



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA:
AGROPECUARIA

TEMA:
“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS EN LA
COMPOSICIÓN QUIMICA Y FERMENTATIVAS DE ENSILADOS DE MAÍZ
FORRAJERO” (*Zea mays L.*) FINCA LA MARIA, MOCACHE 2013”

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTOR:
JAIRO JAMIL LOOR URDANIGO

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Zoo Msc Bolívar Montenegro Vivas

QUEVEDO – ECUADOR
2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS EN LA
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FERMENTATIVAS DE ENSILADOS DE MAÍZ
FORRAJERO” (*Zea mays L.*) FINCA LA MARIA, MOCACHE 2013”**

**PRESENTADO AL CONSEJO DIRECTIVO COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO - LOS RÍOS – ECUADOR

2013

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jairo Jamil Loor Urdanigo, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jairo Jamil Loor Urdanigo

CERTIFICACIÓN

El suscrito Ing. zoo Msc. Bolívar Montenegro Vivas, certifica:

Que la egresada Jairo Jamil Loor Urdanigo, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FERMENTATIVAS DE ENSILADOS DE MAÍZ FORRAJERO”** (*Zea mays L.*) FINCA LA MARIA, MOCACHE 2013”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Zoo Msc Bolívar Montenegro Vivas

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMINETO

A mi dios y mi cristo por darme la oportunidad de vivir y salir adelante ante las adversidades que se presentan día a día por hacer de mí una persona fuerte y perseverante para poder lograr todas mis metas propuestas en mi vida.

A mi familia que siempre ha estado pendiente de todo por mí y me brindaron su apoyo incondicional durante toda esta trayectoria de mi vida.

A mis amigos que gracias a su colaboración también fueron parte del desarrollo y culminación de este proyecto.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias-UTEQ, a sus autoridades y profesores, por abrir sus puertas y darme la confianza necesaria para cumplir con mis objetivos y transmitir sabiduría para mi formación profesional.

JAIRO

DEDICATORIA.

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá y mamá

INDICE	PÁGINA
I. Introducción.....	13
II. Objetivo General y Objetivos Específicos.....	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
III. Hipótesis:	15
IV. Marco Teórico o Marco Referencial.....	16
4.1. Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	16
4.1.1. Recolección, tratamiento y ensilaje	19
4.1.2. Uso del maíz forrajero con bovinos de carne.....	20
4.1.3. Uso del maíz forrajero en vacas lecheras.....	21
4.3. Etapas del ensilaje	25
4.3.1. Respiración	25
4.3.2. Acidificación	27
4.3.3. Estabilización del forraje ensilado.	28
4.3.4. Deterioro aeróbico.....	29
4.4. Inoculantes	31
V. MATERIALES Y MÉTODOS	36
5.1. Materiales.....	36
5.1.1. Inoculantes bacterianos.	36
5.2. Métodos.....	37
5.2.1. Ubicación.....	37
5.2.2. Ubicación política.....	37
5.2.3. Ubicación geográfica	38
5.3. Composición bromatológica de las materias primas utilizadas en la elaboración de ensilajes de forraje de maíz.....	38
5.4. Diseño de la investigación.....	39
5.4.1. Tipo de investigación.....	39
5.4.2. Tratamientos.....	39
5.5. Diseño experimental.....	40
5.5.1. Características del experimento.....	41
5.5.2. Variables a investigar.....	41
5.6. Descripción del proceso.....	41
5.6.1. Fabricación de los microsilos.....	41
5.6.2. Llenado de los microsilos.....	42

5.6.3. Muestreo de los microsilos.	43
5.6.4. Apertura de los microsilos.	43
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
6.1. Composición química.	44
6.2. Medición de temperatura.....	48
6.3. Medición de pH.....	50
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
7.1. Conclusiones.	52
7.2. Recomendaciones.....	52
VIII. Literatura citada	53

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS		PÁGINA
1	Composición química del maíz	8
2	Composición del maíz forrajero	9
3	Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes de maíz forrajero	10
4	Composición bromatológica del forraje de maíz	29
5	Composición bromatológica de los ensilajes de forraje de maíz inoculados con diferentes aditivos microbianos a los 30 días de fermentación	30
6	Composición bromatológica de los ensilajes de forraje de maíz inoculados con diferentes aditivos microbianos a los 60 días de fermentación	30
7	Descripción de los tratamientos para la evaluación de estabilidad aeróbica de ensilaje de forraje de maíz con la inclusión de inoculantes bacterianos	31
8	Esquema del análisis de varianza	32
9	Distribución de las unidades experimentales	33
10	Composición química de los ensilados de forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo	37
11	Composición química de los ensilados de forraje de maíz a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo	38
12	Temperaturas de los ensilados de forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo	39
13	Temperaturas de los ensilados de forraje de maíz a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo	39

14	PH de los ensilados de forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo	42
15	PH de los ensilados de forraje de maíz a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo	42

ÍNDICE DE ANEXOS

LISTA

- FIGURA 1** Llenada al vacío del forraje de maíz en los microsilos con la prensa
- FIGURA 2** Secada de la muestra para posteriormente proceder a hacer los análisis respectivos de composición química en el laboratorio de bromatología
- FIGURA 3** Medición de temperatura a por 7 días cada 24 horas
- FIGURA 4** Recolección de la muestra y medición de PH de la misma por 7 días cada 24 horas.
- FIGURA 5** Equipos y procedimientos de los análisis de composición química en el laboratorio de bromatología de la UTEQ.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos inoculantes bacterianos y la composición química y fermentativa en los ensilados de maíz forrajero (*Zea mays* L) en dos tiempos de fermentación 30 y 60 días. Se emplearon microsilos de PVC donde se depositó 3 kilogramos de maíz forrajero aproximadamente más la inclusión de LactoSilo Gold y Sil All, donde se preparó una solución que contuvo 750 ml de agua destilada con la adición de 1.8 gramos de cada inoculante, cada microsililo se agregó 62.5 ml de la solución inoculante. A los microsilos también se les adicionó melaza como fuente de glúcidos solubles. Se establecieron tres tratamientos: T1 maíz forrajero de 30 y 60 días; T2 maíz forrajero Sil-All de 30 y 60 días; T3 maíz forrajero LactoSilo Gold de 30 y 60 días. Donde se evaluaron variables fermentativas de pH y temperatura. Los tiempos de fermentación 30 y 60 días se recolectaron muestras de ensilados a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no mostraron diferencias estadísticas en los tratamientos (T1 ensilado de maíz forrajero; T2 ensilado de maíz forrajero más la inclusión de Sil- All y T3 ensilado de maíz forrajero más la inclusión de LactoSilo Gold), en los 30 días de fermentación aeróbica según la probabilidad ($P < 0.005$). Mientras que a los 60 días de fermentación aeróbica de los microsilos la estadística fue diferente a las 24 y 48 horas de estabilidad aeróbica y bioquímica (T1 4.36 b, T2 4.41 ab y T3 4.50 a) (T1 4.47b, 4.54 ab y 4.60 a), mientras que a las 0, 72, 96, 120 y 144 horas no existió diferencia estadística según la probabilidad ($P < 0.005$). La temperatura de los microsilos de los ensilados de maíz forrajero con dos tiempos de fermentación 30 y 60 días a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no existe diferencia estadística entre los tratamientos según la probabilidad ($P < 0.005$), lo que por lo cual se aprecia en esta investigación que no hubo efecto por la inclusión de los inoculantes bacterianos más bien se estableció una temperatura ideal de supervivencia de las bacterias ácido lácticas para el periodo de fermentación de 30 días (T1 ensilado de maíz forrajero 24,04; T2 ensilado de maíz forrajero más la

inclusión de Sil- All 24,01 y T3 ensilaje de maíz forrajero más la inclusión de lactosilo 24,04), periodo de fermentación de 60 días (T1 ensilado de maíz forrajero 23,56; T2 ensilado de maíz forrajero más la inclusión de Sil-All, 23,70 y T3 ensilado de maíz forrajero más la inclusión de lactosilo 23,70). Se concluye que los inoculantes bacterianos no afectaron las características fermentativas del ensilado de maíz forrajero.

Palabras claves: Forraje de maíz, ensilado, inoculantes bacterianos.

ABSTRACT

The effect of two bacterial inoculants and chemical composition and silage fermentation of forage maize (*Zea mays* L.) fermentation rebound 30 and 60 days were evaluated. PVC microsilos where fodder maize 3kg deposited over approximately LactoSilo including Gold and Sil All, where a solution containing 750 ml of distilled water with the addition of 1.8 grams of each prepared inoculum were used, each added microsilos 62.5 ml of inoculum solution. At microsilos they were also added molasses as a source of soluble carbohydrates. Three treatments were established: T1 forage maize 30 and 60 days; T2 forage maize Sil -All 30 and 60 days; T3 forage maize LactoSilo Gold 30 and 60 days. Where variables fermentation pH and temperature were evaluated. Fermentation times 30 and 60 days samples of silage were collected at 0, 24, 48, 72, 96, 120 and 144 hours showed no statistical differences in the treatments (T1 ensiled forage maize; T2 silage forage maize plus the inclusion of Sil -All and T3 more corn silage forage including Lactosilo Gold), within 30 days of aerobic fermentation as the probability ($P < 0.005$). While after 60 days of aerobic fermentation differed statistical microsilos at 24 and 48 hours in aerobic and biochemical stability (4.36 b T1, T2 and T3 4.41 ab 4.50 a) (T1 4.47 b, ab and 4.60 to 4.54), whereas at 0, 72, 96, 120 and 144 hours there was no statistical difference by the probability ($P < 0.005$). The temperature of the microsilos of forage maize silage fermentation with two-time 30 to 60 days at 0, 24, 48, 72, 96, 120 and 144 hours there is no statistical difference between treatments according to the probability ($P < 0.005$), which thus can be seen in this study that there was no effect on the bacterial inoculants including an ideal temperature rather than survival of the lactic acid bacteria for the fermentation period of 30 days are set (T1 corn silage forage 24.04; T2 forage maize silage plus the inclusion of Sil -All T3 24.01 and more forage maize silage inclusion lactosyl 24.04), fermentation period of 60 days (T1 forage maize silage 23.56; T2 forage maize silage plus the inclusion of Sil -

All , 23,70 and T3 forage maize silage plus the inclusion of lactosyl 23,70) .
We conclude that bacterial inoculants did not affect silage fermentation characteristics of forage maize .

