



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD DURANGO**

**ADICIÓN DE RESIDUO DE LA INDUSTRIA CERVECERA
AL ENSILAJE DE MAÍZ COMO ALTERNATIVA DE
FORRAJE PARA GANADO**

Tesis

**Como requisito para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental**

Presenta

Oscar Gilberto Alaniz Villanueva

Victoria de Durango, Dgo. Septiembre de 2008.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo., siendo las 14:30 horas del día 23 del mes de Septiembre del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-DURANGO para examinar la tesis de titulada:

"ADICIÓN DE RESIDUO DE LA INDUSTRIA CERVECERA EN ENSILAJE DE MAIZ COMO ALTERNATIVA DE FORRAJE PARA GANADO"

Presentada por el alumno:

ALANIZ

Apellido paterno

VILLANUEVA

Apellido materno

OSCAR GILBERTO

Nombre(s)

Con registro:

B	0	6	0	8	6	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

M. EN C. JESÚS HERRERA CORRAL

M. EN C. NESTOR NARANJO JIMENEZ

DRA. NORMA ALMARAZ ABARCA

M. EN C. JOSE NATIVIDAD URIBE SOTO

M. EN C. JOSE A. AVILA REYES

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. JOSE B. PROAL NAJERA



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
 UNIDAD DURANGO



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACION DE DIRECTOR DE TESIS

México, D.F. a 13 de Diciembre del 2006.

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de _____ en su sesión No. _____ celebrada el día _____ del mes de _____ conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):
ALANIZ VILLANUEVA OSCAR GILBERTO
Apellido paterno materno nombre

Con registro:

B	0	6	0	8	6	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado
De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:
- Determinar las características del residuo de la cerveza
- Elevar el contenido proteico del ensilaje de maíz adicionado

2.- Se designa como Director de Tesis al C. Profesor:
Jesús Herrera Corral, Nestor Noranjo Juárez

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:
instalaciones del CIPIIP-IPN Unidad Durango y Laboratorio de la Unión Regional de Crédito Ejecutivo
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

El Director de Tesis

El Aspirante

OSCAR ALANIZ

El Presidente del Colegio





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Durango el día 23 del mes de Septiembre del año 2008, el (la) que suscribe ALANIZ VILLANUEVA OSCAR GILBERTO alumno (a) del Programa de MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL con número de registro B060869, adscrito a CIIDIR-IPN UNIDAD DURANGO, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de M. EN C. JESUS HERRERA CORRAL y cede los derechos del trabajo intitulado “ADICIÓN DE RESIDUO DE LA INDUSTRIA CERVECERA EN ENSILAJE DE MAÍZ COMO ALTERNATIVA DE FORRAJE PARA GANADO, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección locoradical_78@hotmail.com . Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

OSCAR GILBERTO ALANIZ VILLANUEVA

Nombre y firma

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, bajo la dirección del M. en C. Jesús Herrera Corral.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. Antecedentes	2
2.1 El ensilaje	2
2.2 Cultivos para ensilar	2
2.3 Preparación previa a la cosecha	3
2.4 Cosecha del forraje	3
2.5 Longitud de corte	4
2.6 Compactación	4
2.7 Protección del forraje	4
2.8 Tipos de silos	4
2.8.1 Silos verticales	5
2.8.2 Silos horizontales	5
2.8.3 Silos trinchera	6
2.8.4 Silos parva	6
2.8.5 Silos con paredes	6
2.9 Proceso del ensilado	7
2.9.1 Degradación de las proteínas	9
2.9.2 Disminución de la degradación de las proteínas	10
2.9.3 Polisacáridos	11
2.10 Microbiología del ensilado	11
2.10.1 Bacterias ácido lácticas (BAL)	11
2.10.2 Enterobacterias	12
2.10.3 Levaduras	12
2.10.4 Clostridios	13
2.10.5 Hongos	13
2.11 Factores que afectan el proceso de fermentación	13

2.12 Proceso de elaboración de la cerveza	15
2.12.1 Filtración	16
2.12.2 Cocimiento	16
2.12.3 Enfriamiento del mosto	16
2.12.4 Fermentación	16
2.12.5 Reposo	17
2.12.6 Segunda filtración	17
2.12.7 Embazado	17
2.13 Materia prima requerida para elaboración de la cerveza	17
2.13.1 Malta	17
2.13.2 Agua	17
2.13.3 Lúpulo	18
2.13.4 Adjuntos	18
2.13.5 Levadura	18
2.14 Características químicas y nutritivas del residuo de cerveza (malta)	18
2.15 Uso del residuo de la industria cervecera (malta)	19
III. JUSTIFICACIÓN	21
IV. OBJETIVO GENERAL	22
V. MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1 Elaboración de micro-silos	23
5.2 Variables de estudio	24
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
6.1 Materia seca	25
6.2 Potencial de hidrogeno	25
6.3 Proteína cruda	26
6.4 Proteína verdadera	27
6.5 Nitrógeno amoniacal	28
6.6 Fibra detergente acida	29
6.7 Lignina	30
6.8 Celulosa	30
6.9 Ceniza detergente acido	31
6.10 Soluble detergente acido	31
VII. CONCLUSIONES	33

VIII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS	34
IX. BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cultivos para ensilar.	3
Cuadro 2. Madurez optima de cosecha.	4
Cuadro 3. Características químicas y nutritivas de la malta.	19
Cuadro 4. Distribución de tratamientos.	23
Cuadro 5. Contenido de materia seca de ensilaje de maíz.	25
Cuadro 6. pH del ensilaje de maíz.	26
Cuadro 7. Proteína cruda de ensilaje de maíz.	27
Cuadro 8. Proteína verdadera de ensilaje de maíz.	27
Cuadro 9. % de Nitrógeno amoniacal de ensilaje de maíz en relación del Nitrógeno total.	29
Cuadro 10. ANAVA de Fibra detergente ácido de ensilaje de maíz.	30
Cuadro 11. ANAVA de Lignina de ensilaje de maíz.	30
Cuadro 12. ANAVA Celulosa de ensilaje de maíz.	31
Cuadro 13. ANAVA de Ceniza detergente ácido de ensilaje de maíz.	31
Cuadro 14. ANAVA de Soluble detergente ácido de ensilaje de maíz.	32

RESUMEN

La industria cervecera en México produce mas de 800 mil toneladas de malta, residuo que se emplea en la alimentación animal y debe ser consumido antes de 15 días de producido por de rápida descomposición. Después de este tiempo se transforma en un residuo peligroso para la salud. Con la finalidad de dar mayor tiempo de conservación se sometió este residuo al proceso de fermentación anaeróbica. Para ello se establecieron cinco tratamientos por duplicado (100% forraje de maíz, 100% malta, 10, 20 y 30 % de residuo adicionado al forraje de maíz) y se evaluaron durante 60 días de ensilado. Las variables medidas fueron la perdida de materia seca, potencial de hidrógeno, nitrógeno amoniacal, proteína cruda y verdadera, fibra detergente ácido, lignina, celulosa, cenizas, solubles detergente ácido. Los resultados demuestran que el proceso de ensilaje de la malta es un buen método de conservación al obtener el 8% de perdida de materia seca contra el 100% en forma natural, alcanzando pH de 3.2. La adición en un 30% de este residuo al forraje de maíz incrementa la proteína cruda y verdadera en 3.3 y 1.7 unidades porcentuales respectivamente. Se concluye que el proceso de ensilado es una buena alternativa para la conservación de la malta, y que la adición de este residuo a forrajes a ensilar es una buena opción para mejorar la fermentación y calidad del producto final.

