones de ácido butírico aún sin el empleo de conservantes, aunque estos fueron necesarios para disminuir la formación de nitrógeno-amoniacal. Los conservantes más adecuados fueron: la mezcla de ácido clorhídrico + ácido sulfúrico (7,27 kg/t), el ácido benzoico (3 kg/t), el nitrito de sodio (1,5 kg/t) y el ácido fórmico (3,66 kg/t).
- * La pangola resultó un pasto con aptitudes intermedias para la conservación, al obtenerse concentraciones de ácido butírico menores de 5 kg/t MS en los ensilajes, pero con altos por cientos de nitrógeno-amoniacal (15% o más). No obstante, la utilización de 2,72 kg/t de ácido sulfúrico, 1 kg/t de nitrito de sodio, 3 kg/t de ácido benzoico, 2 kg/t de ácido salicílico y 3,33 kg/t de ácido fórmico mejoraron estos indicadores con respecto a los ensilajes sin aditivo.
- * En todos los ensilajes, la combinación de los aditivos con la miel final, tuvo efecto cuando las dosis de conservantes estuvieron por debajo de los niveles óptimos obtenidos en este trabajo.
- * El ácido benzoico, no obstante inducir buenas fermentaciones en los ensilajes, mostró tendencia a deprimir el consumo, la digestibilidad de la materia orgánica y la fibra bruta. Estas deficiencias, son atribuidas a un posible efecto bacteriostático de este conservante sobre las bacterias ruminales.
- * El ácido fórmico y el nitrito de sodio, por sus efectividades y bajos costos, son los conservantes con mejores opciones para ser utilizados en los ensilajes a escala comercial, presentando la ventaja de poderse adquirir en el área socialista.
- * El sulfito de sodio, en las dosis estudiadas en esta tesis, no presentó potencial para ser empleado como conservante, al no controlar adecuadamente las fermentaciones butíricas, ni la deaminación de las proteínas.
- * La utilización del sistema de evaluación I para discriminar los conservantes, mostró ser eficaz para valorar la efectividad de los aditivos y sus acciones sobre los pastos estudiados. Sin embargo, por su carácter comparativo, solo proporcionó respuestas relativas, no siendo factible de aplicar de forma independiente a ensilajes no estudiados estadísticamente.
- * El desarrollo del sistema de evaluación II, permitió vincular los indicadores fermentativos de los ensilajes con su valor nutritivo, representado por el consumo, el que tuvo un coeficiente de determinación del 85%, con una variación residual del 5% cuando se compararon los resultados estimados y los obtenidos en pruebas con animales. Al realizar las correlaciones con las puntuaciones y clasificaciones alcanzadas, el mencionado coeficiente aumentó hasta un 97-98% y la variación residual entre 5-0,1% respectivamente, lo que nos permite considerar a este sistema como adecuado para evaluar la calidad final de los ensilajes independientemente que estos procedan de silos de laboratorio o de una dimensión mayor y que se hayan realizado análisis estadísticos o no.
- * Los sistemas de evaluación I y II, no presentaron contradicciones entre sí, al coincidir en los conservantes considerados como poco eficientes, con excepción del nitrito de sodio en la pangola, a pesar de provenir los resultados de experimentos diferentes y que los métodos de aplicación de ambos sistemas no son los mismos, aunque el sistema de evaluación II, permitió una mejor apreciación de la efectividad de los aditivos.
- * La compatibilidad encontrada entre las dosis determinadas mediante ecuaciones cuadráticas y las halladas como óptimas con el sistema de evaluación II, corrobora la eficacia de este sistema.

RECOMENDACIONES

- * Confeccionar ensilajes a escala de producción para realizar evaluaciones con vacas lecheras con los siguientes conservantes:

Guinea likoni	Nitrito de sodio 1 kg/t
King grass	Ácido fórmico 3,5 kg/t
Bermuda cruzada-1	Ácido fórmico 3,66 kg/t
Pangola	Ácido fórmico 3,33 kg/t

- * Proponer al Ministerio de la Agricultura el sistema de evaluación II, que clasifica los ensilajes por categorías y establece rangos de calidad para los indicadores ácido butírico, nitrógeno-amoniaco como por ciento de nitrógeno total y el consumo. Este último estimado a partir de una ecuación de regresión lineal múltiple, de acuerdo al contenido de materia seca, fibra bruta y ácido butírico de los ensilajes.