Keywords : corn forage , silage , bacterial inoculants.

I. Introducción

Hay una marcada estacionalidad en la producción de pastos y forrajes, con alta disponibilidad y calidad de forrajes durante el período de lluvias, mientras que lo opuesto (baja disponibilidad y calidad) ocurre en el período seco, La escasez de pastos y la baja calidad de los mismos en el período seco resultan en una reducción drástica en los niveles productivos (carne y leche) del ganado bovino y de otros herbívoros. Adicionalmente, en ausencia de forrajes complementarios o suplementos durante el período seco, los animales muestran una pérdida de condición corporal debida a la movilización de sus propias reservas, lo cual redundando en una disminución en la producción de leche, acortamiento del período de lactancia, pérdida de peso, ausencia de celo, disminución de la tasa de preñez y -en casos extremos- en la muerte de los animales, (Reyes 2009).

Un manejo adecuado de los subproductos agrícolas, que se producen en forma abundante en la época de mayores precipitaciones, permitirá resolver en gran medida los problemas de la alimentación animal (Zambrano, 2004). El valor nutritivo de estos insumos es bajo debido a la alta concentración de carbohidratos estructurales y bajo nivel proteico. Solo la Provincia de Los Ríos genera anualmente más de 1.5 millones de toneladas métricas de subproductos de arroz, maíz y soya, que empleados racionalmente, aplicando métodos de conservación como la amonificación y el ensilaje, pueden constituirse en una alternativa para mejorar su calidad nutritiva y digestibilidad (Carnevali, 1991 y Pedraza, 1994).

El uso de inoculantes con lactobacilos tiende a mejorar la calidad fermentativa de ensilajes convencionales, porque reduce el nitrógeno amoniacal (Gordon 1989, Berto y Frenzel 1997), aumenta el ácido láctico (Sharp et al. 1994) y reduce el pH. En este estudio no se utilizó un ensilaje convencional y la urea siempre elevó significativamente el pH y se evitó así el posible efecto de los lactobacilos. En el caso del efecto reductor en el nitrógeno amoniacal, estos resultados apoyan los de Pedroso et al. (2000) cuando ensilaron forraje de sorgo.

El aumento del nivel de PB al adicionar inoculante coincidió con los resultados de (Berto y Frenzel 1997).

Cuando en el inoculante han estado presentes lactobacilos y levaduras, la respuesta a la digestibilidad es inconsistente. En este sentido, encontraron incrementos de 56 a 61 % de digestibilidad aparente de la MS en ensilajes marchitos de maíz al adicionar el inoculante, mientras que no hubo efecto por inoculación cuando el maíz se ensiló fresco (Guim et al. 1995)

II. Objetivo General y Objetivos Específicos

2.1. Objetivo general

- Determinar el Efecto de la aplicación de inoculantes bacterianos en la composición química y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz forrajero (*Zea mays L.*).

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la características de composición química del ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en forma de microsilos.
- Comprobar la fermentación mediante la determinación de PH y Temperatura del ensilaje en forma de microsilos de maíz forrajero (*Zea mays L.*).

III. Hipótesis:

- **Ha:** El uso de inoculantes bacterianos mejorara el valor nutritivo del maíz forrajero (*Zea mays L.*).
- **Ho:** El uso de inoculantes bacterianos no mejorara el valor nutritivo del maíz forrajero (*Zea mays L.*).

IV. Marco Teórico o Marco Referencial

4.1. Maíz (*Zea mays* L.)

Terranova 1995, manifiesta que el maíz (*Zea mays* L.) es originario de América, donde era el alimento básico de las culturas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran al nuevo mundo.

El maíz forma un tallo erguido y macizo, una peculiaridad que diferencia a esta planta de casi todas las demás gramíneas, que lo tienen hueco. La altura es muy variable, y oscila entre poco más de 60 cm en ciertas variedades enanas y 6 m o más; la medida es de 2,4 m. Las hojas alternas son largas y estrechas. El tallo principal determina en una inflorescencia masculina; esta es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas, cada una con tres anteras pequeñas que producen los granos de polen o gametos masculinos (Terranova 1995).

La inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca, que agrupa hasta un millar de semillas dispuestas sobre un núcleo duro. La mazorca crece envuelta en unas hojas modificadas o brácteas; las fibras sedosas o pelos que brotan de la parte superior de la panocha o mazorca son los estilos prolongados, unidos cada uno de ellos a un ovario individual.

El polen de la panícula masculina, arrastrado por el viento (polinización anemófila), cae sobre estos estilos, donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada ovario fecundado crece hasta transformarse en un grupo de maíz (Terranova 1995).

Cuadro 1. Composición química del maíz

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	88,00
NDT	%	78,00
Energía digestible	Mcal/kg	3,40
Energía metabolizable	Mcal/kg	3,05
Proteína (TCO)	%	9,40
Calcio (TCO)	%	0,03
Fosforo total (TCO)	%	0,29
Grasa (TCO)	%	3,80
Ceniza (TCO)	%	1,30
Fibra (TCO)	%	2,60

Fuente: Gèlvez, 2009

Según Araya, 1996, el grano de maíz está compuesto por tres partes principales:

Pericarpio: Capa exterior de cubierta protectora dura y fibrosa que encierra el grano comprende el pericarpio la testa y la cofia, en un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege el embrión. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias.

Endospermo: Reserva energética, representa el 80-84% de peso total del grano. Compuesta por un 90% de almidón y 7% proteína, acompañadas de aceites, minerales y otros compuestos. Funciona como dador de energía a la planta en su desarrollo.

Germen: En el extremo más bajo del grano ocupando el 9,5 al 12% del volumen total de grano. Posee dos partes destacables, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo que constituye una gran reserva de alimento. En el grano maduro del germen contiene alto porcentaje de aceites (35-40%).

El cultivo de maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual el hombre cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca, entre otros. La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas, chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y el maíz de choclo (cañas y hojas) varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea. La proporción entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivar. (Pasturas de América, 2006)

Cuadro 2. Composición del maíz forrajero

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	85,00
NDT	%	51,00
Energía digestible	Mcal/kg	2,15
Energía metabolizable	Mcal/kg	1,75
Proteína (TCO)	%	5,40
Calcio (TCO)	%	0,47
Fosforo total (TCO)	%	0,07
Grasa (TCO)	%	1,10
Ceniza (TCO)	%	6,10
Fibra (TCO)	%	29,50

Fuente: Gélvez, 2009

La composición química indica que el maíz forrajero es bajo en materias nitrogenadas (4,5% de proteína bruta promedio). La pared celular presenta un mayor porcentaje hemicelulosa que de celulosa. Su bajo porcentaje de lignina lo hace ser más digestible que las pajas de cereales, siendo así mismo más rico en azúcares solubles que estas. Por esta razón este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1,69 y 2.1 Mcal/kg de materia seca. (Manterola y Mira, 1999).

Manterol y Mira 1999, indican que la tasa de degradación de la materia seca a nivel ruminal es baja y lenta, alcanzando niveles de 22%, lo que afecta el consumo.

En el cuadro 3 se detallan la proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del maíz forrajero.

Cuadro 3. Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes de maíz forrajero.

Componentes	PB (%)	DIVMS (%)
Hojas	4,5	55,6
Tallos	3,1	59,7
Chalas	4,7	69,1
Mazorcas	4,7	58,0
Cañas + hojas	4,2	55,8

Fuente: Vet-Uy, 2004

El uso directo de rastrojos está reservado más bien a vacunos, ya que dado al grosor de los tallos, los ovinos y caprinos no pueden aprovechar bien este recurso, debiendo trozarse, pero aun así habrá un alto porcentaje de rechazo (Manterola, y Mira, 1999)

4.1.1. Recolección, tratamiento y ensilaje.

Aun cuando la biomasa producida por el maíz es alta, en el caso de la cosecha mecánica un porcentaje importante de los componentes no se puede coleccionar, ya que quedan muy picados. Sin embargo, se puede utilizar directamente con animales a pastoreo. Se estima que al pastorear un forraje de maíz con bovinos, se pierde entre un 50 y 70 %, pudiendo mantenerse 1.5 unidades animales (UA) por hectárea durante 90 - 100 días.

