



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DEL PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN LA CALIDAD  
DEL ENSILADO DE MAÍZ CON UN INOCULANTE COMERCIAL.**

**TESIS QUE PRESENTA:**

**ALFREDO GAMALIEL JUÁREZ HERNÁNDEZ**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Morelia, Michoacán, Marzo del 2014**

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DEL PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN LA CALIDAD  
DEL ENSILADO DE MAÍZ CON UN INOCULANTE COMERCIAL.**

**TESIS QUE PRESENTA:**

**ALFREDO GAMALIEL JUÁREZ HERNÁNDEZ**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**ASESOR:**

**Maestro en Ciencias en Sistema de Desarrollo Tecnológico en Sistemas de Producción Animal,  
Alejandro Villaseñor Álvarez.**

**CO-ASESOR:**

**Maestro en Ciencias en Producción Animal, Miguel Ángel Bautista Hernández.**

**Morelia, Michoacán, Marzo del 2014**

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y sobre todo a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura.*

*A mi Asesor de tesis, MC. Alejandro Villaseñor Álvarez por el apoyo brindado al haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta investigación en las instalaciones de la escuela. Gracias por sus sugerencias y observaciones y por dirigir este trabajo de tesis; así también por su confianza brindada.*

*Al MVZ. José Farías por su amabilidad, buena disposición, paciencia, por el tiempo que me dedico para que este trabajo culminara exitosamente, mi agradecimiento sincero.*

*Al MVZ. José Fidel Valencia Ezequiel por su paciencia, amabilidad, por el tiempo que dedico para que este trabajo culminara exitosamente, mi agradecimiento sincero.*

*Al MC. Miguel Bautista Hernández, Co-asesor de tesis por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. Un sincero agradecimiento por su confianza que siempre me brindo como profesor y amigo.*

## **DEDICATORIA**

*Principalmente a, Dios por haberme permitido realizar este sueño anhelado, terminar mi carrera profesional.*

### ***A mis padres***

#### ***José y Rosalinda***

*Por haberme dado la vida, por sus valiosos consejos, comprensión y sus palabras de fortaleza en los momentos difíciles, que para mí es la mejor herencia que han dejado. Muchas gracias.*

### ***A mis hermanos***

*Mercedalía, Ma. Elena, Limberg y Aturo†, aunque él ya no se encuentre entre nosotros y en donde él esté le doy las gracias por sus consejos que siempre tendré presente. Con mucho cariño, amor, apoyo y comprensión incondicional; a ellos que siempre tuvieron en los momentos difíciles. Un agradecimiento especial a mi hermana Alicia, por brindarme el apoyo moral y económico incondicional en todo momento y culminar con éxito mis estudios. Mi agradecimiento sincero para ti hermana Te quiero mucho.*

### ***A mis sobrinos***

*A quienes quiero mucho y agradezco su cariño en todo momento citlalí, Karen, Arturo, Néstor (Tiko), Joseito (tikín) y Emmanuel (chuchín).*

### ***A mis abuelos***

*Marcela, Manuel †, Herminio †y Alicia †*

*A todos mis tíos, por sus consejos y en especial al tío Juan por su apoyo moral y sus valiosos consejos. Gracias.*

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Sistemas de Producción de Bovinos Productores de Leche.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Sistema de producción intensivo o tecnificado.....	3
1.1.2. Sistema de producción semi - intensivo o semi - especializado.....	4
1.1.3. Sistema de producción familiar o traspatio .....	4
1.1.4. Sistema de producción de doble propósito .....	5
<b>1.2. Importancia del Forraje en la Producción de Leche.....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Relación forraje – concentrado .....	7
1.2.2. Cantidad de granos en la dieta .....	7
<b>1.3. Factores que Afectan el Consumo de Forraje. ....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Selectividad.....	9
<b>1.4. Forrajes Utilizados en la Producción de Leche. ....</b>	<b>10</b>
1.4.1. Gramíneas y leguminosas .....	10
1.4.2. Formas de proporcionar el forraje en la alimentación .....	12
1.4.3. Forrajes frescos .....	12
1.4.4. Henos.....	13
1.4.5. Ensilados .....	14
1.4.6. Forrajes que se pueden ensilar.....	15
<b>1.5. Ensilado de Maíz. ....</b>	<b>15</b>
1.5.1. Importancia del ensilado de maíz.....	16
1.5.2. Consideraciones para el proceso del ensilado de maíz .....	16
1.5.3. Variedad de híbridos .....	17
1.5.4. Densidad de siembra .....	17

1.5.5. Manejo agronómico.....	18
1.5.6. Control de plagas .....	18
1.5.7. Plagas del suelo.....	18
1.5.8. Las plagas del follaje.....	19
1.5.9. Control de maleza .....	19
1.5.10. Consideraciones en la cosecha .....	19
1.5.11. Proceso del ensilado de maíz .....	22
1.5.12. Altura de corte.....	23
1.5.13. Tamaño de partícula .....	24
1.5.14. Aditivos .....	24
1.5.15. Llenado y apisonado .....	25
1.5.16. Sellado del ensilado .....	25
<b>1.6. Fases de Fermentación del Ensilado de Maíz.....</b>	<b>26</b>
1.6.1. Fase aeróbica (Fase 1) .....	26
1.6.2. Fase de fermentación entero-bacteriana (Fase 2) .....	27
1.6.3. Fase estable (Fase 3) .....	29
1.6.4. Fase de deterioro aerobio (Fase 4).....	29
<b>1.7. Apertura y Utilización del Ensilado de Maíz.....</b>	<b>30</b>
<b>1.8. Valor Nutritivo del Ensilado de Maíz.....</b>	<b>31</b>
1.8.1. Materia seca.....	33
1.8.2. Proteína cruda.....	33
1.8.3. Energía .....	34
1.8.4. Fibra detergente neutra.....	36
1.8.5. Fibra detergente ácido .....	37
1.8.6. Carbohidratos.....	38
1.8.7. Lignina .....	39
<b>1.9. Digestibilidad y Consumo. ....</b>	<b>40</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>43</b>

<b>3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>44</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>44</b>
4.1. Objetivo general.....	44
4.2. Objetivos específicos .....	44
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1. Análisis con y sin bacterias .....</b>	<b>51</b>
<b>7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Clasificación de los forrajes para la alimentación del ganado.....	12
<b>Cuadro 2.</b> Valores nutricionales de forrajes frescos con sus diferentes especies.....	13
<b>Cuadro 3.</b> Valor nutritivo de las diferentes especies utilizadas para henificar.....	14
<b>Cuadro 4.</b> Valor nutritivo de los forrajes que se pueden ensilar.....	15
<b>Cuadro 5.</b> Materia seca (%) aportada por las diferentes partes de la planta del maíz.....	20
<b>Cuadro 6.</b> Calidad nutritiva del ensilado con referencia a la etapa de madurez.....	22
<b>Cuadro 7.</b> Producción de forraje, composición morfológica y calidad nutritiva de maíz cortado a distintas alturas, para ensilado.....	23
<b>Cuadro 8.</b> Proceso de fermentación del ensilado de maíz Fase Aerobia.....	27
<b>Cuadro 9.</b> Proceso de fermentación del ensilado de maíz Fase Anaerobia.....	28
<b>Cuadro 10.</b> Proceso de fermentación del ensilado de maíz Fase Estable .....	29
<b>Cuadro 11.</b> Contenido de Fibra y Concentración de la energía para ensilados cosechados con diferentes niveles de MS.....	33
<b>Cuadro 12.</b> En la siguiente tabla se dan orientaciones sobre las implicancias del % FDN en los alimentos sobre la respuesta animal.....	37
<b>Cuadro 13.</b> En la siguiente tabla se dan orientaciones sobre las complicaciones del % FDA.....	38
<b>Cuadro 14.</b> Cambios en la composición y calidad del maíz cortado para ensilaje en diferentes etapas de maduración.....	42



<b>Cuadro 15.</b> Análisis NIR´S de los microsilos sin y con bacterias.....	47
<b>Cuadro 16.</b> Análisis de varianza de PCBAC y PCSBAC por sitios o silos.....	47
<b>Cuadro 17.</b> Análisis de varianza para ALBAC y ALSBAC por sitios o silos.....	48
<b>Cuadro 18.</b> Análisis de varianza de FADBAC y FADSBAC por sitios o silos.....	49
<b>Cuadro 19.</b> Análisis de varianza PC con y sin bacterias por sitios o silos.....	51
<b>Cuadro 20.</b> Análisis de varianza de Almidón por sitios o silos.....	51
<b>Cuadro 21.</b> Análisis de varianza de FAD por sitios o silos.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Célula y sus componentes principales: pared celular y contenido.....	10
<b>Figura 2.</b> Variación en la calidad nutritiva de ensilaje de maíz en función del estado de madurez.....	22
<b>Figura 3.</b> Diferentes estados del grano con porcentaje de materia seca en planta completa.....	35
<b>Figura 4.</b> Estructura del grano de maíz.....	35
<b>Figura 5.</b> Cambios en la composición de las gramíneas con el avance de la madurez.....	39
<b>Figura 6.</b> Célula vegetal mostrando la estructura de la pared celular.....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1.</b> Efecto de la madures en la digestibilidad de la materia seca del ensilado de maíz.....	40
<b>Gráfica 2.</b> Análisis múltiple de comparación de medias para PCBAC y PCSBAC.....	48
<b>Gráfica 3.</b> Análisis múltiple de comparación de medias para ALBAC y ALSBAC.....	49
<b>Gráfica 4.</b> Análisis múltiple de comparación de medias para FDABAC y FADSBAC.....	50
<b>Gráfica 5.</b> Análisis múltiple de comparación de medias para de PC con y sin bacterias.....	51
<b>Gráfica 6.</b> Análisis múltiple de comparación de medias para almidòn con y sin bacterias.....	52
<b>Gráfica 7.</b> Análisis múltiple de comparación de medias para FDA con y sin bacterias.....	52

## ÍNDICE DE DIAGRAMA

<b>Diagrama 1.</b> Digestión de los forrajes.....	41
---	----

## RESUMEN

Se determinó el Efecto del porcentaje (%) de materia seca (MS) en la calidad del ensilado de maíz con un inoculante comercial. Se realizó en el sector agrícola de la posta zootécnica perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UMSNH. Se determinó el efecto del % de MS en la calidad del ensilado de maíz adicionándole inoculantes bacterianos (SIL-ALL 4x4). Se evaluaron cinco parcelas de maíz con más de 130 días establecidas al momento de cosecha. Se tomaron muestras de 100 gramos por remolque. Se identificaron y se remitieron al laboratorio de Análisis de Alimentos y Nutrición Animal (LAANA). Se elaboraron silos de 10 kg sin y con inoculante se dejaron 60 días para que fermentarán. Se obtuvieron dos muestras con y sin inoculante de 1 kg c/u al azar, a estas se les realizó un análisis de Espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo (NIRS). A los resultados se les aplicó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (tukey). Los resultados muestran que la Ms tiene efecto en la concentración de los nutrientes. Sin embargo, los datos no son concluyentes para inferir con precisión el efecto de la MS en el valor nutricional, así mismo el efecto de las bacterias no mostro una diferencia significativa el utilizar estas en ensilados de maíz con MS superior al 35% al momento de ensilar.

Palabras claves: Ensilado de maíz, Materia seca, Valor nutricional

## ABSTRACT

Effect of the percentage (%) of dry matter (MS ) in silage quality of corn with a commercial inoculant was determined. Was performed in the agricultural sector of the zootechnical post belonging to the Faculty of Veterinary Medicine UMSNH. The effect of % MS on quality of corn silage adding bacterial inoculants (SIL-ALL 4x4) was determined. Five parcels of corn laid more than 130 days at harvest. Were evaluated 100 gram samples were taken by trailer. Were identified and were sent to the laboratory for analysis of Food and Animal Nutrition (LAANA). Silos of 10 kg were prepared with and without inoculant were allowed 60 days to ferment. Two samples were obtained with and without inoculant 1 kg c/u randomly, these were performed an analysis of reflectance spectroscopy in the infrared (NIRS). For the results we applied an analysis of variance and mean comparison test (Tukey). The results show that the MS has no effect on the concentration of nutrients. However, the data are inconclusive to infer accurately the effect of MS in nutritional value, so does the effect of bacteria showed no significant difference in the use of these corn silage with MS more than 35% when silage .

Keywords: corn silage, dry matter, nutritional value.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades pecuarias de mayor importancia en México es la ganadería productora de leche, durante el año 2002 la producción nacional de leche de bovinos fue de 9,658 millones de litros, en comparación a la producción del año 2012 que fue de 10,946 millones de litros, lo que representó un incremento del 2.1% en la última década. Este crecimiento en la producción lechera nacional, es consecuencia de una mayor tecnificación, aplicación de nuevas y más eficientes técnicas en la producción animal; así como la presión de selección del ganado productor de leche (Claridades Agropecuarias, 2010; SIAP, 2012).

En una unidad de producción de bovinos de leche, el área de alimentación representa entre 70 a 80 % de los costos totales. El forraje es indispensable en la dieta de la vaca lechera. Por lo que los nutriólogos hacen énfasis en la utilización de forrajes de mayor valor nutricional ya que lo anterior repercutirá en la producción de leche y en el costo de la misma. El valor nutritivo de los forrajes está determinado por la concentración de energía, proteína, minerales, vitaminas y por la cantidad de agua presente, esto afectará la palatabilidad, digestibilidad y consumo de los forrajes y la eficacia con que sus nutrientes son utilizados por los animales para su producción (Bonilla, 2000; Chamberlain y Wilkison, 2002; Silveira y Franco, 2006; Carulla, *et al.* 2006; Cherney y Hall, 2008).

Para González, *et al.* (2005) y Pírela, (2005) los factores que afectan la calidad del forraje son: medio ambiente, factores agronómicos de manejo del cultivo así como el estado fenológico y la variedad utilizada. El ensilado de maíz es un ingrediente necesario en la alimentación de ganado lechero, debido a su alto valor energético y alta palatabilidad (Faz, *et al.* 2007).

Saldaña (2012) señala que el ensilado de maíz constituye el 39% de la dieta de vacas en la producción de la cuenca lechera de La Laguna. Zimch (2012) señala un estudio donde se evaluó la madurez de maíz para ensilar vs producción de leche, donde muestra que el maíz con un contenido del 35% MS produce 1,600 litros de leche, kg/ton MS en comparación con un maíz del 25% MS el cual produjo 1,500 litros de leche, kg/ton MS.

La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia no es ajena a estos cambios ya que Agnusdei (2007) refiere que las unidades lecheras en los últimos años han mejorado las estrategias de producción de forraje al cambiar cantidad por calidad (mayor valor nutricional). La posta zootécnica cuenta con 107 hectáreas (has), de las cuales 52 has son para la producción de alfalfa, avena, maíz para ensilado y granos como sorgo y trigo. En el ciclo primavera-verano es de riego punteado utilizando una densidad de siembra de 100,000 plantas de maíz por has, de la variedad Hércules de Unisem. En regiones de baja tecnología se tiene la costumbre de ensilar el maíz con materia seca (MS) inferior al 25%; en la actualidad con las nuevas tecnologías se busca mejorar el proceso de ensilado para obtener alimento de calidad para el ganado. Conociendo que las proporciones de la planta de maíz la componen de la siguiente manera: la mazorca aporta un 55% de la composición, seguida por los tallos 23% y las hojas con un 22%. Existen factores medio ambientales (tormentas tropicales, ciclones), sociales (huelga) y económicos (falla o renta de maquinarias) que pueden afectar la planeación del proceso de ensilado, trayendo consigo un retraso en el momento del ensilado provocando un aumento en el contenido de materia seca (MS), poniendo en muchas ocasiones a los productores en la disyuntiva de ensilar o mejor dejar para rastrojo, por ello se realizó la siguiente investigación, ensilar con un 35 – 43 % MS. El objetivo del presente estudio es determinar el efecto del porcentaje de materia seca en la calidad del ensilado de maíz adicionándole inoculantes bacterianos (SIL-ALL 4x4).