- * Mantener la metodología empleada en esta tesis en estudios donde se necesitan evaluar un número elevado de tratamientos en ensilajes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, G.R. 1975. Dinámica de la fermentación del ensilaje de pastos tropicales. I. Elefante Candelaria (*Pennisetum purpureum*) sin aditivo. **Rev. cubana Cienc. agríc.** 9:227
- Aguilera, G.R. 1979. Dinámica de la fermentación de los ensilajes tropicales. II. Pangola Común (*Digitaria decumbens* Stent.) ensilada con y sin 4% de melaza de caña de azúcar. **Pastos y Forrajes.** 2:489
- Aguilera, G.R. 1980. Dinámica de la fermentación de pastos tropicales. III. Bermuda de costa con y sin adición de 4% de miel. **Pastos y Forrajes.** 3:315
- Alderman, C.; Collins, F.C. & Dougall, H.W. 1971. Laboratory methods of predicting feeding value of silage. **J. Brit. Grassl. Soc.** 26:107
- Andrieu, J. y Demarquilly, C. 1974. Valeur alimentaire du maïs fourrage. III. Influence de la composition et des caractéristiques fermentaires sur la digestibilité et l'ingestibilité des ensilages de maïs. **Ann. Zootech.** 23:27
- AOAC. 1965. Official methods of analysis. Ass. of Off. Agric. Chem. Washington D.C.
- Arnould, E. 1981. Les conservateurs d'ensilage. **Revue d'Agric.** 34:756
- Arnould, E.; Jossart, J.H.; VanBelle, M. y Moreels, A.C. 1977. La valeur d'un nouveau conservant pour ensilage a base de nitrite de soude et d'hexaméthylène tetramine. **Revue de l'Agriculture.** 30:1017
- Arnould, E. y Moreels, A.C. 1976. Acquisitions récentes de la recherche dans le domaine de la conservation des fourrages par ensilages. **Revue de l'Agriculture.** 29:67
- Arnould, E.; VanBelle, M.; Jossart, J.H.; Moreels, A.C.; Van Holm, L. & Blangy, A. 1978. Le formaldéhyde utilisé comme conservateur d'ensilage. I. Comparaison de son effet avec celui de l'acide formique pour la conservation de fourrage dans le silo. **Revue de l'Agriculture.** 31:79
- Ayala, R. 1984. Influencia del contenido limitante de nitrógeno en la digestión y utilización por carneros del pasto ensilado. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias
- Bailey, R.W. 1973. Structural carbohydrates. In: Chemistry and Biochemistry of herbage. (Eds. G.W. Butler & R.W. Bailey). Academic Press. London. Vol. 1. p. 157
- Baker, J.B. & Summerson, W.H. 1941. Colorimetric determination of lactic acid in biologic material. **J. Biol. Chem.** 138:535
- Barnett, A.J.G.G. 1954. Silage fermentative. Academic Press Inc. New York
- Barry, T.N.; Wilkinson, J.M. & Wilkins, R.J. 1977. Improving forage nutritive value: some recent findings in forage conservation research in Europe. Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod. Vol. 37. p. 249
- Baule, A. & Wiessbach, F. 1963. Zeit seit flandern versuchs und untersuchung wesen 9. Bund Helft. 6
- Beck, T. 1978. The microbiology of silage fermentation. In: Fermentation of silages- A review. (Ed. R. McCulloch). p. 63
- Benata, M. 1976. Influence de l'addition d'acide formique, associé ou non a du formol, sur la qualité de conservation, la digestibilité, la valeur nutritive des ensilages d'herbe le bilan azoté et les caractéristiques fermentaires du jus de rumen. Rapport de la 3eme. INA. Paris-Grignon
- Bodo, S. & Laki, I. 1972. Lucerne ensilage with various preservative. **Takarmanybazic.** 12:27
- Breirem, K. & Ulvesli, O. 1960. Ensiling methods. **Herb. Abst.** 30:1
- Brewster, R. & McSwen, E. 1963. Química orgánica. Instituto del Libro. Ed. Revolucionaria. La Habana
- Brokes, I.M. & Maquines, M.F. 1973. Utilization of water soluble nitrogen in silage by sheep. **Ir. J. Agric. Res.** 12:42