En el caso de maíz de consumo fresco, se puede colectar con una ensiladora de maíz o por corte manual para posterior ensilado. El uso de ensiladora tiene la ventaja que el residuo quedará trozado.

Debido a que la fibra de la caña de maíz es muy larga, tiende a permanecer mucho tiempo en el rumen, siendo necesario picarla para mejorar la tasa de pasaje y el consumo.

En el caso de forraje de maíz seco, el tratamiento químico con NaOH, al igual que en las pajas de cereales, ha demostrado ser efectivo, obteniéndose incrementos de 12 unidades digestibles y de 25 unidades porcentuales en el consumo (Manterola et al., 1999).

4.1.2. Uso del maíz forrajero con bovinos de carne.

El maíz forrajero puede utilizarse en casi todas las categorías de vacunos de carne, a excepción de los terneros recién destetados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que es un recurso fibroso, con bajo contenido de proteínas y aportes limitados de energía. Al ser utilizado en pastoreo directo y por razones de rotación de cultivos, podrá usarse durante un corto período de tiempo antes de roturar el suelo para el siguiente cultivo.

Al cosechar el maíz forrajero éste puede incluirse en raciones de novillos en niveles que pueden fluctuar entre el 20 y 60%, dependiendo de la calidad del forraje y de los otros componentes de la dieta.

Al incluir entre 20 y 30% de caña de maíz, se pueden obtener ganancias de 800 a 900 gramos por día por animal, siempre que el forraje se suministre picado.

Al incluir en niveles de 60%, las ganancias de peso bajan a 500 - 650 gramos por día.

Cosechado y almacenado, puede constituir un excelente recurso invernal para la alimentación de vacas en su último tercio de gestación. También para alimentar novillos en el período de otoño - invierno, cuando se quieren obtener bajas tasas de ganancia de peso, para aprovechar el crecimiento compensatorio que se producirá con los pastos en la siguiente primavera (Pasturas de América 2006).

4.1.3. Uso del maíz forrajero en vacas lecheras.

El forraje de maíz puede ser pastoreado directamente por vacas lecheras, siempre que las mismas, estén secas o tengan producciones inferiores a 15 litros por día por vaca. Al ser cosechado, debe ofrecerse picado, a fin de disminuir el rechazo. En este caso, puede incluirse en niveles de 20 - 30% en raciones de vacas lecheras que produzcan 18 - 20 litros por día, teniendo la ventaja de aportar la fibra necesaria para el funcionamiento del rumen y materia grasa de la leche, especialmente cuando las vacas reciben cantidades altas de concentrado.

En vacas que pastorean praderas de alfalfa, es conveniente hacerlas consumir el forraje de maíz antes de su acceso a la pradera, a fin de evitar problemas de meteorismo. La vaquillonas de reemplazo pueden pastorear directamente el rastrojo, obteniéndose ganancias de 400 - 500 gramos por día por animal. Durante el período invernal, el forraje picado puede incluirse en niveles entre el 30 - 50%, dependiendo de las ganancias de peso que se desee obtener (Pasturas de América 2006).

4.2. Procesos químicos-biológicos de ensilado.

El forraje que se ensila experimenta una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de las enzimas de la planta y de los microorganismos presentes en la superficie foliar o que puedan incorporarse voluntariamente (aditivos) o accidentalmente (contaminación con suelo o similar). Las enzimas actúan sobre procesos respiratorios y sobre la descomposición de glúcidos y proteínas. (Cañete y Sancha, 1998).

4.2.1. Respiración celular.

Al principio el forraje en el silo continúa respirando, absorbiendo oxígeno y liberando anhídrido carbónico, con desprendimiento de calor. Esta respiración ocasiona una pérdida de materia seca muy digestible y sobre todo reduce el contenido de azúcares de la planta, perjudicando la actuación posterior de la flora láctica que no podría encontrar suficiente cantidad de hidratos de carbono para garantizar una suficiente acumulación de ácido láctico. Por ello, es conveniente llenar y cerrar lo más rápidamente el silo. El aire aprisionado en el interior de un silo es desprovisto de oxígeno en menos de 12 horas, produciéndose un ligero aumento de la temperatura de la masa ensilada de 3 a 5 °C. (Cañete y Sancha, 1998).

4.2.2. Hidrólisis de las proteínas.

Las materias nitrogenadas de las plantas están constituidas en su mayor parte por proteínas (70-80% del total) y en menor cuantía por aminoácidos libres, aminas y de formas minerales (iones nitrato y amonio). Las proteínas se degradan a formas más simples del tipo aminoácidos y aminas, entre otros. Las proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos. Esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4. Esto explica que, incluso en buenos ensilados, el

contenido de nitrógeno soluble sea mayor que el de la planta verde y que pueda representar más del 50% del nitrógeno total (Cañete y Sancha, 1998).

4.2.3. Acción de los microorganismos.

Hay gran diversidad de microorganismos que se desarrollan más o menos intensamente en función de las circunstancias predominantes en el ensilaje. Algunos de estos microorganismos son beneficiosos, al acidificar la masa del forraje (disminuye el pH) y desarrollarse en ausencia de aire (anaerobiosis).

Otros son perjudiciales, creciendo y multiplicándose en presencia de aire con lo que compiten con la microbiología láctica por los azúcares y otros, más propios de condiciones anaerobias, pueden destruir parte de la proteína, incluso ácidos formados previamente, originando olor desagradable (Argumentaría et al., 1997). En una primera fase se registra el desarrollo de bacterias aerobias (*Klebsiella* y *Acetobacter*) que son por tanto, más activas cuanto mayor sea la cantidad de aire aprisionado en el forraje.

Estas bacterias emplean como sustrato o alimento los hidratos de carbono que pueden transformar en anhídrido carbónico o ácido acético, ácido cuya eficacia conservadora no es muy notable debido a su escasa capacidad acidificante. Tras un período de tiempo que varía entre las 24 y 48 horas aparecen bacterias (*Leuconostoc* y *Streptococos*) que transforman los azúcares en ácido láctico que ayuda a bajar el pH más rápidamente. A medida que las concentraciones de este ácido son más abundantes, estas bacterias van disminuyendo al tiempo que aparecen otras (*Lactobacillus* y *Pediococcus*) que forman ácido láctico en grandes cantidades; esto sucede entre el 3o y 5o día.

Desde aquí hasta el día 17 a 21 de la conservación el ácido se va acumulando en cantidades crecientes al tiempo que el forraje se hace cada vez

más inhabitable para otras bacterias. De modo que si durante este período se ha producido suficiente cantidad de ácidos como para llevar el pH a valores de 4,2 o inferiores, existe la garantía de que el forraje se conservará perfectamente por un período indefinido de tiempo, con un valor nutritivo semejante al que poseía al ser puesto en el silo. Por el contrario, si el forraje era pobre en azúcares (leguminosas, plantas jóvenes) o por el contrario se ha empobrecido antes de ensilarlo (respiración celular, fertilización nitrogenada, etc.) o simplemente las bacterias aerobias de la primera fase los han agotado, entonces las bacterias lácticas, formadoras del ácido láctico conservador, no tendrán suficiente cantidad de azúcares a su disposición como para conseguir bajar el pH a 4,2 y ello permitirá el desarrollo de otros microbios que van a destruir el forraje poco a poco.

En este caso, en primer lugar actúan unas bacterias (*Clostridium* sacarolíticos) que atacan a los hidratos de carbono formando un ácido (butírico) de olor desagradable y escaso poder acidificante, dificultando así la actividad de las bacterias lácticas y por si fuera poco, también destruyen el ácido láctico ya formado, con lo que la acidez de la masa disminuye y permite la proliferación de otros grupos bacterianos (*Clostridium* proteolíticos) que van a continuar el proceso de putrefacción que afecta ahora a la proteínas, originando amoníaco como producto final, el cual termina por neutralizar la acidez residual (Cañete y Sancha, 1998).

Al tiempo, que actúan las enzimas de la planta, se produce un desarrollo de los microorganismos presentes en la superficie del forraje en el momento de recolección.

Finalmente es necesario considerar las fermentaciones debidas a mohos y levaduras, que tienen lugar por la presencia de oxígeno en el interior del ensilado bien sea por la falta de estanqueidad del silo, o por que hayan quedado bolsas de aire a causa de una deficiente compactación o por la apertura descuidada del mismo (Cañete y Sancha, 1998).

4.3. Etapas del ensilaje.

A partir del período de recolección y picado del forraje, hasta finalizar el proceso de ensilaje, se dan diferentes fases que son necesarias conocer para dar un manejo correcto y obtener los logros deseados, así:

4.3.1. Respiración.

Fase I:

Cuando el forraje es cosechado, el O₂ está presente y el proceso dominante que afecta la calidad del forraje es la respiración de la planta, en donde se cree que la formación de ATP es limitada y la mayoría de energía se pierde en forma de calor el cual aumenta la T° del silo. Cuando la T° aumenta a más de 35°C es posible que se comiencen a presentar algunas reacciones conocidas como de Maillard en las cuales los azúcares y los aminoácidos son polimerizados formando compuestos que tienen muchas de las características de la lignina, insolubilizando la proteína involucrada en la reacción, aumentando el contenido de ADIN (Nitrógeno insoluble en detergente ácido) e incrementando aún más la temperatura interna del silo. A valores de 50°C o más el ensilaje comienza a presentar un oscurecimiento y caramelización de los azúcares solubles produciendo pérdidas en la calidad del producto final (Schroeder 2004).