ABSTRACT

The beer industry in Mexico produces more than 800 thousand tons of malt, waste that is used in animal feed and must be consumed before 15 days of being produced by rapid decomposition. After this time becomes a hazardous waste to health. With the aim of living greater shelf life was put to waste this anaerobic digestion process. It established five treatments in duplicate (100% forage maize, 100% malt, 10, 20 and 30 % of waste added to forage maize) and were evaluated for 60 days of silage. The variables were the loss of dry matter, potential of hydrogen, nitrogen, crude protein and true, acid detergent fiber, lignin, cellulose, ash, acid soluble detergent. The results show that the process of silage malt is a good method of preservation to get only 8% of dry matter loss against 100% naturally reached pH 3.2. The addition of 30 % this waste to forage maize increases in crude protein and real 3.3 and 1.7 percentage points respectively. We conclude that the process of silage is a good alternative for the conservation of malt, and that the addition of this residue for animal fodder to ensiled is a good choice for fermentation and improve quality of the final product.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de cerveza a nivel mundial se concentra en países como China con un 18.5%, Estados Unidos 17.7 %, Alemania 8 %, Brasil con un 5%, el Reino Unido, Japón y México con una participación promedio de 4%. México ocupa el primer lugar en exportación de cerveza a nivel mundial a países como Estados Unidos, Canadá, Bélgica y España, por mencionar algunos. Estas exportaciones son del Grupo Modelo con 28.8 millones de hectolitros, que para lograr esa producción, el Grupo Modelo requiere sembrar más de 370 mil hectáreas de cebada, a lo que corresponde una producción aproximada de 770 mil toneladas, que a su vez genera aproximadamente la misma cantidad de residuo. Este residuo es utilizado, principalmente como alimento para ganado, el cual debe suministrarse en un periodo no mayor de 15 días; de no hacerse así, el residuo representa una fuente de contaminación por la producción de aflatoxinas y de insectos que pueden ser vectores de enfermedades para los animales y humanos, además de perder el valor nutritivo del residuo. Por este motivo el objetivo del presente trabajo fue evaluar el proceso de ensilado como método de conservación que permita eliminar los efectos adversos del residuo de cervecería e incrementar el valor nutritivo de otros forrajes.

II. ANTECEDENTES

2.1 El ensilaje

Uno de los primeros hombres de ciencia que preconizó la práctica del ensilaje, fue M. Reihlen, de Stuttgart, Alemania. Sus trabajos inspiraron probablemente al francés Auguste Gffart, 1877. Las noticias sobre este tema, llegaron a América a mediados del siglo XIX y el primer silo de América se construyó en Maryland en 1876. Al finalizar el siglo, el ensilaje del maíz era práctica común en los Estados Unidos (Hughes *et al*, 1984).

¿Que es el ensilaje?

Bajo condiciones anaerobias (falta de aire) la fermentación del ensilado es dominada por la actividad microbiana, la fermentación es controlada principalmente por: a) tipo de micro organismos que dominan la fermentación, b) sustrato disponible (carbohidratos solubles en agua) para crecimiento microbiano y c) contenido de humedad de la cosecha. Las bacterias productoras del ácido láctico utilizan carbohidratos solubles en agua para producir ácido láctico, el principal ácido responsable de la disminución del pH en el ensilado. La falta de aire evita el crecimiento de los mohos y levaduras y el pH bajo evita el crecimiento de la mayoría de las bacterias después de que ha terminado la fermentación, el ensilado puede conservarse por periodos prolongados si prevalecen estas condiciones (Kung, 2004).

2.2 Cultivos para ensilar

Una gran variedad de plantas pueden ser ensiladas fácilmente. Muchas de ellas se cultivan con la finalidad de hacer ensilajes (Cuadro 1), pero otras se utilizan en forma diferente según las circunstancias (Robles, 1983).

Cuadro 1. Cultivos para ensilar (Robles, 1983).

Gramíneas	Leguminosas	Diversos
Timothy	Alfalfa	Girasol
Pasto bromo liso	Trébol Dulce	Coles
Ryegrass	Trébol Rojo	Papas
Pasto Johson	Trébol Latino	Remolacha
Sorgo	Soya	Residuos de leguminosa
Mijos	Chíncharo de grano	frutos, cereales
Pasto pata de gallo	Veza	de cervecería y
Pasto Sudán	Kudzú	destilería
Maíz	Lespedeza	
Avena	Chícharo de vaca	
Cebada		
Trigo		
Centeno		

2.3 Preparación previa a la cosecha

La condición del equipo que va a ser usado durante la cosecha y llenado del silo debe ser optimizada. Las cuchillas deben ser afiladas en la picadora, los silos y los remolques transportadores de forraje limpiados antes de ser llenados y el ensilado mohoso o echado a perder retirarlo para que no contamine el forraje fresco (Kung, 2004).

2.4 Cosecha del forraje

Es un factor fundamental al momento de ensilar un forraje (Cuadro 2). En el ensilado de maíz debe ser de 65 a 70% de humedad al momento del corte, sin embargo dadas las condiciones existentes en México al tratar de llegar a este porcentaje de humedad, la madurez del forraje no es la adecuada, es por ello que a nivel practico debemos de buscar acercarnos lo mas posible a éste porcentaje monitoreando la madurez del forraje. El maíz debe de presentar una madurez de masoso suave que es la etapa en que el forraje presenta las mejores cualidades nutritivas y de digestibilidad (Alltech®, 2003).

Cuadro 2. Madurez óptima de cosecha (Alltech®, 2003).

Forraje	Humedad (%)	Madurez
Maíz	65-70	1/3-1/2 línea de leche
Alfalfa	55-60	Botón ó máximo 10% de floración
Pastos	55-610	Embuche
Sorgo	65-70	Masoso
Avena	60-65	Embuche
Trigo	60-65	Embuche
Trébol	55-65	¼-1/2 floración

2.5 Longitud de corte

El picado debe ser fino para minimizar el espacio de aire entre las partículas de forraje para que las bacterias de ácido lácticas entren en contacto directo con los azúcares, el largo del picado deberá ser de ¼ a ¾ de pulgada dependiendo el cultivo (Nicklas, 1997).

2.6 Compactación

Un índice de compactado de 400 a 500 kg/hora por tonelada se recomienda para lograr una mejor estabilidad aeróbica. El compactado deberá ser inmediatamente cuando se empieza almacenar. Utilizando un tractor de ruedas el cual provee mayor peso por unidad de superficie que cualquier otro vehículo (Nicklas, 1997).

2.7 Protección del forraje

Un sellado inadecuado predispone al ensilado a altas pérdidas por respiración de la planta, grandes pérdidas de material en la superficie y deterioro aeróbico. Se estima que en un silo no cubierto contra uno cubierto se tienen pérdidas de hasta 90% en las primeras 10 pulgadas de profundidad contra 20% de merma en los silos cubiertos, 40% de pérdida en 20 pulgadas de profundidad contra 10 % de merma en los silos cubiertos y 20% de pérdida a 30 pulgadas de profundidad contra 15% de merma en los silos cubiertos (Alltech®, 2003).

2.8 Tipos de silos

Herrera *et al* 2007, menciona que, hay varias técnicas por las que se pueden lograr condiciones anaeróbicas, pero todas ellas involucran depositar el cultivo en

un silo hermético. Existe una gran diversidad de silos: permanentes o temporales, verticales u horizontales. Se puede hacer uso de una gran variedad de recipientes, incluyendo tambores de metal o plástico; tubos de concreto de 2 m diámetro y 2 m de altura; o bolsas plásticas para empaque comercial de un espesor de 2 mm, como las usadas para envasar fertilizantes.

En las grandes fincas existen silos con capacidades de 100 m³ o más, altamente mecanizados que son llenados y vaciados mecánicamente. Esto aumenta la eficiencia del empleo del tiempo y reduce el costo de la mano de obra. Sin embargo, en fincas pequeñas con pocos animales, los recipientes con capacidades de hasta 200 litros que se llenan manualmente son silos muy eficaces. El ensilado debe ser siempre empacado en forma compacta y mantenido bajo condiciones anaeróbicas. Al usar bolsas se debe sellar la boca, atándola para mayor seguridad; apilar las bolsas en forma piramidal sobre una plataforma y protegerlas con una cubierta.

Se recomienda que para sitios de silos permanentes su base sea dura e impenetrable.

2.8.1 Silos verticales

Los silos verticales pueden hacerse de concreto, zinc, madera, metal o plástico. Deben tener forma cilíndrica para facilitar la compactación. Los silos verticales son ideales para asegurar una buena compactación, debido a la gran presión que se va acumulando en su interior a medida que se va agregando forraje y aumenta la altura del ensilado. Esto protege al ensilaje de quedar expuesto al aire durante el proceso de ensilado y la explotación del silo. Debe asegurarse que el forraje a ensilar en esta forma tenga por lo menos 30 % de materia seca (MS), para evitar que ocurra un escurrimiento de efluente y al mismo tiempo para aprovechar al máximo la capacidad del silo vertical (Herrera *op. cit.*).

2.8.2 Silos horizontales

Este es el tipo de silo más usado en la práctica y pueden tener forma de trinchera sobre o bajo tierra. Los silos trinchera (cajón) sobre la tierra tienen paredes

laterales de concreto o de madera. El silo horizontal está muy difundido porque en sus diversas formas se puede adaptar una modalidad que coincida con las condiciones específicas de la finca. Sin embargo, comparado con el silo vertical, es más difícil asegurar un sellado hermético (Herrera *op. cit.*).