- Brown, D.C. & Valentine, S.C. 1972. Formaldehyde as silage additive. 1. The chemical composition and nutritive value of frozen lucerne, lucerne silage and formaldehyde-treated silage. **Aust. J. Agric. Res.** 23:1093
- Brown, D.C. & Valentine, S.C. 1973. Formaldehyde as silage additive. Aistr. **Aust. J. Agric. Res.** 24:939
- Carpintero, N.C.; Holding, A.J. & McDonald, P. 1969. Fermentation studies on lucerne. **J. Sci. Of Food Agric.** 20:677

- Catchpoole, V.R. 1965. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) and *Chloris gayana* (CPI 16144). **Aust. J. Agric. Res.** 16:391
- Catchpoole, V.R. 1966. Laboratory ensilage of *Setaria sphacelata* (Nandi) with molasses. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 6:76
- Catchpoole, V.R. 1970. The silage fermentation of some tropical pasture plants. In: Proceedings of the XI International Grassl. Congress. p. 891
- Catchpoole, V.R. & Henzel, E.F. 1971. Silage and silage-making from tropical herbage species. **Herb. Abstr.** 41:213
- Catchpoole, V.R. & Williams, D. 1969. The general pattern in silage fermentation in two subtropical grasses. **J. Brit. Grassl. Soc.** 24:317
- Celanie, M. 1982. Etude de l'évolution microbiologique et des caractéristiques fermentaires des ensilages de canne à sucre, de sorgho et de pangola en climat tropical humide. Thèse Université Pierre et Marie Curie. Paris
- CEP. 1981. Listado Oficial de Precios. La Habana, Cuba
- Conrad, H.R.; Hibbs, J.W.; Pratt, A.D. & Davis, R.R. 1961. Nitrogen metabolism in dairy cattle. The influence of grain and meadow crop harvested as hay, silage or silage on the efficiency of nitrogen utilization. **J. Dairy Sci.** 44:85
- Conway, E.J. 1957. Microdiffusion analysis and volumetric error. London. Crisby Lock. Wood. 3th ed.
- Crawshaw, R. 1977. An approach to the evaluation of silage additives. **ADAS. Q. Rev.** 24:1
- Crespo, G. 1981. Respuesta de pangola (*Digitaria decumbens*, Stent) y guinea (*Panicum maximum*, Jacq.) al fertilizante nitrogenado a través del año. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias.
- Cullinson, A.E. 1960. A simple effective methods of miniature silos for conducting silage investigations. **J. Anim. Sci.** 19:198
- Chenost, M. 1966. Fibrousness of forage, its determination and its relation to feeding value. 10th Int. Grassl. Congress. Helsinki. Sec. 2 Paper 13. p. 6
- De Vuyst, A.; Arnould, R.; Moreels, A. & Romedenne, D. 1973. La valeur de l'acide acétique comme conservant pour ensilage. **Revue de l'Agriculture.** 26:1379
- De Vuyst, A.; Arnould, R.; VanBelle, M. & Moreels, A. 1972. Valeur de l'acide formique comme conservant pour ensilage. **Revue de l'Agriculture.** 25:766
- De Vuyst, A.; Arnould, R.; VanBelle, M.; Vervack, W.; Ausloos, H. & Moreels, A. 1967. La valeur du metabisulfite comme conservateur d'ensilage. **Revue de l'Agriculture.** 15:107
- De Vuyst, A. & VanBelle, M. 1964. Les bases scientifiques de l'ensilage. **Revue de l'Agriculture.** 12:125
- Demarquilly, C. 1973a. Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages, verts: Modifications par rapport au forrage vert initial. **Ann. Zootch.** 22:1
- Demarquilly, C. 1973b. Principes de base de l'ensilage. **Fourrages.** (56):25
- Demarquilly, C. 1977a. Les conservateurs d'ensilage pour quoi et quand les employer? Quel est leur emploi? **L'Élevage Bovin-Ovin-Caprin.** (60):41
- Demarquilly, C. 1977b. Les principes de l'ensilage. **Revue L'Élevage.** (15): 16
- Demarquilly, C. 1979. Classification des conservateurs actuels. Evolution à venir: Cycle Approfondi D'Alimentation Animal
- Demarquilly, C. 1980. Utilisation des conservateurs. **SITMA.** 4:47
- Demarquilly, C. 1982. Valeur nutritive et utilisation des fourrages conservés. Colloque d'Auxerre.