Existen diferentes organismos aeróbicos que predominan en la superficie del forraje, los cuales inmediatamente después de realizarse el ensilado, continúan su proceso respiratorio con el oxígeno remanente. Al comienzo del proceso, cuando hay presencia de oxígeno y la temperatura se encuentra entre 20 y 60°C se presenta un crecimiento de bacterias aerobias Gram negativas (enterobacterias), mohos y levaduras que compiten con las BAL por los CS y produciendo toxinas que pueden, en el peor de los casos, intoxicar a los animales que consumen el silo degradado.

Los carbohidratos solubles que consumen estos microorganismos, podrían ser utilizados por las bacterias benéficas para formar ácido láctico. Sin embargo, este proceso reduce el oxígeno y finalmente crea las condiciones anaeróbicas deseadas. Por otro lado, la respiración de estas bacterias produce agua y anhídrido carbónico (HCO) y liberan compuestos como ácido fórmico, acético, láctico, butírico y alcohol (Schroeder 2004).

Todas las plantas y animales utilizan la misma ruta metabólica para extraer la energía disponible de los carbohidratos. Esta es conocida como la Glicólisis y es utilizada tanto por los organismos aerobios como por los anaerobios ya que no requiere la presencia de O₂ para sus reacciones y es la única fuente importante de energía del metabolismo de carbohidratos de que pueden disponer estos últimos.

Otro proceso importante que se produce en esta fase, es la reducción de las proteínas a aminoácidos y luego a aminos y amoniaco, esta reducción puede llegar a ser hasta del 50% del total de la proteína de la planta, esta tasa de degradación depende del pH del silo, así mientras menor es el pH, menor será la actividad de las enzimas proteolíticas, causando menores daños a la proteína (Schroeder 2004). Los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras, bacilos, *Listeria* spp. Mohos y enterobacterias son los que actúan en mayor grado en esta etapa.

Por los procesos fermentativos anteriormente nombrados, esta fase aerobia no se debe permitir, pues disminuye sensiblemente la digestibilidad; si el silo se cierra en forma hermética, el oxígeno presente se consume con rapidez (primeras cinco horas) y garantiza un buen resultado, permitiendo que las BAL se desarrollen rápidamente (Schroeder 2004).

4.3.2. Acidificación.

Fase II:

En las siguientes fases se producen fermentaciones anaeróbicas, las cuales dependiendo del sustrato, las condiciones del medio (pH, T° y humedad, entre otras) y las bacterias dominantes, generan diferentes productos finales. El proceso glicolítico mencionado anteriormente (Figura 1) es igual para estas bacterias produciendo 2 moléculas de piruvato por cada Glucosa que entra en la ruta. Durante este proceso hay una reducción de dos moléculas de NAD⁺ (coenzima para la Gliceraldehído 3-P Deshidrogenasa) hasta NADH. Sin embargo las células contienen cantidades limitadas de NAD⁺ el cual se debe estar reciclando para que la oxidación de la glucosa no se detenga. Es por esto que el piruvato finalmente se reduce hacia uno de los diversos productos de la fermentación (Hobson 1988). En el caso de las levaduras se reduce a etanol con la liberación de CO₂, esta es conocida como fermentación alcohólica, muy utilizada en la industria (Figura 2).

El resultado neto de la glucólisis en los microorganismos anaerobios es la producción de 2 ATP (el cual es crucial para su utilización en las reacciones que requieren energía) y los productos de la fermentación los cuales son considerados como desecho para los mismos (Brock 2000).

Luego de que todo el oxígeno es utilizado por la bacterias aeróbicas, Comienza una fase de fermentación anaeróbica en donde ocurre el crecimiento de las bacterias que producen ácido acético y otros productos finales (etanol, CO₂, H₂, NH₃), Uno de los microorganismos que más se desarrollan en esta fase son las Enterobacterias, las cuales trabajan a un pH óptimo de 7.0 (D'Mello 2002). El ácido acético producido es deseable, ya que puede ser utilizado por los rumiantes, además comienza el proceso de reducción del pH. Cuando este llega alrededor de 5.5 - 5.0, las bacterias acéticas comienzan a morir, debido a que estos niveles de pH inhiben su crecimiento. Esta fase dura entre 24 y 72 horas (Schroeder 2004).

Las Enterobacterias son Bacilos Gram negativos no espatulados, inmóviles o móviles, aerobios facultativos, oxidasa negativo, fermentadores de azúcar con diferentes productos finales, la bacteria más conocida de este género y de cualquier otra cepa bacteriana es la E.coli. Se pueden diferenciar dos modelos generales de fermentación en este grupo de bacterias: Fermentación ácido mixta en la que se forman 3 ácidos (acético, láctico y succínico), también se forma etanol, CO₂ y H₂, estos dos últimos en igual cantidad ya que los forman a partir del ácido fórmico ($\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$). El otro tipo de fermentación es del 2,3-butanodiol en esta se forman menores cantidades de ácido y los principales productos son el butanodiol, etanol, CO₂ y H₂, pero en esta se forma más CO₂ ya que este se produce en las fermentaciones que llevan al butanodiol (Brock 2000).

4.3.3. Estabilización del forraje ensilado.

Fase III:

En esta fase comienza el desarrollo de otro grupo de bacterias, las BAL, que actúan mejor a este tipo de pH, estas producen en su gran mayoría ácido láctico a partir de CS como resultado final de la fermentación. Esta es la fase más deseable de la fermentación ácida y es la que da una mejor eficiencia en la preservación del producto final, debiendo equivaler (el ácido láctico) a un 60% del total de los ácidos orgánicos producidos (Schroeder 2004).

Esta fase es la más larga del proceso (hasta 21 días) y continua hasta que el pH del forraje es lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento de cualquier tipo de bacteria presente dentro del silo incluyendo las mismas BAL. En este punto el ensilaje alcanza su estado de preservación máximo y ya no existe ningún tipo de proceso destructivo siempre y cuando se mantengan las condiciones anaeróbicas (Schroeder 2004).

4.3.4. Deterioro aeróbico.

Fase IV:

Esta última fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación 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 ensilaje, por acción de levaduras, estos son microorganismos eucarióticos, anaeróbicos facultativos y heterótrofos. En todo ensilaje, tanto la actividad de levaduras anaeróbicas como aeróbicas son indeseables. Bajo condiciones anaeróbicas las levaduras fermentan azúcares produciendo etanol y CO₂. La producción de etanol no sólo disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico, sino que también produce un mal gusto en la leche. Bajo condiciones aeróbicas, muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO₂ y H₂O. La degradación del ácido láctico eleva el valor del pH del ensilaje, lo cual a su vez permite el desarrollo de otros organismos indeseables (Elferink et al. 1999).

En la segunda etapa se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos, estos se asemejan a los clostridios, son bacterias de forma cilíndrica que forman esporas. Sin embargo, se los puede distinguir fácilmente ya que son aeróbicos facultativos, mientras que los clostridios son todos anaeróbicos obligatorios. Los bacilos fermentan un amplio rango de carbohidratos generando compuestos tales como ácidos orgánicos (acetato, lactato y butirato), etanol, 2,3-butanodiol y glicerol (Elferink et al. 1999).

La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios facultativos como los mohos, los cuales son organismos eucarióticos. Es fácil identificar un ensilaje infestado por mohos debido a los filamentos de diversos colores y de gran tamaño que producen muchas especies. Los mohos se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, en un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante el deterioro aeróbico (Fase 4) todo el ensilaje puede ser invadido por mohos. Las especies más frecuentemente encontradas en el ensilaje pertenecen a los géneros *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Byssochlamys* spp., *Absidia* spp., *Arthrinium* spp., *Geotrichum* spp., *Monascus* spp., *Scopulariopsis* spp. Y *Trichoderma* spp. (Elferink et al. 1999).

Para evitar fracasos, es importante controlar y optimizar el proceso de ensilaje de cada fase. En la fase 1, las buenas prácticas para llenar el silo permitirán minimizar la cantidad de oxígeno presente en la masa ensilada. Las buenas técnicas de cosecha y de compactado permiten reducir las pérdidas de nutrientes (carbohidratos) inducidas por respiración aeróbica, dejando así mayor cantidad y calidad de alimento para la fermentación láctica en la Fase 2. Durante las Fases 2 y 3, el agricultor no tiene medio alguno para controlar el proceso de ensilaje. Para optimizar el proceso en las Fases 2 y 3 es útil recurrir a aditivos que se aplican en el momento del ensilado. La Fase 4 comienza en el momento en que reaparece la presencia del oxígeno. Para minimizar el deterioro durante el almacenaje, se debe asegurar un silo hermético; En esta fase se han encontrado pérdidas por deterioro mayores al 60% de la masa ensilada total y atribuidas en su totalidad a la descomposición aeróbica secundaria (D'Mello 2002).

Si el silo se encuentra mal tapado y mal compactado continúa entrando oxígeno y la respiración no se detiene, lo cual trae como consecuencia una pérdida de materia seca en el ensilaje y un aumento en la temperatura que puede llegar hasta 62°C, con pérdida de materiales y disminución en la digestibilidad por

sobrecalentamiento de la proteína. La temperatura óptima para el desarrollo de las BAL se encuentra entre 26 y 39°C y su crecimiento cesa a los 50°C. El éxito del ensilaje consiste en una buena distribución del material y un apisonamiento y tapado adecuado para desalojar la mayor cantidad posible de aire al comienzo del proceso (Jiménez y Moreno 2000).