2.8.3 Silos trinchera

Estos silos, en su variedad de zanja, son una excavación en el suelo con un plano inclinado en la entrada del silo para facilitar el acceso durante el ensilado y su explotación. Cuando su tamaño es pequeño, con una capacidad menor a 2 m³, su forma puede ser un paralelepípedo, usualmente con base rectangular. Las desventajas importantes del silo zanja son la necesidad de recubrir sus paredes para evitar el contacto con la tierra y tomar precauciones para asegurar que no penetre agua dentro del silo (Herrera *op. cit.*).

2.8.4 Silos parva

Son silos que no requieren una construcción permanente. Pero, también es el tipo de silo con mayor riesgo para que ocurran daños en el material de cobertura que protege al ensilaje y que es indispensable para mantener el ambiente anaeróbico (Herrera *op. cit.*).

2.8.5 Silos con paredes

Los modelos más comunes tienen dos, tres o cuatro paredes. En el caso de silos con cuatro paredes una de ellas debe ser móvil. En su versión ideal, el silo se cubre con una cubierta de polietileno y se protege con un techo. El método más práctico y económico es construir dos paredes paralelas, apoyadas en un extremo en ángulo recto sobre una pared ya existente. En general, los silos con paredes son menos exigentes respecto al contenido en MS del forraje, puesto que se pueden incorporar sistemas de drenaje para el efluente, junto con un plano inclinado en el fondo del silo. Una técnica alternativa, la cual ha ido ganando popularidad en los últimos años es la preservación de silos en grandes bolsas, las cuales son selladas y almacenadas por el periodo de fermentación. Esta técnica tiene la ventaja de disminuir la pérdida en la superficie y disminuye la producción

de efluentes, pero el sellado es imperfecto y la pérdida por la presencia de aire puede ser mayor al ocurrir rupturas de la bolsa durante el manejo (Herrera *op.cit.*).

2.9 Proceso del ensilado

Herrera (*op. cit.*), menciona que una vez terminados los trabajos iniciales de ensilado, la fermentación del forraje se manifiesta en dos fases: a) fase aeróbica y b) fase anaeróbica.

a) Fermentación aeróbica

Las plantas obtienen energía por las reacciones luminosas de la fotosíntesis y por la degradación o respiración de productos de la fijación fotosintética de dióxido de carbono. La reacción por respiración se representa generalmente como la oxidación completa de una molécula de glucosa.

El ensilado experimenta complejos procesos bioquímicos y microbiológicos desde que se cosecha hasta que se da como alimento al ganado. Un simple punto de vista de la fermentación, es que inicia con la respiración aeróbica inmediatamente después de que la planta es cosechada. Durante esta fase, los carbohidratos hidrosolubles (CHS, azúcares primarios de las plantas) son convertidos a CO₂, calor y agua por la célula vegetal y microorganismos aeróbicos específicos. Este proceso continuará hasta que se disminuya el oxígeno o los carbohidratos hidrosolubles vegetales se terminen. La fase aeróbica es ineficiente para una perspectiva de la conservación. Sin embargo, ésta ofrece beneficios como: 1) incremento de condiciones anaeróbicas y 2) la producción de ciertos antimicrobianos, compuestos benéficos que pueden servir para aumentar la estabilidad aeróbica del ensilaje durante la alimentación. La desventaja de una extensa fase aeróbica son: 1) excesiva pérdida de materia seca que podría estar disponible para las bacterias productoras de ácido láctico o para el ganado al consumir el ensilaje y 2) producción de calor excesivo contribuyendo al incremento potencial de daños por calor de las proteínas del forraje.

b) Fase anaeróbica

Después de que el oxígeno en el ensilaje ha sido desplazado, inicia la fermentación, caracterizada por el crecimiento de anaeróbicos, enterobacterias (bacterias productoras de ácido acético) y muchas otras cepas de bacterias ácido lácticas heterofermentativas. Estos organismos son generalmente los primeros pobladores que se establecen inicialmente debido al calor y la tolerancia al acetato. Ellos producen ácido acético, etanol, ácido láctico y CO₂ (la causa de pérdida de materia seca) por la fermentación de hexosas (glucosa y fructosa) y pentosas (xilosa y ribosa). Como el pH del ensilaje tiende a bajar más allá de 5, las bacterias heterofermentativas disminuyen en número. Esto es señal del final de la fase aeróbica la cual en lo general se da a las 24 o 72 horas.

Como el pH continúa declinando, este es un cambio hacia la población en aumento de bacterias ácido lácticas homofermentativas, las cuales causan una mayor rapidez y reducción eficiente del pH del ensilaje. El decline del pH se inicia cuando esta población llega a ser aproximadamente de 100 millones de bacterias ácido lácticas (BAL) por gramo de forraje. Muchos de los nutrientes (carbohidratos hidrosolubles, péptidos y aminoácidos) son conservados en el ensilaje cuando la fermentación se termina rápidamente. La cantidad de ácidos grasos volátiles tales como los ácidos propiónico, butírico, acético, láctico y varios asoácidos depende de las prácticas de manejo (principalmente de madurez y humedad) y de las poblaciones epifíticas. El ácido láctico es el más fuerte, más efectivo en el ensilaje para reducir rápidamente el pH.

La fase anaeróbica es la fase principal en el proceso de ensilado el cual lleva al pH del forraje lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento potencial de todo organismo. La fermentación natural, acompañada solo por organismos epifíticos y sin la asistencia de cualquier tipo de aditivos tomará aproximadamente de, 10 días a 3 semanas para llegar a su etapa final. Este tiempo depende del tipo de cultivo, capacidad reguladora de pH (CR), humedad y madurez del material a ensilar.

La tasa y la extensión del pH en el forraje ensilado dependen considerablemente de la humedad y tipo de forraje a ensilar. Las leguminosas con un bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles (4-6%) y alta capacidad amortiguadora (480 miliequivalentes de NaOH/Kg de materia seca) generalmente alcanzará un pH de 4.5 aproximadamente.

El ensilaje de maíz con alto contenido de carbohidratos hidrosolubles (6-8%) y baja capacidad amortiguadora (200 miliequivalentes de NaOH/Kg de materia seca) termina con un pH cercano a 4. Ensilajes con menor madurez y mayor humedad, tienen una alta capacidad reguladora de pH, la fermentación se prolonga y requiere grandes niveles de carbohidratos hidrosolubles y un pH más bajo para la estabilidad. Cuando se obtiene el pH final, el forraje se encuentra en un “estado de preservación”. El pH del ensilaje puede ser medido al mezclar el forraje ensilado con agua destilada para obtener un extracto al cual se le determina el pH mediante un potenciómetro o tiras indicadoras. Sin embargo, es importante reconocer que el pH del forraje no es el único indicador de la calidad de fermentación.

Cuando el pH sea de de 3.5 a 4, el ensilaje se mantendrá relativamente “estable” durante un periodo de almacenamiento. El ensilaje es un estado dinámico que depende de: 1) condiciones anaeróbicas (ej. La cantidad de aire que penetra), 2) mantener los niveles de sustratos fermentables, 3) número y tipos de organismos (aerobios, levaduras o mohos) presentes en el cultivo a ensilar, 4) nivel y tipos de ácidos de la fermentación presentes en el ensilaje y 5) el manejo del ensilaje durante la descarga del silo, lo que hará variar el pH y con ello su periodo de conservación y calidad

2.9.1 Degradación de las proteínas

Las enzimas vegetales proteolíticas pueden disminuir el valor alimenticio de los cultivos forrajeros por la degradación (hidrólisis) de las proteínas y efectivamente incrementan el pool del nitrógeno no proteico (NNP), de amonio, nitratos, nitritos, aminoácidos libres, amidas y péptidos. La reducción a amonio y aminas es causada principalmente por la actividad microbiana. Más del 50% de la proteína

vegetal total puede ser degradada por esta vía. En ensilajes húmedos (con una humedad mayor del setenta por ciento), los clostridios pueden también contribuir significativamente a la degradación de proteínas y se obtendría como resultado fuertes pérdidas de energía y ATP, que podrían haber estado disponible para las bacterias ruminales Herrera (*op. cit.*).