- Demarquilly, C. & Dulphy, J.F. 1977. Influence de l'addition d'acide formique sur la valeur alimentaire des ensilages de graminées pour les génisses. **Ann. Zootch.** 26:45

- Demarquilly, C. & Grenet, E. 1976. Interest and action of additives (formic acid-formaldehyde). In: Colloque Franco-Suedois: Feeding and Management of Ruminants. INRA. Theix. p. 21
- Deswysen, A.; VanBelle, M. & Focant, M. 1978. The effect of silage chop length on the voluntary intake and rumination behaviour of sheep. **J. Brit. Grass. Soc.** 23:107
- Dewar, W.A. & McDonald, P. 1961. Determination of dry matter by distillation with toluene. **J. Sci. Fd. Agric.** 12:790
- Di Menna, M.E.; Parle, J.N. & Lancaster, R.J. 1981. The effects of some additives on the microflora of silage. **J. Sci. Food Agric.** 32:1151
- Domínguez, G.; Hardy, G. & Ayala, J.R. 1982. Efecto de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad de ensilado de king grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*). **Rev. cubana Cienc. agrícola.** 16:89
- Domínguez, G.H. 1984. Estudios fermentativos y balance de nutrimentos en ensilajes de gramíneas con y sin miel final. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias
- Donaldson, E. & Edwards, R.A. 1977. Feeding value of wilted silages made using formic acid, formaldehyde and propionic acid. **Anim. Prod.** 25:71
- Drysdale, A.D. 1980. Chemical control of crop conservation. Proc. Grain Conditioning. Conf. Univ. Illinois. p. 265
- Dulphy, J.P. 1979. The intake of conserved fourrages. Meeting of European Grassland Federation. Brighton. p. 27
- Dulphy, J.P. 1980. The intake conserved fourrages. Occasional Symposium. No. 11. Brit. Grassl. Soc. p. 107
- Dulphy, J.P.; Bechet, G. & Thomson, E. 1975. Influence de la structure physique et de la qualité de conservation des ensilages de 3 graminées sur leur ingestibilité. **Ann. Zootech.** 24:81
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1973. Influence de la machine de recolte et de la finesse de hachage sur la valeur alimentaire des ensilages. **Ann. Zootech.** 22:199
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1981. Problemes particulier aux ensilages. In: Prevision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA. p. 81
- Dulphy, J.P.; Demarquilly, C. & Henry, M. 1975. Pertes de composés volatils, lors de la determination a l'etuve de la teneur en matiere seche des ensilages. **Ann. Zootech.** 24:743
- Dulphy, J.P.; Demarquilly, C. & Michalet-Doreau, B. 1978. Bareme d'appréciation qualitative des ensilage. Document. Interne du Laboratoire des Aliments. INRA-Theix
- Dulphy, J.P. & Michalet-Doreau, B. 1975. Influence compare de la machine de recolte sur les quantites d'ensilage ingerées par des genisses et des moutons. **Ann. Zootech.** 24:757
- Dulphy, J.P. & Michalet-Doreau, B. 1981. Prevision de l'ingestibilité des ensilages d'herbe. Prevision de la valeur des aliments des ruminants. INRA. p. 169
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F. Test. **Biometrics.** 11:100
- Durand, M.; Zelter, S.Z. & Tisserand, J.L. 1968. Influence of storage techniques on the efficiency of utilization of nitrogen by sheep. **Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.** 8:45
- Esperance, M. 1982. Utilización del ensilaje para la producción de leche. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias
- Esperance, M. & Díaz, D. 1985. Valor nutritivo y producción de leche en los ensilajes sin miel de guinea likoni, pasto estrella y king grass. **Pastos y Forrajes.** 8:297
