

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACION DEL EFECTO DE DIFERENTES ADITIVOS EN LA COMPOSICION
QUIMICA DEL ENSILAJE DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA LA
ALIMENTACION DEL GANADO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA**

CARLOS ALBERTO POMA MAMANI

LA PAZ – BOLIVIA

2011

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACION DEL EFECTO DE DIFERENTES ADITIVOS EN LA COMPOSICION
QUIMICA DEL ENSILAJE DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA LA
ALIMENTACION DEL GANADO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA**

*Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

CARLOS ALBERTO POMA MAMANI

Tutor:

Ing. Ph. D. Bernardo Solíz G.

Comité Revisor:

Ing. Miguel Nogales S.

Ing. Zenón Martínez F.

M. V. Z. René Condori E.

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

DEDICATORIA:

- *A Dios por darme la suficiente fuerza y valor para poder salir adelante y guiar el rumbo de mi camino y no apartarse de mi lado.*
- *A mis papás Hipólito y Francisca por apoyo incondicional que me Brindaron en todo momento alentándome con Sus consejos para seguir adelante.*

AGRADECIMIENTOS:

- Quiero hacer un especial Agradecimiento a Dios nuestro Padre, porque gracias a su voluntad y su iluminación en mi camino se pudo concluir el presente trabajo.

- A la Facultad de Agronomía por albergarme en sus aulas, al plantel docente de la Facultad de Agronomía de la U.M.S.A., por sus conocimientos brindados en mi formación profesional.

- A mi Tutor: Ing. Ph. D. Bernardo Solíz G. por su colaboración y asesoramiento del presente trabajo.

- A Tribunal Revisor: Ing. Miguel Nogales, Ing. Zenón Martínez, M. V. Z. René Condori por su orientación y revisión del trabajo.

- Agradecer a mis amigos, amigas, compañeros, compañeras y a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su valiosa amistad en los buenos momentos compartidos durante la vida universitaria.

CONTENIDO

Nº	Página
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
3.1 Cultivo de la cebada	3
3.1.1 Descripción Botánica	4
3.1.2 Densidad de siembra	5
3.1.3 Clasificación taxonómica	5
3.1.4 Características nutritivas	6
3.2 Ensilaje	6
3.2.1 Concepto de ensilaje	6
3.2.2 Importancia	9
3.2.3 Producción de nutrientes en el altiplano	9
3.2.4 Ventajas y desventajas del ensilaje	10
3.2.5 Elaboración del ensilaje	11
3.2.6 Técnicas de preparación del silo	11
3.2.7 Contenido de Humedad	12
3.3 Aditivos usados en el ensilaje	13
3.3.1 Aditivos alimenticios en el ensilado	14
3.3.1.1 La urea como fuente de nitrógeno no proteico	15
3.3.1.2 Uso de azúcar en la elaboración del ensilaje	16
3.3.1.3 Combinación gramínea – leguminosa	16
3.3.1.4 Otros aditivos empleados en la elaboración del ensilaje	17
3.4 Determinación Nutritiva del ensilaje de cebada	18

3.4.1 Proteína cruda	18
3.4.2 Extracto Etéreo	18
3.4.3 Extracto no Nitrogenado	19
3.4.2 Cenizas	19
3.4.3 Minerales	20
3.5 Características organolépticas sobre la calidad de los ensilajes	21
3.5.1 Ensilaje de Forrajes Puros	21
3.5.2 Ensilaje de Forrajes Combinados	22
3.5.3 Ensilaje de Forrajes con adicción de Sub productos Concentrados	22
4. LOCALIZACIÓN	23
4.1 Ubicación geográfica	23
4.2 Características Agroclimáticas	23
4.2.1 Fisiografía	23
4.2.2 Clima	25
4.2.3 Suelo	25
4.2.4 Vegetación	26
5. MATERIALES Y METODOLOGIA	27
5.1 Materiales	27
5.1.1 Material Vegetal	27
5.1.2 Material de Campo	27
5.1.3 Material de Laboratorio	27
5.1.4 Material de Gabinete	27
5.2 Metodología	26
5.2.1 Diseño Experimental	26
5.3 Procedimiento Experimental	27
5.3.1 Elaboración del Ensilaje	27
5.3.1.1 Construcción de los mini silos	27
5.3.1.2 Preparación de los mini silos	27
5.3.1.3 Preparación del Forraje	28