## **1.1. Sistemas de Producción de Bovinos Productores de Leche.**

PNP, (2012) y FAO-FEPALE (2012) señalan que la producción mundial de leche ha tenido un crecimiento con tendencia exponencial de 2,7 % y los países como (EUA, India, China, Federación Rusia, Alemania, Brasil, Francia, Reino Unido), son los que concentran más del 50% de la producción. De la misma manera, son pocas las empresas que en estos países controlan altos porcentajes de productos y que se ven favorecidos, porque en todos los países desarrollados la leche es considerada como un alimento estratégico.

Existe en México una gran variedad de sistemas productivos, que se diferencian entre sí por el nivel de tecnología aplicada, el nivel de integración vertical e horizontal y los mercados que atienden, los cuales de acuerdo a sus principales características, se agrupan en cuatro categorías intensivo, semi-intensivo, familiar y doble propósito.

### **1.1.1. Sistema de producción intensivo o tecnificado**

En primer lugar se tiene un sistema intensivo, con ganado de las razas especializadas en producción de leche como es la Holstein, Pardo Suizo y Jersey principalmente, su alimentación está basada en el consumo de alimento balanceado y forraje de corte, por lo cual mantienen promedios homogéneos y constantes de volúmenes de producción durante todo el año y practicándose el mejoramiento genético, el manejo sanitario, instalaciones especializadas y con procesos mecanizados (Claridades Agropecuarias, 2010).

Caballero (2010) y la SE (2012) mencionan que los productores de este tipo tienen una alta integración con las principales empresas nacionales procesadoras de leche como Alpura, Lala, Nestlé, Sigma alimentos, Sello rojo, y Liconsa, también se

cuentan con empresas regionales como: San marcos, Al Día, leche Monarcas, etc. así, la compra de insumos y la venta de productos en su mayoría, se efectúan por medio de organizaciones gremiales.

Respecto a las regiones en donde se lleva a cabo la producción de leche de tipo intensivo, se destaca a la Comarca Lagunera con un 25%; seguido de los Altos de Jalisco, Aguascalientes y sur de Zacatecas con un 20%.

### **1.1.2. Sistema de producción semi - intensivo o semi - especializado**

En este tipo de sistema de producción el ganado utilizado son “cruzas” de vacas especializadas con criollas y cebú. El sistema de producción es semi-estabulado en pequeñas extensiones de terreno. Se carece en su mayoría de equipo propio de enfriamiento y conservación, por lo que deben acudir a los centros de acopio de leche. La alimentación es a base de esquilmos agrícolas y es complementado con forrajes y alimentos concentrados. Existe un cierto grado de control productivo y programas de reproducción que incluyen inseminación artificial. Estos sistemas de producción prevalecen en los estados de Baja California Norte y Sur, Colima, Chihuahua, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas (Caballero, 2010).

### **1.1.3. Sistema de producción familiar o traspatio**

Wattiaux, Blazek and Olmos (2012) mencionan que de todos los sistemas de producción de leche en México, el sistema familiar es el más heterogéneo. Las fincas que componen este sistema de operaciones de subsistencia, la leche y el queso son utilizados exclusivamente para alimentar a la familia, a gran escala operaciones, donde la venta de leche es la principal si no única fuente de ingresos para la familia.

Esta actividad se limita a pequeñas extensiones de terreno, cuando se ubican cerca de la vivienda se denomina de traspatio. Las razas varían desde Holstein y Suizo Americano y sus cruza, la alimentación se basa en el pastoreo o en el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de los que se producen en la misma granja (Villamar y Olivera, 2005).

Este sistema de producción está localizado en el centro oeste del país que incluye los estados de Jalisco (el líder nacional en la producción de leche), Michoacán, Aguascalientes, Estado de México (Wattiaux, Blazek and Olmos, 2012).

#### **1.1.4. Sistema de producción de doble propósito**

Los sistemas de producción lechero de doble propósito, están asociados al trópico y concentra la mayor parte del hato lechero nacional; utilizando razas Criollo con Cebú y sus cruza con Suizo, Holstein y Simmental. Presentan la característica de que el ganado en unidades de producción como función zootécnica principal es el producir carne o leche dependiendo de la demanda del mercado. El manejo de los animales se efectúa en forma extensiva, basando su alimentación en el pastoreo a base de pastos inducidos y en menor grado mejorados (Caballero, 2010).

En este sistema la producción de leche depende de la disponibilidad de forraje, la cual está ligada a la temporada de lluvias, por lo que presenta mayores volúmenes de producción sobre todo en los meses de julio a octubre según (Claridades Agropecuarias, 2010).

Caballero (2010) menciona que los estados que cuentan con este tipo de producción son: Chiapas, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Tabasco, Nayarit, San Luis Potosí y



Tamaulipas. Este sistema también se puede observar en Sinaloa, Oaxaca, Campeche, Puebla, Durango, Colima, Yucatán, Hidalgo, Quintana Roo, Morelos, Nuevo León, Querétaro y Baja California Sur. Aunque se ha considerado que la ganadería de doble propósito principalmente se desarrolla en las zonas tropicales, se puede encontrar en entidades con clima árido, semiárido y templado en los cuales este sistema de producción los hatos son pequeños y medianos.

## **1.2. Importancia del Forraje en la Producción de Leche.**

El valor nutritivo de un forraje debe reflejar su capacidad de satisfacer los requerimientos del ganado vacuno para un objetivo de producción particular y la mejor manera de expresarlo es a través de la “respuesta animal” (Trujillo y Uriarte, 2011).

Para Miller (1989) la mayoría de los alimentos empleados se clasifica en forrajes, concentrados, subproductos o suplementos especiales. Los forrajes están constituidos por las partes vegetativas de las plantas, incluyendo hojas y tallos. Por lo tanto, el ganado vacuno está especialmente bien adaptado para utilizar los nutrientes presentes en los forrajes.

Pérez (2011) menciona que el manejo de la alimentación de la vaca impacta de manera importante la concentración de grasa y proteína de la leche. Aquellas estrategias que optimizan la función ruminal normalmente ayudan a maximizar la producción de leche y el contenido porcentual de sus componentes. La alimentación de la vaca a base de forraje de calidad provee, directa o indirectamente, los nutrimentos que son precursores de los componentes sólidos de la leche (grasa y proteína).

Además de la fibra el ganado vacuno lechero obtiene grandes cantidades de energía, proteína, vitaminas, minerales, lípidos y agua a partir de los forrajes. Normalmente, la forma más económica de alimentar el ganado vacuno lechero, consiste en proporcionar la mayor cantidad posible de nutrientes en forma de forrajes (Miller, 1989).

### **1.2.1 Relación forraje – concentrado**

En base seca, la relación mínima de forraje-concentrado requerida para mantener el porcentaje de grasa de la leche es de aproximadamente 40 (forraje) a 60 (concentrado). Esta proporción es tan sólo una guía muy general, ya que existen otros factores que impactan sobre el contenido de grasa de la leche, tales como el pH del rumen, un incremento en la producción de ácido propiónico y una menor digestión de fibra. También el tipo y forma física de los ingredientes tienen un efecto sobre la grasa de la leche (Pérez, 2011).

Los microorganismos en el rumen permiten a la vaca obtener energía de los carbohidratos fibrosos (celulosa y hemicelulosa) que son ligados a la lignina en las paredes de las células vegetales. La fibra es voluminosa y se retiene en el rumen donde la celulosa y la hemicelulosa fermentan lentamente. Mientras que madura la planta, el contenido de lignina de la fibra incrementa y el grado de fermentación de celulosa y hemicelulosa en el rumen se reduce. La presencia de fibra en partículas largas es necesaria para estimular la rumia. (Wattiaux y Armentano, 2011).

### **1.2.2. Cantidad de granos en la dieta**

Es importante proporcionar la cantidad de hidratos de carbono no estructurales adecuada en la dieta de la vaca para incrementar el contenido de grasa y proteína en

la leche. Un excesivo consumo de granos (hidratos de carbono no estructurales) y un desequilibrio en la cantidad de forraje en la alimentación puede reducir significativamente la cantidad de grasa en la leche (Pérez, 2011).

Los carbohidratos no-fibrosos o no esenciales (almidones y azúcares) fermentan rápidamente y completamente en el rumen. Estos incrementan la densidad de energía en la dieta, mejorando el suministro de energía y determinando la cantidad de proteína bacteriana producida en el rumen. Sin embargo, los carbohidratos no-fibrosos no estimulan la rumia o la producción de saliva y cuando se encuentran en exceso pueden inhibir la fermentación de fibra. (Wattiaux y Armentano, 2011).

### **1.3. Factores que Afectan el Consumo de Forraje.**

Bonilla (2000) hace mención que de manera general, los factores involucrados en la regulación del consumo de los alimentos inherentes al animal son: tipo o clase de animal, peso vivo, sexo, raza, edad, estado fisiológico o productivo y nivel de producción. Entre los factores que se relacionan con el alimento, se encuentran: Disponibilidad de forraje, contenido de humedad, densidad energética, estado de madurez, coeficiente de digestibilidad y palatabilidad. Por su parte, la conducta o comportamiento del animal durante el consumo de alimento está influenciado por varios factores externos, como las condiciones ambientales y los factores sensoriales, estado de madurez o estado fenológico de la planta. El proceso de maduración en los forrajes es el principal responsable del valor nutritivo del alimento y consecuentemente impacta en el consumo de materia seca.

Generalmente el término "madurez" implica tanto al proceso de crecimiento mismo como al de maduración propiamente dicha, y ambos involucran cambios morfológicos, fisiológicos y químicos durante el desarrollo de estas etapas.

### **1.3.1. Selectividad**

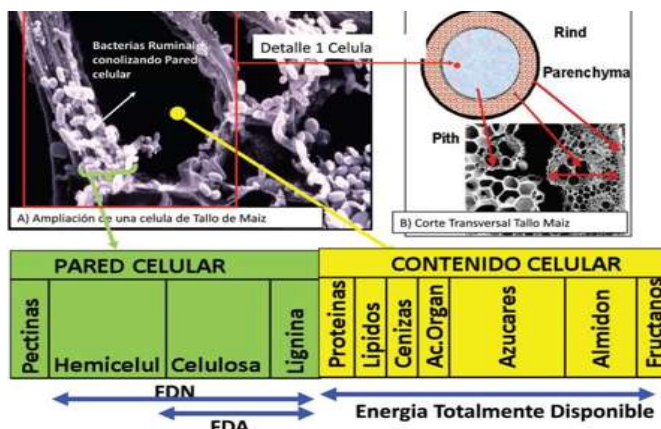
La selección de un forraje se refiere a la capacidad animal para escoger parte de la planta tales como hojas vs tallos; partes tiernas vs maduras ó una especie determinada cuando existe más de una especie en las dietas (Muhammad, 2010).

El factor que afecta el grado de selectividad y palatabilidad de los forrajes, es el grado de madurez fenológica de la planta, los cuales presentan cambios característicos en su composición, el contenido de MS es un indicador de que la planta ha almacenado la mayor cantidad de nutrientes y contiene la humedad adecuada para una rápida fermentación, logrando que el consumo voluntario aumente así como la digestión de la MS (Urrutia y Meraz, 2004; Lara, 2011).

Con base a lo anterior se debe alimentar con forrajes calidad que suelen aportar los nutrientes necesarios, reduciendo así los costos para la alimentación de la vaca lechera (Chamberlain y Wilkison, 2002).

Los forrajes de mayor calidad tienen mejor palatabilidad, más digestibles y son consumidos en mayor cantidad, con lo que cubren una mayor proporción de las necesidades nutritivas (ver figura 1). El factor calidad que recibe la primera consideración al proyectar los programas de administración de forrajes, es la capacidad de estos forrajes para cubrir las necesidades energéticas y proteicas de las vacas (Miller, 1989).

**Figura 1. Célula y sus componentes principales: pared celular y contenido**



FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácido. ERA: energía rápidamente aprovechable. (<http://www.pioneer.com/argentina>).

#### 1.4. Forrajes Utilizados en la Producción de Leche.

Los forrajes de alta calidad pueden constituir dos terceras partes de la materia seca en la ración de vacas, que comen 2.5 a 3% de su peso corporal como materia seca. Forrajes de buena calidad, suministrados en raciones balanceadas, proveen mucho de la proteína y energía necesarias para la producción de leche según (Wattiaux y Terry, 2011).

##### 1.4.1. Gramíneas y leguminosas

Las gramíneas, es uno de los grupos vegetales más importantes desde el punto de vista económico, se estima que el 50% del total de especies presentes en México tienen un potencial forrajero. Una forma de contrarrestar la falta de calidad de las gramíneas es la suplementación a base de concentrados, los que hoy en día tienen un elevado costo.

En general las gramíneas presentan una mayor cantidad de carbohidratos, mientras que las leguminosas poseen más proteína. Las principales gramíneas son ballico o raigrás perene (*Lolium perenne*), balluco o raigrás italiano (*Lolium italicum*), dácilo o Zacate ovilla (*Dactylis glomerata*), Avena (*Avena sativa*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Triticale (*Triticum spp. x secale cereale*), Maíz (*Zea mays*), Sorgo forrajero (*Sorghum bicolor x S. sudanense*) y Sudan grass (*Sorghum sudanense*) (Castle, y Watkins, 1988; Améndola, 2009; Dávila y Sánchez, 2009).

Las leguminosas, son plantas que crecen en vaina, éstas son alimentos nutritivos, son fuente de proteína de bajo costo y pueden aumentar el valor nutritivo de la dieta o ración lo que disminuye los costos de producción e incrementa la estabilidad del sistema, y juegan un papel importante en la conservación de los ecosistemas agrícolas. Las leguminosas incluyen Trébol blanco (*Trifolium repens*), Trébol rojo (*Trifolium pratense*), Alfalfa (*Medicago sativa*), Berseem (*Trifolium alexandrinum*) y Ebo o Veza (*Vicia sativa*) (Castle, y Watkins, 1988; Améndola, 2009; Pérego, 2009).

Las diferencias en el valor nutritivo entre las gramíneas y leguminosas se relacionan con su composición química, con el nivel de consumo y con la utilización de los nutrientes a nivel digestivo y metabólico. En general, las leguminosas presentan mayores tasas de consumo y mayor consumo voluntario diario, explicado fundamentalmente por las tasas de degradación y de pasaje. Las diferencias en tasa y nivel de consumo también están asociadas a diferencias físicas de resistencia a la ruptura, distribución de hojas y tallos, etc., factores que pesan a favor de las leguminosas (Trujillo y Uriarte, 2011).