Un ensilaje de buena calidad tiene un nivel bajo en nitrógeno amoniacal y niveles altos de aminoácidos y péptidos. Muchas investigaciones han mostrado que ciertos inoculantes de ensilajes tienden a reducir la degradación proteica a amoníaco y conservan el pool de péptido y aminoácidos. Incrementa el pool de péptidos puede ayudar a estimular el crecimiento de bacterias degradadoras de almidón en el rúmen.

Ensilajes de alta humedad (los cuales fermentan lentamente) desarrollan niveles crecientes de amoníaco, aminas y ácido butírico, y los ensilajes de alta materia seca en los cuales la actividad de fermentación es reducida y potencia el crecimiento de hongos y calentamiento, produciendo un alto nivel de insolubles detergente ácido. (Herrera *op. cit.*).

2.9.2 Disminución de la degradación de proteínas

Cualquier proceso que acorte la fermentación, desnaturalice las enzimas proteolíticas o reduzca la actividad de las bacterias proteolíticas, disminuye la degradación de la proteína del ensilaje. Los ensilajes premarchitados (avena ó alfalfa) experimentan una corta fermentación y no requieren muchos carbohidratos hidrosolubles o un pH tan bajo para la conservación cuando se compara con un ensilaje de alta humedad. El beneficio del presecado (o corte tardío en el caso del maíz) se da durante la reducción de la fermentación disminuyendo la degradación de proteína y menor producción de ácidos, lo que ocasiona mayor cantidad de ensilaje Herrera (*op. cit.*).

La disminución de la proteólisis ocurre con la rápida disminución del pH debido a la rápida acidificación, la cual desnaturaliza las proteasas y reduce así su actividad; por ello al agregar ácidos orgánicos al ensilaje se baja el pH e inactiva

las enzimas proteolíticas. Cuando el ensilaje es amonizado, el pH se eleva aproximadamente a 9.0. El efecto del pH elevado sobre la actividad enzimática junto con el efecto tóxico sobre las poblaciones de levaduras, mohos y bacterias puede causar en ese momento una reducción en la degradación de las proteínas a productos finales dañinos tales como aminas Herrera (*op. cit.*).

2.9.3 Polisacáridos

Los polisacáridos son condensaciones de polímeros basados en monosacáridos unidos a través de enlaces glucosídicos. La celulosa es el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza y el principal compuesto estructural de la pared celular vegetal. Cuando el pasto es ensilado, se pierde el 5% de la fracción celular, principalmente la que no está unida a la lignina.

Durante el ensilaje de cultivos de bajo contenido de materia seca (MS) la cantidad de ácidos producidos se debe al excedente de carbohidratos hidrosolubles (CHS). Las proteínas, aminoácidos y ácidos orgánicos contribuyen a la producción de ácidos en la fermentación, pero la hemicelulosa es la fuente principal de sustrato adicional y se han demostrado que muchos de los azúcares adicionales producidos en el ensilado de bajo contenido de MS es glucosa con algo de arabinosa y xilosa. Anteriormente se pensaba que la glucosa provenía de la celulosa, pero ahora se sabe que proviene de los glucanos de la pared celular. En ensilados de alto contenido de MS se inhibe la actividad de las enzimas degradadoras de polisacáridos (Herrera *op. cit.*).

2.10 Microbiología del ensilaje

2.10.1 Bacterias ácido lácticas (BAL)

Herrera (*op. cit.*), menciona que, la mayoría de las bacterias presentes en el cultivo requieren oxígeno para sobrevivir y mueren rápidamente en las etapas iniciales del proceso de ensilaje. De la microflora que sobrevive, las BAL, enterobacterias, levaduras y clostridios son los más importantes. En el pasado se creía que el número de bacterias ácido lácticas estaban en el cultivo. Investigaciones recientes han establecido que éstas están presentes pero en estado de latencia, y que el proceso de cosecha, en el cual se corta el cultivo y se

libera el contenido celular, favorece a las BAL, las cuales pueden ser contabilizadas por métodos convencionales. En general, el número de bacterias ácido lácticas epifíticas en pastos se incrementa durante los meses de verano y pueden llegar a alcanzar 10^7 unidades formadoras de colonias (UFC/g de pasto). Están incluidas las BAL homofermentativas las cuales convierten la glucosa y la fructosa en ácido láctico y las heterofermentativas quienes convierten los azúcares en otros productos, los cuales no todos intervienen para bajar el pH. Cuando no hay más disponibilidad de carbohidratos en el ensilado, las BAL pueden usar el ácido láctico como sustrato, produciendo ácido acético. Estos alcanzan niveles críticos de 30 g de carbohidratos hidrosolubles por litro de jugo de pasto escurrido del ensilado que generalmente son conservados, prediciendo que no se alcanza el pH óptimo del ensilado, debido al contenido de azúcar.

2.10.2 Enterobacterias

Las enterobacterias compiten con las BAL por los carbohidratos solubles en la fase inicial del ensilaje y algunas pueden producir amonio. La actividad metabólica de las enterobacterias es principalmente inhibida durante el proceso de conservación por la anaerobiosis o la acidificación. Las sustancias tóxicas contenidas en muchas bacterias Gram negativas son estables y podrían mantenerse por grandes períodos. La concentración final de estas endotoxinas podría estar estrictamente relacionada a la máxima población alcanzada por las enterobacterias. Esto hace posible, aunque no esté comprobado, que las endotoxinas pueden tener un efecto dañino sobre la palatabilidad y por consecuencia en el valor nutritivo del ensilado (Herrera *op. cit.*).

2.10.3 Levaduras

Todas las levaduras crecen en presencia de oxígeno, y su papel importante se manifiesta sobre el deterioro aeróbico del ensilado bien establecido. Las levaduras en el ensilado son un grupo de microorganismo que puede competir con éxito por los carbohidratos. Estos microorganismos son sustituidos por un subgrupo capaz de utilizar ácidos orgánicos. El ensilado con alto contenido de levaduras (10^5 UFC/g) es inestable a la presencia de aire (Herrera *op. cit.*).

2.10.4 Clostridios

Los clostridios sacarolíticos y proteolíticos están presentes en el ensilado como contaminantes derivados de partículas de suelo. Los clostridios son particularmente sensibles a la disponibilidad de agua y en cultivos muy húmedos y aunque se obtenga un pH 4 no se puede inhibir su crecimiento. Los clostridios juegan un papel importante en el fracaso anaeróbico del ensilado y las esporas de clostridios causan problemas en la producción de quesos (Herrera *op. cit.*).

2.10.5 Hongos

La mayoría de los hongos dependen del oxígeno para su crecimiento y propagación, pero unos cuantos minutos en presencia de oxígeno son suficiente para mantener el metabolismo de ciertos miembros del grupo (Pahlow, 1991). Las micotoxinas no solo están presentes en el ensilado podrido, sino también en áreas aledañas a las zonas de crecimiento (Herrera *op. cit.*).

2.11 Factores que afectan el proceso de fermentación

El ensilaje se ve afectado por diversos factores Herrera (*op. cit.*), tales como:

- a) El contenido de carbohidratos hidrosolubles.
- b) La capacidad reguladora de pH del forraje.
- c) El contenido de humedad del forraje.

a) Contenido de carbohidratos hidrosolubles

Los microorganismos usan los carbohidratos hidrosolubles como la principal fuente de energía para su crecimiento. Los principales azúcares en la planta son la fructosa, glucosa, sacarosa y fructosanos. Es muy limitada la fermentación de otros carbohidratos de la planta tales como almidón, celulosa y hemicelulosa.

El bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles del forraje pueden limitar las condiciones de la fermentación. Bajo esta condición el pH no baja como para llegar al estado de conservación. Normalmente se requieren un mínimo de 6 a 12% de carbohidratos hidrosolubles para una apropiada fermentación en el ensilaje. El contenido de carbohidratos en las plantas depende del tipo de forraje, de las condiciones de cultivo, así como de las ambientales. Las leguminosas en

particular contienen poca cantidad de carbohidratos hidrosolubles y esta es la razón por la que se dificulta el ensilado. El forraje de maíz contienen suficientes carbohidratos hidrosolubles para asegurar un proceso completo de ensilado y el forraje de cebada contiene cantidades adecuadas para la preservación cuando el ensilado se realiza en estado maduro.

b) Capacidad Reguladora de pH

La capacidad reguladora del forraje tiene una influencia sobre la facilidad con el que el forraje puede ser ensilado. La capacidad reguladora del forraje puede ser definida como el grado con el cual el forraje resiste los cambios de pH. Los forrajes con una alta capacidad reguladora o amortiguadora serían altamente resistentes a la reducción de pH, el cual es necesario para una buena conservación, por lo tanto se debe producir más ácido para reducir el pH a niveles deseados. Esto es indeseable en el ensilaje debido a que mayor cantidad de carbohidratos hidrosolubles pueden ser usados para producir ácido adicional. Cuando la capacidad reguladora es alta, se estima que se requiere dos veces más de CHS para tener una buena fermentación, comparada con los forrajes con baja capacidad reguladora.