5.3.1.4 Preparación de Aditivos	29
5.3.1.5 Llenado de los mini silos	30
5.3.1.6 Compactado del forraje	30
5.3.1.7 Cierre de los mini silos	31
5.3.1.8 Disposición de los Mini silos	31
5.3.1.9 Apertura de los mini silos y muestreo	32
5.4 Variables de estudio del ensilaje de cebada	32
5.4.1 Características Químicas	32
5.4.2 Características organolépticas	32
5.5 Análisis Estadístico	35
5.6 Análisis Económico	35
6. RESULTADOS	35
6.1 Análisis bromatológico del ensilaje de cebada más aditivo	36
6.1. 1 Proteína Cruda	37
6.1.2 Cenizas	41
6.1.3 Extracto Etéreo	43
6.1.4 Extracto No Nitrogenado	45
6.1.5 Contenido de Fósforo	48
6.2.6 Contenido de Calcio	50
6.1.7 pH del ensilaje de cebada con aditivos	53
6.1.8 Contenido de Materia seca (MS)	55
6.2 Características organolépticas del ensilaje de cebada	58
6.3. Materia Verde	59
6.4 Análisis Económico	59
7. CONCLUSIONES	61
8. RECOMENDACIONES	62
9. BIBLIOGRAFIA	63

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

N°	Página
1. Composición Bromatológica de la cebada en forraje verde, en paja y en grano.	6
2. Composición nutritiva de los aditivos	
3. Datos de Temperatura, Humedad y Precipitación	25
4. Especies vegetales en la Estación Experimental Choquenaira	26
5. Concentraciones de los tipos aditivos en el ensilado	32
6. Resultados del análisis bromatológico del ensilaje de cebada en función a los aditivos utilizados	36
7. Análisis de Varianza de la Proteína Cruda con la aplicación de aditivos en el ensilado de cebada	38
8. Comparación de medias para Proteína Cruda por Aditivos en el ensilado de cebada	39
9. Análisis de Varianza de Cenizas con la aplicación de aditivos	41
10. Prueba Duncan para Cenizas por Aditivos en el ensilado de cebada	42
11. Análisis de Varianza de Extracto Etéreo	44
12. Prueba Duncan para Extracto Etéreo por Aditivos en el ensilado	44
13. Análisis de Varianza de Extracto No Nitrogenado con la aplicación de aditivos en el ensilado de cebada.	47
14. Prueba Duncan para Extracto No Nitrogenado por Aditivos en el ensilado de cebada	47
15. Análisis de Varianza de Fósforo con la aplicación de aditivos	49
16. Prueba Duncan para Fósforo por Aditivos en el ensilado de cebada	49
17. Análisis de Varianza de Calcio con la aplicación de aditivos	51
18. Prueba Duncan para Calcio por Aditivos en el ensilado de cebada	52
19. Análisis de Varianza de pH con la aplicación de aditivos	54
20. Prueba Duncan el pH por Aditivos en el ensilado de cebada	54
21. Análisis de Varianza de la Materia Seca	56
22. Prueba Duncan para Materia Seca por Aditivos en el ensilado	57
23. Características organolépticas de los diferentes tratamientos del ensilaje de	58

cebada más aditivos	
24. Rendimiento de la materia verde de la cebada	59
25. Determinación de B/C de los diferentes tratamientos	60