### 1.4.2. Formas de proporcionar el forraje en la alimentación

Los animales pueden consumir forrajes en los siguientes estados: frescos, henos y ensilados como se observa en el (cuadro 1) las clasificaciones de los forrajes más utilizados para la alimentación del ganado lechero (Wattiaux y Terry, 2011).

**Cuadro 1. Clasificación de los forrajes para la alimentación del ganado.**

<b>FORRAJES FRESCOS</b>	<b>HENOS</b>	<b>ENSILADOS</b>
Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
Trébol blanco	Avenas	Maíz forrajero
Mara alfalfa	Trigo	Sorgo forrajero
Raigrás	Triticale	Avena
Caña de azúcar	Raigrás	Caña de azúcar

(Uset y Lazzaro, 2009).

### 1.4.3. Forrajes frescos

Son forrajes de consumo inmediato para los bovinos al punto de cosecha y directamente. Los forrajes son las partes vegetativas de las gramíneas y leguminosas. Los principales forrajes frescos son:

- a) Pastos mejorados y nativos, donde la vaca puede llegar a consumir hasta 50 a 60 kg de pasto por día.
- b) Leguminosas, principalmente la alfalfa y
- c) Forrajes cultivados como maíz, avena, trigo, cebada y sorgos verdes. Estos deben de ser suplementados con concentrados.

Desde el punto de vista nutricional, los forrajes pueden variar desde ser alimentos muy buenos (pasto joven y succulento, leguminosas en su etapa vegetativa) a muy pobres (pajas y ramoneos). Los forrajes frescos deben presentar características de frescura en su color y aspecto físico integral, como por ejemplo en el caso de la alfalfa, sus hojas y tallos deben verse firmes, frescos y de color verde brillante a continuación se presenta el (cuadro 2) con los valores nutricionales de los forrajes frescos (SP, 2002; González, 2010).

**Cuadro 2. Valores nutricionales de forrajes frescos con sus diferentes especies.**

<b>Forrajes frescos</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>TND</b>	<b>ENL</b>
Alfalfa	36.1	27.9	16.8	0.62
Trébol blanco	33.1	23.9	11.8	1.45
Raigrás	40.5	22.6	66.6	1.45
Caña de azúcar a los 4 meses	77.15	43.84	12.62	

FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácida, TND= total de nutrientes digestibles y ENL= energía neta de lactancia. (Cullison, 1983; Moreno y Sueiro, 2009; Torres, 2011).

#### **1.4.4. Henos**

Cattani (2011) define la henificación como un método de conservación de forraje seco producido por una rápida evaporación del agua contenida en los tejidos de la planta. Esta humedad debe estar siempre por debajo del 20% y se estabiliza alrededor del 15% durante el almacenaje. Si bien los procesos de producción en la confección del heno son de vital importancia, la calidad potencial del mismo estará determinada por el forraje que le dé origen. El correcto manejo es desde que se inicia la confección del heno hasta que se suministra a los animales, esto ayuda a minimizar las pérdidas. La calidad del forraje conservado en forma de heno nunca



será superior al material que le dio origen como se observa en el (cuadro 3) el valor nutritivo de las diferentes especies para henificar (Bernard, 1999).

**Cuadro 3. Valor nutritivo de las diferentes especies utilizadas para henificar.**

Heno	FDN	FDA	TND	ENL
Alfalfa 10% de floración	45	38,8	65,0	0.59
Avena grano lechoso	59	36.4	55.9	0.62
Trigo	61.1	38.1	52.7	0.94
Raigrás	41,9	27,2	70- 80	1.05

FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente ácida, TND= total de nutrientes digestibles y ENL= energía neta de lactancia. (Cullison, 1983; RNC, 2001; Calsamiglia, Ferret, and Bach, 2004; Moreno y Sueiro, 2009).

#### 1.4.5. Ensilados

La conservación de alimentos en forma de ensilado, es una alternativa que permite almacenar los nutrientes de los forrajes al momento del corte y permitiéndoles a los productores reducir los costos de producción. La función principal es, almacenar una gran variedad de forrajes por tiempos prolongados, con pérdidas mínimas de calidad nutricional (Iglesias, 2011).

Los ensilados son esenciales en los sistemas de producción modernos en establos lecheros, debido a que se considera una mezcla de forraje vs grano, siendo utilizado como ingrediente energético en dieta de los rumiantes (Ruiz, *et al.* 2009).

#### 1.4.6. Forrajes que se pueden ensilar

Los forrajes que mejores resultados tienen son los que contienen suficientes carbohidratos y almidones como el maíz, sorgo y cultivos como la alfalfa, avena, la caña de azúcar. En los pastos guinea o estrella el contenido de azúcar es bajo, la acidificación no es adecuada y el forraje tiende a bajar el valor nutritivo. En el (cuadro 4) se observa las especies forrajeras más utilizadas para ensilar y su valor nutritivo de cada una de ellas utilizadas en la producción lechera (Cisint, 1997; Urrutia y Meraz, 2004).

**Cuadro 4. Valor nutritivo de los forrajes que se pueden ensilar.**

<b>Ensilados</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>TND</b>	<b>ENL</b>
Alfalfa 10% floración	35.3	43.7	62.0	0.52
Maíz forrajero	56.02	31.93	68.0	2.24
Sorgo forrajero	51.7	29.1	65.0	0.59
Avena grano lechoso	38.2	60.9	60.0	1.18
Caña de azúcar	51.4	33.2		

FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente ácida, TND= total de nutrientes digestibles y ENL= energía neta de lactancia. (RNC, 2001; Bragachini, *et al*, 2008; Bianco, 2009; León y López, 2009).

#### 1.5. Ensilado de Maíz.

El ensilado es un método de conservación de forrajes o subproductos agrícolas con alto contenido de humedad (60-70 %), mediante la compactación, expulsión del aire y producción de un medio anaeróbico, que permite el desarrollo de bacterias que acidifican el forraje. El valor nutritivo del producto ensilado es similar al del forraje antes de ensilar. Sin embargo, mediante el uso de algunos aditivos, se puede mejorar este valor (Ramírez, 2009; Cobos, 2013).

### **1.5.1. Importancia del ensilado de maíz**

El ensilaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes con facilidad de colección y versátiles en el mundo. Es una mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes. Siendo generalmente utilizado en la alimentación de rumiantes lecheros, mejorando sus producciones (Mier, 2009).

En la actualidad el ensilado de maíz está formado por una mezcla de mazorcas, hojas y tallos, recolectados, picados y ensilados en el momento de la maduración del grano, representa para el ganadero la fuente más económica de alimentación. Es la planta forrajera que produce más energía por unidad de superficie, debido a que del total de la planta, la mazorca aporta un 50 % de materia seca total. (Bravo, 2008).

Para los productores que se dedican a una unidad de producción de leche, el ensilado de maíz es una manera de reducir los costos de producción, disponer de alimento suficiente y mantener o incrementar la producción (SP, 2002).

### **1.5.2. Consideraciones para el proceso del ensilado de maíz**

En la actualidad el proceso de ensilado comienza no al momento de la cosecha si no se debe comenzar con el establecimiento y producción del cultivo en una preparación adecuada de siembra y un manejo agronómico.

### 1.5.3. Variedad de híbridos

Una de las consideraciones que se debe tomar en cuenta durante la siembra de maíz es la selección de la variedad o híbrido y se debe basar en los siguientes aspectos:

- 1) Rendimiento de forraje: se deben escoger los híbridos que produzcan más forraje.
  
- 2) Cantidad de mazorca o grano que producen: un buen ensilado requiere de que la planta lleve una alta cantidad de grano para que ocurra un proceso de fermentación adecuado y el ensilaje presente un alto contenido de energía. Se recomienda escoger híbridos y variedades que produzcan al menos 40% de su peso como mazorca.
  
- 3) Calidad nutricional: contenidos de fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, proteína cruda, y con mayor digestibilidad que producen cada híbrido o variedad (Flores y Figueroa, 2010).

### 1.5.4. Densidad de siembra

Un alto número de plantas por hectárea afecta el rendimiento del cultivo, la calidad del forraje cosechado y el costo de producción, por lo que es importante sembrar el número correcto de semillas por unidad de superficie.

Esto va depender de cada variedad o híbrido, la experiencia del maquinista y la velocidad de siembra, recordemos que cada variedad o híbrido cuenta con 95% de germinación y se debe considerar un 10% a 20% de mortandad la recomendación es

---

sembrar 85,000 plantas/hectárea para una mayor germinación (Flores y Figueroa, 2010).

#### **1.5.5. Manejo agronómico**

En la preparación de la parcela se recomienda hacer análisis de suelo en el laboratorio, es importante para determinar la cantidad de elementos como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) presentes en el suelo y así realizar una adecuada fertilización. Si se utilizan fertilizantes granulados es recomendable aplicar el 100% del fósforo y solo el 40% del nitrógeno al momento de la siembra, el 60% restante del nitrógeno se aplica en la escarda, antes del primer riego de auxilio (Flores y Figueroa, 2010).

#### **1.5.6. Control de plagas**

Uno de los problemas importantes que se deben considerar durante el desarrollo de la planta es el control de plagas, siendo indispensable para evitar pérdidas importantes de rendimiento. Las plagas del maíz se agrupan en dos categorías las plagas del suelo y plagas del follaje (Flores y Figueroa, 2010).

#### **1.5.7. Plagas del suelo**

Se alimentan de la raíz reduciendo la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes del suelo lo que ocasiona que las plantas tengan un desarrollo pobre, marchitamiento y disminución de rendimiento, y si la infestación es grave la muerte de las mismas. Las principales plagas del suelo son la gallina ciega, entre las cuales destacan los géneros *Phyllophaga sp*, *Macroductylus sp*, *Euethela sp*, *Cyclocephala sp*) y el gusano de alambre el cual comprende varias especies del género *Agrostis*.

Una práctica que ayuda a controlar estas plagas es barbechar el terreno después de la cosecha para exponer las larvas a la superficie y que sean consumidas por depredadores, como pájaros, o sean eliminados por las condiciones climáticas adversas para estos organismos y la otra sería el control de la plaga mediante la aplicación de insecticidas (Flores y Figueroa, 2010).

### **1.5.8. Las plagas del follaje**

Esencialmente se alimentan de hojas tanto tiernas como maduras y de la savia que circula en ellas. El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es la plaga más importante del maíz, afecta al cultivo desde que emerge hasta que alcanza una altura de 50 cm. El control se debe efectuar cuando el 20% de las plantas presenten daño. Existen otras plagas tales como: Araña roja (*Olygonychus mexicanus*) y Gusano soldado (*Pseudaletia unipuncta*) (Flores y Figueroa, 2010).

### **1.5.9. Control de maleza**

La maleza se debe controlar oportunamente con énfasis en los primeros 40 días del ciclo del cultivo, el control se puede efectuar mecánicamente mediante escardas o cultivos, la primera de ellas se realiza a las tres semanas de emergida la planta, la segunda a los 15 después de la primera. Si el control es químico se puede llevar a cabo aplicando 2,4-D Amina en dosis de 1.0 a 1.5 L/ha. (Flores y Figueroa, 2010).

### **1.5.10. Consideraciones en la cosecha**

Desde el momento de la floración hasta la cosecha, se modifica la proporción de los diferentes componentes anatómicos de la planta, aumenta la proporción de grano y tallos, y disminuye la de las hojas. Los cambios en la composición química de cada

uno de los componentes también varían; en los granos que aumenta el contenido de almidón y disminuye el contenido de agua de los azúcares solubles y de la proteína como se muestra en el (cuadro 5). En los tallos y en las hojas, aumenta el contenido de pared celular (es decir fibra) y disminuye el contenido de agua, proteína y azúcares solubles (Bravo, 2008).

**Cuadro 5. Materia seca (%) aportada por las diferentes partes de la planta del maíz.**

<b>Partes de la planta</b>	<b>Rango observado (% de MS)</b>
Grano	15 – 60
Hojas	15 – 25
Tallo	20 – 40
Olote	6 – 10
Brácteas	6 – 8

Valores expresados en porcentaje en base seca (Flores y Figueroa, 2010).

Como se menciona anteriormente los factores más importantes que influyen la calidad del ensilado de maíz es la etapa de madurez. A medida que el maíz madura, la línea de leche se mueve hacia la parte inferior del grano y, por lo tanto, la composición y los valores de energía varían cuando se cosecha en estados diferentes de madurez (Romero y Aronna, 2004).

El retraso en la cosecha puede reducir la digestibilidad de la fibra y del almidón ya que el rastrojo se lignifica y los granos maduros se hacen más duros y menos digestibles los cuales pueden pasar intactos al momento de ensilar (Roth y Heindrichs, 2013).

La cantidad de agua que contiene el forraje al momento de ser cosechado es el factor más importante en determinar la calidad del ensilado, si el maíz se cosecha con un alto contenido de agua (>70%) se produce una fermentación indeseable porque es dominada por bacterias formadoras de ácido butírico y también hay fuertes pérdidas de nutrientes digestibles por efecto del escurrimiento del agua del forraje que los arrastra. Por el contrario, si el forraje se cosecha muy seco (< 60% de humedad) se dificulta la compresión del mismo produciendo calentamiento del forraje, la producción de mohos y retarda la fermentación anaeróbica, que es la deseable, así mismo se reduce la capacidad de almacenamiento del silo (Flores y Figueroa, 2010).

El estado de madurez de la planta a la cosecha (o etapa de corte) es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilado de maíz. En México, la etapa de corte para ensilado tradicionalmente se realiza en estado lechoso-masozo o masozo, por lo que los ensilados presentan una baja proporción de elote que se refleja en menor producción y calidad del forraje. Sugirieron el uso de la línea de leche durante la maduración del grano como criterio para determinar el momento oportuno del corte de maíz para ensilar. En etapas tempranas de cosecha las concentraciones de fibra son mayores y se ha determinado que el máximo rendimiento de materia seca, mayor digestibilidad y menor contenido de fibra se obtiene cuando se cosecha a 1/2 o a 1/3 de línea de leche debido principalmente a que incrementa la proporción de grano (ver cuadro 6) y (figura 2) (González, *et al.* 2006).

Así mismo Keplin (2012) muestra un estudio donde maíces con menores de 25% MS al momento de ensilar producen 32.8 Lt/vc/día y cuando consumen ensilados con 35% MS la producción es de 33.9 Lt/vc/día.

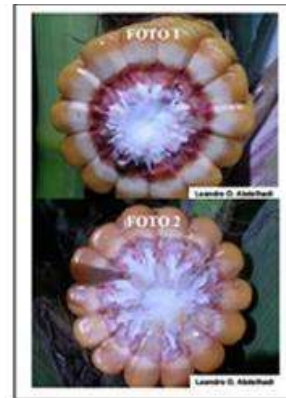
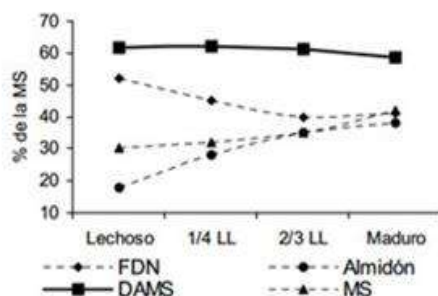


**Cuadro 6. Calidad nutritiva del ensilado con referencia a la etapa de madurez.**

Producción y calidad del ensilaje de maíz según la influencia de la etapa de crecimiento. Etapa de Madurez	Humedad	Producción Ton/ha.65 %	Proteína Cruda	FND	Digestibilidad
INICIO MAD.	73	39.5	9.9	48.0	79.0
1/3 LINEA LECHE	66	44.4	9.2	45.1	80.0
¾ LINEA LECHE	63	45.2	8.9	47.3	79.6
TOTAL MAD	60	44.4	8.4	47.3	78.6

FDN= fibra detergente neutro

(Roth y Heindricks, 2013).