- Esperance, M.; Echevarría, N. & Ojeda, F. 1979. Estudios de la calidad de los ensilajes en áreas de producción. Reunión ACPA. II. Resúmenes. La Habana, Cuba. p. 20
- Esperance, M.; Ojeda, F. & Cáceres, O. 1983. Caracterización del ensilaje de hierba pangola fabricado con ácido fórmico. **Pastos y Forrajes.** 6:137
- Fatianoff, N. & Gouet, P. 1969. Relation permettant de corriger rapidement et avec precision la matiere seche a l'etude des ensilages. **Ann. Zootech.** 18:407
- Flieg, L. 1938. A key for the evaluation of silage simple. **Futterb. V. Garfutterber.** 1:112

- Fujita, H. 1978. Effect of different carbohidratos on the rumen fermentation and nitrogen utilization in silage-fed ruminants. **Jap. J. of Zoot. Sc.** 49:40
- García-Trujillo, R. 1977. Alimentación de vacas lecheras basadas en la utilización de pastos y forrajes y sus formas conservadas. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- García-Trujillo, R. & Cáceres, O. 1984. Nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los alimentos y el requerimiento de los animales. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Garza, R.; Martínez, B.; Treviño, M.; Monroy, J.; Pérez, V. & Chapa, O. 1973. Evaluación de 14 zacates en campos de introducción. **Técnica Pecuaria.** 24:7
- Gordon, C.H.; Derbyshire, J.L.; Weiseman, H.G. & Jacobson, R. 1964. Variations in initial compositions of orchardgrass as related to silage composition and feeding value. **J. Dairy Sci.** 46:987
- Gouet, P. 1979. Les bacteries des ensilages. In: La conservation des ensilages. p. 18
- Gouet, P. & Fatianoff, N. 1964. Les bacteries de l'ensilage. I. Tentative de differentiation entre les action enzymatique des cellules végétales et bacteriennes dans la glycolyse et la proteolyse de un ensilage de luzerne. **Ann. Inst. Pasteur.** 107:711
- Gouet, P.; Girardeu, J. & Riou, Y. 1979. La flore microbienne des ensilages. **Bull. Tech. CRZV Theix. INRA.** 36:25
- Grenet, E. 1983. Utilization of grass-silage nitrogen by growing sheep. **J. Agric. Sci. Camb.** 100:43
- Grenet, E. & Demarquilly, C. 1982. Utilization of nitrogen from fresh forage, silage and hay by growing sheep. Proc. Of 9th Gen. Meet. Of Europe Grassl. Fed. Reading, England
- Hamilton, R.; Catchpoole, V.R.; Lambourne, L.J. & Kern, J.D. 1978. The preservation of Nandi Setaria silage and its feeding value for dairy cows. **Aust. J. of Exp. Agric. and Anim. Husb.** 18:25
- Hardy, C.; Domínguez, G.; Ayala, R. & Boado, J. 1979. Informe final del tema 27. Métodos y técnicas de conservación de pastos y forrajes. ICA. La Habana. (Mimeo)
- Henderson, A.R. & McDonald, P. 1976. The effect of formic acid on the fermentation of ryegrass ensiled at different stages of growth and dry matter levels. **J. of Brit. Grassl.** 31:47
- Jarrige, R.; Demarquilly, C. & Dulphy, J.P. 1981. Forage conservation. Nutritional limits to animal production from pasture. Proceeding of International Symposium. CSIRO. Queensland, Australia. p. 363
- Kühbauch, W. & Kleeberger, A. 1975. Bacterial decomposition of grass-fructosan of different degrees of polymerization. **J. Brit. Grassl.** 30:223
- Lancaster, R.J. & Brunswick, L.F.C. 1976. Optimun rate of application of formic acid during ensiling of unvilted lucerne. **Journal of Agric. Res.** 20:151
- Lepper, W. & Flieg, Z 1938. Tierennahrung. **Futtermittelkunde.** 1:187
- Lerch, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Editorial Científico-Técnica. La Habana
