



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**EVALUACIÓN DE LA GANANCIA DE PESO EN
VAQUILLAS DE REEMPLAZO ALIMENTADAS CON
UN ENSILADO DE MAÍZ ENRIQUECIDO CON
INÓCULOS LÁCTICOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

BRUNO ROMÁN ROMERO CASTAÑEDA

**ASESOR: DR. MIGUEL ANGEL GALINA HIDALGO
COASESORA: DRA. MAGDALENA GUERRERO CRUZ**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Mi mas profundo Agradecimiento a la...

*Universidad Nacional
Autónoma de México*

...Mi Alma Máter

Y muy en especial a la...

*Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán*

“Por mi raza hablará el espíritu”

A mis padres

Mancuerna perfecta... Les agradezco por darme la oportunidad de existir, por recordarme día tras día que el éxito solo se alcanza por medio del esfuerzo y sacrificio, por su honestidad, por su amor, por su entrega, pero sobre todo por su entera confianza... Este trabajo es por y para ustedes! Los amo...

Guillermina Castañeda Jiménez

Mami, eres mi mas claro ejemplo de superación, mi mas claro ejemplo de humildad, mi más claro ejemplo de bondad, mi más claro ejemplo de perseverancia. Te amo y te admiro.

Miguel Romero Sánchez

Pá, me has enseñado la objetividad, me has dado todas las armas que necesito para mi vida, eres mi imagen de fortaleza, de razón, de respeto, de honestidad y rectitud... Te amo y te respeto.

A todos mis hermano

Que rico es vivir la vida con muchos cómplices, que bueno es saber que siempre a tu lado existe una mano que dispuesta a todo... Gracias, por todo su apoyo a lo largo de mi vida, gracias por soportarme... Los amo.

Ariadna

Negrita, gracias por darme todo tu apoyo en las buenas y malas, por guiarme en mi agitada vida, por darme una mirada diferente de la vida. Gracias por estar siempre ahí... Te amo

Diego

Tu eres otro ejemplo de bondad, gracias por ser mi defensor, gracias por todo, se que siempre estarás para cuidarme y se que siempre darás la vida por mi, Te amo y eres bien importante en mi vida.

Luz María

Luciérnaga, gracias por ser el equilibrio, gracias por mostrarme lo que significa la serenidad, la paciencia, eres otra luchadora incansable, te respeto y admiro demasiado. Te amo.

Nora

Eres el pleno ejemplo de esfuerzo, de ganas, de trabajo, de lucha, renaciste de tus cenizas para enseñarnos que nunca es tarde para retomar el camino... Tienes mi mas profundo respeto y admiración. Te amo.

A mi familia

Son la unidad perfecta, lo que necesito para seguir día a día por este difícil camino de la vida.

Alfredo Piedragíl

Eres el cómplice perfecto, todo tu apoyo ha sido importante en mi vida, te agradezco infinitamente tu lealtad y tu bondad...

Alejandro Hernández

Eres ejemplo importante en mi vida, eres otro luchador incansable... Gracias por estar ahí...

Ana Perla Zenea

Te agradezco la confianza que has depositado en mi persona y en mi conocimiento... Gracias.

Luis y Esther

Los eternos soñares! Son lo que significa la inocencia, necesito estar a su lado, para no olvidar que la gente debe seguir soñando siempre!

Armando y Adamari

Llegaron y llegaron bien, han dado otra perspectiva a mi vida, me han demostrado que solo basta cariño, amor y confianza para iniciar una familia.

Gabriela y Azul

Gracias por estar al pendiente, gracias por ser como son, gracias por ser parte de mi familia, gracias por demostrarme la valentía que una mujer y una mujercita pueden tener.

A mis amigos

Este trabajo también esta dedicado a todas las personas que de un modo u otro se han cruzado en mi camino y que han cambiado mi perspectiva de la vida, a todos aquellos que por medio de una mirada, una palabra o una caricia, han tocado mi alma, a todos los que han estado en los momentos de tristeza y en los de alegría, a todos ellos, a todos mis amigos solo me resta decirles: Gracias... Gracias, por ser y estar.

Agradecimientos Especiales

Dr. Miguel Ángel Galina Hidalgo

Le agradezco infinitamente todo su apoyo, su confianza, su amistad, su intelecto y toda la paciencia para llevar a termino este proyecto... Muchas Gracias.

Dra. Magdalena Guerrero Cruz

No tengo como pagarle todo, absolutamente todo lo que ha hecho por mi y por mi proyecto, ud. ya es parte de mi historia. Gracias por todo su apoyo y empeño en este trabajo.

Dra. Deneb Camacho, MVZ. Javier Hernández, MVZ. Humberto Arellano, MVZ. Rafael Ordoñez

Tiene todo mi respeto y admiración, son un ejemplo bastante fuerte que me anima a seguir, les agradezco profundamente el tiempo dedicado a revisar y evaluar mi trabajo. Gracias.

MVZ. Víctor Manuel Loera Cabeza de Vaca

Es ud. para mi un ejemplo a seguir, le agradezco profundamente toda la confianza que ha depositado en mi, también le agradezco todo el conocimiento que me ha permitido obtener. Tiene todo mi respeto y admiración.

MVZ. Rodolfo Gutiérrez Hidalgo

Mi doc!!! Es una verdadera dicha haberlo encontrado en mi camino, le agradezco todos sus consejos, todas sus palabras y todo lo que me ha ofrecido. Gracias por su confianza.

MVZ. Leona Valverde Ángeles

Este trabajo no hubiera sido posible sin tu ayuda, tu apoyo fue fundamental... No tengo la manera de agradecerte todo lo que hiciste durante este proceso. Agradezco todo tu esfuerzo, tu empeño, tu interés y tu tolerancia. Se que el éxito será una constante en tu vida debido a tu perseverancia y dedicación. Gracias por permitirme recorrer este camino a tu lado. Muchas Gracias!

C. P. Lyssette Jiménez Medina

Quiero agradecerte por todo tu apoyo, que de manera incondicional me has brindado para concluir este trabajo, por ayudarme a retomar este camino que por mucho tiempo había abandonado... Gracias estar siempre al tanto de lo que me sucede. Mil Gracias!

En memoria de...

María Sánchez †
Esther Jiménez †
Manuel Romero †
Cristobal Castañeda †

...sé que estarían muy orgullosos.

Pola †
Nikki †

...gracias por su compañía.

Índice

Índice general.....	6
Resumen.....	8
1. Introducción.....	9
1.1 Producción Láctea.....	9
1.1.1 Panorama Mundial	9
1.1.2 Principales Países Exportadores.....	10
1.1.3 Principales Países Importadores.....	11
1.1.4 Panorama de la Producción Nacional.....	13
1.1.4.1 Importancia de la Producción Nacional.....	14
1.1.4.2 Regiones Productores de Leche.....	15
1.1.4.3 Consumo Nacional Aparente.....	17
1.1.4.4 Importaciones.....	19
1.1.4.5 Exportaciones.....	21
1.2 Forrajes.....	22
1.2.1 Consumo de los Forrajes.....	23
1.2.2 Factores que afectan la digestión de los forrajes.....	24
1.3 Cinética Ruminal.....	28
1.4 Silos.....	29
1.4.1 Historia.....	29
1.4.2 Tipos.....	29
1.4.2.1 Silos Horizontales.....	30
1.4.2.1.1 Silo almiar.....	30
1.4.2.1.2 Silo al Vacío.....	31
1.4.2.1.3 Silo Zanja.....	32
1.4.2.1.4 Silo Trinchera.....	33
1.4.2.2 Silos Verticales.....	34
1.4.2.2.1 Silo Torre.....	34

1.4.3 Características.....	35
1.5 Ensilados.....	36
1.5.1 Importancia.....	36
1.5.2 Historia.....	37
1.5.3 Proceso Bioquímico.....	37
1.5.4 Consumo Voluntario.....	63
1.6 Ensilado con Fermentación Láctica.....	66
2. Hipótesis.....	68
3. Objetivo.....	68
3.1 Objetivo general.....	68
3.2 Objetivo específico.....	68
4. Material y métodos.....	69
5. Resultados.....	71
6. Discusión.....	72
7. Conclusiones.....	74
8. Bibliografía.....	75

Resumen

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro Enseñanza Agropecuaria (CEA) en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM; situado en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, ubicado geográficamente entre las coordenadas 19° 40' de latitud norte, y 99° 11' de longitud oeste, a una altitud de 2240 msnm (INEGI, 2000). En el experimento se utilizaron 36 vaquillas de la raza Holstein Friesian. Se lotificaron en 2 grupos. El grupo experimental (T1) estuvo compuesto por 18 vaquillas. El grupo control (T2) fue integrado por 18 vaquillas. El grupo experimental (T1) se alimentó con el ensilado de maíz inoculado con cultivo láctico y el grupo control (T2) con ensilado de maíz simple. Los dos grupos fueron alimentados durante 120 días. El ensilado inoculado se preparó con 5 Kg. de pollinaza; 1 Kg. de urea, 20 Kg. de melaza, dos litros de cultivo láctico más 180 litros de agua. Cada cultivo madre después de 24 horas de incubación se subdivide en 5 porciones. Posteriormente tambos de 200 litros fueron resembrados con las porciones que fueron subdivididas. Se preparó inóculo suficiente para mezclar 100 litros por cada 10 toneladas de ensilado. Se agregaron 3000 litros del inóculo para 300 toneladas de ensilado sembrado, para obtener una concentración de 1.0 % de urea y 0.5% de sulfato de amonio en capas de 10 a 15 cm de alto, formando una suspensión de *Streptococcus lactis*, *S. cremoris* y *Saccharomyces lactis*.

La variable medida en este experimento fue la ganancia de peso (Kg.) y para el procesamiento de los datos se utilizó el modelo estadístico denominado Análisis de Covarianza. Para el grupo experimental (T1), la ganancia de peso total promedio fue de 91.66 (\pm 4.42) Kg.; para el grupo control (T2), la ganancia de peso total promedio fue de 73.96 (\pm 4.42) Kg. El comportamiento del ensilado de maíz enriquecido con fermentación láctica, ha demostrado ser una alternativa para mejorar la productividad de los rumiantes.

1. Introducción

En los últimos 50 años la producción mundial de alimentos ha aumentado de forma vertiginosa, incluso más que la tasa de la población mundial. Entre 1990 y 1997 la producción per cápita de alimentos creció casi un 25 %, sin embargo, en el mundo aún pasan hambre 830 millones de personas, aproximadamente una de cada siete, lo cual representa a una población mayor a la que vive en Europa **(FAO, 2003)**.

El problema del hambre, como fenómeno grave y generalizado, no se debe a la escasez de alimentos, sino a la pobreza de las poblaciones afectadas, quienes carecen de los medios para adquirirlos **(FAO, 2003)**.

1.1 Producción Láctea

1.1.1 Panorama Mundial

Siendo la leche uno de los alimentos más completos para la población humana, es natural que forme parte de las estrategias de seguridad alimentaria respecto a su producción y comercio internacional entre las naciones del mundo **(SIAP-SAGARPA 2002)**.

Existen países cuyos niveles de producción rebasan su demanda y otros que son deficitarios en sus volúmenes, además con el proceso de globalización del mercado internacional, es necesario posicionar a los diferentes países en la producción y flujos comerciales dentro del contexto mundial **(SIAP-SAGARPA 2002)**.

Según datos de la FAO de la ONU durante la década 1992-2001, la producción mundial de leche de bovino fue cercana a 5 mil millones de toneladas, destacando la participación de la

Unión Europea con el 26%, seguida de los Estados Unidos (15%), Rusia (8%), India (6%) y Brasil (4%), países que conjuntamente participaron con el 59% de la producción total **(SIAP-SAGARPA 2002)**.

AÑO	SUD-AMÉRICA	ESTADOS UNIDOS	CANADÁ	MÉXICO	ÁFRICA	ASIA	EUROPA OCCIDENTAL	AUSTRALIA	OTROS	PRODUCCION MUNDIAL
1988	30.039	65.786	7.827	6.350	14.696	54.111	133.039	6.319	154.121	472.288
1989	31.508	65.269	7.980	5.750	15.221	56.850	133.226	6.484	156.010	478.298
1990	31.827	67.005	7.975	6.332	15.333	60.843	132.713	6.456	155.242	483.726
1991	32.704	66.995	7.790	6.925	15.086	63.835	129.999	6.601	145.299	475.234
1992	34.523	68.423	7.633	7.182	15.301	78.853	128.015	6.941	119.269	466.140
1993	35.364	68.303	7.500	7.634	15.183	81.193	126.622	7.554	115.813	465.166
1994	36.538	69.701	7.750	7.547	15.755	82.060	126.411	8.327	112.241	466.330
1995	38.715	70.500	7.920	7.628	16.546	83.844	127.909	8.460	106.673	468.195
1996	40.304	70.003	7.890	7.822	16.672	85.607	127.163	8.986	102.563	467.010
1997	42.517	71.072	7.800	8.091	17.004	87.412	126.079	9.303	102.516	471.794
1998	45.815	71.414	8.200	8.574	18.522	88.892	127.317	9.731	99.616	478.081
1999	46.108	73.482	8.340	8.885	18.824	90.503	127.012	9.822	97.683	480.659
2000	46.525	75.115	8.200	9.474	18.699	89.970	126.365	11.283	96.846	482.477
2001	46.754	75.025	8.170	9.472	18.518	100.548	126.253	10.875	99.786	495.401
2002	46.145	75.025	8.100	9.560	18.701	101.239	126.830	11.620	101.922	499.142
2003	46.323	78.155	7.88	9.871	20.687	104.78	126.966	10.642	102.081	507.385
2004	47.796	80.150	8.100	9.873	21.517	122.042	126.402	10.150	102.031	603.119
2005	47.427	85.475	8.000	9.873	21.242	119.312	125.742	10.125	101.016	622.120
%	8%	15%	2%	2%	3%	17%	27%	2%	25%	100%

Fuente: Base de Datos de la FAO

1.1.2 Principales Países Exportadores

El aumento del mercado mundial se encuentra fuertemente concentrado en pocos países, acumulando las exportaciones la Unión Europea, Nueva Zelanda y Australia con el 79.4% del total mundial y Estados Unidos **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La Unión Europea se ubica como el principal proveedor mundial con el 36% del intercambio comercial mundial de quesos y leches ya sean fluidas o en polvo. Esta condición se ve fuertemente influenciada por el comercio intracomunitario, en el que se involucra la participación de sus 25 miembros. Dentro de la Unión Europea sobresale el intercambio de leche en polvo, absorbiendo el 31% del total mundial, en quesos el 45% y en leche fluida el 36% de los flujos comerciales internacionales **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La segunda posición es ocupada por Nueva Zelanda con el 29.6% del total de productos lecheros exportados; la posición está dada por su importante exportación de leche en polvo, la primera en importancia a nivel mundial, con el 33.6% y de quesos el 22.7% **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Australia ocupa la tercera posición, aportando el 13.8% de las exportaciones mundiales de lácteos, destacando su aportación del 12.2% de las exportaciones de leche en polvo y el 16.4% de los quesos **(Villamar y Olivera, 2005)**.

En estas dos últimas naciones se presenta la condición de no ubicarse dentro de los principales países productores y han sabido aprovechar las condiciones agroclimáticas, para poder surtir en conjunto mas del 40% de las exportaciones mundiales de lácteos **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La cuarta posición es ocupada por los Estados Unidos, país que aporta el 8.2% de las exportaciones mundiales de leche en polvo y el 4.5% de las de queso **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.1.3 Principales Países Importadores

Los principales importadores en el 2004 fueron México y la Federación Rusa, adquirieron cada uno en el mercado internacional, el 10.5% de lo comercializado en él **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Para el caso de México, la composición de las importaciones se concentra en leche en polvo, mismas que representan el 13.9% del flujo mundial de esta mercancía, siendo el segundo importador mundial. En quesos, adquiere el 8% de las importaciones mundiales y el 20.8% de la leche fluida **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Las importaciones de la Federación Rusa muestran una orientación mayor hacia a los quesos, de los cuales concentra el 19% de los flujos comerciales internacionales, en tanto que su participación en las importaciones mundiales de leche en polvo son del 5.7% y el 37.7% de la leche fluida **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Japón se ubica como el tercer importador de lácteos, con el 10.3% de las importaciones mundiales y una clara orientación a la compra de quesos, de los cuales absorbe el 21.5% del mercado mundial y solamente adquiere el 2.5% de leche en polvo comercializada en el comercio internacional **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La cuarta posición es ocupada por Argelia, país que adquiere el 9.2% de los lácteos que se comercializan y con una clara orientación a la compra de leche en polvo, de la cual absorbe el 14.4% de los flujos mundiales, ubicándose como el principal importador a nivel mundial de esta materia prima **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Los Estados Unidos se desempeñan como el quinto país importador, que adquiere el 9% de los lácteos que se intercambian mundialmente y prácticamente se concentra en la importación del 21.5% de los quesos comercializados en ese ámbito **(Villamar y Olivera, 2005)**.