INDICE DE FIGURAS

N°	Página
1. Ubicación del área de estudio	24
2. Construcción de los mini silos con tubos de PVC	29
3. Corte de la cebada para el ensilado en una de las parcelas del Centro	30
4. Picado de la planta de cebada en berza para realizar el ensilado	31
5. Llenado y compactación del forraje mas aditivo en los mini silos	33
6. Contenido de Proteína Cruda del ensilaje de cebada con diferentes aditivos	37
7. Porcentaje de ceniza en la mezcla de cebada más aditivos	41
8. Porcentaje de Extracto Etéreo en la mezcla de cebada más aditivos	43
9. Porcentaje de Extracto No Nitrogenado en la mezcla de cebada más aditivos	46
10. Contenido de fosforo en la mezcla de cebada más aditivos	48
11. Contenido de calcio en la mezcla de cebada más aditivos	51
12. Efecto del pH en el ensilaje de cebada más aditivo	53
13. Efecto de la materia seca en el ensilaje de cebada más aditivos	55

INDICE DE ANEXOS

N°	Página
1. Composición de la materia orgánica de origen animal, vegetal y composición de minerales	
2. Bacterias de las fases de fermentación de biogás	
3. Producción de biogás, biol, biosol	
4. Costos de Producción del Ensilaje de Cebada	
5. Esquema del mini silo para la elaboración del ensilaje	
6. Composición de alimentos	
7. Informe de Resultados del Laboratorio de Bromatología (Seladis).	
8. Resultados del análisis de varianza para las diferentes variables evaluadas	

RESUMEN

EVALUACION DEL EFECTO DE DIFERENTES ADITIVOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DEL ENSILAJE DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA LA ALIMENTACION DEL GANADO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA

El presente trabajo de investigación se realizó en los predios de la Estación Experimental de Choquenaira de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, localizada a 6 Km., del centro de la población de Viacha ubicado en el distrito III del Municipio de Viacha en la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, a una altitud de 3700 m.s.n.m.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue, evaluar el efecto de la adición de diferentes aditivos a la cebada, sobre la composición bromatológica del ensilaje.

La especie que se utilizó fue la cebada (*Hordeum vulgare*), de la variedad IBTA-80 procedente del centro de investigación Fitoecogenéticas Pairumani.

Para el efecto se cosechó el forraje sembrado (cebada) y luego se picó con un machete a 2 cm de longitud, e introduciendo posteriormente a los mini silos y compactado en forma manual, en combinación con los aditivos: urea (4%), torta de soya (4%), alfalfa (15%), levadura de cerveza (10%) y azúcar (4%), realizando cuatro repeticiones por tratamiento. Se ensilaron por espacio de 90 días en los mini silos fabricados de tubos de PVC.

El diseño estadístico para la evaluación del presente trabajo de investigación fue completamente al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos.

Se pudo comprobar que los tratamientos T-2 (urea) y T-4 (alfalfa), presentaron un mayor contenido de proteína cruda 25.44% y 13.98%. Con relación al porcentaje de cenizas se observó que los tratamientos T-4 y T-5 presentaron mayores porcentajes 8.41% y 8.41% respectivamente, en el caso del contenido de Extracto Etéreo se logró obtener un mayor contenido en los tratamientos T-2 y T-4 con valores 4.57% y 4.46% respectivamente, con

respecto al Contenido de Fósforo se determinó que los tratamientos T-2 y T-4 presentaron mayores valores 587.36 (mg/100gr) y 565.34 (mg/100gr), para los tratamientos T-3 y T-4. También se obtuvo valores altos del Contenido de Calcio con contenido de 62.28 (mg/100gr) y 29.72 (mg/100gr), también se obtuvo buenos valores del porcentaje de materia seca donde los tratamientos T-2 y T-3 presentaron contenidos altos de 34.95 % y 34.61 % respecto a los demás tratamientos.

El análisis económico de costos se efectuó en base a los presupuestos parciales y beneficios netos para cada tratamiento, los cuales reportaron un B/C mayor a 1, lo que indica de la elaboración del ensilaje es rentable.

A partir de esta evaluación se concluye, que con el uso de urea como aditivo se registran incrementos en los tenores de proteína cruda, Extracto Etéreo, fósforo y materia seca.