**Figura 2. Variación en la calidad nutritiva de ensilaje de maíz en función del estado de madurez.**

FDN= fibra detergente neutro, MS= materia seca, DAMS= digestibilidad aparente de la MS (Iglesias, 2011).

### 1.5.11. Proceso del ensilado de maíz

Una vez realizada la siembra y realizado un adecuado manejo agronómico se debe considerar aspectos importantes durante el proceso de ensilado de maíz tales como:

### 1.5.12. Altura de corte

Las consideraciones que se tiene en cuenta son principalmente para maíces y sorgos, en donde el aumento en la altura de corte permitirá incrementar la relación de espiga o panoja en la masa ensilada, logrando aumentar la digestibilidad de la misma. Este hecho se basa en que la digestibilidad de la caña es aproximadamente del 50% y la de la espiga, de más del 80%.

En el (Cuadro 7) se puede observar como mejora la digestibilidad de la materia seca (MS) cuando se pasa de 15 cm a 50 cm de altura para cultivos demasiado secos, ya que se estará dejando la mayor parte más indigestible de la planta y reduciendo el contenido de FDN y FDA en 7 y 4% respectivamente, además de microorganismos como bacterias y esporas de hongos, potencialmente dañinos para el ensilado (Piñeiro, 2010; Iglesias, 2011).

**Cuadro 7. Producción de forraje, composición morfológica y calidad nutritiva de maíz cortado a distintas alturas, para ensilado.**

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)	PRODUCCIÓN DE FORRAJE (Kg MS/ha)	COMPOSICIÓN			CALIDAD (%)			
			TALLO	HOJA	ESPIGA	PB	FDN	FDA	DIVMS
MAÍZ	15	15.578	24	14	62	9.2	44.2	24.9	66.9
	30	13.251	17	10	73	9.3	41.7	23.2	68.7
	50	11.555	12	8	80	9.7	39.1	21.0	70.7

PB= proteína bruta, FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente ácida y DIVMS= digestibilidad in vitro de la materia seca (Romero y Arona, 2004).

### 1.5.13. Tamaño de partícula

La longitud de la partícula a la cual se pica el maíz para ensilar es muy importante para que el forraje pueda ser compactado firmemente y eliminar la mayor cantidad de aire del silo, la recomendación del tamaño de partícula para 38-50% MS es de 3 a 5 mm, si el maíz está muy maduro; para maíz con 33-36% MS es de 6 a 11 mm para poder compactar el forraje (Flores y Figueroa, 2010).

### 1.5.14. Aditivos

Cuadrado, *et al.* (2003), Mier (2009) y Lara (2011) definen los aditivos como cualquier sustancia o mezclas de sustancias, productos y subproductos de origen orgánico o inorgánico que se añade a los forrajes durante la preservación y que directa o indirectamente modifica sus valores químicos mejorando la palatabilidad y/o el valor nutritivo. En ocasiones se puede obtener un ensilado de satisfactoria calidad fermentativa sin usar aditivos, especialmente si los forrajes han sido pre marchito por un corto período, picados adecuadamente, bien compactados y sellados. Sin embargo, al usar un aditivo se obtiene, una serie de beneficios siempre y cuando se apliquen a forrajes, pues su acción es casi nula o nula en forrajes de alto contenido en materia seca o sobre maduro.

En general, los aditivos para ensilado controlan y/o mejoran la fermentación en el ensilado, reducen las pérdidas y mejoran la calidad nutritiva de los ensilados para uso animal. A pesar de ello, los aditivos aun siendo muy eficientes no solucionan fallas del ensilado como corte tardío o un pobre sellado.

Se debe procurar que la reacción que domine el medio, sea una fermentación láctica homofermentativa, en donde las bacterias lácticas sean las que colonicen el medio

ambiente interno para lograr una mayor preservación de la materia seca y energía. Los inoculantes biológicos se encuentran en esta clasificación e incluyen cultivos vivos de bacterias productoras de ácido lácticos de los géneros *Lactobacillus*, *pediococcus* y *Streptococos* (Contreras y Muck, 2006; Clemente y Monge, 2011).

#### **1.5.15. Llenado y apisonado**

El forraje picado se va acomodando en el silo por capas de 20 cm de espesor. Una vez que se completa la capa se procede a apisonarlo. El apisonado tiene por objeto reducir al mínimo la presencia de aire dentro de la masa de silo. Una masa forrajera con un 30% de materia seca encierra 1 litro de aire por kg de materia seca. Si la masa forrajera tiene un 35 % de materia seca el contenido en aire pasa a ser de 3 a 5 litros. Por ello, debemos prestar mayor atención al apisonado de la masa a ensilar cuanto mayor sea su contenido en materia seca.

Si se ensila en silos de tipo “pastel” la colocación y apisonado de la masa de silo la pueden hacer tractores agrícolas o industriales, con peso suficiente, y dotados de pala cargadora frontal que no sea de cazo para áridos, sino dotada de púas largas y separadas entre sí para facilitar el extendido del forraje evitando la formación de “bolos” densos de material que dificultarían su apisonado (Urrutia y Meraz, 2004; Mangado, 2006).

#### **1.5.16. Sellado del ensilado**

El tapado de silo debe realizarse inmediatamente después de que ha sido llenado. El silo debe de estar bien cubierto y protegido lo más herméticamente posible. Para ello, la capa superior de forraje se suele cubrir con un plástico de polietileno de calibre 600, colocando encima de los mismos sacos de tierra o llantas de automóvil

que eviten su movimiento y la entrada de aire y agua. Algunos otros ponen lonas para complementar el sellado (Bravo, 2008).

## **1.6. Fases de Fermentación del Ensilado de Maíz.**

Después de haber cosechado y sellado el ensilado, las células de la planta continúan respirando consumiendo los carbohidratos que utilizan las bacterias formadoras de ácido láctico, reduciendo por ende la producción de ácido láctico y la adecuada fermentación del forraje. Otro efecto de la respiración es que eleva la temperatura del ensilado afectando negativamente la calidad del forraje porque se forman compuestos nitrogenados indigestibles y aumentan los componentes fibrosos de la planta. El buen sellado del silo es importante para evitar la entrada del aire y la proliferación de levaduras y mohos que consumen carbohidratos y elevan la temperatura del ensilado (Flores y Figueroa, 2010).

### **1.6.1. Fase aeróbica (Fase 1)**

Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y anaerobios facultativos como las levaduras y Enterobacterias. Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0) (ver cuadro 8).

Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos; cuya presencia en el ensilado es indeseable porque bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La

producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico y produce un mal gusto en la leche cuando se emplea para alimentar vacas lecheras. Además, en condiciones aerobias muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, lo que eleva el valor del pH del ensilado, permitiendo el desarrollo de otros organismos indeseables.

Las Enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilado no son patógenas. Su desarrollo en el ensilado es perjudicial porque compiten con las Bacteria ácido láctico (BAL) por los azúcares disponibles y porque degradan las proteínas. La degradación proteica causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminos biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple (Garcés, *et al.* 2004).

#### **Cuadro 8. Proceso de fermentación del ensilado de maíz Fase Aerobia.**

<b>FASE AERÓBICA</b>
DÍA 1
Respiración celular Procede CO <sub>2</sub> , calor y agua
T <sup>a</sup> 21,5 °C
pH 6.0

(Matilla, 2011).

#### **1.6.2. Fase de fermentación entero-bacteriana (Fase 2)**

Hay microorganismos por gramo de forraje fresco cosechado, y parte de ellos son indeseable por el proceso de conservación de ensilado. Muchos de estos organismos requieren oxígeno para crecer (bacteria aeróbica estricta).

Por lo tanto, la disminución de oxígeno en el ensilado, como esta empacado, resulta en una “selección natural” y una disminución en las bacteria que necesitan oxígeno para su crecimiento. A medida que el oxígeno es removido y la fermentación comienza, las bacterias que se vuelven predominantes son aquellas con la habilidad de vivir tanto en presencia como en ausencia de aire (bacteria aeróbicas facultativas). Este grupo incluye las enterobacteria que convierten azúcares en una variedad de ácidos orgánicos (ácido fórmico, ácido acético, ácido láctico y algunas veces ácido butírico), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrogeno (H<sub>2</sub>). Estos ácidos son responsables por la disminución temprana del pH del ensilado. Las bacterias que se asocian con el proceso de ensilado pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*.

A medida que la fermentación prosigue, las Enterobacterias se vuelve menos competitiva por ser particularmente sensitiva a la disminución de pH. El crecimiento de bacteria es inhibida cuando el pH cae por debajo de 4.5, con una temperatura que oscilan entre 5 °C y 50 °C con un óptimo entre 25°C y 40 °C lo cual usualmente ocurre a los pocos días de ensilado (ver cuadro 9). Sin embargo, la enterobacteria tiende a persistir por largos periodos en el ensilado por el cual el pH desciende lentamente en el caso del ensilado seco (Wattiaux, 2012; Garcés *et al.* 2004).

**Cuadro 9. Proceso de fermentación del ensilado de maíz Fase Anaerobia.**

FASE ANAERÓBIA			
DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4-7	DÍA 18-21
Inicio fermentación A. acético El proceso de calentamiento se detiene.	Comienzo producción de A. láctico	Producción importante A. Láctico Disminución de la T <sup>a</sup>	A. Láctico produce Disminución pH Ensilado estable
32,2 °C		29,5-26,5°C	
5.0	4.0		

(Matilla, 2011).

### 1.6.3. Fase estable (Fase 3)

Aumenta el número de bacterias productoras del ácido láctico. Con este aumento de bacterias ácido lácticas, se destruye la conservación de bacterias formadoras de ácido acético. Aquí actúan los *streptococcus* y los *lactobacilos*. El pH baja hasta los 4.2 a los dos días de realizarse el ensilado. Existe un ligero aumento de la temperatura, posteriormente baja y después es constate (Bravo, 2008). (Ver cuadro 10).

**Cuadro 10. Proceso de fermentación del ensilado de maíz en Fase Estable.**

<b>FASE ESTABLE</b>
Después 21
Fin fermentación Disminución Ensilado Estable Hasta abrir
Ensilado frio Tª ambiente
pH 4.0

(Matilla, 2011).

### 1.6.4. Fase de deterioro aerobio (Fase 4)

Ocurre en todos los ensilados al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p.ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilado por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto aumenta el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que



deterioran el ensilado, son los bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y Enterobacterias.

Los mohos son organismos aerobios cuya presencia en el ensilado se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilado donde encuentren oxígeno, inclusive trazas. En un buen ensilado eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilado puede ser invadido por mohos. Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilado y son un riesgo para la salud de los animales y las personas (Garcés *et al.* 2004).

### **1.7. Apertura y Utilización del Ensilado de Maíz.**

La apertura del silo debe hacerse solamente después de que se ha completado el proceso de fermentación, aproximadamente a los 30 a 45 días, dependiendo del material y las condiciones de compactación. El silo debe abrirse por uno de los extremos y retirarse diariamente la cantidad necesaria (nunca retirar más de lo que se va a utilizar en el día), siempre de arriba hacia abajo. La entrada de aire al ensilado y a la lona plástica ocasiona la descomposición del material que entra en contacto con él, disminuyendo la calidad del silo. Para que la masa ensilada no quede expuesta, debe ser cubierta con la lona plástica después de cada extracción (Uset y Lazzaro, 2009).

### 1.8. Valor Nutritivo del Ensilado de Maíz.

En los últimos años la producción de forrajes ha cambiado su enfoque al buscar que la producción de éste se vea expresada más que en el volumen de biomasa en la respuesta productiva del animal. La mejor manera de medir el valor nutricional de un forraje es la producción animal (leche y carne). En términos nutricionales, esta producción se explica por la cantidad de nutrientes ingeridos por el animal (consumo), su digestibilidad y la eficiencia con que el animal usa estos nutrientes (Carulla, *et al.* 2006).

Así mismo Delgado (2007) considera que cuando los bovinos son alimentados con forrajes de baja calidad nutritiva, se presentan deficiencias en nutrientes esenciales para los microorganismos rúminales, por lo que la eficiencia en el crecimiento de éstos en el rumen es baja.

Una dieta bien balanceada y un manejo adecuado optimizan la producción de leche y carne, la reproducción y la salud de la vaca (Cruañes, 2004).

Para mantener el valor nutritivo de los ensilados de maíz es recomendable la utilización de ciertos tipos de aditivos. Dentro de los aditivos destacan los inoculantes bacterianos, los cuales contienen bacterias productoras de ácido láctico que se agregan a la población bacteriana natural para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el ensilado (Ruiz *et al.* 2009).

Recordemos que los ensilados de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón. El

---

ensilado de maíz se usa como fuente de energía y su bajo contenido proteico apto para la producción lechera (Bertoia, 2004).

Para determinar el valor nutricional de los ensilados de maíz va depender de los métodos analíticos que se utilicen, comúnmente los procedimientos químicos que son específicos para ciertos alimentos o forrajes. Los métodos analíticos que se utilizan para estudiar los nutrimentos, alimentos, etc. se han vuelto muy complejos y altamente tecnificados en los últimos años (Church y Pond, 1996).

Como se menciona anteriormente existen diferentes formas de análisis químicos para los alimentos de los animales como son: Análisis Proximal esto se realiza para alimentos concentrados, que también se utilizan en forrajes para la determinación de humedad. Para el análisis de los forrajes se encuentra el método de Van Soest que separa el alimento en fracciones distintas que se relacionan con su valor nutritivo.

La gran importancia que han tomado los forrajes en la actualidad para la alimentación de los animales, en los laboratorios de alimentos han implementado el método NIRS que es posible estimar con precisión los componentes por medio de espectroscopia infrarroja tales como FND, FDA y Total de Nitrógeno. Otras estimaciones de la calidad del forraje, como nutrientes digestibles totales (TND) de energía neta de lactancia (ENL) y de valor relativo (RFV) se derivan de manipulaciones matemáticas de FND y los valores de la FDA.

El análisis del contenido de los forrajes como; fibra cruda, fibra neutro detergente (FND), lignina, digestibilidad, nutrientes digestibles totales (NDT) y otros, representan un esfuerzo para conocer su valor como forraje. Sin embargo algunos de estos valores tienen mayor influencia, por su efecto sobre la producción de leche y sus

contenidos, como en el caso de la FND y su digestibilidad, que además tiene efecto sobre el consumo de alimento (Roth y Heindrichs, 2013).

### 1.8.1. Materia seca

La materia seca (Ms) de los forrajes es importante en los rumiantes ya que se encuentran elementos nutritivos como los carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. En ensilados de corte directo el valor absoluto de materia seca es menor al esperado, debido al arrastre de nutrientes generado por los líquidos durante la fermentación (ver cuadro 11). La calidad fermentativa es considerada un indicador para la MS en función de la relación con el valor final de pH alcanzado por los forrajes ensilados (SP, 2002; Berndt, 2002).