El sexto escalafón lo ocupa la Unión Europea, con el 7.1% de los flujos comerciales internacionales **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Por último encontramos a Filipinas, China e Indonesia, países cuyas importaciones representan individualmente alrededor del 6% concentrándose sus adquisiciones en leche

en polvo. Cada una de estas naciones compra en el mercado mundial alrededor del 10% de las importaciones mundiales de este producto **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.1.4 Panorama de la Producción Nacional

Los avances alcanzados en la tecnificación de la producción lechera, la aplicación de técnicas en el manejo del ganado con mejores características productivas y en el equipamiento de las explotaciones, permiten el crecimiento de la producción de leche de bovinos **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Otro factor que posibilitó el crecimiento de la producción fue la consolidación y expansión de empresas lecheras y de organizaciones de productos integrados, que han incrementado su participación en el mercado de productos terminados, lo que representa mejores ingresos para sus asociados, al ser partícipes del valor agregado generado en el proceso de transformación **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La propia heterogeneidad de los sistemas de producción conllevó a que una parte del sector productivo primario continuara enfrentando problemas de comercialización y rentabilidad, que les orilló a la reducción de sus hatos e inclusive a su retiro de la producción. Dentro de este grupo de productores ubicamos a ganaderos en transición situados en el Altiplano de México, cuya oferta no reúne las condiciones de calidad exigidos por la industria y que normalmente no obtienen una productividad adecuada en sus establos, incurriendo en elevados costos de producción **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Lo anterior marca una posición contradictoria, aunque se observó una demanda creciente por leche fluida de producción nacional y el crecimiento de precio, éste no fue lo suficientemente alto para cubrir los costos de este grupo de productores **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Se estima que junto al incremento de los precios de la leche como materia prima de procesos industriales y ante la imposibilidad de ampliar en forma rentable la importación de leche, ya fuera fluida o en polvo, se incentivó un mayor empleo de sucedáneos en la elaboración de productos **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Es importante establecer que el mercado de la leche presentó características diferentes durante el 2004, ya que en el primer semestre y principios del segundo, se continuó observando un precio bajo liquidado por la leche cruda, en tanto que en el último cuatrimestre se determina el crecimiento de éste. Esta situación tuvo repercusiones específicas en los diferentes grupos de productores, los que en muchas ocasiones, arrastraban una situación de baja o nula rentabilidad desde años anteriores **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.1.4.1 Importancia de la Producción Nacional

Aunque el entorno económico se presenta adecuado para el crecimiento de la planta productiva nacional, su capacidad de respuesta se encuentra limitada por la imposibilidad de mantener un adecuado esquema de reemplazos, el cual no se ha desarrollado por el cierre a la importación de ganado bovino de EUA y Canadá, por los casos de Encefalitis Espongiforme Bovina **(Villamar y Olivera, 2005)**.

El poco avance en las negociaciones entre esas dos naciones, paralelo al reconocimiento de sus medidas zoonosanitarias en torno a esta enfermedad, hacen prever que estos posibles abastecedores se mantendrán fuera de posibilidad durante 2005 de exportar vaquillas a México. Conjunto a lo anterior, se determinan limitaciones para optar por el abasto procedente de otras naciones, principalmente por aspectos zoonosanitarios.

Australia y Nueva Zelanda, son posibles proveedores y de hecho en el 2004 cubrieron parte importante de las importaciones, no obstante, se estima que la productividad de éste ganado es menor al procedente de los países norteamericanos y su precio se ha encarecido por la elevada demanda de China. **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.1.4.2 Regiones Productores de Leche en México
Bovino para Leche-Población Ganadera 1996-2005
Cabezas

ESTADO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
AGUASCALIENTES	66,023	66,480	73,000	73,000	73,000	70,898	70,915	71,501	73,248	75,287
BAJA CALIFORNIA	35,635	38,286	41,880	47,880	50,239	58,004	56,328	59,951	60,088	54,327
BAJA CALIFORNIA SUR	3,919	4,364	3,477	3,428	6,916	11,670	12,037	12,002	12,718	12,343
CAMPECHE	8,482	8,609	7,401	7,692	7,692	4,547	9,309	8,836	6,486	6,130
COAHUILA	185,735	183,810	201,055	200,991	214,130	245,787	252,021	235,288	253,643	256,463
COLIMA	24,270	16,252	15,890	15,911	23,634	16,013	13,436	13,110	8,467	8,347
CHIAPAS	31,200	31,800	32,670	29,180	32,152	32,231	28,645	28,767	31,479	28,954
CHIHUAHUA	123,857	139,477	150,792	143,506	205,317	207,369	204,589	198,156	213,674	216,892
DISTRIRTO FEDERAL	1,827	16,220	16,135	20,180	20,180	15,200	13,000	12,653	9,787	7,754
DURANGO	207,497	217,996	227,292	217,585	232,023	233,480	250,304	259,872	274,620	273,564
GUANAJUATO	133,131	133,867	139,222	142,146	148,599	153,057	150,931	154,443	161,213	163,149
GUERRERO	13,588	13,821	34,383	40,409	45,229	23,864	24,261	22,111	19,543	18,759
HIDALGO	164,000	163,006	167,763	169,631	177,143	179,832	174,845	169,463	182,357	186,725
JALISCO	99,930	110,346	127,555	165,892	182,325	216,628	222,881	220,664	225,641	216,254
MÉXICO	60,997	63,563	63,918	64,389	73,522	71,864	78,942	78,402	75,625	71,864
MICHOACAN	954	30,250	31,430	32,270	35,105	49,060	52,093	53,841	51,676	56,698
MORELOS	717	756	480	540	540	522	525	581	567	559
NAYARIT	8,902	8,554	9,649	13,648	13,648	16,118	16,329	15,921	16,127	17,688
NUEVO LEON	3,607	4,080	4,505	4,716	23,246	23,000	23,140	23,340	23,896	19,475
OAXACA	15,120	16,857	17,018	17,690	19,315	15,566	15,259	14,996	15,127	17,467
PUEBLA	179,647	176,676	181,093	183,176	185,259	188,431	187,962	179,456	181,218	174,634
QUERÉTARO	25,926	28,803	29,049	32,164	38,477	57,120	63,711	72,476	71,342	75,167
QUINTANA ROO	1,724	2,218	1,478	1,565	1,565	1,353	393	337	343	365
SAN LUIS POTOSÍ	58,813	52,815	41,258	36,188	36,359	16,857	15,581	15,225	20,110	19,375
SINALOA	15,138	14,392	14,810	15,100	15,710	14,746	15,423	15,823	14,234	12,461
SONORA	12,225	12,658	11,315	11,315	12,500	14,582	16,555	16,982	18,248	22,473
TABASCO	13,450	14,959	14,517	14,467	14,467	15,043	16,523	17,909	18,424	16,864
TAMAULIPAS	50,543	3,485	3,644	4,234	1,487	980	936	1,087	1,215	1,116
TLAXCALA	4,580	3,929	8,350	8,517	14,093	8,013	16,844	16,224	13,369	12,220
VERACRUZ	125,589	103,401	103,918	107,642	58,194	60,074	63,064	63,568	64,459	58,761
YUCATÁN	62	20,305	20,854	21,405	21,405	22,204	22,440	23,758	17,675	13,478
ZACATECAS	16,468	18,533	17,787	17,520	91,046	96,017	93,450	92,926	97,627	81,733
TOTAL NACIONAL	1,693,556	1,720,568	1,813,588	1,863,977	2,074,517	2,140,130	2,182,672	2,169,669	2,234,246	2,197,346
REGION LAGUNERA	319,305	338,964	363,241	363,241	393,057	431,146	446,452	440,876	469,398	472,455
LAGUNA COAHUILA	155,635	164,236	178,511	178,511	193,266	222,614	228,087	211,906	229,673	231,679
LAGUNA DURANGO	163,670	174,728	184,730	184,730	199,791	208,532	218,365	228,970	239,725	240,776
COAHUILA										
DELEGACIÓN	30,100	19,574	22,544	22,480	20,864	23,173	23,934	23,382	23,970	24,784
DURANGO										
DELEGACIÓN	43,827	43,268	42,562	32,855	32,232	24,948	31,939	30,902	34,895	32,788

Fuente: SIAP/SAGARPA 2006

Producción de Bovinos de Leche en México

(Miles de Litros)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Aguascalientes	389,940	394,410	309,527	415,977	415,057	394,987	402,541	391,470
Baja California	211,723	230,510	241,076	223,061	194,138	200,861	208,752	188,548
Baja California Sur	27,725	32,163	33,388	34,520	36,551	39,651	42,982	42,551
Campeche	18,567	19,977	18,846	22,968	23,450	25,884	33,270	33,711
Chiapas	280,496	294,833	306,843	273,919	282,633	320,923	300,050	299,830
Chihuahua	698,320	704,385	735,521	772,361	802,394	712,828	784,031	802,116
Coahuila	790,130	853,826	863,752	951,567	959,914	1,058,886	1,087,526	1,178,805
Colima	38,321	37,175	36,109	38,219	39,201	37,847	34,384	34,064
Distrito Federal	17,283	22,898	19,110	15,500	19,599	12,955	13,039	12,960
Durango	818,776	826,922	901,137	914,502	914,553	953,316	958,776	950,363
Guanajuato	605,304	619,814	629,292	644,319	661,861	647,465	664,786	647,823
Guerrero	69,472	69,633	80,980	71,376	71,261	78,215	78,036	80,422
Hidalgo	345,998	362,217	376,837	400,253	419,996	415,024	411,105	413,567
Jalisco	1,253,70	1,563,60	1,678,17	1,691,14	1,719,15	1,712,546	1,701,291	1,710,727
		6	5	3	5			
Edo. México	427,085	432,115	468,953	480,204	484,161	489,628	490,145	471,516
Michoacán	283,995	293,923	293,923	302,596	297,038	313,040	312,874	326,742
Morelos	12,889	14,190	15,852	17,754	17,120	17,500	17,798	18,126
Nayarit	43,145	58,682	85,882	68,503	67,207	64,175	67,438	65,531
Nuevo León	38,361	37,559	37,072	37,162	41,905	40,790	41,442	38,280
Oaxaca	133,765	136,709	140,821	142,286	143,439	142,901	143,179	140,149
Puebla	308,139	347,171	354,869	358,842	362,933	363,296	364,452	365,085
Querétaro	171,778	185,270	186,683	198,979	219,637	215,823	209,328	210,942
Quintana Roo	3,965	4,476	1,949	5,062	3,888	4,974	4,590	5,250
San Luis Potosí	230,714	206,248	180,604	142,316	141,697	142,848	144,523	143,419
Sinaloa	82,700	83,435	95,684	84,828	88,701	82,365	77,243	80,974
Sonora	102,101	99,500	108,100	118,355	135,753	148,090	136,376	132,606
Tabasco	83,978	83,475	85,754	89,311	88,610	96,041	99,432	107,443
Tamaulipas	22,791	20,747	25,172	22,089	23,559	27,887	30,015	29,985

Tlaxcala	91,174	95,500	107,716	114,981	142,239	158,000	141,560	96,434
Veracruz	566,187	600,316	654,832	671,350	698,733	720,426	719,360	683,046
Yucatán	12,505	12,561	12,938	9,654	12,372	9,253	7,749	6,788
Zacatecas	134,584	133,068	143,312	138,363	129,525	135,930	145,684	159,031
Total	8,315,711	8,877,314	9,311,444	9,472,293	9,658,282	9,784,355	9,873,757	9,868,301

Fuente: SIAP / SAGARPA 2006

1.1.4.3 Consumo Nacional Aparente (CNA)

Con base en la información preliminar de la producción de leche y de las cifras definitivas del intercambio comercial de leche y productos lácteos de 2004, se determina que el CNA de leche, considerando en el intercambio solamente leche en polvo y lacticinios, se ubicó en 12,372 millones de litros, volumen 1 % superior al CNA del año previo (**Villamar y Olivera, 2005**).

Este incremento obedeció en mayor medida al crecimiento de la oferta nacional de leche y en menor medida a las importaciones. La ponderación del crecimiento del CNA indica que 0.7% provino de la mayor producción nacional y 0.3% de las importaciones.

Si bien el componente de importaciones del CNA mostró una baja variación en cuanto al volumen, su composición mostró algunos cambios, siendo el caso del apartado de leches fluidas, de otras leches, yogurt y un leve decremento de la leche en polvo (**Villamar y Olivera, 2005**).

Lo anterior denota que ante la existencia de una disminución en la importación de leche en polvo y el encarecimiento de este producto en el mercado internacional, algunas empresas optaron por la compra de leche fluida para complementar su demanda por esta materia

prima, así como a la importación de productos terminados, como las leches evaporadas y condensadas, yogurt y quesos **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Manejando un segundo escenario, en el cual se adicionan al componente de importaciones del CNA lo referente a “Preparaciones a base de productos lácteos con un contenido de sólidos superior al 50%”, se observa un cambio significativo, en cuanto al monto de CNA, el cual se cifra en 13,228 millones de litros, 2.5% mayor al del año 2003 y en donde el crecimiento de la oferta se soporta en mayor medida en las importaciones y 0.7% de la producción nacional **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Este crecimiento de los ingresos de “Preparaciones”, plantea un cambio importante en la composición del apartado de importaciones del CNA, ya que de representar el 21.3% en el 2003, en el año 2004 represento el 26.2% de los productos lácteos adquiridos en el exterior **(Villamar y Olivera, 2005)**.

El crecimiento del componente de importación es una muestra de una demanda insatisfecha, lo cual es un indicativo de fortalecer la producción nacional para que amplíe su oferta y tenga una mayor participación en el abasto doméstico **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La estimación de la disponibilidad de la leche per capita calculada con base en el CNA asciende a 117.4 litros al año en el 2004 sin considerar el componente de “Preparaciones” y a 125.6 litros considerando ese componente. En el primer caso, en el que no se consideran a las “Preparaciones”, se establece un decremento del 0.1% con respecto a la disponibilidad calculada para el 2003, en tanto que para el segundo, contemplando a las “Preparaciones” se determina un incremento del 1.4% con relación al año previo. Lo anterior indica que la industria ha optado por complementar su demanda con leche en polvo, a través de las preparaciones **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.1.4.4 Importaciones

En un primer escalafón de análisis se ubica el ganado lechero, cuyas importaciones cubren parte del reemplazo del ganado cuyo ciclo productivo ha terminado y lo cual obedece a una baja práctica de recría y mejoramiento genético en México, lo cual condiciona a una dependencia por ganado del exterior **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Los procesos de importación de este tipo de ganado se vieron trastocados a partir del 2003 por la detección de Encefalitis Espongiforme Bovina en Canadá y en Estados Unidos, implicando una reducción en el monto de las importaciones y la orientación por la proveeduría de Australia y en menor medida Nueva Zelanda **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Previsiblemente, la falta de recría nacional, la disminución de la importación de becerras y vaquillas lecheras durante 2003 y una reclasificación arancelaria, marcaron un crecimiento de las importaciones de vacas lecheras durante 2004 **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La importación de vacas lecheras ascendió a 38,440 cabezas, prácticamente cinco veces más que en el 2003, siendo el mayor registro de importaciones a través de esta fracción en los últimos 10 años **(Villamar y Olivera, 2005)**.

De este total, el 76.9% se compuso de vacas procedentes de Australia y el 15.9% de ganado de Nueva Zelanda y se estima que de acuerdo con el tipo de ganado disponible en esas naciones, las importaciones las vacas lecheras corresponden a vacas lecheras destinadas a explotaciones del centro y sur del país **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Por lo que respecta a la importación de leche fluida, se determina un importante crecimiento del 20.5%, para ubicarse en 69.6 millones de litros. Tal incremento se establece por una mayor concurrencia a la compra de leche cruda en Estados Unidos, para complementar la demanda, principalmente de la industria ubicada en los estados del norte del país **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Si bien es cierto que en la última década no se observa una tendencia específica en las importaciones de leche fluida, también lo es que a partir del año 2001 hay un incremento permanente, previsiblemente resultado del desarrollo de proveedores en el exterior y de los propios sistemas de abastecimiento, que permiten el transporte oportuno y a costos accesibles de este producto, ya sea como producto terminado (ultra pasteurizado) y como materia prima (leche cruda) **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Al comparar el volumen de la importación de la leche fluida, estimando que se destino a la venta directa o a la elaboración de leche pasteurizada o ultra-pasteurizada, con respecto a la producción de la industria mexicana de este alimento, su significado se mantiene por debajo del 2 % **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La importación de leche en polvo se mantiene como el componente de mayor significado dentro de las importaciones y en el 2004 el monto de éstas fue de 158,640 toneladas. El volumen de las operaciones de importación mostró un mínimo crecimiento de 0.5% con referencia al del año previo **(Villamar y Olivera, 2005)**.

El grupo de productos por leches evaporadas y condensadas, continuó siendo el que mayor dinamismo ha mostrado en sus importaciones, siendo su crecimiento en 2004 de 159%, con lo cual el volumen de producto internado a México ascendió a 52,000 toneladas **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Al interior de este grupo de productos, se determina que las importaciones de leche evaporada crecieron en 2004 en 1000%, en tanto que las de leche condensada en 86.4% **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.1.4.5 Exportaciones

Los cambios en el mercado mundial de la leche también se vieron reflejados en la concurrencia de leche y sus derivados de producción mexicana a ellos, de tal forma, que el volumen acumulado de litros equivalentes de las ventas al exterior fue de 34.1 millones de litros, lo que implica un retroceso de 13.9% con el registro de 2003 **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Para el caso de exportaciones de leche fluida, durante 2004 ascendieron a 29, 200 litros, 21.5% menos que el año previo. El principal mercado de destino fue el Centroamericano, sobresaliendo las ventas a Guatemala **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Esta situación se replica en las exportaciones de leche en polvo, en las que se dió una reducción de 43.9% para ubicarse en las 1,230 toneladas, de las cuales se reporta que el 81.1% se destinó al mercado de Estados Unidos, previéndose su remisión en forma de fórmulas lácteas para consumo infantil **(Villamar y Olivera, 2005)**.

La composición de estas exportaciones se mantiene, con un predominio del 86.7% de las operaciones en leche en polvo entera **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Con respecto a las exportaciones de leche evaporada y condensada, se observa una fuerte contracción del 81.6%, con lo que las operaciones de venta al exterior en 2004 se cifró en 177.6 toneladas. Para este grupo de productos, se determinan como los principales mercados de destino los Estados Unidos, Puerto Rico y Belice **(Villamar y Olivera, 2005)**.

Las ventas al exterior de las denominadas “Preparaciones” mostraron una expansión de 36.5% durante el año 2004, para ubicarse en un total de 5,100 toneladas. Las ventas al exterior se concentraron en forma mayoritaria en Panamá, Venezuela, Estados Unidos, Colombia y Argentina **(Villamar y Olivera, 2005)**.