EVALUACION DEL EFECTO DE DIFERENTES ADITIVOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DEL ENSILAJE DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA LA ALIMENTACION DEL GANADO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA

1. INTRODUCCION

La alimentación del ganado en el altiplano boliviano, presenta un particular desafío para una producción sostenida y equilibrada a nivel productor, particularmente durante la época seca del año; lo cual hace que la producción de plantas forrajeras tenga mayor atención en las estaciones de crecimiento vegetativo, que muchas veces está concentrado en solo cuatro meses del año, como es el caso del altiplano y valles interandinos.

Estudios anteriores, establecen la existencia de una sobrecarga animal en los campos nativos de pastoreo (CANAPAS) del altiplano en determinadas épocas del año. Como resultado de esta situación, frecuentemente se registran déficits de forraje que va en desmedro de la economía de los productores y consecuencia de ello se genera una competencia permanente por el poco alimento en las praderas existente que conlleva a la desnutrición de los animales. Para los productores lecheros y otros ganaderos, este problema se acentúa, ya que se intentan satisfacer las necesidades a lo largo del año, frente a la alta variación de la producción forrajera.

Las razones para que exista el desfase entre la disponibilidad de forraje y la población ganadera en la zona son varias, entre las que se destacan: incremento del número de animales, variaciones climáticas (lluvias, bajas temperaturas y granizadas), altitud con respecto al nivel mar, la aplicación de técnicas no apropiadas en el sistema de producción agropecuaria (baja producción) y la ausencia de instituciones relacionados al rubro pecuario de diversificar e introducir tecnologías innovadas en la producción de forrajes y animales, orientado a mejorar la calidad de vida de las familias de lugar.

Los productores de la región altiplánica para afrontar la carencia de alimentos forrajeros, llegan a conservar generalmente en estado de heno; lo cual realizan de forma tradicional, obteniendo en su mayoría un alimento de bajo valor nutritivo. Este sistema de conservación es el más generalizado a nivel productor, posiblemente se deba a la facilidad de su elaboración o ausencia de conocimiento de mejores técnicas; este tipo de prácticas presentan pérdidas considerables de principios nutritivos que aun no fueron cuantificadas (Flores, 1998).

El rubro de mayor importancia forrajera para la alimentación del ganado constituye la cebada (*Hordum vulgare L.*), esta especie se aprovecha bajo tres formas: grano, paja y ensilaje. La paja es utilizada en situaciones extremas por la falta de alimentos para el ganado; sin embargo, el de mayor uso es en forma de heno y en proporción pequeña es mediante el ensilado. El forraje conservado en forma de ensilaje es considerado como el mejor alimento en calidad, para lo cual se aplican aditamentos tendientes a elevar el valor nutritivo y la palatabilidad de los mismos.

El ensilaje es una técnica de conservación o almacenaje de forrajes verdes bajo condiciones anaeróbicas, que se requieren conservar por tiempos cortos o prolongados para el ganado.

Por las acotaciones hechas, el presente trabajo tiene el propósito de proponer una alternativa de conservación de forraje, mediante la elaboración del ensilaje de cebada con mezcla de diferentes aditivos, tendiente a mejorar el valor nutritivo y la palatabilidad mediante la aplicación de diferentes tipos de aditamentos, para una producción sostenida del ganado lechero a lo largo del año y además los costos del proceso de elaboración del ensilado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes tipos de aditivos en la composición química del ensilado de cebada (*Hordeum vulgare*).

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de materia seca del ensilado de cebada mediante la adición de cinco tipos de aditivos suplementarios.
- Evaluar el efecto de cinco tipos de aditivos en la composición química y la influencia en el valor nutritivo del ensilaje de cebada.
- Determinar el análisis económico marginal de cada uno de los aditivos utilizados en el ensilado de cebada.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Cultivo de la cebada

López (1991), indica que la cebada es cultivada en una amplia diversidad de ambientes que ningún otro cereal. La mayor parte de la cebada es producida en regiones con clima desfavorable con relación a otros cereales; donde solo el trigo puede competir con ella en esta amplitud de adaptación, aunque en áreas climáticas similares, la cebada se adapta mejor a las condiciones de clima y de suelo con relación al trigo.