Los ácidos orgánicos (málico, succínico, malónico y glicérico) en los forrajes son principalmente los responsables de la capacidad reguladora. En el proceso de ensilado estos ácidos orgánicos son degradados por las bacterias y son reemplazados (reemplazados) por ácidos con fuerte capacidad reguladora. Este reemplazamiento de ácidos causa que la capacidad reguladora de los forrajes se disminuya de dos a cuatro veces. La proteína vegetal incrementa la capacidad reguladora del ensilaje.

Las leguminosas generalmente tienen mayor capacidad reguladora por lo que se requiere mayor cantidad de ácido para cambiar el pH de la fermentación del material. Como regla general alrededor del 10 al 12% de los carbohidratos hidrosolubles de la materia seca de las leguminosas serían suficientes para el ensilado, mientras que los pastos se requieren un mínimo de 6 a 8 %. La pulpa

de betabel, la cual tiene una baja capacidad buffer, solo requiere alrededor del 4 al 6 % de los CHS para una buena conservación.

c) Contenido de humedad

En general, el bajo contenido de humedad en los cultivos, aumentaría el pH con lo cual se aumentaría la estabilidad aeróbica. Los ácidos orgánicos se pierden en el proceso de presecado y esto reduce la capacidad amortiguadora de las plantas las cuales mejoran el proceso de ensilado. Este factor es una de las razones por el que el presecado en campo es benéfico en cultivos que tienen bajo contenido de CHS y alta capacidad amortiguadora.

Otro aspecto que hace benéfico al presecado para el ensilado es que las bacterias ácido lácticas son más tolerantes a bajas concentraciones de humedad que los indeseables *Clostridium*. Forraje con más del 70% de humedad es indeseable dado que el crecimiento de los *Clostridium* no se inhibe aun cuando el pH baje a 4. También con los forrajes muy húmedos disminuyen el valor nutrimental y consumo voluntario del ensilaje.

2.12 Proceso de elaboración de la cerveza

Las materias primas así como los procesos de elaboración de la cerveza que a continuación se describen, son utilizados por el grupo Modelo publicados en su página de Internet en el 2006. En la fabricación de cerveza se emplea principalmente la cebada y en algunos casos el maíz, avena, arroz ó trigo. La cerveza española, la alemana y la mexicana se fabrican exclusivamente de cebada y en la inglesa predomina el maíz.

La cerveza se prepara de los granos germinados, principalmente cebada, por un proceso de fermentación. En la elaboración se llevan a cabo los siguientes pasos: filtración, cocimiento enfriamiento de mosto, fermentación, reposo, segunda filtración y embazado. En el proceso se llevan a cabo muchas reacciones químicas que generan el producto final principal: alcohol etílico y otros componentes menores como alcoholes, ácidos y esteres.

2.12.1 Filtración

En la etapa de filtración la cebada se muele y se coloca en un recipiente con agua cerrado que se conoce como tina de maceración. Se agita a 37 grados centígrados para romper las proteínas de la malta de manera que se disuelvan. La mezcla resultante de agua y malta se conoce como mosto. Se emplean 250 kg de malta para producir 1900 L de cerveza.

2.12.2 Cocimiento

El mosto se hierve y se adiciona lúpulo para obtener el característico sabor y aroma. La ebullición del mosto en la olla de cocción se logra mediante un sistema de calentamiento a base de vapor. Esta etapa del proceso influye definitivamente en la estabilidad del sabor de la cerveza.

2.12.3 Enfriamiento de mosto

Este proceso se lleva a cabo con un enfriador provisto de unas placas de acero inoxidable con canales, que hacen posible la transferencia de calor entre el refrigerante y el mosto. El mosto clarificado debe enfriarse para inyectarle la levadura que será la responsable de transformar el mosto en cerveza.

2.12.4 Fermentación

En esta etapa muchos componentes del mosto son asimilados por la levadura que, al consumir los azúcares, origina etanol y bióxido de carbono. Todas estas reacciones influyen en el sabor y características de las cervezas. El mosto con sabor a lúpulo se cuela y se enfría hasta llegar a temperaturas por 0 grados centígrados y se coloca en un tanque de fermentación con el cultivo de levadura que convierte los azúcares en alcohol y dióxido de carbono. El dióxido de carbono puede recogerse y usarse para carbonatar el producto terminado.

La fermentación se lleva a cabo durante aproximadamente una semana, después de la cual se elimina la mayor parte de la levadura y la cerveza se bombea a los tanques de añejamiento. Durante los procesos de fermentación, reposo y filtración, la cerveza se mantiene a bajas temperaturas.

2.12.5 Reposo

Después de la fermentación la cerveza es transferida a los tanques de reposo, donde es sometida a una segunda fermentación por varias semanas para completar su sabor y maduración de la manera más natural. El reposo prolongado provoca en la cerveza una saturación con bióxido de carbono producido por el método llamado *Kraeusen*, el cual resalta su fineza adquiriendo características de sabor, aroma, brillantez y suavidad.

2.12.6 Segunda filtración

Después de la maduración, se lleva a cabo la clarificación de la cerveza para separar cualquier levadura y partículas precipitadas formadas durante el reposo a bajas temperaturas.

2.12.7 Embazado

Desempacado de botella.

Lavado de botella.

Llenado y coronado.

Pasteurización.

Etiquetado (si es necesario).

Empacado.

Almacenado y embarque.

2.13 Materia prima requerida para la elaboración de la cerveza

2.13.1 Malta

Se obtiene de la cebada mediante un proceso controlado de germinación denominado malteo. Éste se seca y en ocasiones se tuesta, lo que determina posteriormente el color de la cerveza. Ya sea importada o nacional, la malta es sometida a rigurosos análisis para verificar su calidad.

2.13.2 Agua

El agua es una de las materias primas fundamentales y su calidad es de vital importancia ya que constituye de 90 al 96 % de la cerveza. Generalmente se extrae de pozos profundos y debe ser apropiada para consumo humano (potable),

además de contener algunos minerales que favorecen las reacciones llevadas a cabo en el proceso de elaboración.

2.13.3 Lúpulo

Es una planta perenne tipo enredadera, similar a la vid, de la cual se utiliza en cantidades reducidas extraídas del racimo de flor femenina, lo que otorga el sabor y aroma característicos de la cerveza. En México el lúpulo se importa de países que tienen clima favorable para su crecimiento.

2.13.4 Adjuntos

Arroz y grits (fécula de maíz refinada). Sus propiedades complementan a la malta y ayudan a la brillantez y estabilidad coloidal de la cerveza. Mientras se prepara el mosto de malta se coloca arroz o maíz con agua caliente en una tina llamada hervidor. El arroz o el maíz y el agua se agitan hasta que el almidón de los granos se hace gelatinoso. El líquido caliente se agrega al mosto de malta. La temperatura de la mezcla tiene 68 grados centígrados, lo cual se denomina temperatura de conversión. A esta temperatura las enzimas de la malta convierten el almidón de la malta y de los otros cereales en azúcares fermentables.

2.13.5 Levadura

La levadura de cerveza es un producto obtenido de la fermentación anaerobia de la cerveza formado, entre otros ingredientes, por hongos tipo *saccharomyces cereviseae*. La presentación comercial es líquida, tiene un elevado contenido en proteína de alto valor biológico y digestibilidad (mayor de ochenta y cinco por ciento) y vitaminas del complejo B. Su uso ayuda a mejorar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas, especialmente en la alimentación líquida del porcino. Produce el alcohol y gas carbónico, jugando un papel muy importante en la mayor parte del sabor característico de la cerveza.

2.14 Características químicas y nutritivas del residuo de cerveza (malta)

Los residuos son ricos en elementos nutritivos como vitaminas en especial las pertenecientes al grupo del complejo B (Cuadro 3).