1.2 Forrajes

En el mundo anualmente se producen cerca de 2100 millones de toneladas métricas de residuos de cosechas, su disponibilidad y origen de estos alimentos con un alto contenido en fibra varía de acuerdo a la región del planeta donde son producidos, estos forrajes incluyen pajas, rastrojos entre otros **(Ryu, 1989)**.

Algunos investigadores han presentado un mayor interés por determinar la calidad nutritiva de los forrajes con más énfasis en su composición química, aunque algunos análisis han indicado que los componentes solubles de la pared celular son factores útiles para el estudio de las características fermentativas de los forrajes **(Leng, 1991)**.

La literatura reporta que a medida que los pastos envejecen, su calidad disminuye, obedeciendo fundamentalmente al aumento de elementos estructurales con la baja de carbohidratos solubles, proteínas, minerales y digestibilidad **(Elías, 1983; Herrera, 1993)**.

Leng (1990), define a los forrajes de baja calidad como aquellos con una digestibilidad menor a 55%, deficientes en proteína verdadera (menos a 80 gr. de proteína cruda), bajos en azúcares y almidón solubles (<100 gr./kg.). La utilización de este tipo de forrajes por los rumiantes se ve influenciada por varios factores asociados con el alimento o el animal, entre los cuales enumera:

1. Disponibilidad de nutrientes en el alimento para un eficiente crecimiento microbial y una tasa alta de digestión en el rumen.
2. La cantidad de componentes solubles en el forraje.
3. El estado fisiológico, dieta e historial clínico del animal.
4. Temperatura ambiental, la cual determina los requerimientos para el mantenimiento.
5. Las características químicas y físicas del forraje.

Otros elementos discutidos como fuentes forrajeras son los esquilmos y subproductos agroindustriales que constituyen un reglón potencial en la ganadería, dentro de cada zona

geográfica en mayor o menor grado posee estos recursos, entre ellos se encuentran las pajas de sorgo, maíz y frijol como esquilmos, como subproductos agroindustriales, la melaza de caña de azúcar, cachaza, utilizadas como base energética y la urea como base protéica en raciones para engorda, han permitido buenos incrementos de peso. No obstante estas ganancias están afectadas por la cantidad, así como el tipo de proteína natural que se proporciona (**Flores, 1983**).

En México el rastrojo de maíz es un importante esquilmo. Siendo más digestible que las pajas como las de trigo, pero aún se clasifica dentro de los forrajes fibrosos toscos de escaso valor, útil para el mantenimiento en combinación con suplementos concentrados (**Algeo, 1978; Flores, 1983**).

1.2.1 Consumo de los Forrajes

La capacidad de consumo de los rumiantes alimentados con forrajes de baja calidad, principalmente con forrajes tropicales depende de una larga degradación del alimento; de ésta manera, las partículas de alimento con un tamaño superior a 2 cm. son retenidas por más tiempo en el rumen, disminuyendo su flujo hacia el intestino, generando una subsiguiente disminución sobre el consumo (**Van der Meer y Van Es, 1987**). Siendo el consumo de la materia orgánica (MO) digestible, el factor principal que limita la producción en los rumiantes (**Arthun 1989**).

Orskov (1982), mencionó que los forrajes maduros son típicamente altos en fibras y bajos en componentes solubles, dando como resultado un pobre consumo y una baja digestibilidad, sin embargo, **Elias (1983)** y **Ellis et al. (1979)**, mencionaron que un incremento en el consumo de estas fuentes de fibra, es posible gracias a una correcta complementación, asociando algunos elementos tales como: azúcares simples de fácil fermentación (melaza, almidón o granos de cereales), proteínas naturales (caseína, soya, gluten de maíz, entre otras.) además de diversas fuentes de NNP (urea, pollinaza), lo cual

trae como consecuencia una mejoría en la tasa de digestión y su pasaje de esos dentro del rumen.

Por su parte **Arthun (1989)**, mencionó que el contenido de energía bruta de estos forrajes no parece ser una limitante, sin embargo, su pobre consumo y digestibilidad resulta en una disminución en el aporte de energía digestible y metabolizable al hospedero. Por otro lado, **Elías (1983)**, indicó que una complementación con azúcares solubles genera un incremento en la digestibilidad de la fibra, ya que los microorganismos ruminales (celulolíticos) son incapaces de obtener energía de la celulosa, para sus funciones celulares hasta que la molécula sea digerida, lo anterior sugiere que al inicio de la digestión es necesaria la presencia de pequeñas cantidades de azúcares simples.

Asimismo, **Oltjen et al. (1968)**, mencionaron que la complementación con proteína natural y NNP incrementan la digestibilidad de la materia seca (MS), además de lograr una mayor eficiencia de utilización, debido a una amplia proliferación de los microorganismos celulolíticos, cuyos requerimientos simples de nitrógeno son cubiertos por la presencia de amoníaco en el rumen procedente de la hidrólisis de las proteínas de la urea (**Bryant and Robinson, 1961; Hungate, 1966**). Mediante la incorporación de los aminoácidos tales como la valina, lisina, isoleucina, prolina y metionina, se ejerce una influencia positiva sobre la digestión de la fibra, debido a que los microorganismos celulolíticos requieren de estos elementos para su crecimiento (**Dehority et al., 1958; Allison, 1969**). Sin embargo **Dehority et al. (1958)** y **Bryant and Robinson (1961)**, mencionaron que la función principal de los aminoácidos en la degradación de la fibra, es la de aportar las cadenas carbonadas necesarias, luego de su desaminación para la síntesis de ácidos grasos volátiles, especialmente los de cadena larga ramificada (valérico, cáprico isobutírico e isovalérico) estimulando la celulolisis ruminal (**Elías, 1983**).

1.2.2 Factores que afectan la digestión de los forrajes

El estudio de la nutrición de los rumiantes, es complicado debido a las características del proceso de fermentación que se efectúa en el rumen. En este sentido, hay que tener en

cuenta los procesos nutricionales por separado: la nutrición de la población microbiana y la del hospedero, que en su aplicación son indispensables. Por lo tanto, esta última es de vital importancia en la producción animal. La primera puede ser de mayor significancia en la utilización de los alimentos, especialmente al alimentar con dietas fibrosas. Esto se debe fundamentalmente a que la digestibilidad y utilización de los alimentos de naturaleza fibrosa para los rumiantes depende fundamentalmente de los microorganismos del rumen, **(Wilson, 1994; Elías, 1983)**. El contenido de paredes celulares en un forraje es importante, porque su incremento generalmente está seguido de una reducida digestibilidad, lo que impacta sobre todo en el consumo.

Dentro de los factores que limitan la digestibilidad de las paredes celulares, se encuentra la inaccesibilidad de ataque microbiano, debido a la formación de complejos fenólicos (*p*-cumárico y los alcoholes coniferil y sinapil) presentes en la lignina, los cuales tienen una acción tóxica sobre los microorganismos celulolíticos **(Chensson y Forberg, 1988)**.

Entre otros factores que afectan la digestión de las paredes celulares, se encuentran los relacionados con el ambiente y la función ruminal, que influyen directamente sobre la población microbiana. La temperatura del rumen es esencial que permanezca entre 38° y 42° C., además de una secreción abundante y constante de saliva, que ayude al establecimiento del pH (5.9 y 7.4) **(Elías, 1983)**.

Por esta razón, es indispensable la promoción de las condiciones de producción de gases (metano, bióxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno) y la baja tensión de oxígeno para una mayor proliferación de los microorganismos anaeróbicos, facultativos u obligados. Aunado a los movimientos ruminales que mezclen constantemente la digesta para que la microbiota esté en contacto con nutrientes frescos, promoviendo una actividad de rumia constante, generando una reducción en el tamaño de las partículas alimenticias; de esta manera estos factores facilitan el ataque microbiano e influyen sobre la tasa de pasaje en los alimentos fibrosos mejorando su utilización. El suministro de diferentes tipos de raciones, se produzcan

cambios en la actividad microbiana ruminal, influyendo no solo en la actividad, sino también en la modificación de la población predominante en el rumen (**Elías,1983**).

Otros factores, que afectan la digestibilidad de los forrajes, se encuentra la reducida disponibilidad del nitrógeno, la escasez de hidratos de carbono de fácil fermentación, además del déficit de algunos minerales, entre los que destacan el azufre, fósforo y calcio, elementos indispensables para la población microbiana celulolítica (**Ellis et al., 1979**), la digestibilidad de los forrajes, no solo esta influenciada por aspectos relacionados con la capacidad fermentativa del hospedero, si no por diversos factores como el contenido de nitrógeno y el estado de madurez de los pastos, factores climáticos (precipitación, temperatura, intensidad lumínica, etc.), agronómicos, (riego, fertilización, etc.). Lo que repercute sobre los constituyentes químicos y estructurales de los forrajes, reflejándose sobre su producción y calidad nutrimental (**Herrera, 1983**), otros factores que pueden afectar el consumo de los animales en pastoreo son:

- Disponibilidad del forraje.
- Velocidad de paso.
- Llenado del retículo-rumen.
- Tamaño corporal.
- Suplementación.
- Disponibilidad de forraje.
- Intensidad del pastoreo.
- Estado de madurez del forraje (**Leng, 1991**).

Se ha discutido que la productividad y la eficacia de los rumiantes en pastoreo, parten del estado fenológico de los forrajes pudiendo afectar el consumo, el cual se ve disminuido cuando la digestibilidad de la materia orgánica del forraje decrece, la estrecha relación entre la composición química de los forrajes y la digestibilidad se asocian de manera directa, cuando son ingeridas plantas verdes y suculentas, cuando la digestibilidad es alta, la velocidad de paso es mayor, traduciéndose en aumento del consumo (**Delgadillo, 1998**),

otros factores que afectan el consumo de los animales en pastoreo, son los cambios climáticos, por ejemplo las altas temperaturas ambientales (más de 40° C) disminuyen los niveles de consumo (**Murillo, 1999**). Los hábitos de los animales en pastoreo representan un medio a través del cual, los animales se adaptan a las diferentes condiciones ambientales; son considerados como un proceso dinámico, interactivo y complejo, a través de su entendimiento y aprendizaje, podremos influir sobre los animales para incrementar su eficiencia productiva, siendo una herramienta útil en el establecimiento de programas de manejo del pastizal, así como del animal. Entre los métodos para conocer los hábitos de pastoreo, se encuentran las observaciones visuales, las mecánicas, entre otras. Ha sido importante señalar que los hábitos de pastoreo pueden verse influenciados por factores tanto del vegetal como del animal (**Delgado, 1998**).

El manejo del pastoreo se relaciona no solo con atención de las exigencias nutricionales de los animales, sino también con los métodos que se utilizan para el aprovechamiento de los recursos naturales y su conservación, siendo preciso conocer el comportamiento de los forrajes a través del ciclo productivo, que se divide en:

- Crecimiento vegetativo, en donde la planta posee un elevado porcentaje de hojas en relación a su tallo.
- Crecimiento reproductivo, sucede cuando la planta alarga sus tallos, produce flores y frutos.

El momento óptimo para ser consumidos por el animal, es cuando se lleva a cabo el crecimiento vegetativo, donde las hojas son más digestibles, en la segunda etapa existe una acumulación de semillas, así como de lignina, elemento que hace poco digestible el material vegetal (**Murillo, 1999**).

El recurso natural tiene características bien definidas: cortas épocas de abundancia “época benigna”, que provoca recuperación corporal de los animales para seguir largos periodos de escasez de nutrientes “Época de estiaje”, que provoca decrementos productivos debido a

que las fluctuaciones estacionales causan alteraciones en la cantidad y composición de los forrajes consumidos por los rumiantes (**Morales, et al., 2000**).

1.3 Cinética Ruminal

Una eficiente conversión de los alimentos altos en fibra y pobres cualidades nutritivas puede ser obtenida por los rumiantes adicionando nutrientes especiales así como nitrógeno no protéico (NNP) (**Preston, 1995; Galina, et al., 1998; Galina, et al., 2000 ; Morales, et al., 2000; Ortiz, et al., 2001**). La formación de proteína bacteriana puede balancearse en el hospedero de acuerdo a las necesidades de nitrógeno del mismo así como de los microorganismos ruminales (**Ørskov, 1992**). La energía necesaria para el rumiante puede ser obtenida produciendo la celulólisis de las paredes celulares del rastrojo de maíz (**Ørskov, 1992; Puga, et al., 2001**).

La asociación de un forraje fibroso con uno de mayor digestibilidad ha demostrado ser una estrategia para aumentar el consumo de los alimentos, traduciéndose en un incremento en la productividad (**Ortiz, et al., 2001; Ortiz, et al., 2002**). El aumento de la digestibilidad será producto de la habilidad del rumiante para incrementar su capacidad de fermentación mediante una mayor colonización de los microorganismos ruminales, formando a su vez proteína bacteriana de alta digestibilidad utilizando nitrógeno no protéico(**Galina, et al, 2003**). En las zonas de temporal los forrajes fibrosos constituyen la fuente de alimentación animal más económica, sin embargo, la producción de pasto se ve afectada por la estacionalidad, teniendo excedentes de forraje al inicio de lluvias y escasez en la época de seca, en el invierno el silo de maíz constituye una alternativa importante para la alimentación de los bovinos, siendo este el cultivo más importante del altiplano en México (**Galina, et al, 2003**).

La prioridad para la alimentación en rumiantes, es asegurar que no haya deficiencias de nutrientes para un crecimiento microbial adecuado proveyendo carbohidratos fermentables y nitrógeno no proteico en la dieta (**Leng, 1991; Dewhursts, et al., 2000**), ya que los

principales agentes que rompen y digieren la fibra son todos anaerobios que incluyen bacterias, hongos y protozoarios (**Leng; 1991**). Las estrategias de alimentación para las bacterias ruminales incluye la adición continua de nitrógeno no protéico para mantener niveles altos de amoníaco en el rúmen. Otros factores que se incluyen son los aminoácidos esenciales, carbohidratos de fácil degradación y minerales, siendo la urea una fuente económica y de fácil acceso de nitrógeno no proteico para los rumiantes (**Galina, et al., 1998; 2000**).

La concentración de proteína cruda en el ensilado es casi la misma que la del ensilado de forraje fresco (**Russell et al., 1978; Flores et al., 1986**). Sin embargo, durante el ensilaje hay un aumento en la proporción de amoníaco, nitrógeno no protéico y aminoácidos libres. Estos cambios pueden provocar una disminución de la cantidad de proteína cruda que pasa del rumen hacia el intestino delgado.

1.4 Silos

1.4.1 Historia

En Europa existen reportes de silos hechos por los egipcios hace más de 3000 años, con técnicas que hoy seguimos utilizando (**Kuchler, 1926**). En Cartagena, hay ruinas pintadas con aceites, que muestran el proceso del ensilaje (1200 años a. C.), en donde no sólo se trabaja con granos y cereales, sino también con forrajes (**Kristein, 1963**).

1.4.2 Tipos

Un silo es una construcción muy útil que nos permite almacenar forrajes como maíz, sorgo, gramíneas, leguminosas, girasoles, coles, entre otros (**Morfin, 1998**).

Los silos se agrupan en dos grandes categorías, según su forma: Horizontales y Verticales

1.4.2.1 Silos Horizontales

Sus características principales son:

Altura inferior a la menor de sus otras dimensiones.

Coste inferior a los verticales.

Mayor necesidad de mano de obra que los verticales.

Necesidad de cubrirlos con un material que evite la entrada de aire.