**Cuadro 11. Contenido de Fibra y Concentración de la energía para ensilados cosechados con diferentes niveles de MS.**

MATERIA SECA (%)	FIBRA		IMS (%)	DMS (%)	TND (%)
	FDN (%)	FDA (%)			
20 – 25	55	32	2,18	64,0	65
25 – 30	53	29	2,26	66,3	67
30 – 35	47	26	2,55	68,7	69
35 – 40	46	25	2,61	69,4	70
35 – 40	38	19	3,16	74,1	75

FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida, IMS= consumo de materia seca, DMS= digestibilidad de materia seca y TND= total de nutrientes digestibles, (Keplin, 2012).

### 1.8.2. Proteína cruda

Las proteínas son constituyentes esenciales en los organismos vivos (García y Ramos, 2011). Cullison (1983) define la PC como el nitrógeno amoniacal total por 6.25 basado en el hecho de que la proteína de una materia prima o un alimento.

Posee en promedio 16.0 % de nitrógeno y Berndt (2002), hace mención que no todo el nitrógeno contenido en los ensilados es proteína, ya que existe una degradación de la fracción proteica conducente a la generación de nitrógeno no proteico. Para García y Ramos (2011), mencionan que la madurez, de las leguminosas pueden tener 15% a 23% de PC y las gramíneas contienen 8% a 18% PC (según el nivel de fertilización con nitrógeno) y los residuos de cosechas pueden tener solo 3% a 4% de proteína cruda.

La proteína no es uno de los parámetros más importantes en el ensilado de maíz, pero debido a las grandes cantidades del mismo que se suelen usar en las raciones, es un factor a tener en cuenta ([www.lgseeds.es](http://www.lgseeds.es)).

### **1.8.3. Energía**

Church y Pond (1996) sostuvo que la energía es la capacidad de efectuar un trabajo, cuando trabajo corresponde al producto de una fuerza dada que actúa a lo largo de una determinada distancia. Sin embargo, una definición tan amplia como esta no se puede aplicar directamente a los animales, ya que generalmente interesa mucho más la forma en que se utiliza la energía química. La energía química se puede medir en términos de calor y se expresa como calorías o B.T.U (Unidad Térmica Británica) aunque según los físicos el joule (julio) constituye una medida de expresión más precisa.

El almidón también se encuentra dentro de la célula de la planta y es altamente digestible (75% a 95%). Es la mayor reserva de energía de los vegetales y se encuentra en la porción de la semilla de la planta, el maíz, sorgo, y granos procesados duros se fermentan más lentamente. (Ver figura 3 y figura 4) (García y Ramos, 2011).

Figura 3. Diferentes estados del grano con porcentaje de materia seca en planta completa.



Fuente: [www.lgseeds.es](http://www.lgseeds.es).

Figura 4. Estructura del grano de maíz



Grafico 1 - Estructura del grano de maíz

(Álvarez, 2006).

La ingestión de energía y la producción de leche pueden estar limitadas si hay demasiado forraje en la ración. Sin embargo, los alimentos voluminosos son esenciales para estimular la rumia y mantener la salud de la vaca. En general, cuanto más alto es el contenido de fibra, más bajo es el contenido de energía del forraje (García y Ramos, 2011).

La concentración de energía se calcula sometiendo la muestra de ensilado a digestibilidad in vitro para determinar el porcentaje de materia orgánica digestible en la MS ("valor D"). Normalmente se calcula como energía metabolizable por kilogramo de MS. Como se mencionó anterior mente la energía también puede ser estimada a través del contenido de fibra (Berndt, 2002).

#### **1.8.4. Fibra detergente neutra**

La fibra Detergente Neutro (FDN) Incluyen todo los componentes insolubles del forraje en soluciones de FDN, tales como la celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice. Comúnmente se conoce como la fracción de células de la pared. Estos compuestos que constituyen las paredes celulares son muy variables en cuanto a su degradabilidad dependiendo de la lignificación de las células de las plantas (ver cuadro 12). La importancia de esto es que la mayoría de los esfuerzos para mejorar la calidad de los ensilados se debe dirigir hacia las fracciones FDN y FDA. La concentración de FDN en ensilado de maíz puede variar considerablemente ( $46,0 \pm 6,5\%$  de FDN,  $\bar{x} \pm SD$ ; (McCullough, 1991; Schroeder, 2013; Tjardes *et al.* 2008).

**Cuadro 12.** En la siguiente tabla se dan orientaciones sobre las implicancias del % FDN en los alimentos sobre la respuesta animal.

<b>FDN</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Menor a 45%	BAJA	Corresponde con alta digestibilidad. No limita el consumo. Apta para cualquier producción.
48-58	MEDIA	Corresponde con digestibilidad media. Puede limitar el consumo. Interesa el grado de lignificación.
60-70	ALTA	Corresponde con digestibilidad baja. Limita el consumo. Posibilitan ganancias de peso moderada a bajas. No aptas para producción de leche.
Mayor a 70 %	MUY ALTA	Corresponde con digestibilidad muy baja. Limitan severamente el consumo. Permite mantenimiento o muy leve ganancia de peso.

Fuente: [www.pioneer.com/argentina](http://www.pioneer.com/argentina).

### 1.8.5. Fibra detergente ácido

El valor de la Fibra Detergente Ácido (FDA) se refiere a las porciones de la pared celular del forraje que se compone de celulosa y lignina. Estos valores son importantes ya que reflejan la capacidad de un animal para digerir el forraje. A medida que aumenta FDA, la digestibilidad del forraje por lo general disminuye. La concentración de FDA en el ensilado de maíz oscila entre el 18 al 26% (ver cuadro 13) (Ramírez, *et al.* 1999).



**Cuadro 13. En la siguiente tabla se dan orientaciones sobre las complicaciones del % FDA.**

FDA	COMENTARIOS
No Mayor del 27- 28%	Si es >, baja la digestibilidad de la fibra y el valor energético baja. Este valor es > cuando el ensilado se hace muy tarde o cuando el corte de la planta es muy bajo.

(Matilla, 2011).

### 1.8.6. Carbohidratos

Gagliostro (2006); García y Ramos (2011) mencionan que en la nutrición de los rumiantes, resulta muy común clasificar a los hidratos de carbono estructurales (celulosa, hemicelulosa) y no estructurales (almidón y carbohidratos solubles) sostienen que los carbohidratos son el principal constituyente de la dieta del ganado lechero y contribuyen de un 60% a un 70% de la energía neta utilizada para la producción de leche.

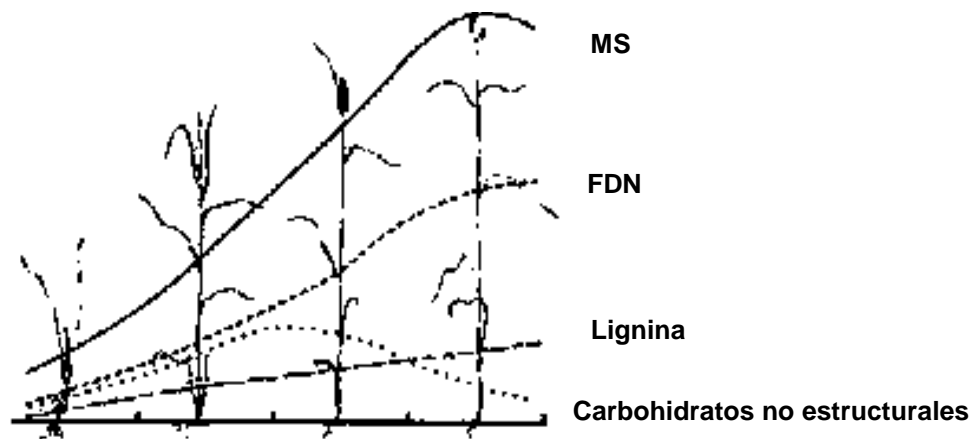
Los rumiantes tienen la capacidad de digerir la celulosa y la hemicelulosa, permitiendo con ello disponer también de los nutrientes internos de la célula vegetal (Anzola, 2013).

Las bacterias encargadas en el proceso de fermentación del ensilado utilizan los azúcares solubles de las plantas de maíz, más no del almidón, de la planta entera de maíz la mazorca aporta un 55% de la composición, seguida por los tallos 23%, y las hojas con un 22%. Este importante valor nutritivo se mantiene como tal en el forraje ensilado. Siempre que los granos de maíz estén partidos en su totalidad (importante detalle), la digestibilidad del almidón de este forraje es elevada. (De la Rosa y Martínez, 1998; ([www.lgseeds.es](http://www.lgseeds.es))).

**1.8.7. Lignina**

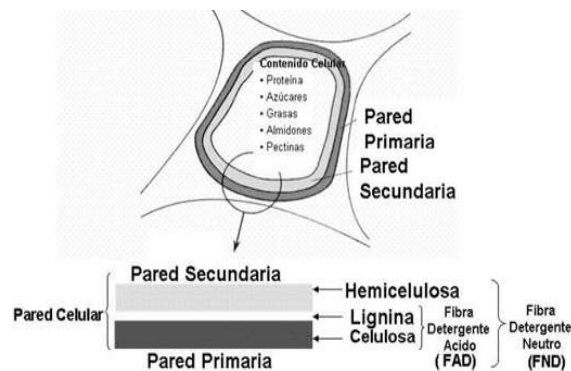
La lignina es un hidrato de carbono, sustancia que restringe la digestibilidad del material de la pared celular de la planta. Con aumento de lignina, disminuye el rendimiento de la ingesta de los animales, por lo general disminuye el porcentaje de FDA y FDN aumenta Schroeder, (2013) (ver figura 5 y figura 6). Para Ramírez, *et al.* (1999) el contenido de lignina en los ensilados de maíz es bajo, oscilando entre el 2% y el 4%. Un bajo contenido de lignina es deseable.

**Figura 5. Cambios en la composición de las gramíneas con el avance de la madurez.**



(Bianco, 2009).

**Figura 6. Célula vegetal mostrando la estructura de la pared celular.**



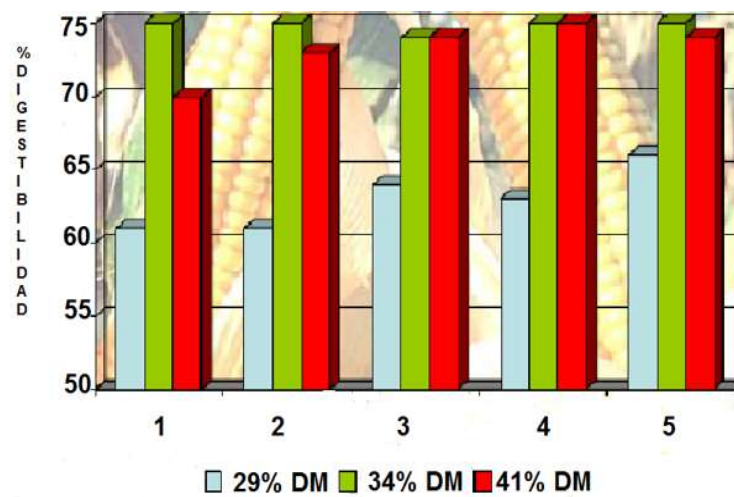
(Anzola, 2013).

### 1.9. Digestibilidad y Consumo.

Para Joachim y Jung (2012) menciona que los rumiantes evolucionaron sus compartimentos del tracto digestivo para procesar con eficacia el material vegetal, que contiene grandes cantidades de material de la pared celular. La digestibilidad de un alimento se puede definir como la proporción del mismo que no es excretada con las heces y que se supone ha sido absorbida. A medida que aumenta el estado de madurez del forraje disminuye la digestibilidad, como consecuencia de cambios químicos en los componentes de los forrajes, principalmente los bajos niveles de PC, alto contenido de FDN. Estos factores traen como consecuencia el bajo consumo de MS impidiendo el desarrollar al máximo la capacidad productivas de los animales (Araujo, 2005; Delgado, 2007; Schroeder, (2013).

Núñez (2012) estudios realizados en Aguascalientes y en la Comarca lagunera muestran que maíces con 35% MS tienen digestibilidad entre 66.9 % al 69.05% y mientras que la MS menor al 25% la digestibilidad es menor a 65.1%.

**Gráfica 1. Efecto de la madures en la digestibilidad de la materia seca del ensilado de maíz.**



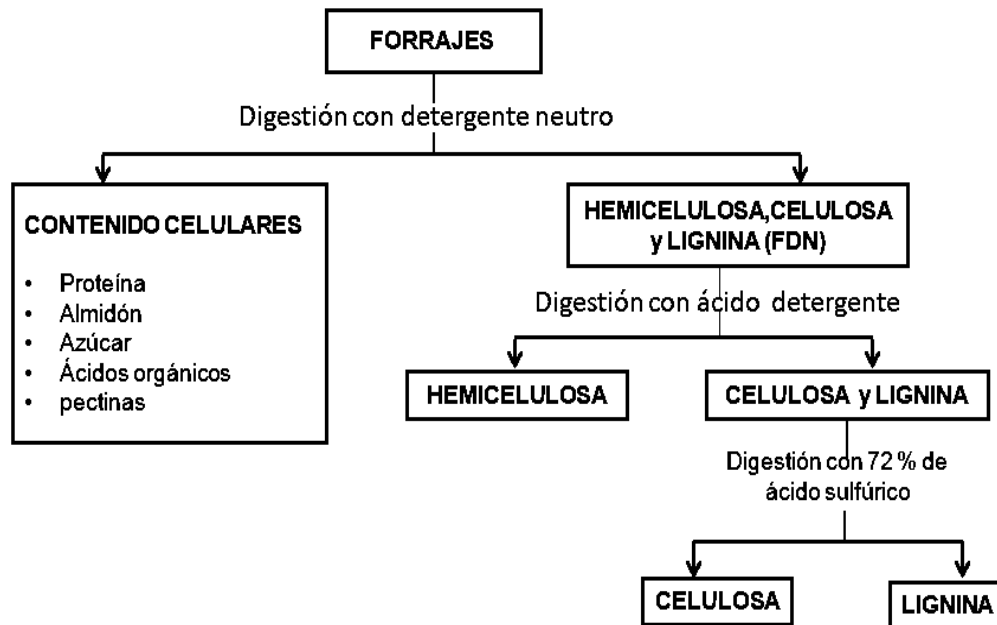
DM= MS

(Keplin, 2012)

La fibra y digestibilidad del almidón son factores importantes en la optimización de producción de leche y carne. Investigaciones realizadas han documentado el hecho de que vacas lecheras se ha incrementado el consumo de materia seca (DMI) para producir más leche cuando se alimentan con forrajes que tienen mayor digestibilidad FDN (Taysom, 2008).

Muro (2007) menciona que la conformación y proporción de los componentes de la pared celular son los factores más importantes que determinan el grado de digestibilidad de los forrajes por parte de los microorganismos rúminales. La pared celular de las plantas consiste en celulosa (40%-45%), hemicelulosa (30%-35%) y lignina (20%-23%), (Ver diagrama 1).

**Diagrama 1. Digestión de los forrajes**



(Schroeder, 2013).

Como se ha mencionado anteriormente la importancia del ensilado como alimento va a depender de la cantidad y calidad de nutrientes, digestibilidad y del consumo que realice el animal (Muro, 2007).