El pH final del forraje ensilado depende fuertemente del tipo de forraje así como de las condiciones y tiempo de ensilado. El ensilaje de fuentes energéticas como el maíz, puede alcanzar un pH menor de 4. A medida que la humedad del ensilaje es mayor, las poblaciones de BAL se reducen y la de clostridios se aumenta, estas bacterias anaeróbicas generan ácido butírico en vez de láctico lo que resulta en ensilajes rancios, este tipo de fermentaciones mantienen el pH en niveles alrededor de 5.0. Muchas de estas bacterias pueden fermentar tanto carbohidratos como proteínas, disminuyendo el valor nutritivo del ensilaje y produciendo aminas biogénicas tóxicas para el animal. Además, la presencia de clostridios en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; esto puede resultar en la contaminación de la leche, ya sea directamente o por ubres mal aseadas. La especie de mayor importancia en las lecherías es *Clostridium tyrobutyricum*, un organismo ácido tolerante. Además de poder fermentar carbohidratos, también puede degradar el ácido láctico en ácido butírico, H₂ y CO₂ (Brock 2000).

4.4. Inoculantes

Estos son productos comerciales que contienen una gran concentración de bacterias ácidos lácticas (BAL) que incrementan la población natural de BAL en los cultivos, ayudando a que ocurra una rápida y eficiente fermentación dentro del silo (Muck y Kung Jr., 1997). Funcionan como estimulantes de la fermentación e inhibidores del deterioro aeróbico (Stefanie et al., 1999).

Los inóculos bacterianos promueven una más rápida y eficiente fermentación de los materiales ensilados, lo cual incrementa la calidad y cantidad (incremento en la recuperación de la materia seca) del producto ensilado. Estos aditivos presentan algunas ventajas sobre los otros tipos de aditivos, incluyendo su bajo costo, seguridad en su manejo, baja tasa de aplicación por tonelada de forraje picado y no contaminan el ambiente (Bolsen et al., 2001).

Estudios realizados a más de 1000 ensilajes y 25000 silos indican, que en un 90 % de los casos se encuentran respuestas favorables en la disminución del pH y un incremento en la relación ácido láctico: ácido acético en comparación con los ensilajes no tratados con inoculantes. También, se evidencia una disminución en los niveles de etanol y de nitrógeno amoniacal de los materiales a los que no se les adicionó BAL (Bolsen et al., 2001).

La microflora de los ensilajes juega un papel clave en el resultado exitoso del proceso de conservación. La microflora puede ser dividida en dos grupos; los microorganismos deseables y los indeseables. Los deseables son las bacterias productoras de ácido láctico naturales presentes en el alimento a ensilar (BAL natural) y los indeseables, son que pueden producir deterioro anaeróbico (*Clostridium* y *Enterobacterias*), o bien deterioro aeróbico (levaduras, *Bacillus*, *Listeria* y hongos). Estos microorganismos perjudiciales no solo disminuyen el valor nutricional de los ensilajes, sino que pueden afectar la salud del animal y la calidad de la leche (*Listeria*, *Clostridium*, hongos y *Bacillus*) (Stefanie et al., 1999).

Las BAL pertenecen a la microflora que crece espontáneamente sobre el material de la planta. La población de BAL se incrementa sustancialmente entre la cosecha y el ensilado del forraje. Las BAL que son regularmente asociadas al ensilaje son miembros de los géneros *Lactobacillus*, *Pedococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. Su temperatura óptima de crecimiento se ubica entre 25 y 40 °C (Stefanie et al., 1999).

Por otra parte, con base en su metabolismo de carbohidratos solubles, las BAL pueden ser clasificadas como homofermentativas obligadas, heterofermentativas facultativas y heterofermentativas obligadas (Scheleifer y Ludwig, 1995; citados por Stefanie et al., 1999).

Existen cultivos agrícolas que tienen la capacidad de ensilar naturalmente; estos materiales (maíz, sorgo y forrajes de clima templado) antes de ensilarse presentan una baja capacidad buffer, altos contenidos de materia seca (>20%), altas concentraciones de carbohidratos fermentables (5 - 20%) y la presencia de una abundante flora natural de microorganismos productores de ácido láctico (Machin 1999, Otero y Esperance 1994).

En estos materiales se justifica el uso de inóculos bacterianos producidos a partir de *Lactobacillus buchneri*, microorganismo que funciona como un efectivo inhibidor del deterioro aeróbico, ya que promueve una producción mayor de ácido acético (impide el crecimiento de levaduras y hongos), prolongándose la vida útil del ensilaje por más de 38 días. (Ranjit y Kung, Jr., 2000).

En forrajes difíciles de ensilar, como las leguminosas, que presentan por lo general bajos contenidos de azúcares solubles y alta capacidad buffer (Bolsen et al. 2001) y los pastos tropicales, que poseen baja cantidad de BAL, así como de carbohidratos fermentables (carbohidratos no fibrosos), se justifica el uso de inoculantes bacterianos que actúen como estimulantes del proceso fermentativo (Muck y Kung Jr. 1997). *Lactobacillus plantarum* estimula la intensidad del proceso fermentativo en estos materiales, incrementando los niveles de ácido láctico. Los niveles de ácido acético del ensilaje no se incrementan significativamente, por lo que su aporte de este microorganismo como inhibidor del deterioro aeróbico es nulo (Keady y Steen, 1995, Singh et al., 1996, Cai et al., 1999, Ranjit y Kung Jr., 2000).

Es factible producir inóculos bacterianos a partir de forrajes tropicales, donde cada cepa inoculante debe ser aislada de un cultivo particular. Hay algunas evidencias de comportamiento donde las mejores cepas sobre un cultivo no lo son para otros. Las mejores respuestas de los inóculos se han obtenido de cepas provenientes del jugo de las plantas del que fueron aislados. La principal razón del fracaso de los inoculantes es la competencia con la flora natural de BAL. Si los inoculantes superan de 1 a 10 veces la población natural ácido-tolerante (100 millones a 100 trillones por toneladas), los inóculos parecen ser capaces de agobiarla población natural y mejorar la intensidad del proceso de fermentación (Muck y Kung Jr., 1997).

El uso de inóculos bacterianos además de mejorar la recuperación de nutrimentos y la estabilidad aeróbica de los ensilajes, también incrementa la digestibilidad de la materia seca del material ensilado. Esta información parece indicar que el uso de las BAL como un aditivo en los ensilados de forrajes tropicales, tendría gran utilidad debido a poca densidad de bacterias productoras de ácido láctico, así como a la baja concentración de carbohidratos rápidamente fermentables (azúcares y almidones) en los forrajes tropicales. Así mismo, la producción de ensilajes de buena calidad, sería una excelente solución a los problemas de escasez de forrajes durante el período seco, o de alta precipitación de lluvias. Los forrajes ensilados de excelente calidad, podrían contribuir a aumentar la fertilidad de los hatos y la carga animal en las explotaciones pecuarias de los trópicos indicadores están estrechamente relacionados con las mejoras económicas en las fincas registradas, debido al incremento en las producciones de leche y carne indicadas en estudios realizados entre 1990 y 1995 (Muck y Kung Jr., 1997). Bolsen et al. (2001) mencionan retornos netos por incrementos en la producción de leche entre 6 y 10\$ y de 14 a 15\$ por toneladas de maíz y de alfalfa respectivamente, cuando son inoculados con bacterias ácidos lácticas.

Alimentos ensilados que sufren deterioro aeróbico además de representar un riesgo para la salud, por contener microorganismos patógenos como

Clostridium botulinicum, *Listeria monocytogenes* y otros, también se constituyen en un vector de contaminación ambiental (inadecuada eliminación de los alimentos deteriorados); por lo tanto, mejorar la estabilidad aeróbica de los ensilajes conferiría una ventaja sustancial para los productores (Ranjit y Kung Jr. 2000).

La principal causa del deterioro del ensilaje es la fermentación del lactato a butirato y la actividad proteolítica de los clostridios (Luis et al., 1991)

Estudios realizados en Cuba con pastos *Pennisetum purpureum* cv. Taiwan y *Panicum máximum* cv. Likoni, donde se utilizó inoculación biológica con la cepa *Pedococcus acidilactici*, se observó una mejora en la calidad de los ensilajes inoculados, ya que disminuyó la producción de nitrógeno amoniacal e incrementó significativamente el consumo y la digestibilidad de la materia orgánica, proteína bruta y la fibra bruta (Luis et al. 1992).

La información parece indicar que el uso de las BAL como un aditivo en los ensilados de forrajes tropicales, tendría gran utilidad debido a poca densidad de bacterias productoras de ácido láctico, así como a la baja concentración de carbohidratos rápidamente fermentables (azúcares y almidones) en los forrajes tropicales. Así mismo, la producción de ensilajes de buena calidad, sería una excelente solución a los problemas de escasez de forrajes durante el período seco, o de alta precipitación de lluvias. Los forrajes ensilados de excelente calidad, podrían contribuir a aumentar la fertilidad de los hatos y la carga animal en las explotaciones pecuarias de los trópicos.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales.