Pérdidas en materia seca elevadas (10-30%) **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

1.4.2.1.1 Silo Almiar

Es el tipo más elemental de silo. Consiste en amontonar el forraje sobre el suelo apisonándolo y recubriéndolo con plástico. Sus lados deben tener una fuerte pendiente y se realizarán sobre zonas elevadas con el fin de facilitar el escurrido de los jugos **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Su costo es bajo pero presentan el inconveniente de dejar penetrar el aire fácilmente en su interior, por lo que las pérdidas pueden ser elevadas. No es recomendable su empleo más que para forrajes fácilmente ensilables como la planta entera de maíz. Tampoco es aconsejable su utilización más que para ensilados realizados en verano, su uso en invierno solo es recomendable cuando se realiza sobre suelos muy filtrantes **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Se pueden realizar directamente sobre el suelo, lo que exige que éste sea filtrante y se necesite variar su emplazamiento cada año. Es interesante su realización sobre un plástico ya utilizado o sobre una cama de paja, o mejor aún sobre una plataforma de asfalto u hormigón con una ligera pendiente, para permitir la evacuación de los líquidos de escurrido y evitar el encharcamiento en los accesos. Cuando el ensilado es prehenificado, una pendiente del 1-2% es suficiente. Si la recolección se realiza mediante corte directo, será

necesario aumentar la pendiente 2-3%. En todos los casos esta última estará orientada hacia la abertura, que se hará siempre en la parte baja y/o hacia un lado **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Cuando estos silos son de pequeña a mediana capacidad (inferior a 200 m³) ocupan una superficie relativamente importante, unos 10 m² por tonelada de materia seca de hierba, ya que su altura máxima no suele exceder de 1.5 m. Su rendimiento de llenado es bajo, por el tiempo que se emplea en el reparto y apisonado del forraje, cuando se realiza de forma correcta **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Se puede aumentar su capacidad, cuando se realiza sobre suelo hormigonado, dándoles una forma trapezoidal que además limita las pérdidas, al disminuir la relación entre la superficie y el volumen almacenado **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Se consigue una mayor capacidad mediante la realización de dos paredes laterales hormigonadas de 0.5-1 m. de altura apoyadas sobre la tierra ataluzada que permiten alcanzar una altura en el centro del silo de 4-5 m. cuando la anchura es de 10-15 m. **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

1.4.2.1.2 Silos al Vacío

Constituye una variante muy mejorada del tipo anterior, consiste en recubrir la base del silo mediante una lámina de plástico de 0.1 a 0.175 mm. de espesor, sobre la que se va añadiendo el forraje a ensilar, dejando libres unos 30-40 cm. de plástico alrededor del mismo. Los plásticos de menor espesor se utilizan para alimentos bien picados y de tallos tiernos como alfalfa o veza y los más gruesos para los que poseen tallos punzantes como maíz o gramíneas **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Cuando el alimento, que debe ser bien apisonado, alcanza una altura de 2.5-3 m., se recubre toda la masa a ensilar con otra lámina de plástico de las mismas características que la

anterior, y de forma que sus bordes se superpongan con los del plástico inferior. Ambos se introducen a la vez en un tubo de polietileno en forma de C en cuyo interior y apisonándolos se coloca un tubo macizo del mismo material, impidiendo de esta forma la penetración de aire en el silo **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Una vez cerrado el silo, se extrae el aire en él contenido, mediante una bomba de vacío, que se conecta a un tubo agujerado que se ha introducido previamente en el interior del mismo. Cuando se alcanza un vacío de unos 370-500 mm. de mercurio, se cierra herméticamente la salida del tubo de extracción **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Con la extracción del aire se consigue el mismo efecto que con un peso de hormigón de unos 2 metros de altura, colocado sobre el ensilado. La principal ventaja de este tipo de silos es que todos los procesos nocivos que se producen en el ensilado por la presencia de oxígeno disminuye rápidamente, acelerándose en cambio las fermentaciones que son favorables para la buena conservación **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

En caso de que se acumule agua en exceso en la parte inferior del silo, debe ser eliminada practicando un agujero que se tapará inmediatamente después de ser extraída **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Estos silos se pueden utilizar para cualquier tipo de alimento incluido el forraje de leguminosas, aunque se aconseja para éstas últimas el empleo de conservadores. Para conseguir un ensilado de calidad, no deben de transcurrir más de dos días desde que se comienza a llenar el silo hasta su cierre **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

1.4.2.1.3 Silo Zanja

Consiste en una excavación practicada en el terreno de sección trapezoidal cuya base menor es la inferior **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Aunque su costo es bajo, presenta algunos inconvenientes como riesgos de infiltración de agua, dificultades de drenaje y riesgos de contaminación del ensilado con tierra. Para evitar estos problemas pueden revestirse las paredes y el suelo con un plástico o bien con diversos tipos de materiales que eviten desmoronamientos y humedades **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

1.4.2.1.4 Silo Trinchera

Está constituido por un piso de hormigón sobre el que van dos muros paralelos del mismo material, madera o metal, que se elevan desde 1.5 o 2 mts, y que pueden llegar a los 4-5 mts. El piso de hormigón, tendrá una pendiente del 2-3% hacia el frente de ataque, estando cerrado por otro muro el extremo opuesto. La anchura mínima será de 5 mts. para poder apisonar correctamente con un tractor **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

La capacidad no deberá ser en ningún caso inferior a los 70 m³, pues es a partir de este volumen en que se consigue un costo estable por m³, aumentando en cambio cuando la capacidad es menor **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

El llenado del silo deberá realizarse rápidamente, pues la calidad del ensilado obtenido dependerá más de este factor que del apisonado que se realice. No se deberá cerrar el silo más tarde de 48 hrs. del comienzo de su llenado, siendo este tiempo el que nos determinará la capacidad máxima del silo **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Los silos pueden tener su piso con pendiente hacia el eje central o bien, longitudinalmente. El silo irá cubierto en todos los casos por un plástico para evitar la entrada de aire del exterior. Cuando se requiere conseguir un cierre hermético puede utilizarse el método austriaco denominado Seeger, que exige la realización previa en la parte superior de las paredes y en los extremos, de una forma de la ranura trapezoidal, en la que se introducen los bordes de plástico, colocándose después un tubo inflable que comprime la cubierta sobre la ranura **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

1.4.2.2 Silos Verticales

Presentan las siguientes características generales:

De forma, generalmente cilíndrica, predomina la altura sobre sus otras dimensiones.

El espacio de terreno ocupado por ellos es 6-8 veces menor que el de los silos horizontales.

Permiten la mecanización de todas las operaciones de carga, descarga y distribución.

La masa ensilada es prensada bajo su propio peso.

Fácil protección contra el agua de lluvia y escorrentías.

Permiten una mejor conservación del alimento que los horizontales por su menor superficie de contacto con el aire y su mayor hermeticidad.

El costo es 3-4 veces más elevado por metro cúbico que el de los silos horizontales, a lo que hay que añadir los mecanismos de extracción y distribución **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

1.4.2.2.1 Silo Torre

El diámetro más usual de los silos torre es de 6 metros, aunque existen de 4.5 y 9 metros.

La altura interesa que sea lo mayor posible, de forma que se asegure un buen prensado, 15 metros es lo más normal. Se puede llegar a alcanzar capacidades de hasta 900 m³, aunque su instalación puede ser rentable a partir de los 200-250 m³ **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Diversos materiales pueden utilizarse para su construcción, siendo imprescindible que sean resistentes a la acidez y a los agentes atmosféricos, pudiéndose realizar en madera, hormigón o acero. Este último es el más utilizado siendo generalmente galvanizado o con esmalte vitrificado **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

En cuanto a la descarga de estos silos se necesitan ensiladoras neumáticas o elevadores mecánicos de cadenas provistas de garfios. Estos últimos presentan la ventaja de un menor costo energético **(Cañegue y Sancha, 1998)**.

Existen también silos torre totalmente herméticos que son estancos, no sólo al agua, sino también al aire. La cubierta lleva un orificio de llenado que se cierra herméticamente tan pronto como finaliza el ensilado. El interés mayor de los silos verticales se centra en la conservación de forraje semi-seco (40-45% de MS) aumentando su rentabilidad mediante su utilización continua, ya que se puede llenar en cualquier momento del año, independientemente del estado en que se encuentre el resto del forraje, siempre que la retirada del alimento se realice por su parte inferior (**Cañegue y Sancha, 1998**).

1.4.3 Características

Todos los tipos de silos son buenos, siempre y cuando se realicen bien y rápidamente todos los pasos para ensilar. Cada explotación ganadera debe evaluar las distintas estructuras del silo, de acuerdo con la maquinaria y el equipo con que se cuente, así como la situación geográfica y climatológica en donde esté (**Morfín, 1998**).

El alimento prensado en el interior del silo experimenta una serie de transformaciones bioquímicas que permiten su conservación en el tiempo, siendo necesarias dos condiciones para lograr un ensilado de alta calidad y mayor ingesta:

1. Conseguir y mantener el silo en condiciones de anaerobiosis (ausencia de oxígeno), con el fin de limitar las pérdidas por respiración y evitar el desarrollo de los microorganismos aerobios (los que tienen necesidad de oxígeno para su crecimiento) putrefactivos del forraje. Para ello es necesario realizar un rápido llenado del silo y cubrirlo con un plástico.
2. Impedir el desarrollo de la flora butírica, ya que descompone los aminoácidos en amoníaco, anhídrido carbónico, ácidos grasos volátiles y en ciertos compuestos nitrogenados como las aminas, que pueden ser tóxicas. Esta flora es particularmente sensible a la ausencia de humedad y a la acidez (pH bajo) por lo que podrá inhibirse, bien con un prehenificado del forraje (hasta un 35 % de la MS), bien

favoreciendo el desarrollo de la flora láctica, que provoca un rápido descenso del pH del ensilado, o bien induciendo éste, si la flora láctica natural no es capaz de hacerlo. (Cañegue y Sancha, 1998).

1.5 Ensilados

1.5.1 Importancia

El ensilado es el proceso de conservación en verde de la hierba o forraje con un determinado estado de humedad, y con pérdidas mínimas del valor nutritivo y materia seca (Muslera y Ratera, 1984). El empleo generalizado de estos forrajes ensilados es consecuencia de las siguientes ventajas:

1. El empleo de los forrajes ensilados hace posible el sostenimiento de mayor número de cabezas de ganado en una cierta extensión de terreno.
2. Los forrajes ensilados proporcionan alimentos succulentos de calidad superior, a menor costo, en cualquier época del año. Para la alimentación del ganado durante el invierno, los forrajes ensilados resultan mucho más baratos que otros forrajes y en verano son mucho más económicos que los forrajes verdes sesgados.
3. Las cosechas pueden ensilarse cuando las condiciones climatológicas no permitan henificarla o desecarla.
4. Generalmente, se registra una pérdida menor de principios nutritivos cuando se ensila una cosecha que cuando se henifica en el campo o se seca. Esta diferencia es especialmente importante en el caroteno.
5. Los forrajes ensilados, aunque procedan de plantas con tallos celulósicos, como el maíz y el sorgo, se consumen casi sin desperdicio. En cambio, suele perderse una parte considerable del maíz y del sorgo desecado, aunque sean de buena calidad.
6. La vegetación espontánea, que produciría un heno deficiente, puede dar origen a un excelente ensilaje y el proceso de ensilado mata muchos tipos de semillas de malas hierbas.

7. La cosecha de una superficie dada se puede almacenar en menos espacio como forraje ensilado que como forraje seco.
8. Cuando se ensila una cosecha de sorgo o maíz, se quita toda la cosecha relativamente temprano y queda el suelo libre para preparar la producción de otra cosecha.
9. En las regiones donde causa gran daño el barrenillo del maíz, el corte de los tallos a ras de suelo y el ensilado de la cosecha es uno de los mejores métodos para combatir esta plaga (**Morrison, 1980**).

1.5.2 Historia

Técnicamente en los últimos 125 años el proceso del ensilaje no ha cambiado mucho; sin embargo desde el punto de vista bioquímico los conocimientos de microbiologías han aumentado en forma importante a partir de la segunda mitad de este siglo.

El ensilaje es el principal contribuyente en la nutrición del ganado rumiante en muchos países durante el invierno. Dado su carácter de forraje conservado, el ensilado está ganando una popularidad mayor que el heno, constituyendo una mejor propuesta nutricional.

Los orígenes del ensilado se remontan a los tiempos prebíblicos, pero sólo en los últimos 40 o 50 años hemos sido capaces de separar los cambios básicos que ocurren durante el proceso de ensilaje y cómo éstos pueden controlarse para mejorar la calidad, valor nutritivo y por consecuencia, la producción animal (**Woolford, 1998**).

1.5.3 Proceso Bioquímico

El ensilaje permite que los forrajes se conserven durante mucho tiempo, sin que pierdan grandes cantidades de sustancias nutritivas como sucede cuando se deshidratan, este es un método de conservación y no un procedimiento de transformación, por lo tanto, la definición de ensilaje es el producto formado cuando el forraje y otro material de

suficientemente alto contenido de humedad, expuesto al ataque de microorganismos anaeróbicos se almacena anaeróbicamente, con lo cual se mantiene un forraje acidificado. Lo anterior se consigue mediante la fermentación, condición de anaerobiosis que inhibe la actividad de desperdicio bioquímico por parte de los organismos aeróbicos y las enzimas oxidativas vegetativas; además, se debe frenar la proteólisis anaeróbica de origen clostridiano, conocida como putrefacción (**Shimada, 1990; Morfin, 1998**).

El primer objetivo es conservar los cultivos por la fermentación logrando condiciones anaerobias para evitar la entrada y circulación de aire durante la conservación. Si el oxígeno entra en contacto con el producto durante algún periodo de tiempo, se origina la actividad microbiana aerobia, el producto se pudre y se convierte en un material sin utilidad, incomedible y generalmente tóxico (**McDonald, 1999**).

Hay factores que determinan la calidad del ensilado, existen determinaciones cualitativas que se obtienen de la observación de ciertas características físicas y determinaciones cuantitativas que se obtienen de compuestos químicos del producto.

Las características físicas fundamentales cualitativas incluyen:

- El olor.
- El color.
- El sabor.
- Textura del forraje.

Las características químicas son: valor del pH, relación de los ácidos láctico, acético y butírico y la humedad parcial por el método directo.

Los factores deseables que permiten una buena fermentación del forraje son:

- La humedad del forraje entre 66 y 72%.
- Contenido de glúcidos solubles 6 y 8 %, en relación con materia seca.
- pH. 3.8 - 4.3.
- Humedad. Alrededor del 65%.
- Ácido Láctico. Más del 3%.
- Ácido Butírico. Menos del 1%.
- N amoniacal. Menos del 15% del N total.
- Mínima capacidad amortiguadora.
- Población elevada de lactobacilos.
- Compactación y temperatura tales que permitan una rápida fermentación microbiana (**Shimada, 1990**).

El proceso fermentativo del material ensilado comienza de inmediato, de hecho, puede emplearse como alimento en cualquier momento, la culminación de las reacciones bioquímicas en general no se lleva a cabo hasta después de 40 días. Ello dependerá de la calidad original del producto ensilado.

Si el silo permanece en condiciones de anaerobiosis, se conservará apto para el consumo animal indefinidamente.

Una vez destapado el material, debe tomarse la porción que vaya a ofrecerse a los animales y el remanente volverse a tapar lo mejor posible.

Si se cumplen satisfactoriamente las condiciones mencionadas, podemos esperar la conversión de los glúcidos fermentables en ácido láctico y/o otros productos de acuerdo con dos principales rutas metabólicas:

HOMOFERMENTATIVA.



HETEROFERMENTATIVA.



La presencia abundante de ácido láctico se asocia generalmente con la calidad del producto, pues lo preserva en grado óptimo (**Morfin, 1998**).

La fermentación del material puede entonces resultar en la dominancia de cualquiera de los productos siguientes: ácido láctico, ácido butírico, ácido acético, alcohol y el ensilaje se clasifica entonces como láctico, acético, butírico (**Shimada, 1990**).

Esto será producto de alguno de los siguientes fenómenos:

Respiración

Se define como la degradación oxidativa de compuestos orgánicos para obtener energía útil. Los carbohidratos constituyen la principal fuente respiratoria, siendo generalmente el sustrato de la oxidación una hexosa que sufre la glicólisis y posterior oxidación. El mal compactamiento de un silo ocasiona que las células vegetales y los microbios empleen el aire presente en el mismo para convertir los azúcares y almidones en bióxido de carbono y agua, fenómeno acoplado con el calentamiento del material. La respiración perjudicial reduce la disponibilidad de los azúcares para el proceso fermentativo, retarda el inicio de la fermentación, daña las proteínas del alimento y ocurren pérdidas por escurrimiento y por gasificación. La forma más sencilla de evitar la respiración consiste en lograr las condiciones anaerobias en el silo lo antes posible (**McDonald, 1999**).

Fermentación

La fermentación es de corta duración en un silo bien compactado y hermético. En ausencia de aire, los microbios benéficos convierten los azúcares en ácido láctico con lo que preservan indefinidamente el alimento.

Refermentación

Si entra agua o aire en el silo, se desarrollan microbios invasores que convierten el ácido láctico y los azúcares en ácido butírico, originando que se caliente el material, se descomponen las proteínas en amoníaco produciendo compuestos indeseables, facilitando el crecimiento de hongos (**Glewen y Young, 1982**). Inmediatamente después de la siega y durante las primeras fases del ensilado, tienen lugar cambios químicos debidos a la actividad de las enzimas existentes en los tejidos vegetales, la proteólisis tiene especial importancia en cuanto al valor nutritivo del producto final (**McDonald, 1999**). En la hierba, el 75 – 90% de nitrógeno total se encuentra en forma de proteína. La proteólisis (hidrólisis de los enlaces peptídicos) tiene lugar inmediatamente después de la siega y una vez ensilado el material, esta descende su actividad conforme baja el pH. Los productos de la proteólisis son aminoácidos y péptidos de distinta longitud de cadena (**McDonald, 1999**).

Así también podemos observar los factores biológicos que pueden manipularse muy limitadamente; en cambio, los factores tecnológicos pueden manipularse para lograr una fermentación láctica homofermentativa en el proceso de ensilaje.

Factores biológicos:

- Características del forraje.
- Variedad híbrida.
- Contenido de azúcares solubles.
- Estructura de la planta.

- Estado de madurez.
- Cantidad de materia seca.
- Microflora endógena.
- Condiciones climatológicas.

Factores tecnológicos:

- Humedad del forraje.
- Estado de madurez.
- Tamaño del corte.
- Rapidez del llenado.
- Aditivos.
- Compactación.
- Sellado.
- Vaciado del silo.

(Bolsen, 1990).

Factores biológicos

Es difícil de manipular estos factores, sin embargo, tratando de disminuir los efectos negativos debemos apoyarnos en los factores tecnológicos, que si podemos controlar.

Si la capacidad amortiguadora del forraje es muy alta, será difícil que el pH disminuya durante el proceso de fermentación, la utilización de aditivos biológicos como las bacterias y enzimas nos han permitido contrarrestar este factor y lograr ensilajes de excelente calidad **(Bolsen, 1991).**

Las variedades híbridas nos dan rendimientos y características nutritivas que no podemos cambiar, pero podemos programar cortes a distintas etapas de madurez que nos permitan

escoger entre rendimientos por hectárea, calidad nutritiva y balance de nutrientes. **(Smith, 1986)**.

La cantidad de materia seca de un forraje está muy relacionada con la etapa de madurez. En México, por ejemplo, las variedades de maíz alcanzan el estado ideal de madurez para ensilar cuando el contenido de humedad aún es alto. Esto trae como consecuencia ensilados muy húmedos, presencia de hongos, escurrimientos y fermentaciones alternas no deseables. El clima no se puede controlar. Las temperaturas altas disminuirán rápidamente la humedad del forraje y tendremos problemas para compactarlo. Si las lluvias nos impiden entrar al campo, el forraje madurará y disminuirá su digestibilidad; además del retraso en las maniobras de llenado **(Smith, 1986)**.

Factores tecnológicos

Humedad del forraje a ensilar

La humedad con la que se ensila un forraje es un punto muy delicado. En condiciones normales los pastos y leguminosas presentan alrededor de un 80% de humedad al corte, misma que tiende a disminuir al aumentar la madurez del forraje **(Crookston y Kurle, 1988)**.