Lyons, *et al.* (2001) señalan que el comportamiento productivo de los animales es influenciado de manera importante por su valor nutritivo. Así mismo, mencionan que el consumo voluntario de forraje está afectado por cuestiones medioambientales así como anatómicos (capacidad ruminal) y velocidad de paso del forraje por el rumen.

El consumo de los animales está limitado cuando el forraje contiene un rango de 30%-35% de MS. Por encima del 35% se reduce el consumo (ver cuadro 14). El consumo es también influenciado por el tamaño de partícula del forraje. El contenido de fibra estimula la motilidad del rumen y la rumia, influenciando la tasa de digestión. Otro factor que afecta el consumo es la palatabilidad del forraje por parte del animal. Estas características están fuertemente condicionadas por la calidad del proceso de conservación (Zannier, 2012).

**Cuadro 14. Cambios en la composición y calidad del maíz cortado para ensilaje en diferentes etapas de maduración.**

ETAPA	M.S %	M.S (t/ha)	ENSILAJE (t/ha)	% MAZORCA M.S	M.S CONSUMO RELAT. (%)
Lechoso	21	9,3	43,8	30,1	74
Pastoso	25	9,3	37,5	39,6	89
Harinoso	30	9,8	37,0	41,0	90
Harinoso -duro	35	10,8	30,8	56,8	100
Duro	38	9.5	25,0	56,0	98

MS= materia seca,

(Keplin, 2012).

---

## 2. JUSTIFICACIÓN

Cada vez son más las unidades de producción de bovinos de leche, que buscan incrementar su utilidad económica basando está en una mejor alimentación. La mayoría de los animales productores de leche se encuentran bajo condiciones de estabulación total con una alimentación controlada a base de forrajes y concentrados altamente nutritivos.

Por lo que algunos productores han implementado estrategias para mejorar sus técnicas de ensilado y así obtener ensilados con mayor valor energético. Para lo cual es determinante el estado fenológico del maíz.

Es importante realizar una investigación sobre el contenido máximo de materia seca que puede contener una planta de maíz para poder ser ensilada. Y el efecto de la materia seca en la calidad del ensilado maíz.

### 3. HIPÓTESIS

Utilizado plantas de maíz (*Zea mays*) para ensilar con un porcentaje de 40 a 55% de materia seca y adicionando inoculantes bacterianos (SIL-ALL 4x4) para su adecuada fermentación se obtendrá un ensilaje de buena calidad nutricional.

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del porcentaje de materia seca en la calidad del ensilado de maíz adicionándole inoculantes bacterianos (SIL-ALL 4x4).

#### 4.2. Objetivos específicos

- Correlacionar el contenido de materia seca con el valor nutricional del ensilado de maíz.
- Determinar el efecto de las bacterias en el valor nutricional de los ensilados.

---

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el sector agrícola de la posta zootécnica perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UMSNH, la cual se encuentra ubicada en el km 9.5 de la carretera Morelia– Zinapécuaro. Donde se evaluó el efecto del porcentaje de la materia seca en la calidad del ensilado de maíz con inoculante comercial y sin inoculante.

Las parcelas cultivadas en la posta zootécnica son de riego y temporal, para este experimento se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2012 donde las siembras son de temporal de riego punteado, las parcelas se establecieron en los meses de mayo-junio con una sola fertilización aplicada durante la siembra (120-40-00).

Para el trabajo de investigación se ocuparon 50 bolsas con cierre hermético (ziploc) de 16,5 cm x 14,9 cm para la determinación de materia seca y 2 bolsas con cierre hermético (ziploc) de 26,8 cm x 27,3 cm para la toma de muestra y realizar el análisis bromatológico a través de NIR y para el traslado se utilizó una hielera desechable, también se utilizaron 20 bolsas grandes de 80 cm de ancho x 120 cm de largo, Calibre 220 para realizar los micro silos, se utilizó 1 bascula de 100 kg, 2 cintas canelas para sellar los micro silos, en la identificación de cada muestra de los microsilos fueron marcados con tinta permanente.

Métodos: Para cumplir los objetivos establecidos se evaluaron cinco parcelas de maíz que tenían en un rango de 40 a 55 % de materia seca, se utilizó una cosechadora de forraje modelo JF92Z10 de un surco, con 10 cuchillas con un corte de partículas de 2 cm hasta 3 cm.



Cada remolque al ser vaciado se tomaron muestras homogéneas al azar de 100 grs. y fueron identificadas con la fecha, hora, parcela y número de muestras para luego así mismo ser llevadas día a día al Laboratorio de Análisis de Alimento y Nutrición Animal (LAANA) de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para determinar el contenido de materia seca. Para luego tomar una muestra y hacer micro silos de 10 kg de cada parcela sin inoculante y con inoculante.

Para la preparación del inoculante se disolvieron 75gr. de *Lactobacillus Plantarum*  $12.6 \times 10^9$  UFC/g, *Pediococcus Acidilactici*  $4.2 \times 10^9$  UFC/g, *Enterococcus Faecium*  $2.1 \times 10^9$  UFC/g, *Lactobacillus Salivarius*  $2.1 \times 10^9$  UFC/g más conocido como SIL-ALL 4x4 bacterias fermentativas en 20 litros de agua aplicada en aspersion.

Una vez completado el micro silo de 10 kg sin inoculante y con inoculante se dejaron 60 días para el proceso de fermentación. El cubrimiento del micro silo fue con doble bolsa de nylon y sellado completamente con cinta canela para impedir el paso del aire y la producción de Hongos, Levaduras, Enterobacterias y Clostridios durante la fermentación. De los micro silos se obtuvieron dos muestras de 1kg c/u a la azar del centro, orillas y en la parte superior, uno sin inoculante y la otra con inoculante para luego ser trasladadas en una hielera desechable de unisel de 30 cm de alto, 40 cm de largo y 30 cm de ancho con 5kg de hielo para realizar un bromatológico completo a través de NIR; el cual se llevó a cabo en el laboratorio de Ganaderos Asociados de Querétaro (GAQ) cuentan con el equipo necesario NIR, para determinar el contenido de energía, carbohidratos, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA). Lo anterior con la finalidad de determinar la calidad del ensilado de maíz utilizando la metodología análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (tukey).

## 6. RESULTADOS

Una vez tomadas las muestras de los micro silos y mandados analizar a través del análisis de NIR´S los resultados se observan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 15. Análisis NIR´S de los microsilos sin y con bacterias**

<b>BACTERIAS</b>	<b>SIN</b>	<b>CON</b>
<b>MS</b>	35.90	35.50
<b>PC</b>	5.30	5.60
<b>ALMIDÓN</b>	14.20	13.60
<b>FDA</b>	39.00	38.20

MS= materia seca, PC= proteína cruda y FDA= Fibra detergente acida

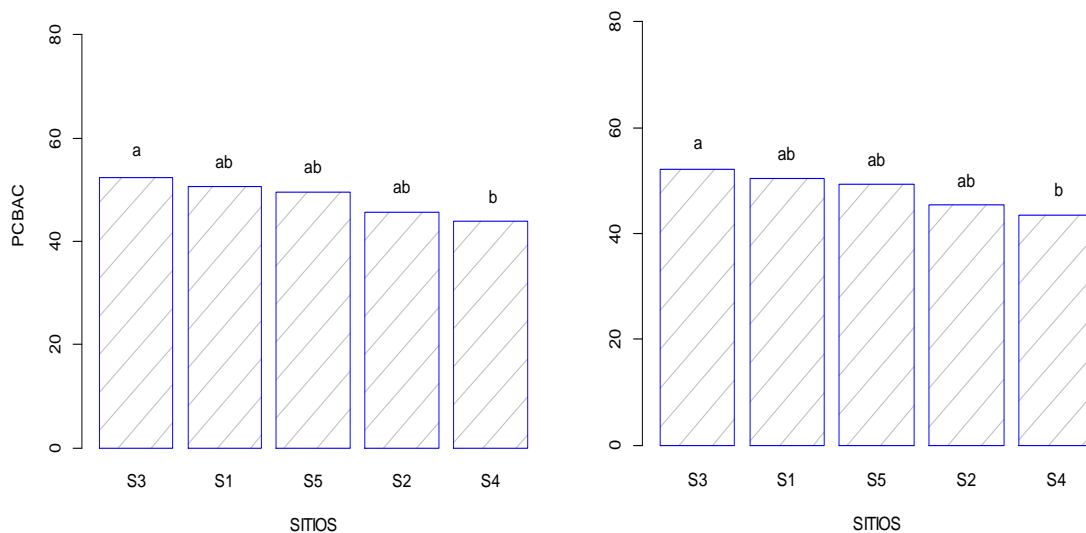
Una vez colectada la información se procedió a analizar la información con el programa Lenguaje and Enviromet for Statiscal Computing. A la información se le realizó un análisis de varianza y un análisis de comparación de medias para Proteína, Almidón y Fibra Acido Detergente (FAD), por separado con y sin bacterias. Los resultados se pueden observar los siguientes cuadros y Graficas.

**Cuadro 16. Análisis de varianza de PCBAC y PCSBAC por sitios o silos.**

<b>Fuente</b>	<b>Variable</b>	<b>Suma Cuadrado</b>	<b>GL</b>	<b>Media Cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;f</b>
<b>Tratamiento</b>	PCBAC	306.76	4	76.689	3.8944	0.01361
	PCSBAC	492.31	4	76.689	3.8944	0.01361
<b>Error</b>		492.31	25	19.692		
		492.31	25	19.692		

PCBAC= Proteína Cruda con Bacterias PCSBAC= Proteína Cruda sin Bacterias

**Gráfica 2. Análisis múltiple de comparación de medias para PCBAC y PCSBAC.**



PCBAC= Proteína Cruda con Bacterias

PCSBAC= Proteína Cruda sin Bacterias.

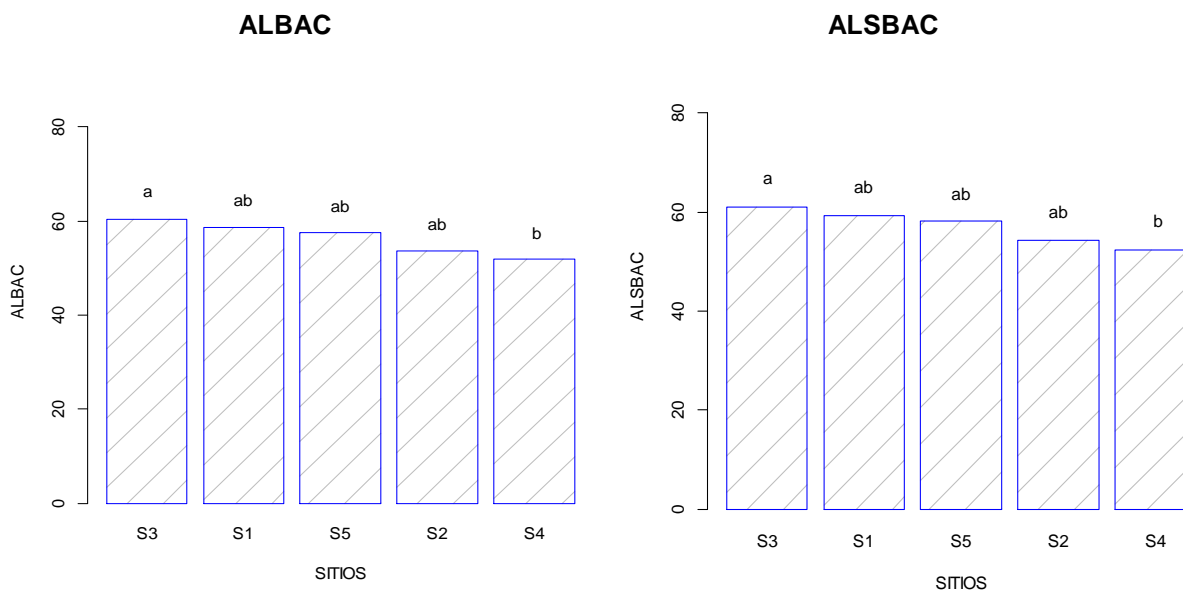
**Cuadro 17. Análisis de varianza para ALBAC y ALSBAC por sitios o silos.**

Fuente	Variable	Suma Cuadrado	GL	Media Cuadrática	F	Pr>f
<b>Tratamiento</b>	ALBAC	306.76	4	76.689	3.8944	0.01361
	ALSBAC	306.76	4	76.689	3.8944	0.01361
<b>Error</b>		492.31	25	19.692		
		492.31	25	19.692		

ALBAC= Almidón con Bacterias

ALSBAC= Almidón sin Bacterias

**Gráfica 3. Análisis múltiple de comparación de medias para ALBAC y ALSBAC.**



ALBAC= Almidón con Bacterias

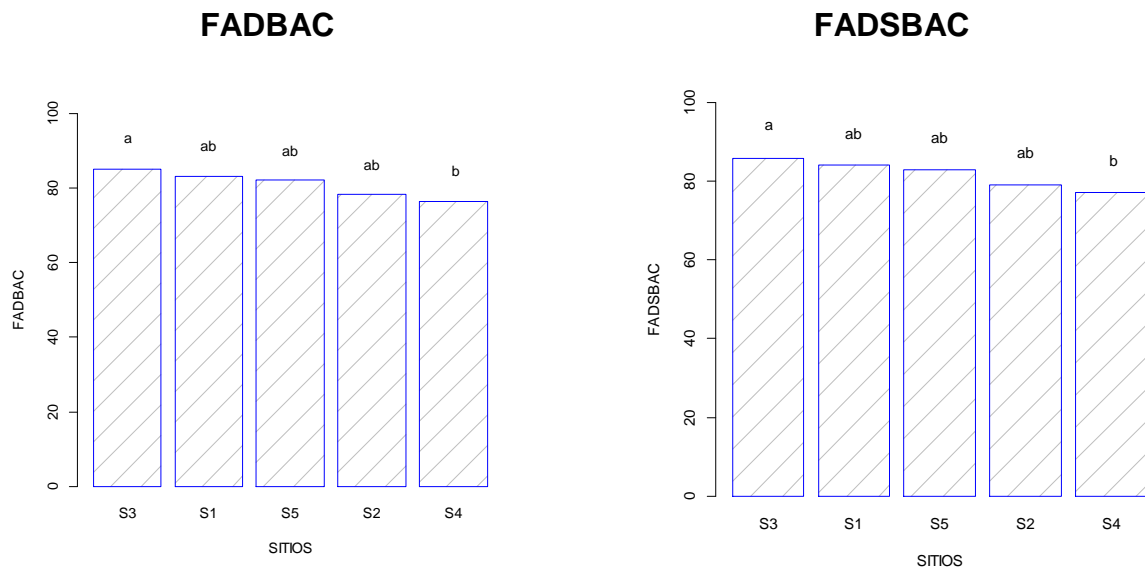
ALSBAC= Almidón sin Bacterias

**Cuadro 18. Análisis de varianza de FADBAC y FADSBAC por sitios o silos.**

Fuente	Variable	Suma Cuadrado	GL	Media Cuadrática	F	Pr>f
<b>Tratamiento</b>	FADBAC	306.76	4	76.689	3.8944	0.01361
	FADSBAC	306.76	4	76.689	3.8944	0.01361
<b>Error</b>		492.31	25	19.692		
		492.31	25	19.692		

FADBAC= Fibra Detergente Acida con Bacterias y FADSBAC= Fibra Detergente Acida sin Bacterias

**Gráfica 4. Análisis múltiple de comparación de medias para FADBAC y FADSBAC.**



Los resultados muestran que la materia seca tiene un efecto importante en la concentración de los nutrientes, y en todas las variables analizadas con y sin bacterias se muestra una diferencia significativa al 95%.