5.1.1. Inoculantes bacterianos.

- Sil – All 4 x 4 Water soluble (Bacterias ácido lácticas totales, Lactobacillus plantarum, Pediococcus acidilactici 16.8×10^9 UCF/g, Enterococcus faecium 2.1×10^9 UFC/g, Bacillus pumilus 2.1×10^9 UCF/g)
- Lactosilo Gold (Lactobacillus curvatus, Bacterias lácticas, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus acidophilus, Pediococcus acidilactici, Enterococcus faecium, Lactobacillus buchneri, Bacteria láctica, Complejo multienzimático celulolítico).

5.1.2. Materias primas y ensilajes.

- Forraje de maíz.
- Melaza.

5.1.3. Equipos.

- Potenciómetro.
- Balanza analítica
- Agitadores.
- Balanza digital.

5.1.4. Materiales de laboratorio.

- Termómetros de mercurio.
- Fundas plásticas y de papel.
- Matraz Erlenmeyer de 1000 mL
- Probeta de 1000 mL
- Pissetas.

5.1.5. Materiales otros.

- Silos de capacidad de 3 kilos de forraje.
- Taladro.
- Tornillos pequeños.
- Cinta de embalaje.
- Manguera de gas.
- Botellas de agua de 500 mL
- Recipientes pasticos de 120 mL
- Gasas.
- Piola de algodón.
- Tijeras.
- Marcadores permanentes.

5.2. Métodos.

5.2.1. Ubicación.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional “RUMEN” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

5.2.2. Ubicación política

Provincia: Los Ríos

Cantón: Quevedo

Lugar: Finca Experimental “La María” km. 7 vía Quevedo-El Empalme

5.2.3. Ubicación geográfica

Altitud:	73 msnm
Longitud oeste:	79°29 s
Latitud sur:	01°06 s
Heliofanía:	819.7 horas luz ⁻¹ año ⁻¹
Clima:	Tropical húmedo; zona ecológica; bosque húmedo tropical
Temperatura media:	24.70°C
Precipitación:	1640.90 cc anual ⁻¹
Humedad relativa:	84.54%
Topografía:	80% plano; 20% ondulado.

Fuente: INAMHI: Instituto meteorológico de la Estación Experimental Pichilingue, 2013

5.2.4. Composición bromatológica de las materias primas utilizadas en la elaboración de ensilajes de forraje de maíz.

La composición bromatológica de las materias primas y conformación de los ensilajes experimentales se detalla en los (cuadros 5, 6 y 7)

Cuadro 4. Composición bromatológica del forraje de maíz.

Nutriente	Forraje de maíz
Humedad total %	73.58
Materia seca %	26.42
Proteína%	11.68
Ceniza%	7.95
Fibra cruda%	23.03

Fuente: Laboratorio de Bromatología UTEQ 2013.

Cuadro 5. Composición bromatológica de los ensilajes de forraje de maíz inoculados con diferentes aditivos microbianos a los 30 días de fermentación.

Nutriente	Ensilaje de forraje de maíz + melaza	Ensilado de forraje de maíz + Sill all	Ensilado de forraje de maíz + Lactosilo
Humedad total %	72.89	73.13	68.87
Materia seca %	27.11	26.86	31.13
Proteína %	11.96	12.22	11.78
Ceniza %	7.51	7.53	6.31
Fibra cruda %	22.83	22.56	24.17

Fuente: Laboratorio de Bromatología UTEQ 2013.

Cuadro 6. Composición bromatológica de los ensilajes de forraje de maíz inoculados con diferentes aditivos microbianos a los 60 días de fermentación.

Nutriente	Ensilaje de forraje de maíz + melaza	Ensilado de forraje de maíz + Sill all	Ensilado de forraje de maíz + lactosilo
Humedad total %	71.67	74.00	72.33
Materia seca %	28.33	26.00	27.66
Proteína %	10.19	9.92	9.62
Grasa %	1.96	2.27	2.32
Ceniza %	7.32	7.96	7.75
Fibra cruda %	25.29	27.74	28.81

Fuente: Laboratorio de Bromatología UTEQ 2013.

5.3. Diseño de la investigación

5.3.1. Tipo de investigación

Cabe indicar que el tema de investigación corresponde a la línea 11: **Nutrición y Alimentación Animal.**

5.3.2. Tratamientos.

Fueron tres tratamientos que se establecieron en esta investigación los cuales de detalla en el cuadro 8.

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos para la evaluación de estabilidad aeróbica de ensilaje de forraje de maíz con la inclusión de inoculantes bacterianos.

Tratamientos	Descripción
T1	Ensilado de maíz forrajero de 30 y 60 días + melaza
T2	Ensilado de maíz forrajero de 30 y 60 días más inoculante bacteriano Sil All 4x4
T3	Ensilado de maíz forrajero de 30 y 60 días más inoculante bacteriano Lactosilo

5.4. Diseño experimental.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se utilizó tres tratamientos de ensilajes de forraje de maíz con dos tiempos de fermentación de 30 y 60 días más la inclusión de dos inoculantes bacterianos (Sil All y Lactosilo). Cada tratamiento tendrá seis repeticiones (microsilos). Las respuestas experimentales se representan en el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = u + t_i + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

- u:** Efecto media
- t_i:** Efecto i-esimo del tratamiento
- ε_{ijk}:** Error Experimental

Los resultados experimentales se analizaron empleando el procedimiento de los modelos lineales general (GLM por sus siglas en inglés), mediante el empleo del paquete estadístico SAS versión 9.0 y las diferencias de medidas serán compararlas usando la prueba de Tukey (p<0.05).

El análisis de varianza se detalla en el siguiente cuadro 9.

Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	$t - 1$	2
Error experimental	$t \times (r-1)$	15
Total	$t \times r-1$	17

5.4.1. Características del experimento.

Para llevar a cabo esta investigación se realizó lo siguiente:

Numero de tratamientos	3
Numero de repeticiones	6
Numero de tiempos de fermentación	2 (30 y 60 días)
Unidades experimentales	36

5.4.2. Variables a investigar.

Las variables a investigar en ensilaje de forraje de maíz en dos tiempos de fermentación (30 y 60 días) más la inclusión de dos inoculantes bacterianos (Sil-All y Lactosilo) para medir la estabilidad aeróbica fueron las siguientes:

- Composición química del ensilaje de forraje de maíz en los dos periodos de fermentación (30 y 60 días).
- Control de temperatura por 7 días en cada apertura de los silos.
- Control del pH de por 7 días en cada apertura de los silos.

5.5. Descripción del proceso.

5.5.1. Fabricación de los microsilos.

Los silos fueron contruidos de material de tubos PVC de una medida de 30 cm de longitud y 12 cm de diámetro, los cuales fueron sellados con tapas de mismo material de PVC en la parte superior del silo, las tapas de sellado fueron

provistas de una válvula de tubo de motocicleta para la salida de gases producto de la fermentación anaeróbica de los microsilos, además también se les fue implementado una cañería de cobre acoplado a una manguera para el drenado de efluentes en los primeros días posterior al llenado de los microsilos, cabe recordar que la capacidad de los microsilos fue de 3 kilogramos de forraje.

5.5.2. Llenado de los microsilos.

El forraje de maíz fue picado en partículas pequeñas, para luego pesar 3 kilos aproximadamente, posteriormente con la ayuda de una prensa manual se fue compactando con el objetivo de generar un ambiente anaeróbico en los microsilos.

Se llenó 36 microsilos de los cuales existieron dos tiempos de fermentación (30 y 60 días), y la inclusión de inoculantes bacterianos (Sil All y Lactosilo) donde se preparó una solución que contuvo 750 MI de agua destilada con la adición de 1.8 gramos de cada inoculante, cada microsilo se agregó 62.5 MI de la solución inoculante. También se le adicióno melaza como fuente de glúcidos solubles incrementar la producción de bacterias ácido lácticas. La distribución de los tratamientos fue la siguiente la cual se detalla en el cuadro 10.

Cuadro 9. Distribución de las unidades experimentales.

Tratamiento	Días de fermentación	Inoculantes bacterianos
T1	6 microsilos de 30 días	
T1	6 microsilos de 60 días	
T2	6 microsilos de 30 días	Sil All
T2	6 microsilos de 60 días	Sil All
T3	6 microsilos de 30 días	Lactosilo
T3	6 microsilos de 60 días	Lactosilo
Total	36 microsilos	

5.5.3. Muestreo de los microsilos.

Para registrar el comportamiento de la estabilidad aeróbica de los tratamientos en estudio, se procedió a muestrear 18 microsilos cada 30 días hasta completar el muestreo de los 36 elaborados para el experimento en un tiempo total de 60 días (18 microsilos x 2 periodos =36 microsilos), lo que indica que se muestreo el universo de los microsilos

5.5.4. Apertura de los microsilos.

Una vez cumplido los tiempos de fermentación anaeróbica se procedió a realizar la apertura de los microsilos donde se visualizó su calidad aromática producto de una buena fermentación luego se procedió a extraer 500 gramos de cada microsililo para análisis bromatológicos, de la parte media se tomó una muestra de 10 gramos que se colocaron en un recipiente pastico de 125 mL para posteriormente colocar 100 mL de agua destilada, y se dejó en reposo por el lapso de 30 minutos, para luego filtrar el extracto de muestra y medir el pH durante 7 días con la ayuda de un potenciómetro. Para la toma de temperatura se utilizó termómetros de mercurio los cuales fueron introducidos 10 centímetros en cada microsililo por un tiempo de 30 minutos para después tomar la lectura de temperatura de cada uno.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1. Composición química.