En el caso de los ensilados de maíz, la humedad debe ser de un 65 – 70% al corte **(Crookston y Kurle, 1988)**. Sin embargo, en México con este porcentaje de humedad la madurez es mayor a la deseada. El maíz debe presentar una madurez de masoso suave, que es la etapa en la que presenta las mejores cualidades fermentativas, así como nutritivas y de digestibilidad.

Un alto contenido de humedad facilitará el crecimiento de bacterias del género *Clostridia*, las cuales desviarán, el proceso de la fermentación y dañarán los nutrientes **(Leibensperger y Pitt, 1987)**, además de causar serios problemas de salud al ganado (toxemia). Si por el

contrario la humedad es baja, habrá problemas en la compactación, presencia de oxígeno y crecimiento de hongos y bacterias coliformes (**McDonald, 1981**).

Madurez del forraje

A mayor madurez del forraje habrá mayor rendimiento por hectárea, por el crecimiento normal de la planta, pero la digestibilidad de la proteína y la energía disminuirán y la fibra de ácido detergente y neutro detergente se incrementarán (**Volenc et al, 1987**). Es importante cuidar este aspecto ya que un forraje de buena calidad tiene un mayor valor económico.

Tamaño de corte

La longitud de corte tiene relación con el compactado. Si el tamaño de corte es reducido, será más eficiente la compactación; si es muy largo, se vuelve esponjoso y dificulta el compactado. En la mayoría de los forrajes se prefiere un tamaño de corte de 1 – 2cm. y no más de un 10% del forraje ensilado, con un tamaño de corte mayor a los 7cm. (**Bolsen et al, 1991**).

Llenado del silo

El llenado del silo debe realizarse lo más rápidamente posible. Una vez cortada la planta, las bacterias aerobias presentes, las enzimas del forraje, la respiración natural de la planta y la presencia de oxígeno, son la causa del proceso de putrefacción. En condiciones anaeróbicas y un pH alrededor de 4, este proceso se detiene (**Takano, 1883**). Por esta razón debemos promover una fermentación láctica lo antes posible, mediante un llenado rápido que nos permita disminuir la exposición de forraje al aire.

Aditivos

Existen gran variedad de aditivos para dirigir las rutas fermentativas en los procesos de ensilaje. Básicamente pueden clasificarse en tres tipos:

- 1) Estimulantes de la fermentación.
- 2) Inhibidores de la fermentación y
- 3) Fuentes de nutrientes.

(Bolsen, 1991).

Muchos de estos productos son útiles para mejorar el valor nutritivo y/o la conservación del forraje, si se utilizan correctamente.

Los aditivos estimulantes de la fermentación: han tomado mucho auge en las últimas décadas. Los inoculantes biológicos se encuentran en esta clasificación e incluyen cultivos vivos de bacterias productoras de ácido láctico de los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Streptococcus*. Las enzimas han sido igualmente utilizadas para hacer más disponibles los carbohidratos presentes en el forraje para las bacterias. **(Satter, 1988).**

Hay muchas referencias acerca de los inoculantes para ensilajes, y la mayoría datan de los últimos 10 o 15 años. Estos aditivos presentan muchas ventajas: bajo costo, seguridad de manejo y aplicación, dosis reducidas y ningún efecto negativo **(Satter, 1988).**

Los avances en biotecnología han hecho posible añadir grandes cantidades de bacterias lácticas y enzimas para asegurar una homofermentación en el silo y asegurar el mayor valor nutritivo posible. En muchos estudios con diferentes cosechas, **Bolsen (1991)** ha reportado que la fermentación es mucho más controlada cuando los forrajes han sido inoculados.

Aditivos inhibidores de la fermentación: Se han utilizado algunos aditivos que tienen un efecto antimicrobiano, pero no han tenido mucho éxito **(Satter, 1988).**

El uso de ácidos en el proceso de ensilados no es nuevo, ya que se remonta a finales del siglo pasado. Sin embargo, se generalizó en Europa, Japón y Australia recientemente. Su finalidad es disminuir el pH, frenar la respiración de la planta y evitar la proliferación de bacterias que provocan descomposición (**Satter, 1988**).

La adición de fuentes de nutrientes. Se han adicionado carbohidratos como nutrientes para bacterias como las melazas. Son útiles pero se requieren grandes cantidades (50kg/ton) para que exista algún efecto. El efecto positivo con las melazas no es específico, pues estimula tanto a bacterias heterofermentativas como homofermentativas. También se han usado cáscaras de cítricos, una buena alternativa pero no es práctica en todos lados (**Satter, 1988**).

Se han utilizado algunas otras fuentes para mejorar el valor nutritivo del forraje a ensilar. El adicionar granos es otra alternativa, pues con éstos podemos disminuir la humedad del forraje, además de aportar nutrientes (**Satter, 1988**).

Se ha usado amoníaco con la finalidad de aumentar el nivel de proteína. El amoníaco es un producto peligroso, difícil de usar y entra en el ensilado como nitrógeno no proteico. Resultaría más adecuado ofrecerlo como un ingrediente más en la ración en forma de urea (2-3%) y de esta manera tener mayor control en la dieta (**Satter, 1988**).

Compactación y sellado del silo

El compactado del ensilaje va de la mano del sellado. El principal objetivo de compactar es extraer el aire lo más posible, para crear condiciones anaeróbicas ideales para la fermentación. **Zimmer (1980)** ha reportado que bajo condiciones de oxígeno del 0.5%, algunos microorganismos, como los hongos, llegan a desarrollarse, utilizan carbohidratos y disminuyen el valor energético del forraje.

El sellado es igualmente importante para proteger la capa superficial del ensilaje y evitar el deterioro en capas más profundas. **Bolsen (1991)** ha reportado pérdidas de hasta 50% cuando un silo no es sellado. La protección que ofrece un buen sellado es contra la lluvia, los roedores, los rayos solares y el aire, principalmente. Estos factores no sólo causan pérdida de materia seca, sino que disminuyen el valor nutritivo del forraje.

Vaciado del forraje

Una vez abierto el silo, la superficie expuesta al medio ambiente debe ser lo más reducida posible. La exposición del forraje nuevamente al aire reactiva el proceso de deterioro de nutrientes y mientras mayor sea la exposición más grave será el deterioro.

Manipulación de la Fermentación del Ensilado

Durante el proceso del ensilaje interactúan los microorganismos, los carbohidratos y el medio ambiente interno que se genera. En conjunto van a generar las reacciones bioquímicas que intervienen en la fermentación del ensilado. **(Henderson, 1972)**.

En los procesos de fermentación existen una infinidad de bacterias que buscarán adaptarse, colonizar y dominar el medio. Hay más de 400 especies de bacterias identificadas en los ensilados; algunas de ellas producen sólo ácido láctico (homofermentativas) y otras (heterofermentativas) desvían la fermentación para producir además etanol, manitol, ácido acético y dióxido de carbono a partir de los azúcares presentes **(Henderson, 1972)**.

Durante el proceso de ensilado llegan a presentarse distintas reacciones fermentativas. Debemos procurar que la reacción que domine el medio sea fermentación láctica homofermentativa, en donde las bacterias lácticas sean las que colonicen el medio ambiente interno para lograr una mayor recuperación de la materia seca y energía **(Bryan-Jones, 1969)**.

El éxito del ensilaje consiste entonces en minimizar las pérdidas de material, ya sea a la cosecha, por escurrimiento, por respiración o por contaminación. Cuando el material a ensilar no cumple los requisitos mencionados, es posible subsanar dichas deficiencias en formas diversas:

Control de humedad

El contenido ideal de agua del forraje al momento de ensilar es entre 66 y 72%. Sin embargo, esto no siempre se logra y habrá entonces casos de material que está demasiado húmedo o muy seco. El forraje con mucho agua tendrá mayores pérdidas por escurrimiento y puede promover el crecimiento de microbios detrimentales para el proceso fermentativo, para resolver este problema se recurre al marchitado al sol, es decir, dejar el forraje tendido en el campo durante varias horas después del corte (**Viana, Shimada y Calderón, 1979**).

Otra alternativa consiste en que al momento de depositar el forraje húmedo en el silo, se vayan adicionando capas de algún material seco, como son pajas, rastrojos, etc.; la desventaja de este método estriba en que los aditivos así agregados, al tener un valor nutritivo inferior al forraje, tienden a reducir la calidad del producto final. Si el forraje a ensilar contiene muy poca humedad, tiende a aumentar su densidad y por lo tanto se dificulta su compactación y se aumenta el desperdicio por contaminación. El problema se puede resolver adicionando agua, ya sea en forma directa o mediante el empleo de materiales con elevada humedad, como son forrajes tiernos, subproductos de frutas, cactáceas picadas, etc.; en general los productos así agregados aumentan el aporte de nutrimentos que enriquecen el valor alimenticio final del ensilaje resultante (**Cervantes, Arroyo y Shimada, 1978**).

Ácidos minerales u orgánicos

Se agregan con objeto de acelerar la acidificación del material, con ello alcanzar el pH óptimo en menor tiempo y frenar la fermentación con el consiguiente ahorro en la cantidad

de sustratos empleados por los microorganismos. Originalmente se empleaban ácidos minerales como el sulfúrico y el clorhídrico, solos o en combinación, pero los problemas de su aplicación dieron lugar a su substitución por los orgánicos como son el propiónico y el fórmico los cuales de hecho son metabolitos naturales del proceso fermentativo. Estos últimos no tienen el poder corrosivo de los ácidos minerales, ni presentan problemas de residuos tóxicos y son fáciles de aplicar (**Ortiz y Shimada, 1983**).

Microorganismos

Es deseable que exista una agresiva colonización de lactobacilos en el material ensilado. Estos gérmenes son contaminantes naturales de los materiales a preservar.

Generalmente las bacterias inoculadas en el ensilaje aumentan los niveles de ácido láctico y reduce el pH, el ácido acético y los niveles de ácido butírico (**Aksu, 2004**).

Ingredientes específicos

Se emplean para subsanar algunas de las deficiencias composicionales de los forrajes, es decir, se adicionan al material a ensilar, los nutrimentos de los cuales se sabe su carencia (**Aksu, 2004**).

Sales minerales

Algunos cloruros, sulfatos y carbonatos se adicionan con el objeto de incrementar la capacidad amortiguadora del ensilaje y así retrasar proporcionalmente el proceso de fermentación. Debe recordarse que en general se busca que el material a ensilar tenga una mínima capacidad amortiguadora; sin embargo, en algunos casos puede juzgarse necesario el efecto contrario (**Aksu, 2004**).

Álcalis fuertes

Como los hidróxidos de sodio y de potasio, tienen la particularidad de inhibir el crecimiento de levaduras y con ello, la producción de alcohol, dándose entonces las condiciones propicias para el desarrollo de una población de lactobacilos. Este tipo de aditivos ha sido probado con éxito en ensilajes de materiales demasiado ricos en glúcidos simples como son la caña de azúcar, los subproductos de la piña y el henequén (Aksu, 2004).

Eventos cronológicos durante el proceso de fermentación de un ensilaje

Para entender el efecto de los inoculantes, primero debemos entender cuáles son los eventos que ocurren durante el ensilaje.

Una vez que se ha cortado la planta comienza el proceso de putrefacción. Al llenarse el silo, con la compactación comenzamos a crear condiciones anaeróbicas, las bacterias aeróbicas producen algunas reacciones bioquímicas (producen ácido acético y butírico) pero estas mueren cuando el oxígeno disminuye. Las bacterias homofermentativas comienzan a crecer en este momento (condiciones anaeróbicas), produciendo ácido láctico y disminuyendo el pH. Como en toda reacción de este tipo, se producirá calor y el calor excesivo puede llegar a dañar algunos nutrientes, como las proteínas. Sin embargo, la temperatura que alcanza una fermentación láctica es llamada “fermentación fría”, debido a que es la que menos calor genera (McDonald, 1999).

Los microorganismos que generan estas reacciones negativas se nutren de las proteínas y los carbohidratos del forraje para colonizar el medio y tratar de dominarlo. La producción de ácido láctico por las bacterias ácido lácticas, es la que disminuirá el pH y al llegar a 4, comenzarán a morir las bacterias no deseables, creándose un medio estable y controlado en donde los nutrientes del forraje se conservarán sin ser dañados (McDonald, 1999).

Existe una limitante en cuanto al uso de inoculantes bacterianos. Si no hay suficiente sustrato en el forraje (azúcares simples) para nutrir a las bacterias inoculadas, éstas morirán sin importar que sean de una cepa de alta eficacia de fermentación. Por lo tanto no es posible que un inoculante biológico funcione igual en cosechas con bajo o alto contenido de carbohidratos. Es entonces cuando se habla de aplicar enzimas para hacer disponibles los azúcares estructurales, normalmente no accesibles para las bacterias. Las enzimas llamadas celulasas y hemicelulasas son apropiadas para la mayoría de los forrajes y las amilasas se usan para forrajes ricos en almidón. Una vez más existe otra limitante. Si las enzimas continúan su acción degradativa después de haberse establecido un equilibrio biológico en el silo, el valor del ensilaje disminuirá (**McDonald, 1999**).

Microorganismos y química de la fermentación del ensilado

Microorganismos

En la hierba recién segada, los microorganismos más abundantes son las bacterias y hongos aerobios, pero a medida que progresan las condiciones anaerobias en el silo, se sustituyen por las bacterias que pueden desarrollarse sin necesidad de oxígeno. Entre ellas, hay que considerar las bacterias ácido lácticas, clostridios y enterobacterias (**McDonald, 1999**).

Una vez que el aire ha sido excluido y las enzimas de respiración enzimática de la planta ha cesado en su función, normalmente el alimento sostiene una fermentación de ácido láctico (o primaria) en la cual las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico y otros subproductos a partir de los azúcares presentes en la materia prima. Algunas veces esas bacterias son anteceditas por bacterias productoras de ácido acético y puede ocurrir un incremento temporal de la temperatura por medio de la respiración de las bacterias y la planta. En consecuencia, el pH se reduce a un nivel en el cual la bacteria conocida como clostridia no puede crecer; esta bacteria provoca una fermentación clostridial (secundaria o butírica) no deseada (**McDonald, 1999**).

Este último tipo de fermentación resulta en la fermentación de ácido láctico, azúcares y proteínas que generan un rango de sustancias malolientes y el ensilado se echa a perder.

La fermentación láctica es el resultado de una sucesión de bacterias de ácido láctico, una sucesión con *Streptococci* (sinónimo de *Enterococci*) *Lactobacillus* y finalmente *Pediococci*. Esta sucesión está dictada por la tolerancia al ácido; es decir, los *Streptococci* son menos tolerantes y los *Pediococci* son los más tolerantes (**McDonald, 1999**).

Generalmente los cultivos son ensilados directamente después del corte a un nivel de materia seca de alrededor de 200g/Kg y el ensilado resultante se estabilizará a un pH de más o menos 4.2. Contenidos menores de materia seca a 150g/Kg, como sería el caso de cultivos para ensilado cosechados en clima húmedo, la humedad excesiva puede contrarrestar el efecto preservativo de los ácidos de la fermentación primaria; y bajo estas condiciones las bacterias clostridiales no pueden ser inhibidas, incluso a un pH tan bajo como 4.0. A niveles de materia seca por arriba de 300g/Kg, como el generado por una marchitación moderada entre el corte y al acopio del forraje, las bacterias clostridiales será inhibida por una falta de humedad, mientras que las bacterias del ácido láctico pueden tolerar ambientes de materia seca de hasta 700g/Kg. A niveles intermedios de materia seca, la inhibición clostridial se deriva de la influencia combinada de la disponibilidad de ácido y humedad (**McDonald, 1999**).

Los clostridios se encuentran en los cultivos en forma de esporos y sólo se multiplican en condiciones anaerobias estrictas. Puede dividirse en dos grandes grupos, clostridios sacarolíticos y proteolíticos. Las bacterias sacarolíticas (*Clostridium butyricum* y *C. tyrobutyricum*) fermentan el ácido láctico y los carbohidratos hidrosolubles hasta ácido butírico, dando lugar a una elevación del pH. Los clostridios proteolíticos (*C. bifermentans* y *C. sporogenes*) fermentan principalmente aminoácidos hasta una serie de productos que incluyen los ácidos acético y butírico, aminos y amoníaco. Los clostridios son especialmente sensibles a la falta de agua, precisando condiciones de alta humedad para multiplicarse (**McDonald, 1999**).

Las enterobacterias (*Escherichia coli* y *Erwinia herbicola*) asociadas al ensilado, en ocasiones denominadas “bacterias ácido acéticas” o “bacterias coniformes”, son anaerobias facultativas y, por tanto, compiten con las bacterias ácido lácticas por los carbohidratos hidrosolubles, que fermentan hasta una mezcla de productos como ácido acético, etanol e hidrógeno. Al igual que los clostridios, pueden descarboxilar y desaminar aminoácidos, lo que determina la producción de grandes cantidades de amoníaco. Aproximadamente se requiere un pH de 7, para el óptimo crecimiento de estas bacterias (McDonald, 1999).

Los hongos, que se encuentran en el suelo y la vegetación, se multiplican como células únicas, las levaduras, o como colonias filamentosas multicelulares, los mohos. Las levaduras que se encuentran en los ensilados incluyen especies de *Candida*, *Saccharomyces* y *Torulopsis*. Realizan funciones importantes en el deterioro de los ensilados al quedar expuestos al aire. La mayoría de los mohos son aerobias estrictos y son activos en las capas superficiales de los ensilados. Entre las especies relacionadas con la deterioración de los ensilados se encuentran *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (McDonald, 1999).

Los procesos que acompañarían a la fermentación del ensilado dependen de una multitud de factores interrelacionados que incluyen cultivo, contenido de materia seca, azúcares, clima, madurez del cultivo, manejo del silo y otros (McDonald, 1999).

La química del ensilado

La fermentación primaria es la más deseada de aquellas que ocurren en el ensilado. Sin embargo, la eficiencia de dicha fermentación necesita considerarse. Una fermentación dominada por la producción de ácido láctico es crucial por dos razones

1. El ácido láctico es el más fuerte producido en el ensilaje y, por lo tanto, el más capaz de lograr una rápida caída del pH; el ácido acético no es capaz de lograr esto.