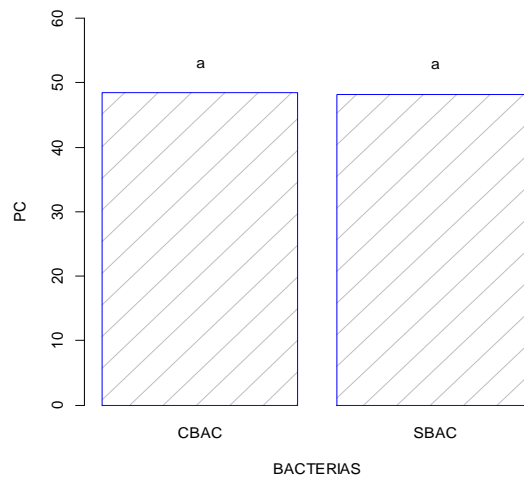
También se realizó un análisis de varianza y comparación de medias para los resultados de los análisis realizados a través de NIRS con bacterias y sin bacterias. Con una probabilidad del 95% el cual no muestra una diferencia significativa ver los siguientes cuadros para las diferentes variables.

## 6.1. Análisis con y sin bacterias

**Cuadro 19. Análisis de varianza PC con y sin bacterias por sitios o silos.**

Fuente	Variable	Suma Cuadrado	GL	Media Cuadrática	F	Pr>f
Tratamiento	PC	1.35	1	1.350	0.049	0.8256
Error		1598.12	58	19.692		

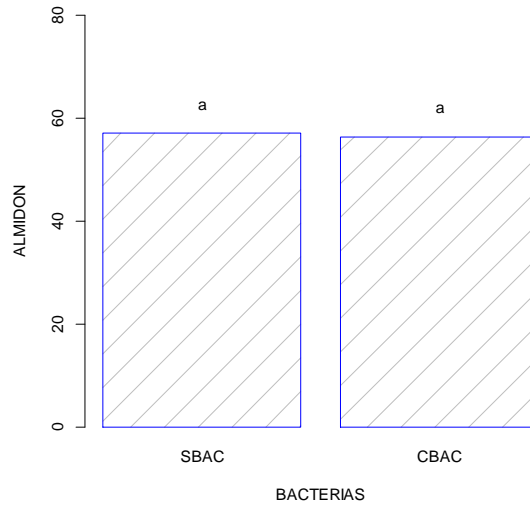
**Gráfica 5. Análisis múltiple de comparación de medias para PC con y sin bacterias.**



**Cuadro 20. Análisis de varianza de Almidón por sitios o silos.**

Fuente	Variable	Suma Cuadrado	GL	Media Cuadrática	F	Pr>f
Tratamiento	Almidón	5.4	1	5.400	0.196	0.01361
Error		1598.1	58	27.554		

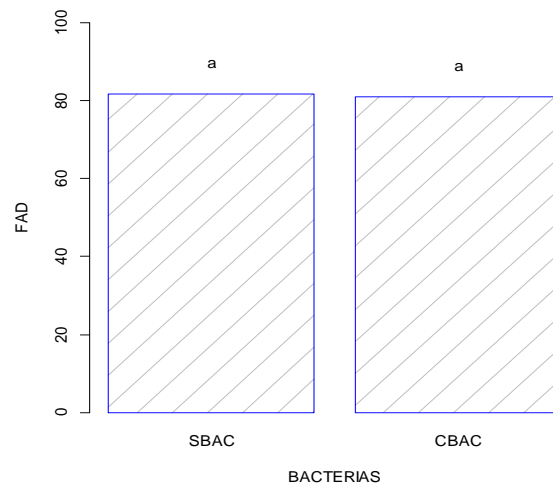
**Gráfica 6. Análisis múltiple de comparación de medias para almidón con y sin bacterias**



**Cuadro 21. Análisis de varianza de FAD por sitios o silos.**

Fuente	Variable	Suma Cuadrado	GL	Media Cuadrática	F	Pr>f
Tratamiento	FAD	9.6	1	9.600	0.3484	0.5573
Error		1598.1	58	27.554		

**Gráfica 7. Análisis múltiple de comparación de medias para FDA con y sin bacterias.**



## 7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis NIR´S arrojan un porcentaje de materia seca de 35.50 % sin bacterias y 35.90 % con bacterias ver (cuadro 15). Esto se debe a que durante el proceso de ensilado se pierde humedad, tomando en cuenta uno de los factores como es el tiempo de llenado; más sin embargo estudios similares por Keplin (2012) reporta que ensilados cosechados en etapas de grano duro se obtienen resultados de 35 a 38 % MS. Así mismo Oramas y Vivas (2007), mencionan que la MS juega un papel importante en los ensilados de maíz aumentando la concentración de nutrientes, facilitando los procesos de fermentación y disminuyendo la capacidad de acción de los Clostridios.

Romero y Aronna (2004) y Weiss (2008), hacen mención que la concentración de MS en los ensilados de maíz se correlaciona positivamente con la madurez de la planta (plantas más secas tienden a ser más duras). Estudios realizados por Chamberlain *et al.* (2013) explica que las variaciones del porcentaje de MS depende de las estaciones del año (siembra y cosecha) y el manejo agronómico del cultivo.

Para la proteína cruda el análisis NIR´S arrojaron resultados de 5.30 % y 5.60 % de PC en las muestras sin y con bacterias al realizar un análisis de varianza con la prueba tukey y un análisis múltiple de comparación de medias no mostrando diferencia significativa al 95% (ver cuadro 16) y (gráfica 2). Estudios realizados por Oramas y Vivas (2007) muestran resultados de PC con un rango de 6.41 % a 7.31 % estos siendo cosechados en estado masozo-pastoso. Mientras que Keplin (2012) obtuvo como resultados 8.9 % de PC cosechados en el mismo estado de madurez de la mazorca.



Estudios realizados por Eun *et al.* (2007), Ferreira y Mertens (2005) y Forouzmand *et al.* (2005) para ensilados de maíz sin inoculante, las concentraciones de PC son menores de (6,6%; 7,8%±1,4; y 7,55-9,04%, respectivamente). Resultados similares al comparar los valores de los tratamientos con aditivos fueron citados por (Cubero, 2010) en que se obtuvieron comportamientos en el contenido de PC de (8,4%; 7,60%; y 7,57-8,51%)

Para determinar si la MS tuvo efecto hacia la PC en nuestro estudio se realizó un análisis de varianza con la prueba tukey y un análisis múltiple de comparación de medias para PC sin y con bacterias, en los resultados se observó una diferencia significativa de un 95 % ver (cuadro 19) y (gráfica 5). Ronald y McClure (1968) en sus resultados muestran que la madurez tiene un efecto significativo sobre la digestibilidad aparente de la proteína cruda, ya que en etapa temprana tienen un 76% y en etapa madura un 56.5 % de digestibilidad. Estas variaciones de la PC podría deberse a la variedad de maíz sembrada (Neuman *et al.* 2007).

Para el parámetro almidón al realizar el análisis de comparación de media y prueba de tukey en el tratamiento con bacterias y el testigo sin bacterias no muestra una diferencia significativa (ver cuadro 20) y (gráfica 6). En cambio cuando se relaciona la materia seca con los resultados de almidón, con y sin bacterias se muestra una diferencia significativa al 95% en la comparación de medias y prueba de tukey (ver cuadro 17) y (ver gráfica 3).

El ensilado de maíz debe contener una alta densidad energética, para ello se necesita tener un porcentaje ideal de almidón de 39.2 % como menciona (Matilla, 2011).

Los análisis realizados al tratamiento y testigo arrojaron resultados de 14.20 % en la muestra sin bacterias y un 13.60 % con bacterias, esta baja de almidón puede deberse a la falta de mazorcas debido a los factores humanos y la maquinaria. Boschini y Amador (2001) muestra en un estudio que las mayores tasas de degradabilidad de la planta completa cosechadas de 135 a 149 días se incrementan debido a los carbohidratos fermentables por el alto contenido de almidón.

Como se menciona anteriormente el valor energético de un ensilado de maíz depende del porcentaje de MS y de la cantidad de mazorca contenida en la planta ya que la mayor parte de almidón lo compone la mazorca con un 55 %. Por lo tanto el momento adecuado para la cosecha es cuando el grano se encuentra en estado pastoso-duro en este estado la humedad es superior al 40 % a 50 %, presentándose una buena concentración en el ensilado aunque el rendimiento no sea al máximo ([www.lgseeds.es](http://www.lgseeds.es)).

Recordemos que los cultivos están expuestos a bruscas variaciones climáticas que tienen un importante efecto sobre el rendimiento en el grano y sobre la relación grano-planta. Si el porcentaje del grano es menor al 25-30%, como consecuencia de una sequía, suelos de baja fertilidad, malezas, etc. (Romero y Aronna, 2004).

Para la fibra detergente acida (FDA) en los resultados obtenidos fue de 39.00 a 38.20 % sin y con bacterias, esto también es afectada por la MS con un 95 % de diferencia significativa (ver cuadro 18) y mostrando que las bacterias no tiene ninguna diferencias significativa (ver gráfica 4). Según Schroeder (2013) menciona que cada día de retraso en la cosecha aumenta un 0.7% de FDA. Estudios realizados por Chamberlain y Wilkinson (2002); Oramas y Vivas (2007) con

ensilados de maíz de un rango de 30 a 35% de MS, reportaron datos similares de 34.4%, 34.57% a 36.74% de FDA. Para Amador y Boschini (2000) estudios realizados con porcentaje de 25 a 31% de MS obtuvo un 36% FDA.

Los porcentajes altos de FDA generan una reducción del aporte energético en la dieta de los animales, debido, a que esta fracción se relaciona con la digestibilidad del material. En cambio, al comparar el tratamiento sin y con el inóculo comercial, no se determinó diferencia significativa entre ellos (ver cuadro 21) y (gráfica 7) (Cubero, Rojas y WingChing, 2010).

Para Cañeque y Sancha (1998) El pH es otro parámetro a considerar ya que constituye el medio más simple y rápido de apreciación de la calidad de un ensilado de maíz teniendo una correlación con las fermentaciones y pérdidas en el ensilado. El resultado que se obtuvo en la investigación es de 38.82 a 38.84 sin y con bacterias.

Villa (2008) menciona que los ensilados de fuentes energéticas puede alcanzar un pH menor de 4. Para Oramas y Vivas (2007) menciona que el rango considerado normal está entre 3.61 y 4.47 para que el ensilado sea clasificado como buena calidad.

Estudios de Forouzmand *et al.* (2005) concluyen que ensilado de maíz cosechado a un rango de 35 % a 38% de MS presentan mejor resultados en la producción de leche. Mas sin embargo ensilados cosechados a 55 % de MS se observó que tienen mejor ganancia de peso para ganado destinado para la producción de carne Ronald y McClure (1968).

## 8. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se plantean las siguientes conclusiones:

- La asociación de la materia seca con los parámetros de Proteína Cruda, Almidón y Fibra detergente acida mostraron diferencia significativa de 95 %.
- Así mismo el efecto de las bacterias no mostro una diferencia significativa el utilizar estas o no en ensilados de maíz con materia seca superior al 35% al momento de ensilar maíz.
- Las variaciones de materia seca de los materiales a ensilar se deben a los días a cosechar, condiciones climáticas, manejo agronómico, proceso de ensilado y el tiempo de llenado del silo, afectando con ello de manera positiva o negativa el valor nutricional de un ensilado de maíz.

## 9. RECOMENDACIONES

- Para hacer un análisis más concluyente sobre los efectos de la materia seca al momento de ensilar, el uso de promotores de fermentación y ver su efecto en la calidad de ensilado de maíz, será necesario incrementar el número de muestras a las que se realice un análisis NIR´S.
- Así mismo incrementar el número de variables que afectan el valor nutricional del ensilado además de hacer un análisis organoléptico.
- Aquellos productores que estén interesados en incrementar la densidad energética del ensilado de maíz deberán ensilar en un rango de 33 a 38% de materia seca, para obtener un ensilado adecuado.
- Para productores que están en la disyuntiva de ensilar un maíz con rango de más de 39% de materia seca y menos del 55%, la experiencia adquirida demuestra que se puede ensilar dentro de este rango, pero debemos considerar el tamaño de partícula (equipo apropiado), apisonado y sellado, ya que cuidando lo anterior se logra obtener un ensilado en calidad superior a un rastrojo con mazorca.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, A. (2006). Aplicaciones del Maíz en la Tecnología Alimentaria y otras Industrias. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación de ILSI Argentina. Maíz y Nutrición. Volumen II: pp. 9.

Amador, R. A.L. y Boschini, F. C. (2000). Fenología Productiva y Nutricional de Maíz para la Producción de Forraje. Universidad de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. vol. 11, núm. 1, pp. 171-177.

Améndola, M.R.D. (2009). Especies Forrajeras Disponibles en México. Programa de Posgrado en Producción Animal, Programa de Investigación en Forrajes. Universidad Autónoma Chapingo.

Anzola, D.J.C. (2013). Experiencias en el Uso de Forrajes de Calidad en un Sistema Intensivo de Producción Lechera. XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Agropecuaria don Manuel, C.A., Duaca, edo.

Araujo, F.O. (2005). Factores que Afectan el Consumo Voluntario en Bovinos a Pastoreo en Condiciones Tropicales. IX Seminario de Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Venezuela.

Asamoah, P.S & Hunter, R.B. (1977). Relationships among plant moisture, plant yield components and quality of whole-plant maize (*Zea Mays* L.) silage. Universities Press Ghana. Department of Crop Science. Ontario, Canadá (10), 205-209.

Bernard, O. (1999). Importancia de la calidad del heno. Dirección de ganadería de Mendoza. Oeste ganadero. Argentina.

Berndt, R. S.A. (2002). Composición nutricional y calidad de ensilajes de la zona sur. (Tesis de Licenciatura en Agronomía). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Valdivia Chile.

Bertoia, L.M. (2004). Algunos conceptos sobre ensilaje. Laboratorio NIRS de Análisis de Cereales y Forrajes. Cátedras de Cerealicultura y Manejo de Pasturas. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Agrarias –

Bianco, A. M<sup>a</sup>. (2009). Confección y Calidad de las Reservas Forrajeras. Balance de la dieta en sistemas con alta inclusión de ensilado. Dpto. de Producción Animal y Pasturas.

Boletín técnico pioneer. Maíz para Silaje, volumen o calidad. [En línea]. [www.pioneer.com/argentina](http://www.pioneer.com/argentina).

Bonilla, C. J. A. (2000). Consumo Voluntario de Forraje por Vacas Lecheras en Pastoreo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro Campo Experimental “EL Verdineño”. Sauta, Santiago, Ixc.Nayarit.

Boschini, C. y Amador, A.L. (2001). Degradabilidad ruminal de la planta de Maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. Agronomía Mesoamericana, Universidad de Costa Rica. Vol. 12, núm. 1, pp. 89-94.