En cuanto a la composición química de los ensilados del forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sill All y Lactosilo mostro el mayor porcentaje de materia orgánica el forraje de Maíz + Lacto silo T3 con 93.60% y el menor porcentaje de materia orgánica fue el T1 forraje de maíz con 92.54%. El comportamiento de la materia seca a los 30 d de fermentación con la inclusión de los inoculantes fue el mayor de 31.14% correspondiente al T3 forraje de maíz + Lactosilo y el menor fue de 26.73% correspondiente al T2 que es forraje de maíz + Sill All. Visto el porcentaje de ceniza a los 30 días de fermentación con la inclusión de los inoculantes presento el mayor porcentaje de cenizas es el T1 forraje de maíz 7.45% y el menor fue el T3 con 6.39. De otra manera la fibra presenta el mayor porcentaje el T3 forraje maíz con Lactosilo. Respecto a la proteína el mayor porcentaje lo presento el T2 forraje de maíz + Sill All 12.29% y el menor el T3 con 11.79%.

Para los 60 días de fermentación el T2 forraje de maíz + Sill-All presento el menor porcentaje de materia seca con 26.96%, mientras que el mayor porcentaje lo obtuvo el T1 con 28.31%. En cuanto a la materia orgánica el menor porcentaje lo presento el T2 con 92.01% y el mayor porcentaje lo obtuvo el T3 con 92.49%. Con respecto a la ceniza el T3 presento el menor porcentaje con 7.50%, el mayor porcentaje se presentó para el T2 con 7.98%. Para la fibra el tratamiento que presentó menor porcentaje fue el t1 con 25.07% en tanto que el mayor porcentaje se presentó para el T3 con 28.37%, y por último la proteína presentó el menor porcentaje para el T3 con 9.59% mientras que el tratamiento que presentó el más alto porcentaje fue el T1 con 10.38%.

Resultados que coinciden con De Godoy et al, 2006, En la evaluación de la composición química de los ensilajes, quien observó que la adición de inoculantes resultó en un menor contenido de materia seca de ensilado ($p < 0,05$). Sin embargo, ninguna influencia de inoculantes sobre la composición de la materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) , fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de los ensilajes.

Cuadro 10. Composición química de los ensilados de forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Nutriente	T1 Forraje de maíz	T2 Forraje de maíz + Sil-All	T3 Forraje de maíz + Lactosilo.	CV%	EEM	P<
Materia seca %	27.36b ^{1/}	26.73 c	31.14 a	0.98	0.07	<.0001
Materia orgánica %	92.54 b	92.56 b	93.60 a	0.14	0.01	<.0001
Ceniza %	7.45 a	7.43 a	6.39 b	1.88	0.01	<.0001
Fibra %	22.61 b	22.63 b	24.23 a	1.03	0.05	<.0001
Proteína %	11.85 b	12.29 a	11.79 b	0.85	0.01	<.0001

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

Cuadro 11. Composición química de los ensilados de forraje de maíz a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Nutriente	T1 Forraje de maíz	T2 Forraje de maíz + Sil-All	T3 Forraje de maíz + Lactosilo.	CV%	EEM	P<
Materia seca %	28.31a ^{1/}	26.96 b	27.61 ab	1.87	0.26	0.0017
Materia orgánica %	92.41ab	92.01 b	92.49 a	0.30	0.07	0.0216
Ceniza %	7.58 ab	7.98 a	7.50 b	3.66	0.07	0.0216
Fibra %	25.07 b	27.78 a	28.37 a	1.48	0.16	<.0001
Proteína %	10.38 a	9.82 b	9.59 b	3.04	0.09	0.0013

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

6.2. Medición de temperatura.

Medición de temperatura

La temperatura de los microsilos de los ensilados de forraje de maíz con dos tiempos de fermentación 30 y 60 días se muestra en los (cuadros 13 y 14). Se puede observar que la toma de temperatura a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 no existe diferencia estadísticas entre los tratamientos según la probabilidad ($p < 0.005$), por lo que se puede decir que no hubo efecto alguno con la adición de inoculantes bacterianos. Sill All y Lactosilo. Resultados que no concuerdan con lo estudiado por Cardoso (2013) en la evaluación y validación de la tecnología de producción de bioensilaje a partir de los residuos de cosecha de maíz para la alimentación de vacas productoras de leche, quien al evaluar el comportamiento de la temperatura durante 90 horas, determinó que la temperatura en los diferentes tipos de bioensilajes presenta ligeras variaciones a las 0, 45 y 90 horas alcanzando valores medios de 15, 49 y 46 °C respectivamente.

Cuadro 12. Temperaturas de los ensilados de forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Horas de estabilidad aeróbica	T1 Forraje de maíz	T2 Forraje de maíz + Sil-All	T3 Forraje de maíz + Lactosilo.	CV%	EEM	P<
0 Horas	25.00 a ^{1/}	24.91 a	24.95 a	0.55	0.01	0.5833
24 Horas	24.00 a	24.11 a	24.33 a	1.09	0.06	0.0356
48 Horas	24.08 a	23.83 a	24.00 a	1.53	0.13	0.5055
72 Horas	23.91 a	23.75 a	23.91 a	1.44	0.11	0.6368
96 Horas	24.00 a	23.91 a	23.83 a	1.72	0.16	0.7851
120 Horas	24.25 a	23.75 a	23.50 a	2.59	0.38	0.1363
144 Horas	24.16 a	24.00 a	23.91 a	1.33	0.10	0.4103

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

Cuadro 13. Temperaturas de los ensilados de forraje de maíz a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Horas de estabilidad aeróbica	T1 Forraje de maíz	T2 Forraje de maíz + Sil-All	T3 Forraje de maíz + Lactosilo.	CV%	EEM	P<
0 Horas	20.33 ^a	20.66 a	21.16 a	2.92	0.36	0.0875
24 Horas	22.66 a	22.50 a	22.83 a	3.15	0.51	0.7267
48 Horas	23.16 a	23.33 a	23.33 a	2.07	0.23	0.7911
72 Horas	23.50 a	24.16 a	24.16 a	3.26	0.61	0.2646
96 Horas	22.66 a	22.50 a	22.83 a	3.15	0.51	0.7267
120 Horas	23.83 a	23.83 a	24.00 a	2.99	0.51	0.8977
144 Horas	23.50 a	23.50 a	23.50 a	2.33	0.30	1.0000

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

6.3. Medición de pH

El Ph de los ensilados de maíz forrajero más la inclusión de LactoSilo y Sil-All con dos tiempos de fermentación 30 y 60 días se muestran en los (cuadros 15 y 16) fue recolectado a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no mostro diferencias estadísticas en los tratamientos (T1 maíz forrajero; T2 maíz forrajero + Sil-All; T3 maíz forrajero + LactoSilo), según la probabilidad ($P < 0.005$). Resultados que concuerdan con lo dicho por García 2009 en su tesis titulada “Efecto de diferentes proporciones de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y melaza sobre la composición química del ensilaje de Marango (*Moringa olaifera*), quien analizando este parámetro fermentativo observo que la mayoría de los ensilajes presentaron un pH dentro de los rangos establecidos para ensilajes bien fermentados

Los valores de pH bajos, describen el efecto de la incorporación del inóculo, debido a que proporcionan un proceso fermentativo más intenso, lo que beneficia el proceso de fermentación láctica, lo que podría reducir las pérdidas por descomposición anaeróbica y evitar el crecimiento de poblaciones de bacterias no deseables.

Cuadro 14. PH de los ensilados de forraje de maíz a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

pH	T1 Forraje de maíz	T2 Forraje de maíz + Sil-All	T3 Forraje de maíz Lactosilo.	CV%	EEM	P<
0 Horas	4.39 a ^{1/}	4.42 a	4.45 a	1.15	0.01	0.1413
24 Horas	4.37 a	4.42 a	4.55 a	3.60	0.02	0.1696
48 Horas	4.41 a	4.57 a	4.60 a	3.77	0.02	0.1646
72 Horas	4.60 a	4.55 a	4.79 a	5.58	0.06	0.2759
96 Horas	4.62 ab	4.59 b	4.93 a	4.70	0.04	0.0316
120 Horas	4.78 a	4.68 a	4.88 a	6.23	0.08	0.5196
144 Horas	4.75 a	4.66 a	4.89 a	3.94	0.03	0.1274

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/}

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

Cuadro 15. PH de los ensilados de forraje de maíz a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

pH	T1 Forraje de maíz	T2 Forraje de maíz + Sil-All	T3 Forraje de maíz Lactosilo	CV%	EEM	P<
0 Horas	4.21 b ^{1/}	4.23 b	4.36 a	1.77	0.01	0.0100
24 Horas	4.47 b	4.56 b	4.87 a	4.04	0.03	0.0053
48 Horas	4.33 c	4.58 b	4.91 a	2.98	0.01	<.0001
72 Horas	4.45 b	4.65 ab	4.73 a	4.03	0.03	0.0503
96 Horas	4.48 b	4.49 b	4.87 a	3.90	0.03	0.0026
120 Horas	4.83 a	4.80 a	4.92 a	4.32	0.04	0.5741
144 Horas	4.64 a	4.73 a	4.83 a	2.80	0.01	0.0808

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/}

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey(p ≤ 0.05)

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

- La composición química de los ensilados maíz forrajero más la inclusión de inoculantes bacterianos a los 30 días 60 días de fermentación no influye en la características nutricionales de los ensilajes
- Los dos tiempos de fermentación aeróbica de 30 y 60 del forraje de maíz en lo que respecta a temperatura y pH no fue afectada por la inclusión de inoculantes bacterianos.