2. El ácido láctico es altamente palatable para el rumiante; el ácido acético no.

Las bacterias ácido lácticas que son anaerobias facultativas (pueden multiplicarse en presencia o ausencia de oxígeno) (**Carpinteiro, Henderson and McDonald, 1979**).

La bacteria de ácido láctico cae dentro de dos tipos fermentativos: homofermentativo y heterofermentativo. El tipo homofermentativo (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* y *Enterococcus faecalis*), fermenta cuantitativamente todos los azúcares en ácido láctico. El heterofermentativo (*Lactobacillus brevis* y *Leuconostoc mesenteroides*), no fermenta cuantitativamente todos los azúcares en ácido láctico. Además del ácido láctico, las bacterias del tipo heterofermentativo producen ácido acético (no palatable), etano, manitol y dióxido de carbono. Aún cuando el ácido acético y el dióxido de carbono son ácidos, no son tan fuertes como el ácido láctico. Además, el etanol y manitol (un alcohol de azúcar) no contribuyen a la acidificación. De hecho, el manitol es muy amargo y gran cantidad de éste proviene especialmente de la fructuosa hexosa, la cual existe en abundancia en los cultivos forrajeros; y el dióxido de carbono representa la pérdida de materia seca. La fermentación heteroláctica no es suficiente en términos de su capacidad para bajar en una unidad el pH tan rápido como sea posible: la fermentación homoláctica sí tiene esta eficiencia. (**Carpinteiro, Henderson and McDonald, 1979**).

Desafortunadamente, la fermentación láctica natural es dominada por los tipos heterolácticos y en algunos casos tendrá lugar la fermentación secundaria debido al clima y al ensilaje de cultivos con bajo contenido de materia seca, pero es importante hacer énfasis en la necesidad de una rápida caída del pH para desalentar el crecimiento clostridial y más importante aún, preservar la proteína (**Carpinteiro, Henderson and McDonald, 1979**).

Con relación a la totalmente indeseable fermentación por clostridos, sus actividades están confinadas primero a los tipos de bacterias sacarolíticas, que fermentan al ácido láctico y los azúcares residuales en ácido láctico, lo que da paso a los tipos proteolíticos menos tolerantes al ácido, mismos que degradan la proteína para formar amonía (con el

consecuente aumento rápido del pH) y otras sustancias como putrecina, cadaverina, que son altamente no palatables y dañinas a la salud del animal (**Ferguson et al., 1967**).

La noción de utilizar químicos y particularmente ácidos extraños, para aumentar los ácidos producidos por la fermentación se remonta a finales del siglo pasado. (**Ferguson et al., 1967**).

El formaldehído que normalmente se encuentra disponible como formol (una solución estabilizada de formaldehído en agua y metanol), fue utilizado para prevenir la fermentación. Posteriormente éste obtuvo una popularidad temporal, debido al descubrimiento de que la proteína del ensilaje resultaba protegida de la degradación por la acción de las bacterias del rumen, haciendo que esta proteína fuese disponible para la digestión en el intestino delgado (**Ferguson et al., 1967**).

La tasa de aplicación del formaldehído era crítica, una subdosificación estimulaba la fermentación clostridial y butírica, mientras que una sobredosis rendía a la proteína sobreprotegida, ej., totalmente inaccesible para la digestión (**Wilkinson et al., 1974; Wilkinson et al., 1976, Ferguson et al., 1967**). Han sido utilizadas otras sustancias nocivas, tales como el metabisulfito de sodio (una fuente de dióxido de azufre) y la examina (una fuente de formaldehído).

Otros agentes antimicrobianos específicos dirigidos a los clostridios han sido utilizados pero no han pasado las pruebas del tiempo. El nitrito de sodio todavía mantiene algo de popularidad en Europa a pesar de las inquietantes reacciones relacionadas con las aminas secundarias que forman las nitrosaminas, altamente carcinógenas. Los antibióticos han sido ampliamente proscritos por la legislación, por lo que solo una pequeña selección de químicos permanece disponible.

Indudablemente los ácidos inorgánicos tales como el sulfúrico (introducido por **Virtanen en 1933**) y los ácidos orgánicos, principalmente el fórmico, han dominado la escena

química de la elaboración de silos, Aunque el ácido fórmico fue adoptado en los principios de los sesentas, en Europa este había sido estudiado mucho antes en Alemania (**Dirks, 1923 y citado por Watson and Nash, 1960**).

La decadencia del uso de los ácidos, por encima de su naturaleza corrosiva para la piel, la ropa y la maquinaria, ha sido evidente con el paso de los años. El ácido sulfúrico en el ensilaje condujo al bloqueo de elementos traza, especialmente el cobre, aparecieron los problemas de fertilidad en los animales alimentados con ensilaje tratado con este ácido (**Suttle, 1978**). Ciertamente, debido a que el ácido sulfúrico es mucho más fuerte que el fórmico, su capacidad de acidificar inmediatamente el ensilaje es mayor.

La clasificación de los aditivos de ensilaje

GRUPO	MODO DE ACCIÓN	EJEMPLOS
Ácido	Para inducir cambios cualitativos en la microflora	Ácidos inorgánicos: ácidos sulfúrico y fórmico
Inhibidores de la fermentación	Para inhibir la microflora en general	Formaldehído, metabisulfito de sodio
Agentes antibacterianos específicos	Para des-estimular el crecimiento de los clostridios directamente	Nitrito de sodio, bacitracina, nisina
Estimulantes de	Para promover la rápida proliferación	Melaza, cultivos

la fermentación.	de bacterias ácido lácticas o establecer a predominancia de esos organismos	microbianos, enzimas
------------------	---	----------------------

El hecho de ser el fórmico un ácido orgánico, explica el porque de la demora en la acidificación en su aplicación sobre la cosecha. Antes de alcanzar los jugos de la planta el ácido debe solubilizar las ceras de la cutícula. Además, hay un efecto buffer de los ácidos del jugo de las plantas (**Woolford, 2000**). Más aún, parece que los forrajes menos maduros y las leguminosas requieren tasas de aplicación mayores para asegurar que sea alcanzado un pH satisfactoriamente bajo (**Henderson and McDonald, 1976**).

Eficiencia en la elaboración del ensilado

Como cualquier otro proceso industrial, la producción de ensilado está sujeta a pérdidas y esto se refleja en la baja de nutrientes. Es entendible que un proceso que basa su existencia en la anaerobiosis, una vez que ésta restricción es removida (durante la extracción del ensilado) las pérdidas por la transformación aeróbica son potencialmente las más grandes. Las pérdidas por fermentación con biotecnología moderna, minimizadas considerablemente; es decir, con inoculantes de bacterias homofermentativas del ácido láctico. De hecho, el control es esencial y esto se logra por la combinación del uso de inoculantes y buenos principios de manejo del silo (**Zimmer, 1980**).

Control de la fermentación del ensilado

En contraste con otros procesos industriales que dependen de la fermentación (como la destilación o la producción de antibióticos) en su mayor parte el proceso del ensilaje no tiene control. En los otros ejemplos el medio se encuentra libre de microorganismos nativos, ya sea por el calentamiento o esterilización e inoculación con microorganismos específicos, mientras que en el ensilado el proceso depende de las bacterias de ácido láctico

presentes en forma natural, que ganan el dominio sobre el resto de la microflora (**Woolford, 1998**).

Se puede ejercer control de la fermentación del ensilado mediante la cosecha del cultivo forrajero (cuando su contenido de azúcares está a su nivel más alto) mediante la exclusión de aire por consolidación y, finalmente, mediante el sellado del silo, limitando así la respiración de la planta y de los microbios y, en consecuencia, la generación de calor que afecta negativamente el valor alimenticio del ensilado resultante (**Woolford, 1998**).

Melazas en el ensilaje

El uso de las melazas para aumentar los azúcares naturales en el ensilaje podría someramente describirse como un tratamiento biológico, debido a que la sacarosa se encuentra en la mayoría de los cultivos ensilables y es derivada de fuentes vegetales. Es un subproducto de la refinación del azúcar y su valor es nulo, porque si económicamente se pudiera extraer más azúcar, las melazas no estarían disponibles para la elaboración de ensilajes. Las referencias sobre el uso de melazas en ensilajes son numerosas y anteriores a la aparición de cualquier otro enfoque biológico. El tópico ha sido revisado extensamente por **Woolford (1984)** y por **McDonald et al. (1991)**. Hay poca evidencia que las melazas, aplicadas a una tasa de eficiencia económica y de cantidad (ej. Hasta 10kg/tonelada ensilada) tengan ningún efecto significativamente positivo en el control de la fermentación del ensilaje.

El consenso es que para proveer una cantidad significativa de azúcar, que por lo tanto, tendría alguna influencia positiva sobre la fermentación, requeriría en orden de 20 a 40 Kg./ton ensilada (**Woolford, 1984; Keady, 1997**). Sin embargo, a fin de medir este material viscoso sobre el forraje, se requiere un equipo especial. Como alternativa, ha sido diluida con igual cantidad de agua, lo que es una marcada desventaja, porque la melaza tiende a promover la producción de efluentes. Además, a causa del contenido de fructuosa de la melaza, se estimula el crecimiento y actividad de las bacterias ácido lácticas

heterofermentativas menos eficientes (**Whittenbury, 1968**). Más aún, debe ser tomado en cuenta, que la melaza alimenta por igual, a las bacterias menos deseables como a las más beneficiosas del ensilaje. La melaza es un suplemento perfectamente aceptable para la ración de cualquier rumiante si se aplica en el momento del suministro de la ración. Es extremadamente palatable y todo su potencial debe, sin duda, ser enfocado en este aspecto.

Enzimas en el ensilaje

Las plantas forrajeras tiene una gran reserva de carbohidratos los cuales, desafortunadamente en lo que a ensilajes respecta, en su forma natural se encuentran como polisacáridos. Por ejemplo, los forrajes y leguminosas tienen mucha celulosa y el maíz tiene mucha celulosa y almidón. Es lógico asumir que por la adición de fuentes o preparados de enzimas celulolíticas y amilolíticas a los forrajes se aumentaría la capacidad fermentativa del ensilaje en virtud de la liberación de substratos fermentables por parte de las enzimas. Más aún, las enzimas celulolíticas promoverían la ruptura de la pared celular y por consiguiente el contenido de la célula estaría más accesible para la microflora del ensilaje (**Rydin, 1961; Nilsson and Rydin, 1960**).

Los primero trabajos se concentraron en el uso de la malta como fuente de enzimas en los cereales. El tratamiento de una variedad de cosechas para ensilajes con malta trajo como consecuencia mejoras en la calidad de la fermentación (**Rydin, 1961; Nilsson and Rydin, 1960**).

El uso de las enzimas fue considerado en profundidad por **Woolford (1984)** y **Muck and Kung (1997)**. Generalmente, el potencial de las enzimas en el ensilaje es grande cuando es hecho con forrajes de materia seca de hasta 40%; pero por encima de eso, las limitaciones en la disponibilidad de la humedad limita la eficiencia de las enzimas. Ante condiciones de muy baja disponibilidad de materia seca, la aplicación de enzimas puede promover la producción y la pérdida de efluentes. Sin embargo, la selección de las enzimas adecuadas es crítica. El pH óptimo para las enzimas no debe ser inferior a 4.0.

Inoculantes con bacterias

Bacterias ácido lácticas (Homofermentadoras)

Son la de primera selección y la vasta mayoría de los inóculos comercialmente disponibles contienen esas cepas.

Antes de que un cultivo pueda ser considerado adecuado para la inclusión en un inóculo, debe satisfacer un número de criterios (**Whittenbury, 1961**):

1. Debe tener una tasa de crecimiento alta y ser capaz de competir y dominar otros microorganismos que puedan aparecer en el ensilaje.
2. Debe ser homofermentador.
3. Debe ser tolerante al ácido y producir un pH final de 4.0 rápidamente.
4. Debe ser capaz de fermentar glucosa, fructosa, sacarosa, y preferiblemente fructosanas y pentosanas.
5. No debe producir dextranos como sacarosa o manitol de la fructosa.
6. No debería tener acción sobre los ácidos orgánicos (acción sobre ácidos tales como cítrico, málico y succínico aumentaría la acción buffer, y por lo tanto, comprometería la acidificación).
7. Debería tener crecimiento en un buen rango de temperatura, preferiblemente hasta 50°C, a fin de sobrevivir cualquier aumento de la temperatura durante las fases iniciales del ensilaje.

Ignorando la consideración de la tasa de crecimiento, las probabilidades del éxito surgidas del uso de un inoculante están grandemente mejoradas si, directamente después de la aplicación, eso provee una población que sobrepase a otros microorganismos que puedan aparecer en el ensilaje. Esa noción coloca menor responsabilidad sobre el criterio número 1 de la lista de **Whittenbury (1961)**. Generalmente, la adición de organismos en el orden de

$10^6 - 10^7$ potencia por gramo de cosecha fresca han producido ensilajes bien preservados (**Gross, 1969; Ohyama et al., 1973; Moon, 1981; Woolford and Pahlow, 1988**).

Típicamente, todos los cultivos bacterianos pueden pasar a través de hasta cuatro fases en su ciclo de vida, previsto que no exista intervención ambiental que pueda causar un cambio súbito en su viabilidad, tal como un cambio rápido en la temperatura, factores físicos tales como pH y sistemas presurizados de aplicación, en el caso de los inóculos del ensilaje (**Whittenbury, 1961**).

La primera fase es llamada “fase de espera”. En esta fase las bacterias están en un estado de inactividad y de no crecimiento (tales como cuando las bacterias se reviven de un estado de congelación o están aclimatándose a un nuevo medio ambiente). La segunda es la “fase logarítmica” donde hay un rápido crecimiento en número. La tercera fase es la “fase estacionaria”. En esta fase los números ya no crecen y se mantienen en un nivel estable, con muertes reemplazadas por vida. La cuarta es la “fase de muerte” donde hay una declinación en los números ayudada y apoyada por el agotamiento del sustrato, la acumulación de sustancias tóxicas para el crecimiento bacteriano tales como ácidos, como es el caso del ensilaje, o de antagonistas. Los ciclos de vida se completan a menos que, algún factor ambiental intervenga. Tales factores ambientales serían una caída en la temperatura (**Whittenbury, 1961**).

Bacterias ácido lácticas (Heterofermentadoras)

El ácido acético, al igual que el propiónico, si se encuentran bien mezclados con el ensilaje aumentarán la duración de este ensilaje. Ciertamente, todo ensilaje con más de 40g/Kg. de ácido acético en la materia seca es muy estable (**Woolford, 1978**). Este ácido es el producto de una fermentación de ambas, hexosas y pentosas; pero debe reiterarse que no es para nada palatable para el rumiante. A pesar de esto, han sido realizados trabajos donde se han incorporado bacterias ácido lácticas Heterofermentadoras a inóculos de cultivos

comerciales, para promover la formación de ácido acético, una selección de bacterias contraria al criterio de **Whittenbury (1961)** y **Wieringa and Beck (1964)**.

Bacterias ácido propiónicas

El ácido propiónico es mejor para aumentar la duración del ensilaje. Si el ácido es adicionado y mezclado bien con una porción extraída del silo se mejorará su estabilidad aeróbica (**Woolford, 1978**). Se usan bacterias ácido propiónicas, que elaboran el ácido propiónico a partir del ácido láctico y azúcares, para mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje. Esta actividad es la responsable del sabor y olor característico de los quesos Jarlsberg y Emmental y en parte el ácido propiónico es el responsable del olor corporal. Las bacterias ácido propiónicas que han sido ocasionalmente aisladas del ensilaje están restringidas a pocas especies *P. zeae*, *P. freundenreichii* y *Veillonella* (sin *Micrococcus*) *gazogenes* (**Woolford, 1975**).

Utilizando una combinación de bacterias ácido lácticas y ácido propiónicas en un inóculo podrían obtenerse en teoría grandes beneficios. Primero, la fermentación láctica estaría grandemente aumentada. Segundo, la duración del ensilaje en condiciones aeróbicas estaría aumentada por la producción del ácido propiónico. Todo aumento en el pH a cuenta del ácido propiónico, teniendo un pKa mayor que el ácido láctico (4.87 versus 3.08) sería mínimo y los beneficios obtenidos por una mejor estabilidad aeróbica compensarían este ligero efecto negativo (**Woolford, 1975**).

El trabajo realizado por **Woolford (1975)**, **Wyss et al. (1991)** y **Driehuis et al. (1996)** reveló que bajo condiciones de laboratorio las bacterias ácido propiónicas podían elaborar el referido ácido, pero estas bacterias son anaeróbicas estrictas, el oxígeno es muy tóxico a estas bacterias. El solo hecho de asperjarlas mediante un atomizador comercial introduciría aire en el cultivo y las demoras en el sellado y exhaustión final del oxígeno del silo tendría un efecto definitivamente dañino sobre la viabilidad de las bacterias. Quizás el encapsulado

podría ser una forma de subsanar el problema; pero la cápsula necesitaría sobrevivir por el tiempo en que el oxígeno persista en el silo.

1.5.4 Consumo Voluntario

- a. ***Ensilado de corte directo.*** Está bien establecido que el consumo voluntario del ensilado hecho de forraje con mucha humedad es más bajo que el del forraje, fresco, congelado o seco correspondiente. La reducción en consumo voluntario es mayor para ovinos que para el ganado vacuno. En un estudio con tres pastos de clima templado, el consumo voluntario del ensilado fue de 59 y 20% más bajo que el forraje original al ser ingerido por ganado ovino y bovino, respectivamente (**Demarquilly and Dulphy. 1977**).