- Lingren, S. & Clevström, G. 1978. Antibacterial activity of lactic acid. Bacteria. 2. Activity in vegetable silages, Indonesian fermented foods and starter cultures. **Swedish J. Agric. Res.** 8:67
- Luis, Lissette & Ramírez, Marisol. 1985 Estudios de los principales grupos de microorganismos presentes en los ensilajes de pasto estrella jamaicano (*Cynodon nlemfuensis*) y su relación con los parámetros bioquímicos. **Pastos y Forrajes.** 8:141
- Luis, Lissette & Ramírez, Marisol. 1986. Cinética de los principales grupos de microorganismos en un ensilaje de buffel formidable. **Pastos y Forrajes.** 9:71
- Mann, E.M. & McDonald, P. 1976. The effect of formal in and lower volatile fatty acids on silage fermentation. **J. Sci. Food Agric.** 27:612
- Marsh, R. 1979. The effects of wilting on fermentation in the silo and on the nutritive value of silage. **Grass and Forage Science.** 34:1
- McDonald, P. 1973a. Trends in silage making. In: Microbiology in agriculture, fisheries and food. Academic Press

- McDonald, P. 1973b. The ensilage process. In: Chemistry and biochemistry of herbage. (Eds. G.W. Butler and RW. Bailey). Academic Press. London. Vol. 3. p. 33
- McCulloch, M.E. 1961. A study of factor associated with silage fermentation and dry matter intake by dairy cows. **J. Anim. Sci.** 20:288
- McCulloch, M.E. 1978a. Nutrición de los rumiantes. Artículos seleccionados de la Revista Mundial de Zootecnia. FAO
- McCulloch, M.E. 1978b. Feeding value and silages evaluation. In: Fermentation of silage- A review. (Ed. M.E. McCulloch). p. 5
- McDowell, R.E. 1972. Improvement of livestock production. In: warm climates. Freeman. San Francisco
- Michalet-Doreau, B. 1975. Recherches sur les causes de variations des quantites d'ensilage d'herbe ingerées parale ruminants. These pour obtenir le grade de Doctor-Ingenieur. Univ. de Nancy
- Michelena, J.S. & Molina, A. 1985. Informe final del tema 12. Conservación de pastos y forrajes. (Mimeo)
- Minson, D.J. & McLeod. M.N. 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proceeding of the XI International Grassland Congress. p. 719
- Morrison, I.M. 1979. Change in the cell wall components of laboratory silage and the effect of various additives on the change. **J. Agric. Sci. Camb.** 93:581
- Murdoch, J.C. 1966. Grass silage. **Outlook on Agriculture.** 5:17
- Ohshima, M. & McDonald, P. 1978. A review of the change in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **J. of Sci. Food and Agric.** 29:497
- Ojeda, F. & Cáceres, O. 1981. Troceado, adición de 4% de miel y presecado sobre el consumo y digestibilidad de la hierba guinea cv. Likoni. **Pastos y Forrajes.** 4:373
- Ojeda, F. & Cáceres, O. 1982. Efecto del troceado y de la adición de 4% de miel sobre el consumo y la digestibilidad del ensilaje de pangola (*Digitaria decumbens*, Stent.). **Pastos y Forrajes.** 5:87
- Ojeda, F.; Fernández, R. & Cañizares, F. 1980. Edad de rebrote y nivel de miel sobre los patrones fermentativos de la hierba guinea cv. Likoni. **Pastos y Forrajes.** 3:481
- Owens, F.; Heiske, J.C. & Goodrich, K.O. 1970. Corn silage fermentations. I. Effects of crude protein sources and sodio bisulfito on energy constituents. **J. Anim. Sci.** 30:455
- Pérez-Infante, F. 1983. Pastos tropicales. **ACPA.** (1):91
- Playne, N.J. & McDonald, P. 1966. The buffering constituents of herbages and silage. **J. Sc. Agric.** 17:264