Bragachini, M; Cattani, P; Gallardo, M. y Peiretti, J. (2008). Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA - PRECOP II. Manual Técnico N° 6. INTA E.E.A. Manfredi, Córdoba (AR).

Bravo, Q. F. (2008). Manejo, conservación y utilización del ensilado de maíz forrajero. Secretaría de desarrollo agropecuario. Instituto de investigación y capacitación agropecuaria, acuícola y forestal del estado de México.

Caballero, G. M. A. (2010). La industria de la leche en México conductas y tendencias. (Postgrado de Socioeconomía, Estadística e Informática Economía).

Colegio de posgraduados institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas campus montecillo. Montecillo, Texcoco, estado de México.

Calsamiglia, S; Ferret, A. y Bach, A. (2004). Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, pp. 70

Cañeque, M.V. y Sancha, S.J.L. (1998). Ensilado de Forrajes y su Empleo en la Alimentación de Rumiante. Ed. Mundi-Prensa México. pp. 65.

Carulla, J.E; Cárdenas, E; Sánchez, y Riveros, N. (2006). Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Evaluación de Forrajes. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Maestría en Salud y Producción Animal.

Castle, M.E. y Watkins, P. (1988). Producción Lechera Moderna. Principos y aplicaciones para estudiantes y ganaderos. ACRIBIA, S.A. pp. 39.

Cattani, P. A. (2011). Henificación, conservación de forrajes. [En línea]. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).

Chamberlain, A.T. y Wilkinson, J.M. (2002). Alimentación de la Vaca Lechera. Ed. ACRIBIA, S.A. pp.17- 57.

Cherney, J.H. y Hall, M.H. (2008). Forage quality in perspective. Penn State College of Agricultural Sciences. Agricultural Administration Building, University.

Church, D.C. y Pond, W.G. (1996). Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Ed. Limusa grupo Noriega México, D.F. pp. 21,29 y 137.

Cisint, J.C. (1997). Tambo Alimentación del Rodeo Lechero. Producción Agroindustrial del NOA. NTA TRANCAS. Argentina.

Claridades Agropecuarias. (2010). Un Horizonte ASERCA del Mercado Agropecuario. SAGARPA.



Clemente, G. y Monge, J. L. (2011). Inoculación de Silaje y Respuesta Animal para la Producción de Leche. Universidad Nacional de Villa María. Córdoba, Argentina.

Cobos, P.M.A. (2013). Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. Sistemas de Agronegocios Pecuarios. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. SAGARPA.

Contreras, G. F. y Muck, R. (2006). Inoculantes Microbiales para Ensilaje. Investigador Asociado, UW-Madison, Agronomy. Agricultural Engineer, US. Dairy Forage Research Center. University of Wisconsin Board of Regents focus on forage - Vol 8: No. 4.

Cruañes, Ma. J. (2004). Alimentación de la Vaca Lechera. Cátedra Bovinos de Leche. Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias Argentina.

Cuadrado, C. H; Mejía, K. S; Contreras, Á. A; Romero, D. A. y García, P. J. (2003). Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe colombiana. Centro de investigación turipana cereté, Córdoba, Colombia.

Cubero, J.F; Rojas, A. y WingChing, R. (2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo Universidad de Costa Rica. Agronomía Costarricense. San José, Costa Rica. vol. 34, núm. 2, pp. 237-250

Cullison, A. E. (1983). Alimentos y Alimentación de Animales. 1ra ed. Ed. Diana. México D.F. pp. 427- 450.

Dávila, A.P y Sánchez, K.J. (2009). La importancia de las gramíneas como forraje en México. Instituto de Biología del Herbario. Universidad Nacional Autónoma de México.

De la Rosa, D.B. y Martínez, F.A. (1998). Maíz forrajero para ensilado. Pastos y Forrajes. Tecnología Agroalimentaria. CIATA.

Delgado, S.J. (2007). Valor nutricional y usos tradicionales de las especies Arbóreas del municipio de nocupétaro Michoacán. (Tesis de Licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Morelia, Michoacán. México.

Eun, J; Beauchemin, K. y Schulze, H. (2007). Use of exogenous fibrolytic enzymes to enhance in vitro fermentation of alfalfa hay and corn silage. *Journal Dairy Science*. 90(3):1440-1451.

FAO-FEPALE, (2012). Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Lechera. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de Producción y Sanidad Animal.

Faz, C. R; Núñez H. G; Martínez, R. J.G. y Palomo, R. M. (2007). Altura de Corte en Maíz Forrajero y su Efecto en la Producción y Calidad Nutricional. Campo Experimental La Laguna INIFAP. Matamoros Coah.

Ferreira, G. y Mertens, D. (2005). Chemical and physical characteristics of corn silages and their effects on in vitro disappearance. *Journal Dairy Science* 88(12):4414-4425.

Flores, O. M. A. y Figueroa, V. U. (2010). Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. Folleto Técnico No. 30. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, 41 p.

Forouzmand, M; Ghorbani, G. y Alikhanl, M. (2005). Influence of hybrid and maturity on the nutritional value of corn silage for lactating dairy cows. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (6):435-441.

Gagliostro, G.A. (2006). .Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de vacas lecheras. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación de ILSI Argentina, Volumen II: Maíz y Nutrición pp. 32.

Garcés, M. D. M; Berrio, R. L; Ruiz A. S; Serna, L. J. G. y Builes, A. A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Administración de Empresas Agropecuarias, Corporación Universitaria Lasallista. Semillero de Investigación sobre Materia Orgánica SISMO Antioquia, Colombia pp. 66-7.

García, F.R.A. y Ramos, S.R.A. (2011). "Alimentación de vacas lecheras con dietas basadas en ensilado. Elaborado con mezcla de Canavalia (canavalia ensiformis) y Sorgo (sorghum bicolor) y su efecto en la producción, eficiencia en el uso de nutrientes y rentabilidad". Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de zootecnia. Universidad de el salvador.

González, C. F; Peña R.A; Núñez H. G., y Jiménez, G. C.A. (2005). Efecto de la Densidad y Altura de Corte en el Rendimiento y Calidad del Forraje de Maíz. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México pp. 393-397.

González, C. F; Peña, R. A. y Núñez, H. G. (2006). Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México pp. 103-107.

González, S. J. R. (2010). Manual de prácticas pecuarias en unidades de producción de leche bovina. Unidad de posgrado e investigación de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la UNAM.

Iglesias, C.M.A. (2011). Manejo de ensilajes (maíz y triticale) para la alimentación animal. (Monografía de Licenciatura).UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO". Ingeniero Agrónomo zootecnista. DIVISION DE CIENCIA ANIMAL. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Joachim, H. y Jung, G. (2012). Forage Digestibility: The Intersection of Cell Wall Lignification and Plant Tissue Anatomy. Department of Agronomy and Plant Genetics, Department of Animal Sciences, University of Minnesota, St. Paul, MN, USA.

Keplin, L. (2012). Memorias; Nacional Business Manager producción de ensilaje México. Alltech Naturaly.

Lara, M. J. (2011). Aditivos para el Mejoramiento del Ensilado del Maíz Forrajero. (Servicio Profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.

León, S. V. D, y López, C. V. M. (2009). Comparación del ensilaje de caña de azúcar y el ensilaje de maíz mezclado con *Mucuna pruriens* como forraje para vaquillas de reemplazo. Zamorano, Honduras.

Lyons, R.K; Machen, R. y Forbes, T.D.A. (2001). Entendiendo el consume de forraje de los animales en pastizales. AgriLIFE EXTENSIÓN. Texas A& M System.

Mangado, U. J. Ma. (2006). Como Realizar Correctamente el Ensilaje de Maíz. ITG Ganadero. Navarra. España.

Matilla, M.J. (2011). Nuevos ensilados. Aspectos Básicos Nutricionales. Veterinario especialista en ovino de leche del Grupo Veterinario OCEVA. Universidad Politecnica de Madrid. España.

McCullough, M.E. (1991). El nutriente esencial para la producción de leche. Memoria de la 7ª Conferencia Internacional Sobre el Ganado Lechero. Holstein de México. México D.F. CIGAL. pp. 40.

Mier, Q. M. A. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Departamento de producción animal de la Universidad de Córdoba. Argentina.

Miller, W.J. (1989). Nutrición y Alimentación del Ganado Vacuno Lechero. Animal and science department. The University of Georgina Colle of Agriculture Athens, Georgina. ACRIBIA, S. A Zaragoza (España), pp. 247-248.

Moreno, E. y Sueiro, N. (2009). Conservación de forrajes. Curso de pasturas. [En línea].

<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/Seminarios%202009/Conservacion%20de%20Forrajes.pdf>

Muhammad, I. (2011). Calidad los Forrajes. Soluciones para el ambiente y desarrollo. CATIE.

Muro, R. A. (2007). Efectos de la fuente de fibra detergente neutra, fibra detergente ácido y proteína sobre la cinética de degradación ruminal in vitro. (Grado de Doctor in Philosophia). Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia. Secretaría de Investigación y Posgrado Chihuahua, Chih., México.

Neumann, M; Frenzel, P; Laerte, J; Restle, J. y Ost, P. (2007). Efeito do tamanho de particular e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o proceso fermentativo o período de utilizacao das silagens. Revista Brasileira de Zootecnia 36(5):1395-1405.

NRC, (2001). Nutrient requirement of dairy cattle. 7th rev. ed. National Research Council, Washington, DC.: National Academy Press.

Núñez, H.G. (2012). Nuevo enfoque para producir más y mejor forraje en explotaciones lecheras. Sil-All4x4 Conferencia Silaje.

Oramas, W.C. y Vivas, Q.N.J. (2007). Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*zea mays*) en monocultivo y en asociación con fríjol (*phaseolus vulgaris*), para ensilaje. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria.

Pérego, J.L. (2009). Leguminosas: Plantas de Gran Utilidad. Noticias y Comentarios N° 445. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.

Pérez, L. M. (2011). Libro blanco de la leche y los productos lácteos. Primera edición Vol.1.

Piñeiro, G. (2010). LactoSilo para lograr ensilados de alta calidad. Manual Práctico. Product Manager Producción Animal Becker Underwood. Buenos Aires.

Pírela, M. F. (2005). Valor Nutritivo de los Pastos Tropicales. Instituto Nacional de Investigación Agrícolas. Manual de Ganadería Doble Propósito.

Programa Nacional Pecuario (PNP), (2012). Sistema producto bovino leche. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.

R.Core Team, (2013). R.A language and environment for statistical computing.R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. [En línea]. <http://www.R-project.org/>.

Ramírez, R. H.A. (2009). Ensilado de Maíz para Ganado Lechero. Consejos Prácticos Ilustrados para Mejorar la Calidad del Ensilado (primera parte). Especialista en Zootecnia. Celaya, México.

Ramírez, E; Catini, P. y Ruiz, S. (1999). La importancia de la calidad del forraje y el Silaje de Maíz y Sorgo Granífero, Act. Téc. N° 2.

Romero, L. y Aronna, S. (2004). Siembra de maíz para Silaje. Proyecto Regional de Lechería. Campaña de Forrajes Conservados. INTA– EEA Rafaela.

Ronald, R. J. y McClure, K. E. (1968). Corn plant maturity IV. Effects on digestibility of corn silage in sheep. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooste. Journal animal science. 27(2):535-540

Roth, G.W. y Heindrichs, A. J. (2013). Universidad Del Estado de Pennsylvania. Versión en español Melchor Cadena ABT, México.

Ruiz, B.O; Castillo, Y; Anchondo, A; Rodríguez, C; Beltrán, R; La O. O. y Payán, J. (2009). Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. Archivos de Zootecnia. Universidad de Córdoba España. Vol. 58, núm.222, pp. 163-172.

Saldaña, H.C. (2012). Administrador del rancho Fresnedo S.P.R de R.L. de C.D. Comunicación personal.

Schroeder, J.W. (2013). Forage Nutrition for Ruminants. Quality Forage. Extension Dairy Specialist. AS-1250.

Schroeder, J.W. (2013). Interpreting Composition and Determining Market Value. Quality Forage. Extension Dairy Specialist. AS-1251.

Secretaría de Economía (SE), (2012). Análisis del Sector Lácteo en México. Dirección General de Industrias Básicas.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2012). SAGARPA.

Silveira, P. E.A. y Franco, F. R. (2006). Conservación de Forrajes: primera parte (Conservation of Forages first part). Centro de Bioactivos Químicos y Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Villa Clara. Cuba.

Sin Autor. Maíz Ensilado. Breeding your profit. [En línea]. [www.lgseeds.es](http://www.lgseeds.es). consulta 2013

Soluciones Prácticas (SP), (2002). Preparemos Nuestro Ensilado. Infolactea. ITDG. Lima Perú.

Taysom, D. (2008). Four-State Dairy Nutrition and Management Conference. Fiber and Starch Digestibility: Past, Present and Future Dairyland Laboratories, 217 E Main Street, Arcadia, WI.

Tjardes, K.E; Buskirk, D.D; Allen, M.S; Tempelman, R.J; Bourquin, L.D. y Rust, S.R. (2002). Neutral detergent fiber concentration in corn silage influences dry matter intake, diet digestibility, and performance of Angus and Holstein steers. Departments of Animal Science, Large Animal Clinical Sciences, and Food Science, and Human Nutrition, Michigan State University (80):833-840.

Torres, M. J. A. (2011). Por qué utilizar caña de azúcar en la alimentación de ganado. San José, Costa Rica.

Trujillo, A.I. y Uriarte, G. (2011). Valor nutritivo de las pasturas. [En línea]. <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/Tema%202.%20M>

aterial%20de%20lectura.%20Alimentos.%20Valor%20nutritivo%20de%20las%20p  
asturas.pdf

Urrutia, M. J. y Meraz, E. O.O. (2004). Elaboración de Ensilaje de Buena Calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agraria y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental. San Luis Potosí, S.L.P.

Uset, O. A. y Lazzaro, M.M. (2009). Reservas Forrajeras. Informe técnico No 63. EEA Montecarlo.

Villa, L. A.F. (2008). Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia. (Tesis de Maestría en Salud y Producción Animal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Línea Nutrición de Rumiantes. Bogotá Colombia

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.

Wattiaux, M. (2012). Novedades Lácteas: Introducción al Proceso de Ensilaje. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin-Madison. Feeding No. 502.

Wattiaux, M. A. y Armentano, L. E. (2011). Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Nutrición y Alimentación. Departamento de Ciencia de Ganado Lechero. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Universidad de Wisconsin-Madison.

Wattiaux, M. A. y Terry, H. W. (2011). Alimentos para vacas lecheras. Nutrición y Alimento. Departamento de Ciencia de Ganado Lechero. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Universidad de Wisconsin-Madison.

Wattiaux, M., Blazek, J., Olmos, C. J.J (2012). Bird's eye View of the Mexican Dairy Industry and On-the-ground Assessment of Production Systems in the Highlands (Los Altos) of Jalisco, Mexico. The Babcock Institute for International



Dairy Research and Development. University of Wisconsin-Madison, College of Agricultural and Life Sciences.

Zannier, S. (2012). Caracterización del valor nutritivo de los silajes de maíz de la llanura pampeana y la Mesopotamia argentinas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias

Zimch, J. (2012). Memorias; Manejo del Maíz para Silaje, de la semilla al silo. Alltech, Sil-All4x4. Querétaro, Querétaro.