- b. ***Causa de la disminución de la ingesta.*** Las razones de la baja ingesta del ensilado de corte directo aún no son claras. El alto contenido de agua no es el factor limitante; los ensilados frescos y secados en horno son ingeridos en cantidades similares y la añadidura de agua al ensilado desechado no tiene efectos en el consumo voluntario (**Thomas et al., 1996**). La depresión en el consumo voluntario del ensilado se relaciona con cambios en la estructura física, desdoblamiento de la proteína, una reducción en el pH y producción de ácidos orgánicos (**Demarquilly and Dulphy. 1977**).

La estructura del ensilado largo es un factor importante que limita el consumo voluntario. Cuando los pastos de clima templado se ensilaron de forma larga o triturada y alimentaron al ganado bovino y ovino, el consumo voluntario del ensilado triturado fue de 33 y 94% más elevado, respectivamente, en comparación con el ensilado largo no triturado (**Demarquilly and Dulphy. 1977**). El consumo voluntario bajo del ensilado largo, al parecer es ocasionado parcialmente por una mayor resistencia del desdoblamiento de la partículas del ensilado a un tamaño que pueda dejar el rumen. El ensilado se retuvo en el rumen durante más tiempo que el heno, fue ingerido con mayor lentitud, requirió más tiempo de rumia por kilogramo de materia seca y más bolos fueron regurgitados (**Campling, 1996**). Los estudios de fluroscopia y cineradiografía mostraron que el ensilado

ingerido no se acumuló en la región cardiaca del rumen, sino que fue forzado hacia el saco dorsal del rumen por medio de las contracciones del saco craneal y retículo (**Deswysen and Ehrlein, 1981**). Esto ocasiona una alta proporción de ciclos pseudoruminales con un fluido del rumen que contiene pocas partículas alimenticias, regurgitación retrasada de la ingesta, rumia menos eficiente y un consumo voluntario más bajo (**Deswysen et al., 1978**).

Durante la fermentación del ensilado una gran parte de las proteínas se hidrolizan, el consumo voluntario bajo al parecer no es causado por una deficiencia de proteínas. La ingesta de harina de pescado, cacahuete o soya aumentó, en un 4 a 9 % el consumo voluntario de los ensilados altamente humedecidos (**Garstang et al., 1979; Gordon, 1979; Kaiser et al., 1982 a ; Gill and England, 1984**), y no hubo una mejora en el consumo voluntario del ensilado cuando se introdujo caseína en abomaso o duodeno del borrego (**Hutchinson et al., 1971**).

El consumo voluntario de los rumiantes disminuye por una reducción en el pH del rumen (**Bhattacharya and Warner, 1968**), pero la neutralización parcial de los ensilados con bicarbonato de sodio antes de la ingesta, tiene poco efecto en el consumo voluntario de los borregos (**McLeod et al., 1970; Lancaster and Wilson, 1975; Farhan and Thomas, 1978**) o vaquillas (**McLeod et al., 1970**). Con las vacas se han encontrado tanto respuestas positivas como negativas cuando se neutraliza el ensilado (**Lancaster and Wilson, 1975; Farhan and Thomas, 1978; Shaver et al., 1985**).

Muchos estudios han demostrado que la disminución del consumo voluntario se correlaciona con los productos de la fermentación del ensilado. Cuando los desechos del ensilado se colocaron dentro del rumen, a través de una pequeña fístula el consumo voluntario del heno que ingirieron las vaquillas disminuyó inmediatamente en un 25% (**Thomas et al., 1961**). Otro posible factor que disminuyó el consumo voluntario es la alta osmolaridad en el rumen cuando los ensilados han sido “mejorados” (**Ternouth, 1967; Phillip et al., 1981**).

Ventilar el forraje conforme se elabora el ensilado tiene muy poco efecto en el contenido de la materia seca del ensilado, pero incrementa los niveles de pH y del amoníaco (**Hutton et al., 1971**). A pesar de estos efectos adversos en la fermentación, el ensilado aireado se consume en mayores cantidades (**Harris et al., 1966; Hutton et al., 1971; Lancaster, 1975**), lo cual ilustra la complejidad de la ingesta del ensilado.

El bajo consumo voluntario del ensilado de corte directo, se relaciona de alguna forma con los cambios que ocurren durante la fermentación. La reducción del tiempo de fermentación, debe reducir o prevenir esta depresión.

c. Ensilado de Forraje Desechado. La manera más importante de aumentar el consumo voluntario es incrementar la fermentación desecando el forraje antes de ensilarlo. Por ejemplo, el consumo voluntario de las vaquillas fue de 4.04 y 5.90 kg MS/día, (**Moore et al., 1960**). Las investigaciones posteriores mostraron que el consumo voluntario del ensilado se relaciona linealmente con el contenido de la materia seca por encima del rango de 180-540 g/kg (**Thomas et al., 1961**), un efecto que se aplicó a todos los tipos de ganado.

El desecado del forraje aumento el consumo voluntario del ensilado hecho de *L. perenne* y mezcla de las especies de clima templado, pero la mejora fue variable. El contenido ideal de materia seca que se requiere para que haya un consumo variable máximo del ensilado es de 300 a 350 kg; realizar el “wilting” al pasar este punto provoca una falla en el aumento del consumo voluntario (**Jackson and Forbes, 1970; Forbes and Jackson, 1971**).

d. El tamaño de la partícula. La ingesta voluntaria del ensilado hecho con forraje picado es más elevada que la del ensilado machacado (**Gordon et al., 1958; Murdoch, 1965**), una diferencia que es mayor para los borregos que para el ganado bovino. La Ingesta Voluntaria del ensilado de la planta triturada se incrementó con el picado fino justo antes de la alimentación, lo que indica que la estructura física es un factor muy importante, que limita la ingesta voluntaria del ensilado de corte directo. La ingesta más elevada se debió a una regurgitación más eficiente y a que se gastó un menor tiempo rumiando cada kilogramo de

la materia seca del ensilado picado finamente (**Demarquilly y Dulphy, 1977; Deswysen et al., 1978; Castle et al., 1979**).

La mejora que se consiguió en la ingesta, debido al picado de precisión, es mucho menor cuando el ensilado se complementa con concentrados. El picado de precisión aumentó la Ingesta Voluntaria del ensilado en un 21% cuando no había concentrados, pero este porcentaje disminuyó al 11% cuando la ración contenía 36% de concentrados (**Murdoch, 1965**). En otro estudio, la ingesta voluntaria del ensilado no mejoró por el picado cuando la dieta contenía 46% de concentrados (**Gordon, 1982**). Con el ensilado de *Zea mays* que contiene 50% de granos, la de las vacas fue similar para el ensilado picado a 4, 8 y 13 mm (**Stockdale y Beavis, 1988**).

e. Los aditivos del ensilado. El grado de fermentación del ensilado se puede reducir por medio del uso de aditivos químicos. **Virtanen** utilizó ácidos hidroclóricos y sulfúricos (**1933**), pero por medidas de precaución, dichos ácidos han sido remplazados por ácidos más débiles, tales como el ácido fórmico. En algunos estudios, el ácido fórmico no presentó ningún efecto en la ingesta voluntaria (**Barry et al., 1978**). Otro aditivo, el formaldehído, aumentó la ingesta voluntaria del ensilado de legumbres en un 54 % (**Barry et al., 1973, 1978**), incremento atribuido a una disminución en la degradación de la proteína en el rumen y un aumento en la absorción de los aminoácidos (**Barry et al., 1973**). El formaldehído en exceso redujo la ingesta voluntaria, pero la ingesta se restauró con un complemento de urea (**Lonsdale et al., 1977**).

1.6 Ensilado con Fermentación Láctica

El uso de los silos lácticos ayuda al proceso de fermentación que es indispensable para la conservación del forraje. Esta tecnología ha sido adoptada por muchos productores, los silos han sido básicamente de maíz o de pajas ricos en energía pero pobres en nitrógeno, la utilización probada de los inóculos de bacterias lácticas, permite mejorar el contenido proteico de los silos, incrementando los niveles de productividad de los animales al agregar

nitrógeno no proteico que se transforma en proteína bacteriana, con una mejora de fermentación ruminal, para la producción ganadera competitiva **(Elias, 1983)**

El uso de silos de fermentación láctica con *Streptococcus lactis*, *S. cremoris* y *Saccharomyces lactis* es una alternativa importante para la alimentación de los bovinos en los trópicos sobre todo si se pueden elaborar en forma artesanal a base de cultivos lácticos **(Elias, 1983)**.

2. Hipótesis

La inoculación de cultivos lácticos adicionados a carbohidratos de fácil degradación en los ensilados, producen un proceso con mayor eficiencia en la fermentación y mantiene sus cualidades nutritivas, producto de las bacterias lácticas que son importantes para disminuir el pH reflejándose en el incremento de peso en los rumiantes.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Estudiar el efecto del ensilado de maíz inoculado con cultivos lácticos sobre la ganancia de peso en vaquillas de reemplazo.

3.2 Objetivos Particulares

Medir la ganancia semanal y total de peso en vaquillas Holstein Friesian, alimentadas con y sin ensilado de maíz inoculado con cultivos lácticos.

4. Materiales y Método

Lugar. La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro Enseñanza Agropecuaria (CEA) en la Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán, UNAM; situado en el Municipio de Cuatitlán Izcalli, Estado de México, ubicado geográficamente entre las coordenadas 19° 40' de latitud norte, y 99° 11' de longitud oeste, a una altitud de 2240 mts. Sobre el nivel del mar. El clima es templado y sub húmedo con lluvias en verano, sus temperaturas son uniformes en otoño e invierno con vientos dominantes suaves al sureste, temperaturas mínimas esporádicas de diciembre a enero, van de 0° a 3° C bajo cero. La precipitación pluvial anual estimada es de 1, 699.5 mm, la evaporación diaria es estimada en 4.43 mm (INEGI, 2000).

Animales. En el experimento se utilizaron 36 vaquillas de la raza Holstein. Se lotificaron en 2 grupos. El grupo experimental (T1) estuvo compuesto por 18 vaquillas. El grupo control (T2) estuvo integrado por 18 vaquillas.

Grupo Experimental (T1). El grupo experimental fue alimentado con el ensilado de maíz inoculado con cultivo láctico. Los animales registraron un peso inicial promedio de 479.5 Kg. promedio .

Grupo Control (T2). El grupo control fue alimentado con ensilado de maíz simple. Los animales registraron un peso inicial promedio de 468.5 Kg. promedio.

Alimento. El silo inoculado se preparó con 5 Kg. de pollinaza; 1 Kg. de urea, 20 Kg. de melaza, dos litros de cultivo láctico mas 180 litros de agua. Cada cultivo madre después de 24 horas de incubación se subdivide en 5 porciones. Posteriormente tambos de 200 litros fueron resembrados con las porciones que fueron subdivididas. Se preparará inóculo suficiente para mezclar 100 litros por cada 10000 Kg. de silo. Se agregaran 3000 litros del inóculo para 300 toneladas de silo sembrado con una concentración de 1.0 % de urea y

0.5% de sulfato de amonio en capas de 10 a 15 cm de alto, para formar una suspensión de *Streptococcus lactis*, *S. cremoris* y *Saccharomyces lactis*.

Método. El experimento tuvo una duración de 120 días comprendidos entre el periodo del 19 de septiembre del 2005 al 17 de enero del 2006.

En cuanto al manejo del hato, los animales fueron alojados en corrales con las siguientes características: piso de tierra, cercos tubulares, comederos de cemento y bebederos dispuestos dentro de los corrales. Todos los animales fueron pesados cada semana para llevar un registro de peso.

La alimentación del grupo experimental (T1), fue de la siguiente manera: diariamente se proporcionó 90 kg. de alimento (ensilado de maíz enriquecido con inóculo láctico). La alimentación del grupo control (T2), fue ofertada de la siguiente manera: diariamente se proporcionó 90 Kg. de alimento (ensilado de maíz simple). Tanto al T1 como al T2 la oferta del ensilado se hizo por la mañana y por la tarde. Ambos grupos fueron alimentados a libre pastoreo en un tiempo determinado.

La variable a medir en este experimento fue la ganancia de peso (Kg) y el método estadístico elegido para el procesamiento de los datos fue el Análisis de Covarianzas.

5. Resultados

Los resultados del presente trabajo en donde podemos observar aumentos en la ganancia de peso diaria promedio como en la ganancia de peso total promedio del grupo experimental (T1) que fue alimentado con ensilado de maíz enriquecido con cultivo láctico, teniendo que el peso inicial promedio fue de 479.5 Kg. y el peso final promedio de 571.16 (\pm 4.42) Kg. observando una ganancia de peso diaria promedio de 0.77 Kg. y una ganancia de peso total promedio de 91.66 Kg. En cuanto al grupo testigo (T2) que sólo fue alimentado con ensilado de maíz simple, los resultados muestran aumento en la ganancia de peso diaria promedio como en la ganancia de peso total promedio teniendo que el peso inicial promedio fue de 468.5 Kg. y el peso final promedio de 542.46 (\pm 4.42) Kg. observando una ganancia de peso diaria promedio de 0.66 Kg. y una ganancia de peso total promedio de 73.96 Kg.

	N	P.P.I kg.	P.P.F kg.	GDPP /kg.	GTP /kg.
Experimental	18	479.5	571.16 (\pm 4.42)	0.77	91.66
	N	P.P.I kg.	P.P.F kg.	GDPP /kg.	GTP /kg.
Control	18	468.5	542.46 (\pm 4.42)	0.62	73.96

N = Número de animales

P.P.I = Peso Promedio Inicial

P.P.F = Peso Promedio Final

GDPP = Ganancia Diaria de Peso Promedio

GTP = Ganancia de Peso Total Promedio

6. Discusión

Estudios de **Leng (1990)** y **Orskov (1994)** han demostrado la importancia de agregar elementos claves en la dieta para mejorar la fermentación ruminal (proteínas y aminoácidos esenciales, carbohidratos fermentables, ácidos grasos de cadena ramificada, azufre, fósforo, etc.) además de mantener un pH ruminal ligeramente ácido, aunado a otros elementos nutritivos de baja degradabilidad ruminal (proteína protegida, ácidos grasos de cadena larga y carbohidratos estructurales).

Se han hecho diversas investigaciones acerca del incremento de peso diario en vaquillas Holstein en clima templado, **Aguilera *et al.* (1971)**, obtuvieron ganancias diarias promedio (GDP) de 0.663 Kg. en un trabajo realizado en vaquillas Holstein de los seis meses hasta la concepción. **Whiting y Clarck (1955)** mencionan GDP hasta los 112 días de 0.757 Kg. y **Foley *et al.* (1972)** de 0.590 Kg. hasta 90 días de edad.

No obstante y de acuerdo con el National Research Council (**NRC, 2001**) la ganancia de peso óptima para las terneras de reemplazo es de un máximo de 0.86 kg por día, para asegurar un desarrollo corporal adecuado sin que se verifique un depósito excesivo de tejido adiposo en la glándula mamaria. Sin embargo estudios más recientes recomiendan entre 0.590 y 0.816 Kg. GDP para un óptimo desempeño de las vaquillas Holstein de reemplazo (**Schingoethe and García, 2004**).

Comparando los parámetros anteriores con los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos observar que la GDP (0.77 Kg.) fue superior al promedio establecido en la mayoría de las investigaciones.

Por una parte, la acción eficaz de los suplementos promotores de la fermentación garantizan una adecuada función ruminal que implica una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales para la multiplicación de las bacterias celulolíticas y una mayor

degradación de los alimentos voluminosos con un aumento en el aporte de sustrato al intestino (**Valverde, 2007**).

En trabajos sobre la cinética ruminal, se demostró que un incremento en la población microbiana celulolítica, producto de la oferta continua de nitrógeno no protéico, por un lado aumenta la energía de la dieta accesible al rumiante incrementando la digestibilidad de los forrajes fibrosos y por otro lado al incrementar el flujo ruminal se produce un aumento en la cantidad de nutrientes debido a un mayor volumen de materia seca ingerida, permitiendo un aumento en el consumo voluntario y por ende un aumento en la ganancia de peso ya que esta depende de forma directa de ese factor (**Valverde, 2007**).

Este fenómeno, ha sido demostrado ser producto de la capacidad de los microorganismos ruminales para transformar el nitrógeno amoniacal en proteína microbiana (**Valverde, 2007**).

7. Conclusiones

Tomando en cuenta la ganancia máxima de peso diaria recomendada por el NRC, se puede considerar que el incremento de peso diario en vaquillas, utilizando ensilado de maíz inoculado con cultivos lácticos y carbohidratos de fácil degradación es una buena alternativa, de fácil elaboración con resultados viables, que garantiza el aumento de peso en vaquillas de reemplazo de la raza Holstein Friesian.

8. Bibliografía

1. Aguilera, M. J., Garza, T. R., Aluja, A. A. (1971). Comportamiento de las becerras de razas lecheras en diferentes sistemas de alojamiento en clima tropical. Tec. Pec. en México.
2. Algeo, J. W. (1978). Métodos de valorar subproductos agrícolas para la alimentación de ruminantes. Rev. Méx. Prod. Animal. 10:24 – 33.
3. Allison, D. W. (1969). Forage lignin's and their relationships to nutritive value. Proc. Nat. Conf. For: Qual. Eval. Utilization. Nebraska Center for continuing education Lincoln, Nebraska, USA En Elías, A. (1983) Digestión de pastos y forrajes. Capítulo IV 187-246 En: Los pastos de Cuba. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 675 pp.
4. Arthun, D. (1989). Influence of forbs and shrubs on intake, digestibility, energy and nitrogen balance, ruminal fermentation and digesta kinetics in beef steers fed low-quality forages thesis Doctor of Philosophy in Animal Science, New México state University, Las Cruces, New México, USA. 64 pp.
5. Asku, T., Baytok, E., Bolat, D. (2004). Effects of a bacterial silage inoculant on corn silage fermentation and nutrient digestibility. J. Small Ruminant Research. 55 (2004): 249 – 252.
6. Barry, T. N., Cook, J. E., and Wilkins, R. J. (1978). *J. Agric. Sci.* 91, 701-715
7. Barry, T. N., and Fennessy, P. F. (1973). *N. Z. J. Agric. Res.* 16, 59-63
8. Bhattacharya, A. N., and Warner, R. G. (1968). *J. Dairy Sci.* 51, 1091- 1094.
9. Bolsen, K., Baylor, J. E. and McCullough M.E. (1991). Hay and Silage Management, National Feed Ingredients Association. Kansas, U.S.A.
10. Bolsen, K., Curtis, J. L., Lin, C.J. and Dickerson, J. T. (1990). Silage inoculants and indigenous microflora: With emphasis on alfalfa. In: Biotechnology in the Feed Industry. T.P. Lyons (de). Alltech Technical Publications. Nicholasville, Kentucky.
11. Bryan-Jones, D.G. and Whittenbury, R. (1969). Haementin-dependent oxidative phosphorylation in *Streptococcus faecalis*. Journal of General Microbiology, 58: 247 – 260.