- Ríos, C. 1984. Modificaciones introducidas a la metodología de control de calidad del ensilado. V Seminario Metodológico de análisis de ensilado y heno. (Mimeo)
- Rukis, T. & Ríos, C. 1977. Método de investigación para determinar la calidad de los silos. Propuesta para la implantación nacional de la técnica de control de la calidad de los silos. Estación Experimental "Escambray". Barajagua. (Mimeo)
- Salle, A.G. 1968. Bacteriología. Ed. Revolucionaria. Instituto del Libro. La Habana
- Sauvant, D. & Gouet, P. 1979. Les relation entre les processus fermentaires: Consequence pour l'apreciation quantitative de la qualité de la conservation. En: La conservation des ensilages. p. 41
- Saue, O. & Breirem, K. 1969. Formic acid as silage additive. Proc. 3rd General Meeting of Europe Grassld. Fed. Braunschwaig. p. 161
- Severin, N.; Siston, R. & Wathelet, J. 1980. Determination des acides grass inferieurs et de l'acide lactique dans les ensilage. **Revue de l'Agriculture.** 23:1269
- Silveira, A.C.; Lavezzo, W.; Silveira, S.; Pezzato, A.C. & Tosi, H. 1980. Consumo de silagens de campim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) submetida a diferentes tratamentos. **Rev. Soc. Bra. Zoot.** 9:125
- Silveira, A.C.; Lavezzo, W.; Tosi, H. & gutiérrez, L.E. 1979. Composicao de cultivares de de campim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) como plantas para a ensilagen. **Rev. Soc. Bra. Zoot.** 8:348

- Smith, D. 1973. The non-structural carbohydrates. In: Chemistry and Biochemistry of herbage. (Eds. G.W. Butler and R.W. Bailey). Academic Press. London. Vol. 1 p. 106
- Taranov, M.T. 1976. Chemical conservation of fodder. **Zhivotnovodstvo**. 9:45
- Thomas, J.W. 1978. Preservations for conserved forage crops. **J. of Anim. Sci.** 47:721
- Thomas, J.W.; Moore, L.A.; Okamoto, M. & Syres, J.F. 1961. A study of factors affecting rate of intake of heifers fed silage. **J. Dairy Sci.** 44:1471
- Tossell, W.E. 1969. Forraje conservado comparado con el pastoreo como principio para obtener el máximo rendimiento en los sistemas de producción intensivas del ganado. **Rev. cubana Cienc. agrícola**. 3:195
- Van Soest, P.J.; Mortens, D.E. & Deinum, B. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. **J. Anim. Sc.** 47:712
- Waite, R. & Boyd, J. 1953. Water soluble carbohydrates of grasses. I. Changes occurring during normal life cycle. **J. of Sc. of Food and Agric.** 4:197
- Waldo, D.R. 1977. Potential of chemical preservation and improvement of forage. **J. Dairy Sci.** 60:306
- Watson, S.J. & Nash, M.J. 1960 The conservation of grass and forage crops. Edinburgh. Ed. By Oliver and Boyd
- Wernli, C. 1975a. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. I. Consumo voluntario. **Agricultura Técnica**. 35:47
- Wernli, C. 1975b. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. II. Digestión y eficiencia de utilización. **Agricultura Técnica**. 35:102
- Whittenbury, R. 1968. Microbiology of grass silage. **Process biochem.** 3:27
- Whittenbury, R.; McDonald, P. & Bryan-Jones, D.G. 1967. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. **J. Sci. Food Agric.** 18:448
- Wieringa, G.W. 1962. The influence of the chemical composition of grass on its suitability for ensiling. **Landbouwk.** 74:261
- Wieringa, G.W. 1963. The influence of ensiling additives on the fermentation. **Wirtschaftseigene Futter**. 13:146
- Wieringa, G.W. 1966. The influence of nitrate on silage fermentation. 10th Int. Grassl. Congress. Sec. 2, Paper No. 44. p. 191