Por su parte, Herve y Ríos (1992) observan una tendencia al sembrar al voleo en fechas tempranas y en surco en fechas tardías; las primeras condiciones resultan en una densidad y un macollaje bajo, seguido de una producción baja de materia verde. En tanto, la fecha de siembra tardía se diferencia nítidamente de las variables de estado, mejor crecimiento, mayor grado de macollaje y materia verde.

La Corporación Regional de Desarrollo de La Paz (CORDEPAZ) (1992), indica que la cebada, variedad IBTA 80, de mayor difusión en los valles y altiplano, fue obtenida en la Estación Experimental de San Benito (Cochabamba) a finales de la década de

los 80s y aun continua persistiendo por su alto potencial productivo en materia seca y grano (20 ton MS/ha y 10000 kg/ha).

3.1.1 Descripción Botánica

Robles (1981), refiere a la cebada como una planta sexual, su multiplicación se realiza por medio de una semilla, cuyo embrión se origina por la unión de un gameto masculino y un gameto femenino. Es monoica por encontrarse el androceo y el gineceo en una misma planta; hermafrodita y perfecta, pertenece a la familia de Gramíneas.

Según Terranova (1995), efectúa la siguiente descripción botánica de la cebada:

Raíz Adventicia.- no proviene de la radícula del embrión, pues esta desaparece y es desplazada por las raíces adventicias provenientes de las yemas de la base del hipocotilo. Es fibrosa y todas las raíces tienen igual longitud y diámetro.

Tallo.- está caracterizado por ser de una estructura cilíndrica con nudos macizos y entrenudos huecos, los entrenudos basales son más cortos. En la base del tallo se encuentra el sistema radical y de sus yemas se desarrolla otros tallos que botánicamente son secundarios a los cuales se les denomina macollos.

Hojas.- son simples, paralinervadas, de forma linear con bordes aserrados y ápice acuminado. En todo el conjunto de hojas se destaca la hoja bandera, caracterizada por poseer limbo mas corto, pero vaina mas alargada, la cual tiene como función proteger a la espiga antes de la emergencia de esta.

Inflorescencia.- presenta una espiga compuesta, formadas de otras espigas más pequeñas denominadas espiguillas, arregladas en forma alterna en el raquis o eje principal de la espiga, donde cada flor presenta órganos sexuales.

Granos.- están formados por el fruto con su semilla, que con el pericarpio, la lema y la palea forman la cascara del fruto, que es seco, indehiscente, con una sola semilla y que es un cariósido. La semilla posee dos partes, el embrión y el endospermo, que presenta dos capas, donde una es harinosa y la otra proteica.

3.1.2 Densidad de siembra

SEFO (1990), recomienda una densidad de siembra debido a su precocidad (120 días) en terrenos de temporal entre 80 a 100 kg de semilla/ha, aprovechando las precipitaciones de las épocas de lluvia, en suelos donde anteriormente se cultivaron papa o algún otro cultivo de escarda. Se puede también sembrar en surcos o al voleo en forma manual.

Camacho (1986), citado por Flores (2004), indica que en las tierras ricas en materia orgánica y bien preparadas la densidad de siembra debe ser de 100 kg/ha y en tierras mal preparadas o siembras tardías pueden aumentarse las densidades, pero nunca sobrepasar los 120 kg/ha.

3.1.3 Clasificación taxonómica

La cebada tiene la siguiente Clasificación taxonómica de acuerdo a Robles (1981):

Reino : Vegetal
División : Tracheophyta
Sud División : Pteropsida
Clase : Angiospermae
Sub Clase : Monocotyledoneae
Grupo : Glumiflora
Orden : Graminales
Familia : Graminaceae
Genero : Hordeum
Especie : vulgare

3.1.4 Características nutritivas

La cebada se cultiva desde tiempos milenarios y era utilizada en la panificación básicamente, tuvo una enorme importancia en el siglo pasado como alimento para el ganado, principalmente caballar y bestias de carga, tanto en cebada grano como en berza. Este cultivo proporciona un heno tierno y agradable cuando es segada en su momento oportuno de 10 a 20 % de espigación (SEFO, 1990); en el siguiente Cuadro 1 se presenta la composición química de la cebada.