12. Bryant, M. P. and Robinson, I. M. (1961). *J. of Dairy Sci.* 42: 1823 En Elias, A. (1983). *Digestión de pastos y forrajes. Capítulo IV* 187 – 246 En *Los pastos en Cuba*. Ed. Instituto de Ciencias Animal. La Habana, Cuba. Pp 675
13. Campling, R. C. (1966). *Outlook Agric.* 2, 74-79
14. Cañegue, M. V. y Sancha, S. J. 1998. “Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes”; Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
15. Carpinteiro, C. M., Henderson, A. R. and McDonald, P. (1979). The effect some pre-treatments on proteolysis during the ensilage of herbage. *Journal of The British Grassland Society*, 34, 311 – 315.
16. Castle, M. E., and Watson, J. N. (1970). *J. Br. Grassl. Soc.* 25, 278-284
17. Castle, M. E., Retter, W. C., and Watson, J. N. (1979). *Grass Forage Sci.* 34, 293-301
18. Chensson, A. and Forberg C. W. (1998). Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. 251-284 In Hobson, P. N. *The rumen microbial ecosystem*. Ed. Elsevier Applied Science. New York, USA. 527 pp.
19. Crookston, R. K. and Kurle, J. E. (1988). Using the kernel line to determine when to harvest corn for silage. *J. Prod. Agric.* 1: 293 – 295.
20. Delgadillo, P. C. (1998) *Mejoramiento de un sistema de alimentación parcialmente biosostenible en cabras bajo Pastoreo Racional Técnico Movil*. Tesis de Maestría. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México
21. Demarquilly, C., and Dulphy, J. P. (1977). *Proc. Int. Meet. Anim. Prod. Temperate Pastures, Dublin* pp. 53-61
22. Dehority, B. A., Johnson, R. R., Bantley, O. C. and Moxon, A. L. (1958). *Arch. Biochem. Biophys.* 78: 15 En Elias, A. (1983). *Digestión de pastos y forrajes. Capítulo IV* 187-246 En *Los pasto de Cuba*. Ed. Instituto de Ciencias Animal. La Habana, Cuba. 675 pp.
23. Deswysen, A. G., And Ehrlein, H. J. (1981). *Br. J. Nutr.* 46, 327-335
24. Deswysen, A. G., Vanbelle, M., and Focant, M. (1978). *J. Br. Grassl. Soc.* 33, 107-115

25. Dewhurst, R. J.; Davies, D. R. and Merry, R. J. 2000. Microbial protein supplies from the rumen. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 85:1- 21
26. Driehuis, F., Spoeistra, S. F., Cole, S. C. J. and Morgan, R. (1996). Improving aerobic stability by inoculation with *Lactobacillus buchneri*. Proc. 11th International Silage Conference, University of Wales, Aberystwyth, p. 106.
27. Elias, A. 1983. Los Pastos en Cuba. ICA. Tomo 2. La Habana, Cuba
28. Ellis, W., Matis, J. H. and Lascano, C. (1979). Quantiting Ruminant Turnover. *Federation Proceedings.* 38::2702 – 2706
29. FAO, 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Información Estadística.
30. Farhan, S. M., and Thomas, B. (1978). *J. Br. Grassl. Soc.* 33, 151-158
31. Ferguson, K. A., Hemsley, J. A., Reis, P. J. (1967). The effect of protecting dietary protein from microbial degradation in the rumen. *Aus. J. Sci.* 30: 215.
32. Flores, D. A., Phillip, L. E., Veira, D. M., and Ivan, M. (1986). *Can. J. Anim. Sci.* 66, 1019-1027
33. Flores, M. F. (1983). Utilización del esquileo y subproductos agroindustriales en la producción animal. *Rev. Méx. Prod. Animal.* Vol. 15, suplemento 1:63 – 773
34. Foley, C. R., Balth, D. L., Dickinson, F. N. and Tucker, H. A. (1972). Dairy cattle: principles, practices, problems, profits.
35. Forbes, T. J., and Jackson, N. (1971). *J. Br. Grassl. Soc.* 26, 257-264
36. Galina, M. A.; Orskov, E. R.; Pérez-Gil, F.; Ortiz, R. M. A. 2003. Effect of slow intake urea supplementation on fattening of steers feed sugar cane tops (*Saccarum officinarum*) and maize (*Zea mays*) with or without SIUS. Ruminant fermentation, feed intake and digestibility. *Lives. Prod. Sci.* 83 (1): 1-11.
37. Galina M.A.; Guerrero, C. M.; Serrano, G.; Morales, R. and Haelein, G. 2000. Effect of complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on Ruminant ecosystem of growing goats pasturing shrub land in Mexico. *Small Ruminant research.* (36):33 – 42.

38. Galina M.A.; Morales, A.R.; Jiménez, S. and Haenlein, G.F.W. 1998. Performance of dairy goats pasturing shrub land in Mexico supplemented with a urea molasses mineral block. *Adv. Agric. Res.* 7:15 – 22.
39. Garstang, J. R., Thomas, C., and Gill, M. (1979). *Anim. Prod.* 28, 423.
40. Gill, M., and England, P. (1984). *Anim. Prod.* 39, 31-36
41. Glewen, M. J. and Young, A. W. (1982). Effect of ammoniation on the re-fermentation of corn silage. *J. Animal Science.* 54: 713.
42. Gordon, F. J. (1982). *Grass Forage Sci.* 37, 59-65
43. Gordon, F. J. (1979). *Anim. Prod.* 28, 183-189
44. Gordon, C. H., Melin, C. G. Wiseman, H. G., and Irvin, H. M. (1958). *J. Dairy Sci.* 41, 1738-1746
45. Gross, F. (1969). Directing the silage process with additives. Proc. 3rd General Meeting of Europe Grassland Fed., Braunschweig, p. 139.
46. Henderson, A. R., McDonald, P., and Woolford, M. K. (1972) Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23: 1079 – 1087.
47. Herrera, R. S. (1983). La calidad de los pastos. Capítulo III 60 – 109. En : Los pastos de Cuba. Ed. Instituto de Ciencias Animal. La Habana, Cuba. Pp. 667
48. Hungante, R. E. (1966). The rumen microbial ecosystem. Ed. Elsevier Applied Science. New York, USA. 527 pp.
49. Hutchinson, K. J., Wilkins, R. J., and Osbourn, D. F. (1971). *J. Agric. Sci.* 77, 545-547
50. Hutton, J. B., Jury, K. E., Hughes, J. M., Parker, O. F. and Lancaster, R. J. (1971). *N. Z. J. Agric. Res.* 14, 393-405
51. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2000). INEGI, México, D.F.
52. Jackson, N., and Forbes, T. J. (1970). *Anim. Prod.* 12, 591-599
53. Kaiser, A. G., Osbourn, D. F., England, P., and Dhanoa, M. S. (1982a). *Anim. Prod.* 34, 179-190
54. Keady, T. W. J. (1997). Making more profit from grass silage. Alltech UK Fermentation Forum 13 – 15 October, pp. 16.

55. Kristein, K. (1963). Historical Survey of the Ensiling of Green Fodder). *Das Irtschaftseigene Futter*, 9:54-65
56. Kuchler, L.F. (1926). *Die Zeitgemasse Grunfutterkonservierung*. Friesing: Datterer und Cie, 525 pp
57. Lancaster, R. J., and Wilson, R. K. (1975). *N. Z. J. Exp. Agri.* 3, 203-206
58. Lancaster, R. J., Brunswick, L. F. C., and Wilson, R. K. (1977). *N. Z. J. Exp. Agri.* 5, 107-112
59. Leibensperger, R. Y. and Pitt, R. E. (1987). A model of clostridial dominance in silage. *Grass and forage Sci.* 42: 297 – 317.
60. Leng, R. A. 1991. Applications of biotechnology to nutrition of animals in developing countries. FAO. Animal Production and Health Paper 90. Roma, Italia.
61. Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of “poor Quality” forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. *Nutritional Res. Rev.* 3: 277 – 303.
62. Lonsdale, C. R., Thomas, C., and Haines, M. J. (1977). *J. Br. Grassl. Soc.* 32, 171-176
63. McDonald, P., Henderson, A. R. and Heron, S. J. E. (1991). *The Biochemistry of silage*. Marlow Bottom: Chalcombe. Pp 340.
64. McDonald, P. (1981). *The Biochemistry on silage*. John Wiley and Sons. New York.
65. McLeod, D. S., Wilkins, R. J., and Raymond, W. F. (1970). *J. Agric. Sci.* 75, 311-319
66. Moon, N. J. (1981). Effect of inoculation of vegetable processing wastes with *Lactobacillus plantarum* on silage fermentation. *J. Sci. Food. Agri.*, 32: 675.
67. Moore, L. A., Thomas, J. W., and Sykes, J. F. (1960). *Proc. Int. Grassl. Congr.* 8th pp. 701-704
68. Morales, A. R. ; Galina, M. A. ; Jiménez, S. and Haenlein, G. 2000. Improvement of biosustainability of a goat feeding system with key supplementation. *Small Rum. Res.* (35):97 – 105

69. Morfin, L., 1998. Métodos de Conservación de Forrajes. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4. UNAM. México
70. Morrison, F. B. 1980. Compendio de alimentación del ganado. Ed. UTEHA. 8^a.ed. México.
71. Muck, R. E. and Kung, L. (1997). Effect of silage additives on ensiling. Proc. Silage: Field to Feedbunk, Hershey, Pa, p. 187.
72. Murdoch, J. C. (1965). *J. Br. Grassl. Soc.* 20, 54-58
73. Murillo, J. C. (1999). Respuesta de una pradera de Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Bermuda (*Cynodon dactylon*) y Guinea (*Panicum maximum*), a un sistema de pastoreo intensivo tecnificado móvil con bovinos de engorda. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. 111 pp.
74. Muslera, P. E. y Ratera, G. C. 1984. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. 1a. ed. Madrid, España.
75. NRC, (2001). The National Research Council
76. Nilsson, R. and Rydin, C. (1960). The effect of malt enzymes on the biochemical changes occurring during ensilage. Proc. 8th International Grassland Congr. P. 493.
77. Ohyama, Y., Masaki, S. and Morichi, T. (1973). Effects of temperature and glucose addition on the process of silage fermentation. *Jap. J. Zootec. Sci.* 44:59.
78. Oltjen, R. R., Slyter, L., Kozak, A. S. And Williams, E. (1986). Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NNP source for cattle. *J. Of Nutr.* 94:193 – 202
79. Orskov, E.R. (1994). Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livestock Prod. Sci.* 39:53-60
80. Orskov, E. R. (1992). Protein Nutrition in ruminants. Academic Press. 2a. ed. London.
81. Orskov, E. R. (1982). Protein Nutrition on Ruminant. Academic Press. New York, USA. 160 pp
82. Ortiz, R. M. A.; Galina, M. A. and Carmona, M. M. A. (2002). Effect of slow non-protein nitrogen ruminal supplementation on improvement of *Cynodon nlemfuensis* or *Brachiaria brizanta* utilization by Zebu steers. *Lives. Prod. Sci.* 78 (2) 125-131.

83. Ortiz, R.M.A.; Haenlein, G.F.W. and Galina, M. (2001). Effects on feed intake and body weight gain when substituting maize with sugar cane in diets for Zebu steers complemented with slow release urea supplements. *Intern. J. Animal Sci* 16(2):239-245.
84. Phillip, L. E., Buchanan-Smith, J. G., and Grovum, W. L. (1981). *J. Agric. Sci.* 96, 429-438
85. Preston, T.R. 1995. Tropical animal feeding. A manual for research workers. FAO. Animal Production and Health Paper 126. Rome, Italy.
86. Puga, C.; Galina, M. A.; Pérez-Gil, F.; Sanguinés G. L.; Aguilera, B. A.; Haenlein, G.F.W., Barajas, C.R. and Herrera, H. J. 2001. Effect of a controlled – release urea supplementation on feed intake, digestibility, nitrogen balanced and ruminal Kinetics of sheep fed low quality tropical forage. *Small Rumin. Res.* 41(1):9 – 18
87. Russell, J. B., Hurst, J. P., Jorgensen, N. A., and Barrington, G. P. (1978). *J. Anim. Sci.* 46, 278-287
88. Rydin, C. (1961). Malt as a supplement in biological ensiling. *Archiv. Mikrobiol.* 38:156.
89. Ryu, D.D. 1989. Enhancement of nutritive value of cellulosic feed resources by pretreatment and bioconversion. *Biotechnology for livestock production.* FAO. Rome, Italy.
- 90.
91. Satter, L. D., Muck, R. E., Woodford, M. K., Jones, B. A. and Wacek, C. M. (1988). Inoculant research: What has it Shown us? In: *Proc. Of the Wisconsin Forage Council's 12th Forage prod. And Use Symp., Jan 26 – 27, Wisconsin Dells,* pp. 108 – 119.
92. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2006. *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca.* SAGARPA/SIAP. México, D.F.
93. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2002. *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca.* SAGARPA/SIAP. México, D.F.
94. Schingoethe, D. J., and Garcia, A. (2004). *Alimentación y manejo de becerras y vaquillas lecheras.* Extensión Extra. ExEx4020S. South Dakota State University.

95. Shimada M., A. S. (1990). Manual de técnicas de investigación en ruminología. México D. F. Consultores en producción animal, 201 – 210.
96. Smith, D., Bula, R. J. and Walgenbach, R. P. (1986) Forage management, Published by Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa.
97. Takano, N. Y., Masaoka, and Manda, T. (1983). Effect of delayed sealing during ensiling of fermentation and dry matter loss. Proc. XIV Int. Grassl. Cong., 629 – 631.
98. Ternouth, J. H. (1967). *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 33, 263-264
99. Thomas, J. W., Moore, L. A., Okamoto, M., and Sykes, J. F. (1961). *J. Dairy Sci.* 44, 1471-1483
100. Valverde, L. (2007). Engorda de bovinos con una dieta integral enriquecida con un probiótico de fermentación láctica. Tesis de Licenciatura FES Cuautitlán Campo 4, UNAM
101. Van der Meer, J. M. and Van Es, A. J. H. (1987). Optimal degradation of linocellulosic feeds by ruminants and *in vitro* digestibility test. 21-31 In Van del Meer, J. M., Rijkens, B. A. and Ferrati, M. P. 1987. Degradation of lignocellulosic in ruminants and in industrial processes. Ed. Elsevier Appliend Science. New York, USA. Pp. 120
102. Villamar, A. L. y Olivera, C. E. (2005). Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA, México, D.F.
103. Volenc, J. J., Cherney, J. H. and Johnson, K. D. (1987). Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop.Sci.* 27: 321 – 326.
104. Whiting, F. and Clark, R. D. (1955). Raising dairy calves with a limited amount of milk. *Can. J. Anim. Sci.*, 35:454
105. Whittenbury, R. (1968). Microbiology of grass silage. Proc. Biochem., Feb. P. 27.
106. Whittenbury, R. (1961). An investigation of the lactic acid, bacteria. Ph. D. Thesis University of Edinburgh.

107. Wieringa, G. W. and Beck, T. (1964). Investigations on the use of cultures of lactic acid bacteria in the preparation of silage in small container. 1. Obtaining active *Lactobacillus* cultures for inoculation trials. *Wirtschaftseigene Futter*. 10: 34.
108. Wilson, J. R. (1994). Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *J. of Agri. Sci. Cambridge*. 122:173- 182
109. Wilkinson, J. M., Wilkinson, R. F. and Barry, T. N. (1976). Factors affecting the nutritive value of silage. *Outlook on Agric*. 9:3.
110. Wilkinson, R. F., Wilkinson, J. M. and Woolford, M. K. (1974). The effects of formaldehyde on the silage fermentation. *Vaxrodling* 29. *Proc 5th Gen. Mtng. Eur. Grassland fed.* P. 197.
111. Woolford, M. K. (2000). Pasaporte para el año 2000. Desarrollos Bacterianos: Su implicación en la producción y la estabilidad aeróbica del ensilaje. Alltech U.K. Stamford, Lincolnshire, U.K. 83 – 104.
112. Woolford, M. K. y Diego, H. (1998). Biotecnología en la industria de la alimentación animal. Volumen VI. Alltech de México. 185 – 224.
113. Woolford, M. K. and Pahlow, G. (1988). The silage Fermentation. In: *Microbiology of Fermented Foods*, 2nd Edition. (B.J.B. Wood, ed.) London, Chapman & Hall. (in press).
114. Woolford, M. K. (1984). *The silage Fermentation*. New Cork: Marcel Dekker, pp. 350.
115. Woolford, M. K. (1978). The aerobic deterioration of silage. *ARC Res. Rec.* 4: 8.
116. Woolford, M. K. (1975). The significance of *Propionibacterium species* and *Micrococcus lactylicus* to the ensiling process. *J. Appl. Bact.* 39: 301.
117. Wyss, U. and Pahlow, G. (1991). The influence of air stress and the effect of specific additives on the aerobic stability of wilted grass silage. *Wirtschaftseigene Futter* 37: 129.
118. Zimmer, F. (1980). Efficient silage systems. Occasional Symposium of the British Grassland Society, No. 11, 186 – 197.