- Wieringa, G.W. 1977. Influence of moisture and nutrient content of forage plants on fermentation processes. Proceedings Int. Meeting on Anim. Prod. For Temp. Grass. Dublin. p. 67
- Wieringa, G.W. & Beck, T. 1964. Use of lactic acid bacterial cultures in silage production in small container. 1. Obtaining active lactobacillus culture for inoculation trials. 2. Inoculation trials with active lactobacillus cultures. **Wirtschaftseigene Futter**. 10:34
- Wilkins, R.J. 1975. Advances forages and their utilization by ruminants. Proc. 3rd World Congress on Animal Feeding. Madrid. p. 403
- Wilkins, R.J.; Wilson, R.F. & Cook, J.E. 1974. Restriction of fermentation during ensilage: the nutritive value of silage made with the addition of formaldehyde. Proc. 12th Int. Grassl. Congress. Moscow. Sec. 3. p. 674
- Wilkins, R.J.; Wilson, R.F. & Woolford, M.K. 1974. The effect of formaldehyde on the silage fermentation. Vaxtödling. Vol. 29. Proc. 5th Gen. Meeting Europe Grassland Fed. Uppsala
- Wilkinson, J.M. 1980. Losses in the conservation and utilization of grass and forage crops. **Annals of Applied Biology**. 67:78
- Wilkinson, J.M. 1983. Silage made from tropical and temperate crops. **World Animal Review**. (45):36
- Wilkinson, J.M.; Wilkins, R.F. & Barry, T.N. 1976. Factors affecting the nutritive value of silage. **Outl. Agric.** 9:3
- Wilson, J.R. & Ford, C.W. 1973. Temperature influence on the *in vitro* digestibility and soluble carbohydrates accumulation of tropical and temperate grasses. **Aust. J. Agric. Res.** 24:187
- Wilson, J.M. & Webb, H.J. 1937. Water soluble carbohydrates. In: Forage crops and their relation to the production of silage. **J. Dairy Sci.** 20:247

- Wilson, R.F. & Wilkins, R.J. 1973. Formic acid as silage additive. I. Effects of formic acid on fermentation in laboratory silo. **J. Agric. Sci. Camb.** 81:117
- Woolford, M.D. 1975. Microbiological screening of food preservatives, cold sterilizants and specific antimicrobial agents as potential silages additives. **J. Sc. of Food and Agric.** 26:229
- Woolford, M.K. 1972. Some aspects of microbiology and biochemistry of silage making. **Herb. Abst.** 42:105
- Woolford, M.K. 1975. Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C₁-C₁₂) as potential silages additives. **J. Sc. of Food and Agric.** 26:219
- Woolford, M.K. 1978. Antimicrobial effects of mineral acids, organic acids, salts and sterilizing agents, in relation their potential as silage additives. **J. Brit. Grassl. Soc.** 33:131
- Woolford, M.K. 1978. The problem of silage effluent. **Herb. Abst.** 48:397
- Woolford, M.K. & Cooks, J.E. 1977. Investigations into the prevention of the aerobic deterioration of maize silage. Proc. 13th Int. Grassl. Congress. Leipzig. Sec. 9. p. 232
- Xandé, A. 1978. L'ensilage d'herbe, une technique de conservation de l'herbe permettant de pallier le deficit alimentaire des ruminants Durant la periode du careme. I. Aspect theorique et pratique, particularite des fourrages tropicaux. **Nouv. Agron. Antilles-Guyane.** 4:63
- Young, J.F. 1978. Silage and hay additives-value for money? College Digest. p. 19
- Zelter, S.Z.; Gouet, Ph.; Tisserand, J.L.; Durand, M.; Fatianoff, N. Bousset, J. & Fuech, R. 1967. Technique de conservation de la Lucerne et leurs incidences sur son efficacite nutritive. Acta Universitatis Agriculturae. Sbornik Vysoké Skoly Zenedeiske V Brno (Rad: A) p. 231
- Zimmer, E. 1974. Theory and practice of fodder conservation. Proceeding of XII Int. Grassl. Congress. Moscow. p. 176