Cuadro1. Composición Bromatológica de la cebada en forraje verde, en paja y en grano.

Composición de 100 gr.	Proteína %	Materia Grasa	Hidratos de Carbono	Celulosa	Materia Mineral
Forraje verde	2,5	0,5	8,8	5,6	1,7
Paja	1,9	1,7	43,8	34,5	4,0
Grano	10,0	1,8	66,5	5,2	2,6

Fuente: Cebada, agro información (2002).

3.2 Ensilaje

3.2.1 Concepto de ensilaje

Peretz (1980) define al ensilaje como un método de conservación de forraje, que tiende a que dicho alimento permanezca jugoso, tal como el ganado lo consume y que conserva la mayor cantidad posible de los nutrientes que el animal llegará a aprovechar.

El ensilaje para Bernal (1986) es una técnica de conservación de forrajes bastante antigua, que consiste en colocar en el silo, los forrajes verdes en estado de picado que se requiere conservar por tiempos cortos o prolongados. Al respecto, Farmer y Stockbreeder (1970), indican que los productos ensilados de las plantas herbáceas

verdes y/o gramíneas presentan una fermentación anaeróbica que coadyuvan a la formación de diferentes tipos de ácidos, principalmente láctica.

De acuerdo a Loetz (1993), de un modo general, el ensilaje es el proceso de almacenaje de forrajes bajo condiciones anaeróbicas; actividad que permite la formación de ácidos, principalmente el ácido láctico, promoviendo la fermentación del material picado, resultando en la reducción del pH hasta 4.5 a 4.2; con esta acides previene que los organismos putrefactores se proliferen. La inhibición de estos organismos no permiten que el ácido láctico y otros aminoácidos sean descompuestos a los ácidos acéticos, butíricos, amónicos, aminos y otros productos indeseables.

Para Miller (1989), la fermentación microbiana da lugar a la formación de ácidos orgánicos, que hacen descender el pH de la masa ensilada. Al principio, el ácido formado en mayor cantidad, parece ser el ácido acético, pero si la fermentación continúa de forma adecuada, al cabo de 2 a 4 días, comienza la formación de abundantes cantidades de ácidos lácticos.

Cañas (1995), afirma que las bacterias lácticas actúan sobre los carbohidratos disponibles en el forraje produciendo ácido láctico, acético, fórmico y succínico. La fermentación ocurre a baja temperatura, con un óptimo de alrededor de 20°C. Para poder mantener la fermentación se requiere ausencia de aire y un Ph de 4.2 o menos en forrajes con alto contenido de humedad y de 4.5 o menos si se trata de forrajes con poca humedad.

Las bacterias lácticas han sido definidas como micro-aereofilicas gran-positivas, no esporuladas que fermentan el azúcar hasta ácido láctico. Estas a su vez se dividen en homofermentativas (homolácticas), que fermentan principalmente hexosas a ácido láctico, y heterofermentativas (heterolácticas), que fermentan las hexosas a ácidolactico y otros productos tales como etanol y ácido acético (McDonald, 1981).

Para Miller (1989), es importante que exista una buena concentración de ácido láctico, que permite descender el pH mucho más que el ácido acético. Este pH bajo es necesario para evitar los subsiguientes tipos de actividad microbiana, que podrían dar lugar a productos indeseables.

Según McDonald (1981), en los silos bien preservados la acidificación se inicia tanto en el forraje fresco como en el pre marchitado, por medio de bacterias lácticas de tipo homofermentativo. Los organismos prominentes son: *Lactobacillus curvatus* y *Lactobacillus plantarum*. Cuatro días después del ensilado el 85% de los lactobacilos presentes en el ensilaje son de tipo heterofermentativo, siendo de carácter especialmente dominante *Lactobacillus buchneri* y *Lactobacillus brevis*. Al final del periodo de ensilado el 75% de los lactobacilos en silos de baja materia seca y 98% de los lactobacilos en silos de alta materia pertenecen a especies heterofermentativas.