Cuadro.3 Características químicas y nutritivas de la malta

Materia seca	15%
Energía bruta	4.623 Kcal/kg
Energía digestible	3.795 Kcal/Kg
Energía metabolizable	3.392 Kcal/Kg
Grasa bruta	1.90%
Fibra bruta	3%
Azucares	7.40%
Proteína bruta	47%
Lisina	3.60%
Meitonina	0.75%
Triptófano	0.59%
Treomina	2.37%
Calcio	0.15%
Fósforo total	1.50%
Fósforo disponible	0.97%
Proteína degradable	24.44%
Proteína By Pass	22.56%
Fibra neutro detergente	7%

Fuente: (www.tienditapoballe.com, 2006)

2.15 Uso del residuo de la industria cervecera (malta)

En muchos países el residuo sólido en forma de grano o cáscara que queda durante el proceso de elaboración de cerveza, específicamente en la etapa de filtración del mosto, está siendo subutilizado. Esto, a pesar de que es potencialmente apto para su uso como materia prima en la producción de bioetanol, alimento para animales por su alto contenido en proteínas (26%) y biomasa microbiana a través del proceso de hidrólisis de los carbohidratos que contiene.

La fábrica de Budweiser en la ciudad de San Luis, USA tiene capacidad para más de 15 millones de hectólitros al año y produce un sobrante de grano de más de 250.000 toneladas, lo que ha permitido crear todo un sistema de distribución de grano en 250 kilómetros alrededor de la ciudad que condiciona toda la agricultura y ganadería de la zona (www.induambiente.com, 2007).

En la dieta de vacas lecheras se puede suministrar diariamente de 1 a 3 kg de residuo de cerveza por cabeza, en cerdos no debe excederse de los 500g al día, en caballos de 1.5 a 2 Kg ración para 24 horas (Flores, 1991).

En Namibia, país del sur de África, en el año de 1997 se inauguró “Nambian Breweries” con la intención de reutilizar el grano, agua y CO₂ que conformaban el 98% del total de los residuos de la elaboración. El agua que sobra después del proceso es llevada a unas piscifactorías para cultivar distintas especies de alga Spirulina, con una productividad de 15 toneladas utilizada como suplemento en la alimentación de niños. Los residuos sólidos generados son utilizados como sustrato para la producción de champiñones, lombrices que sirven como alimento para pollos y a su vez el excremento de pollo es utilizado para producir gas metano como combustible y fuente de energía (www.cervezasdelmundo.com, 2006).

Rodríguez, *et al.* (1997). en su trabajo de evaluación de la suplementación con nepe húmedo (malta) de cervecería sobre la producción de leche, en vacas lecheras mestizas de mediana producción, en San Cristóbal Venezuela, concluye que la mayor producción de leche es con la ración de 18.0 kg de N.H.C (Nepe Húmedo de Cervecería), fue significativamente superior a la ración de A.B.C.(Alimentos Balanceados Comerciales), sin presentarse entre las otras raciones evaluadas ninguna diferencia significativa, pero indicando que existe una tendencia a una mayor producción de leche con las raciones de N.H.C.

III. JUSTIFICACIÓN

En nuestros días el incesante crecimiento industrial genera grandes cantidades de desechos los cuales contaminan al ambiente, causando directa o indirectamente, problemas al medio ambiente. Muchos residuos industriales no han sido considerados como fuente de contaminación al momento de producirlos, sin embargo al estar en contacto con el medio ambiente y sin control alguno, se pueden transformar y producirse elementos dañinos para la salud. En la industria cervecera, para obtener su producto final (cerveza), genera residuos que son utilizados como fuente alterna, para la alimentación animal, específicamente para la engorda de ganado bovino. Este residuo tiene una buena cantidad de proteína cruda (26%) y de energía que al exponerlo a las condiciones del medio ambiente permite que crezcan microorganismos que degradan la proteína, tales como los clostridios, produciendo aminos y amidas, así como aflatoxinas por hongos. Estos compuestos se consideran contaminantes ya que provoca enfermedades al ganado y al hombre. Por lo anterior es necesario tener alternativas de preservación del residuo de la industria cervecera para evitar la pérdida nutritiva, y al mismo tiempo evitar que se convierta en una fuente potencial de contaminación.

IV. OBJETIVO

Evaluar el residuo de la industria cervecera como aditivo en el ensilado de maíz como fuente de alimentación animal.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Biotecnología del CIIDIR Unidad Durango durante el periodo 2007-2008.

5.1 Elaboración de micro-silos

El residuo fue traído de la Cervecería Modelo ubicada en Torreón Coahuila.

Para elaborar los micro-silos se utilizó maíz forrajero (Aspros® 948) establecido en 7 hectáreas, durante el ciclo primavera-verano 2007 en los campos agrícolas del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, con una densidad de siembra de 72 mil plantas por hectárea. El ensilaje se llevó a cabo en el mes de octubre, utilizando una picadora 3295 John Deere® con un ajuste de cuchillas de $\frac{3}{4}$ de pulgada para un mejor picado y homogenización del corte.

Los microsilos se realizaron bajo un diseño completamente al azar en los que se evaluarán tres tiempos de ensilado y cinco dosis de residuo de cerveza (Cuadro 4), se elaboraron por duplicado en recipientes plásticos con capacidad de 4 L. Para el llenado de los micro-silos, se elaboró el primero el tratamiento 1 (100% de forraje) con un peso de 2.402 kilogramos de forraje ya compactado, al valor obtenido se le restó el 10, 20 y 30% de forraje reemplazándolo con residuo de cerveza, de esta forma se obtuvieron los tratamientos 3, 4 y 5. El tratamiento 2 fue el 100% de residuo de cerveza. Cada micro-silo al ser llenado se compactó para expulsar el aire contenido, al sellado se empleó una tapa con cinta de seguridad para evitar la entrada de aire

Cuadro 4. Distribución de tratamientos

Tratamientos	Tiempo cero	Tiempo uno	Tiempo dos
T1	T0*t1	T1*t1	T2*t1
T2	T0*t2	T1*t2	T2*t2
T3	T0*t3	T1*t3	T2*t3
T4	T0*t4	T1*t4	T2*t4
T5	T0*t5	T1*t5	T2*t5

*T1 Ensilado de maíz (EM) 100%, T2 Residuo de cerveza (RC) 100%, T3 EM+10%RC, T4 EM+20%RC, T5 EM+RC30%.

5.2 Variables de estudio

Las variables fueron evaluadas antes de llenar el micro-silo y después de ser destapados.

Variables evaluadas: Materia seca (MS), potencial de Hidrogeno (pH), nitrógeno amoniacal (N-NH₃) por la técnica de Tejada 1979; proteína verdadera (PV) King C. 1959; proteína cruda (PC) (kjaldahl); fibra detergente acido (FDA), celulosa (Cel), lignina (Lig), ceniza detergente acido (CDA) y soluble detergente acido (SDA) por Van Soest 1973.

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante el análisis de ANAVA, por el programa Costat versión 3.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1 Materia seca

El contenido de materia seca del forraje de maíz (Tratamiento 1) al momento de ensilar era de 35.37% y al finalizar el proceso de ensilado quedo en 33.81% teniendo una pérdida de 4.38% del forraje inicial ensilado. Los tratamientos 3,4 y 5 adicionados con el residuo de cervecería presentaron 32.66, 30.11 y 30.31% de materia seca inicial y manifestaron un 5.35, 0 y 9.41% de pérdida de respectivamente (Cuadro 5).

La perdida de materia seca que se obtuvo en el tratamiento 2 fue la más alta que el resto de los tratamientos, sin embargo según la literatura se considera aceptable ya que lo común es encontrar perdidas de hasta el 30% (Stephen *et al*, 1981). La pérdida en los tratamientos 1, 3, 4 y 5 se pudo deber a la falta de compactación ya que se tenía un 65% en el forraje de humedad y lo que se recomienda para el ensilaje de maíz es el 70%. Al no compactar de forma adecuada quedo atrapado aire entre las partículas del forraje provocando el crecimiento de microorganismos aerobios, los cuales incrementaran la degradación de nutrientes provocando un aumento de la temperatura así como disminución de nutrientes y producción de nitrógeno amoniacal.

Cuadro 5. Contenido de materia seca del ensilaje de maíz.

Tratamientos	Inicial	Intermedia	Final	Perdida
T1	35.36	34.5	33.81	4.38 b
T2	20.67	18.21	17.95	13.15 d
T3	32.66	32.19	30.91	5.35 b
T4	30.11	30.87	30.41	0a
T5	30.31	29.44	2.41	9.40 c

*T1 Ensilado de maíz (EM) 100%, T2 Residuo de cerveza (RC) 100%, T3 EM+10%RC, T4 EM+20%RC, T5 EM+RC30%.