7.2. Recomendaciones.

- Se recomienda realizar nuevos estudios, en los cuales se utilicen otros forrajes que permitan evaluar el modo de acción de los inoculantes bacterianos.
- También es recomendable en otros forrajes verdes como las leguminosas o gramíneas tropicales, cuyo proceso fermentativo es más restringido, en donde su impacto a nivel fermentativo y nutricional sería de mayor relevancia

VIII. Literatura citada

- Bavera, G. 2001. Rastrojos y residuos en la producción de carne bovina. Med. Vet. Profesor Titular efectivo de producción bovina de carne, Dpto. Producción Animal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto Provincia de Córdoba. República Argentina. Disponible en <http://produccionbovina.com/> curso de producción bovina de carne.
- Berto, J.L. & Frenzel, R.R. 1997. Silagen de aveia preta no estadio vegetativo, submetida a ação de inoculantes e ao efecto do emurchecimento. Rev. Bras. Zootc. 26:651
- Bolsen, K.; Brent, B.; Uriarte, E. 2001. The silage triangle and important practices often overlooked. California Animal Nutrition Conference. California, USA. 60-65 pp.
- Brock. 2000. Biología de los microorganismos. Octava edición revisada. Traducido de brock, biology of microorganisms. Prentice hall inc. Edición en español por Isabel Capela. España.
- Brock. 2000. Biología de los microorganismos. Octava edición revisada. Traducido de brock, biology of microorganisms. Prentice hall inc. Edición en español por Isabel Capela. España.
- CAI, Y.; BENNO, Y.; OGAWA, M.; KUMAI, S. 1999. Effect of applying lactic bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. Journal of Dairy Science 82:520-526.
- CAÑETE M. V. Y J.L. SACHA. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes, p. 1- 260.

- Cardoso, E 2013. Evaluación y validación de la tecnología de producción de bioensilaje a partir de los residuos de cosecha de maíz para la alimentación de vacas productoras de leche en la serranía Ecuatoriana, Riobamba Ecuador P. 56
- De Godoy , A; Mizubuti., I; Barros., F; Sales., E; Azambuja., E; Masato., R; 2006. Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 28, núm. 2, abril-junio, 2006, pp. 153-158 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil
- De la Rosa, B., Martínez, A. & Argamentería, I. 1999. Estabilidad aeróbica, calidad de los ensilajes de raigrás italiano y su respuesta en producción, según la naturaleza del aditivo empleado. ITEAR de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. 20:526
- D'mello JPF. 2002. Microbiology of animal feeds. Formerly of the scottish agricultural college (sac), west mains road, edinburgh eh9 3jg, united kingdom. [Http://www.fao.org/docrep/article/agrippa/556_en.htm](http://www.fao.org/docrep/article/agrippa/556_en.htm).
- Elferink O.Y Frank D. (1999). Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación nstitute for Animal Science and Health (ID-DLO, Dept. Microbiology, Groningen State University.
- Ensminger, M.B. 1992. The Stockman's Handbook. Feed Composition. Ed. Interstate, Inc. USA. p. 961
- Garcia, A. 2009. Efecto de diferentes proporciones de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y melaza sobre la composición química del ensilaje de Marango (*Moringa oleifera*), Managua, Nicaragua P. 16.

- Gelvez, L. 2009. Animales y Produccion. Ingenieria de producción Animal Egresada de la Universidad Nacional Experimental de Tachira. Cordero, Estado Tachira-Venezuela. Consultado el 18 de marzo del 2013. Disponible en: http://mundopecuario.com/tema61/nutrientes_para_rumiantes/maíz_paja-336.
- Gordon, F.I. 1989. A further study on the evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Sci.* 44:353
- Guim, A., De Andrade, B. & Braga, E. 1995. Efeito de inoculante microbiano sobre o consumodegracão in situ e digestibilidade aparente de silagens de milho (Zea maiz). *Rev. Bras. Zootc.* 24:1045
- Jiménez F. Y Moreno J. 2000. El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes. [Http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/documentos_cl.m](http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/documentos_cl.m)
- Kung, Jr., L., & Muck, R. E. (1997). Animal response to silage additives. In *Silage: Field to Feedbunk [NRAES-99]* (pp. 200–210). Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.
- Luis, L.; Esperance, M.; Ojeda, F.; Caceres, O.; Santana, H. 1992. Fermentación de ensilajes tropicales con la utilización de bacterias ácido lácticas aisladas en Cuba. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 15:63-69.
- Laboratorio de Bromatología de la UTEQ, Composición bromatológica de los ensilajes de forraje de maíz inoculados con diferentes aditivos microbianos a los 30 y 60 días de fermentación.
- Machin, D. 1999. The potential use of tropical silage for livestock production with special reference to smallholders. *FAO Electronic Conference on TropicalSilage*. <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/contents.htm>. Paper 5.

- Manterola, H y Mira, J. 1999 "Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes", Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. P. 222.
- Mendes, C. Q., Susin, I., Nussio, L. G., Pires, A. V., Rodrigues, G. H., & Urano, F. S. (2008). Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(12), 2191-2198.
- Muck, R.; Kung Jr., L. 1997. Effects of silage additives on ensiling proceedings from the silage: field to feedbunk. North American Conference . Hershey, Pennsylvania, USA February 11-13 p. 187-199.
- Ojeda, F.; Cáceres, O.; Esperance, M. 1991. Conservación de Forrajes. Editorial Pueblo Nuevo. 80 p. 1991.
- Otero, M.; Esperance, M. 1994. Estudio de la ensilabilidad de la Guinea Likoni (*Panicum maximum* Jacq) según el índice de azúcar-/capacidad tampón. *Pastos y Forrajes (Cuba)* 17:277-281.
- Pasturas de América. 2006. Residuos del cultivo de maíz. Consultado el 19 de marzo del 2013. Disponible http://www.ergomix.com/residuos_cultivo_de_maiz_articulos_775:AGR.htm.
- Pedraza, R. 1994. Composición química y degradabilidad ruminal de suplementos elaborados con alta integración de subproductos agroindustriales. *Revista de Producción animal* 8. P. 32-37.
- Pedroso, A.F., Ribeiro de Freitas, A. & Batista de Sousa, G. 2000. Efecto de inoculante bacteriano sobre a cualidades del silo y perdida de materia seca

- durante ensilaje en sorgo. Rev. Bras. Zootc. 29:48
- Rodrigues, P. H. M., Ruzante, J. M., Senatore, A. L., LIMA, F., Melotti, L., & Meyer, P. M. (2004). Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(3), 538-545.
- Ruiz B.O., Castillo Y., Anchondo A., Rodríguez C., Beltrán R., La O O. et al . Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. Arch. zootec. [revista en la Internet]. 2009 Jun [citado 2013 Oct 15] ; 58(222): 163-172. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922009000200001&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922009000200001>
- Schroeder JW. 2004. Silage fermentation and preservation. Ndsu extension service. North dakota state university. <Http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/dairy/as1254w.htm>
- Sharp, R., Hooper, P.G. & Armstrong, I. 1994. Thedigestion of grass silages produced usinginoculants of lactic and bacteria. Grass and Forrage Sci. 49:42
- Stefanie, J.; Driehuis, F.; Gottschal, J.; Spoelstra, S. 1999. Silage fermentation processes and their manipulation. FAO Electronic Conference on Tropical Silage.[http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/contents](http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/contents.htm) . htm. Paper 2.
- Suárez et al. 2011. Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos Pastos y Forrajes, vol. 34, núm. 1, enero-marzo, 2011, pp. 69-85, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Cuba

Terranova. 1995 Enciclopedia Agropecuaria. Tomos I y III. Santa Fe de Bogotá. Colombia. Terranova, editores. P. 109-112,118-123,159-162.

Vet-Uy, 2004. Utilización de subproductos agrícolas. Consultado el 18 de marzo del 2013. Disponible en: <http://www.vet-uy.com/articulos/agricultura/agri013.htm>.

Zambrano, D 2004. Contribución al estudio de los subproductos agroindustriales del trópico húmedo ecuatoriano para la alimentación de rumiantes. Tesis Doctoral en Ciencia Veterinarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo y Universidad de Granma Ecuador Cuba. P. 63.

IX. ANEXOS



Figura 1. Llenada al vacío del forraje de maíz en los microsilos con la prensa.



Figura 2. Secada de la muestra para posteriormente proceder a hacer los análisis respectivos de composición química en el laboratorio de bromatología.



Figura 3. Medición de temperatura a por 7 días cada 24 horas



Figura 4. Recolección de la muestra y medición de PH de la misma por 7 días cada 24 horas.



Figura 5. Equipos y procedimientos de los análisis de composición química en el laboratorio de bromatología de la **UTEQ**.