6.2 Potencial de hidrogeno

El análisis de varianza para la variable pH, nos indica que hay diferencia significativa entre los tiempos de fermentación, siendo a los 30 días cuando el pH se estabiliza en los tratamientos de los ensilajes de maíz alcanzando un valor de

3.6 y solo el residuo de cervecería alcanza un valor de pH de 3.2 a los 60 días de ensilaje (Cuadro 6.)

El pH alcanzado en los tratamientos se considera el adecuado para establecer un proceso de conservación del ensilaje ya que se inhibe el crecimiento de otras bacterias, tales como los clostridios, así como de las mismas bacterias ácido lácticas. De acuerdo con Hiriart, 1998 el ensilaje con pH de 3.8 a 4 permanece estable hasta su apertura.

Cuadro 6. pH del ensilaje de maíz.

Tratamientos	Tiempo 0	Tiempo1 (30 días)	Tiempo 2 (60 días)
T1	4.6	3.64	3.65 b
T2	4.5	3.34	3.2 a
T3	5.98	3.6	3.6 b
T4	6.58	3.6	3.6 b
T5	6.72	3.5	3.5 ab

*t1 Ensilado de maíz 100%, t2 Residuo de cerveza 100%, t3 EM+10%RC, t4 EM+20%RC, t5 EM+RC30%.

6.3 Proteína cruda

La variable proteína cruda, analizada mediante el análisis de varianza, como fuente de variación considerando el tiempo de fermentación y los tratamientos no arroja diferencia estadística en ambos análisis, siendo el tiempo cero el que mayor cantidad de proteína reporta. Para el caso de los tratamientos, el mayor promedio de proteína cruda lo presentó el tratamiento 2 con 19.8% al final del experimento, por lo que se considera una buena alternativa para conservar eficientemente el residuo de cervecería (malta).

Los tratamientos en los que se mezcló el residuo de cervecería presentaron diferentes porcentajes de proteína cruda (Cuadro 7) siendo el tratamiento 5, al que se le agrego un 30% de residuo, el que presentó un incremento promedio final de 3.30 unidades porcentuales en relación al tratamiento 1, el que no recibió adición alguna. El agregar residuo de cerveza incrementa la proporción de proteína cruda mejorando el valor nutricional del ensilaje obtenido.

Cuadro 7. Proteína cruda de ensilaje de maíz.

Tratamientos	Tiempo 0	Tiempo1 (30 días)	Tiempo 2 (60 días)	Perdida en unidades porcentuales
T1	7.89	7.15	7.17	0.625
T2	18.9	19.01	19.8	0
T3	8.4	7.89	8.5	0
T4	10.05	8.26	8.82	1.13
T5	11.02	9.37	10.47	0.565

*T1 Ensilado de maíz (EM) 100%, T2 Residuo de cerveza (RC) 100%, T3 EM+10%RC, T4 EM+20%RC, T5 EM+RC30%.

6.4 Proteína verdadera

En el análisis de varianza para proteína verdadera se observa una diferencia significativa en la fuente de variación tratamientos y tiempo de ensilaje. Los datos manifiestan una clara diferencia entre los tiempos de ensilado, siendo mayor la concentración al momento de ensilar y disminuyendo conforme pasa el tiempo de fermentación (Cuadro 8.). En lo que respecta a los tratamientos, la proteína verdadera manifestó cambios conforme se le agregó al forraje el residuo de cerveza, siendo el tratamiento 5 quien se vio más favorecido al incrementar 1.75 unidades porcentuales con respecto al tratamiento 1. Cabe hacer notar que el residuo de cerveza puede ser ensilado conservando sus cualidades, aportando 6.82% PV. El tratamiento 3 es quien presenta mayor degradación de proteína durante el proceso de fermentación y con ello el de mayor producción de nitrógeno amoniacal, a pesar de haber alcanzado un pH que se considera como optimo para la conservación del forraje.

Cuadro 8. Proteína verdadera de ensilaje de maíz.

Tratamientos	Tiempo 0	Tiempo1 (30 días)	Tiempo 2 (60 días)	Perdida en unidades porcentuales
T1	2.84	2.8	2.8	0.04
T2	7.3	7.3	6.82	0.48
T3	3.41	2.8	2.8	0.61
T4	3.98	3.9	3.41	0.57
T5	4.55	3.41	4.55	0

*T1 Ensilado de maíz (EM) 100%, T2 Residuo de cerveza (RC) 100%, T3 EM+10%RC, T4 EM+20%RC, T5 EM+RC30%.

6.5 Nitrógeno amoniacal

La variable de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) muestra diferencia significativa en cuanto al tiempo de fermentación y tratamientos, durante el cual el forraje sin ensilar (tiempo cero) mostró el porcentaje más alto, reduciéndose durante los siguientes 30 y 60 días, esta reducción se da durante el mezclado del forraje con el residuo debido a que el $N-NH_3$ es volátil. Analizando el contenido de nitrógeno amoniacal con respecto a los tratamientos se observa diferencia significativa siendo el tratamiento 1 el que produjo la mayor cantidad de $N-NH_3$ (Cuadro 9) debido al manejo de este al ensilar.

La producción de nitrógeno amoniacal es un indicador de la degradación de las proteínas por microorganismos que participan en el proceso de fermentación del ensilaje. En este caso, a pesar de haber agregado proteína por la inclusión del residuo de cervecería al forraje de maíz se obtuvo una producción de solo el 3% del nitrógeno total en todos los tratamientos, lo que indica que los microsilos se realizaron en forma adecuada atendiendo los principios de elaboración, al evitar la inclusión de aire y controlar la humedad. El nitrógeno amoniacal al igual que el pH, pueden ser utilizados como indicadores de calidad de la fermentación. Un ensilaje de buena calidad puede tener un 10% de nitrógeno amoniacal con relación al nitrógeno total. Si la cantidad del nitrógeno amoniacal es mayor del 20%, será de mala calidad el ensilaje (Hiriart, 1998). La mayor proporción de nitrógeno amoniacal que presentó el forraje sin ensilar se debe a que durante el transporte del forraje picado hay degradación de proteínas por bacterias aeróbicas que dependen de ella para su crecimiento, por ello se recomienda que el proceso de picado y llenado se debe realizar en el menor tiempo posible.

Cuadro 9. % de Nitrógeno amoniacal de ensilaje de maíz con relación al contenido Nitrógeno total.

Tratamientos	Tiempo 0 (cero días)	Tiempo1 (30 días)	Tiempo 2 (60 días)
T1	8.4	5.38	5.38
T2	1.75	1.44	1.11
T3	1.96	4.12	2.9
T4	2.1	3.33	2.5
T5	4	2.05	2.1

*T1 Ensilado de maíz (EM) 100%, T2 Residuo de cerveza (RC) 100%, T3 EM+10%RC, T4 EM+20%RC, T5 EM+RC30%.

6.6 Fibra detergente ácida

El análisis de varianza para la variable fibra detergente ácida presenta diferencia significativa en lo que respecta al tiempo de fermentación y tratamientos. El tratamiento 5 presenta mayor concentración (31.93%) y el tratamiento 1 el menor porcentaje (25.18) (Cuadro 10).

La variación en la concentración de fibra detergente ácida conforme al tiempo, corresponde a la fermentación de la celulosa por los microorganismos presentes. La variación de la fibra detergente ácida, que los tratamientos presentan se debió a que el residuo aporta una buena parte de este compuesto al ser introducido al forraje de maíz. Esta inclusión es positiva para el ensilado debido a que aporta celulosa que pudiera ser digerida en el rúmen del animal, y con ello se obtengan ácidos grasos volátiles, los cuales son la fuente de energía para el bovino, además que la fibra detergente ácida estimula la rumia y salivación, lo que permite tener un ambiente sano en el rúmen y mejora el crecimiento de las bacterias rúmiales (Shimada, 2003).

Cuadro 10. ANAVA de Fibra detergente ácido de ensilaje de maíz.

Maíz		Duncan's .01					
ANOVA		Tiempo			Forraje		
FDA	Significancia	Rango	Media	Significancia	Rango	Media	Significancia
Tiempo	xxx	0	33.1	a	5	31.93	a
Forraje	x	2	30.16	a	3	31.47	a
Tm-Fo	xx	1	25.51	b	4	30.57	ab
					2	28.79	ab
					1	25.18	b

Tm=tiempo, Fo=forraje, las literales indican la significancia.

6.7 Lignina

La concentración de lignina en maíz ensilado no reporta diferencias, en tiempo de fermentación (Cuadro 11). El no encontrar diferencias significativas en la concentración de la lignina se debe a que los microorganismos presentes durante el proceso de fermentación no tienen la capacidad de utilizarla como fuente de carbono, debido a que la lignina está considerada como un polisacárido de difícil degradación (Pérez, 1995). Las diferencias en la concentración de lignina en los tratamientos se debió a la adición del residuo al forraje de maíz.

Cuadro 11. ANAVA de Lignina del ensilaje de maíz.

Maíz		Duncan's .01					
ANOVA		Tiempo			Forraje		
Lignina	Significancia	Rango	Media	Significancia	Rango	Media	Significancia
Tiempo	ns	0	8.32	a	2	9.85	c
Forraje	Xx	1	6.64	a	3	7.13	b
Tm-Fo	Xx	2	6.68	a	4	7.02	b
					5	6.4	b
					1	5.15	a

Tm=tiempo, Fo=forraje, ns= no hay significancia, las literales indican la significancia.

6.8 Celulosa

El análisis de varianza realizado en la variable celulosa reporta diferencias significativas en tiempo y tratamientos. Los tratamientos iniciaron con un promedio de 24.62% y culminaron a los 60 días con 23.19%. Para el caso de los tratamientos el que mayor porcentaje reportó el tratamiento 5 con 25.09%. El tratamiento 2 presenta la menor concentración, cuyo porcentaje no varía en tiempo (Cuadro12).

Este comportamiento sugiere que durante el proceso de fermentación las bacterias ácido lácticas tienen la facultad de degradar la celulosa en 1.36 % de unidades porcentuales, con la finalidad de obtener una fuente de carbono (Tabaré, 2008). En el caso del residuo de cervecería no hay variación de ésta variable en el tiempo y entre tratamientos debido a la concentración de azúcares solubles que éste residuo contiene debido a la gelatinización del almidón durante el proceso de malteo.

Cuadro 12. ANAVA de Celulosa de ensilaje de maíz.

Maíz		Duncan's .01					
ANOVA		Tiempo			Forraje		
Celulosa	Significancia	Rango	Media	Significancia	Rango	Media	Significancia
Tiempo	xxx	0	24.62	a	5	25.09	a
Forraje	xx	2	23.19	a	3	23.89	ab
Tm-Fo	xxx	1	18.38	b	4	23.23	ab
					1	19.59	ab
					2	18.51	b

Tm=tiempo, Fo=forraje, las literales indican la significancia.

6.9 Ceniza detergente ácido

El análisis de varianza para la variable ceniza detergente ácido marca que no existe significancia (Cuadro 13).

Cuadro 13. ANAVA de Ceniza detergente ácido de ensilaje de maíz.

Maíz		Duncan's .01					
ANOVA		Tiempo			Forraje		
CDA	Significancia	Rango	Media	Significancia	Rango	Media	Significancia
Tiempo	xxx	2	0.59	a	3	0.45	a
Forraje	ns	1	0.49	a	1	0.435	a
Tm-Fo	x	0	0.16	b	5	0.433	a
					2	0.42	a
					4	0.32	a

Tm=tiempo, Fo=forraje, ns=no hay significancia, las literales indican la significancia.

6.10 Soluble detergente ácido

Los solubles detergente ácido (Cuadro 14), presentan diferencia significativa con respecto al tiempo de fermentación y tratamiento. Este comportamiento es de

esperase con respecto al proceso de fermentación, ya que cuando esto ocurre los elementos solubles contenidos en el forraje van siendo utilizados por los microorganismos por ser los elementos más disponibles y con ellos producir los productos que permiten la conservación del ensilaje (Tabaré, 2008).

Cuadro 14. ANAVA de Soluble detergente ácido de ensilaje de maíz.

Maíz		Duncan's .01					
ANOVA		Tiempo			Forraje		
SDA	Significancia	Rango	Media	Significancia	Rango	Media	Significancia
Tiempo	xxx	1	74.49	a	1	74.81	a
Forraje	x	2	69.83	b	2	71.2	ab
Tm-Fo	xxx	0	66.7	b	4	69.42	ab
					3	68.52	b
					5	68.06	b

Tm=tiempo, Fo=forraje, las literales indican la significancia.

VII. CONCLUSIONES

- La adición de residuo de cervecería disminuye la pérdida de materia seca en el ensilaje de maíz.
- La inclusión de residuo de cervecería no afecta el pH en el ensilaje de maíz. El pH alcanzado en los tratamientos se considera el deseable para establecer un proceso de conservación del ensilaje.
- El incluir el residuo no incrementa el nitrógeno amoniacal, ello depende de la eficiencia del proceso.
- El agregar residuo de cervecería incrementa la producción de proteína cruda y proteína verdadera mejorando el valor nutrimental del ensilaje obtenido.
- El proceso de ensilaje es un buen método para conservar el residuo de cervecería, ya sea solo o incluido con algún forraje.

VIII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

La inclusión del residuo de cerveza en el forraje de maíz elevó el valor nutricional por lo que se recomienda estudiar la adición de residuo en otros forrajes como avena o alfalfa y evaluar el o los productos en la dieta de animales.

IX. BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C., 1980. Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists 13 th Washington, DC., USA.

Equipo técnico de Alltech® de México, Los 10 mandamientos del ensilaje. 2003. Acontecer Lechero Vol. II No 15 México, DF.

Flores Méndez Jorge A. 1991. Manual de la alimentación animal. Ed Limusa S.A. México DF. pp 844-851

Herrera J., Naranjo N., Gurrola J., Almaraz N. 2007. La avena cultivo, ensilado y aprovechamiento. Ed División. Durango México. pp 41-153

Hiriart Le-Bert Mauricio. 1998. Ensilados procedimientos y calidad. Ed Trillas. S.A de C.V. México DF. pp 5-95

Hughes H.D., Herat M.E., Metcalfe DS. 1984. Forrajes. La ciencia de la Agricultura basada en la Producción de Pastos. Ed Continental S.A de C.V México pp 579-584

Kung Limin. 2004. Eficiencia en manejo de silos. Acapulco, México. Memoria V Congreso Mundial de la Leche. pp 18-25

National Academy Press. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington, D.C. pp 134-136

Nicklas-Bray, Sylvia A Ph.D. 1997. Nuevos desarrollos de ensilajes. CIGAL 97 México. Memoria. 13ª Conferencia Internacional Sobre Ganado Lechero

Rodríguez J., Chacón C. 1997. Evaluación de nepe húmedo de cervecería sobre la producción de leche, en vacas lecheras mestizas de mediana producción. Universidad Nacional Experimental de Techira (UNET) San Cristóbal, Venezuela

Sánchez Robles. 1983. Producción de Granos y Forrajes. Ed, Limusa S.A. México. pp 583-587

Shimada Miyasaka Armando. 2003. Nutrición Animal. Ed Trillas S.A de C.V. Mexico DF. pp 5-375.

Stephen.J.W.,Smith A.M. 1981. El ensilaje.Compañía Editorial Continental, S.A C.V Mexico DF, traducción de la segunda edición en ingles. Pp 12-183.

Tejada H.I. (1983). Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Ed Instituto Nacional de Investigaciones pecuarias.

Vant Soest, P.J.and M.S Allen. 1973. Collaborative Study of Acid-Detergente, Figer and Lignin. J Assoc. of Agric. Chem, 56 (4): 78

Medios electrónicos

Teorema ambiental 2000:

http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=47&id_art=art1665&id_ejemplar=71, 2006

Club de las grandes cervezas del mundo. 2006. ¿Que se hace con el grano que sobra después de hacer la cerveza?:

www.cervezasdelmundo.com/boby.php?idElemento=41

www.tiendita.poballe.com/Scripts/default.asp, 2006

www.gmodelo.com.mx/irj/portal/anonymous?guest_user=hainterres# , 2006

Revista InduAmbiente N° 82.Providencia. 2007.- Santiago de Chile. La industria cervecera genera elevados volúmenes de residuos que pueden ser reutilizados o tratados. www.induambiente.cl/artic2.htm

Tabaré B. Z. 2008. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes, Cátedra de Manejo de Pasturas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. www.elmerq.pe.tripod.com/aliment.htm