Por tanto, según Cañas, (1995) menciona que el objetivo del ensilaje es conservar los forrajes y otros alimentos con un contenido de humedad elevado de 65 a 75 %, bajo cierta presión y en ausencia de aire; el forraje almacenado sufre varias transformaciones, se producen ácidos orgánicos que al bajar el pH crea un ambiente interno desfavorable para la proliferación de los organismos indeseables, por tanto, actúan como conservadores o estabilizadores.

QHANA (1996), indica que el ensilaje es el proceso de conservación de alimentos voluminosos para los animales domésticos (ganado), para satisfacer los requerimientos alimenticios, especialmente durante las temporadas secas del año y el producto resultante siempre presenta casi toda la composición inicial del forraje, especialmente de los principios nutritivos.

3.2.2 Importancia

El PDAI (1992), en base a observaciones realizadas y no como resultado de investigaciones dentro del marco científico, resume la importancia de la conservación de forraje a través del proceso de ensilaje:

- Conseguir más productos ganaderos por hectárea, constituye un importante objetivo; lo cual es preciso alcanzar bajos costos de producción. Para ello es fundamental disponer a lo largo de todo el año, de una alimentación para el ganado con una base principal de forrajes.
- Las condiciones climatológicas de la primavera, con temperatura favorable y suficiente humedad en el suelo, determinan una abundante producción forrajera que se prolonga durante el verano en las regiones de estío lluvioso y en los regadíos. Parte de los forrajes, obtenidos en las épocas de abundancia deben ser conservados, para que los consuma el ganado en los momentos difíciles.
- A igualdad de espacio, un silo almacena más materia seca que un henil; así un metro cúbico de silo lleno de forraje bien apisonado contiene 2,5 veces más materia seca que un metro cúbico de henil, en el heno se encuentra igualmente bien prensado.
- El consumo del ensilado por los animales, es mucho más apetecido que el alimento seco; por lo que el ganado consume más materia seca cuando está alimentado con ensilaje que con el heno, que cuando se le proporciona solamente heno.

3.2.3 Producción de nutrientes en el altiplano

Ante la necesidad de una suplementación nutritiva del ganado en la región altiplánica, es el resultado directo del menor consumo de materia seca por la baja

producción de la materia seca (Nutrientes totales) durante determinadas épocas del año; esta producción es variable y estacional (Sotomayor, 1998).

La problemática de la alimentación animal se establece al existir una sobrecarga animal incapaz de ser alimentada en cantidad y calidad nutritiva, como se puede comprobar por estudios realizados en praderas nativas por Cardozo, (1970), quien determinó que la carga animal por hectárea y por año es de 0.45 ovejas o su equivalente de 2.2 hectáreas por oveja por año. De todas maneras, es indudable que el productor del altiplano sobre pasa, en la mayoría de los casos la carga animal mencionada.

3.2.4 Ventajas y desventajas del ensilaje

Ventajas del ensilaje

El análisis que realiza el investigador Noller (1973) se resume que las principales ventajas del ensilaje de pastos y leguminosas aplicadas al medio del altiplano, son:

- Mayor cantidad de nutrientes para la alimentación de animales son preservados.
- Existe menos interferencia de condiciones climáticas adversas.
- Un ensilaje preparado adecuadamente puede ser preservado por largos periodos de tiempo con una mínima pérdida de nutrientes.

Desventajas del ensilaje

Las desventajas del ensilaje, se deben principalmente a los costos referidos a la construcción y mantenimiento de las estructuras (silos), así como los referidos al uso de equipos, maquinarias y preservantes. Así mismo la necesidad de manejar el doble o triple de peso ensilado, para obtener el equivalente de materia seca forrajera, almacenado como heno, representa mano de obra y un costo adicional (Achu, 1996).

De acuerdo a Bernal (1988), las limitaciones más acentuadas en el proceso del ensilaje están:

- El ensilaje prácticamente no tiene mercado, se debe consumir en la misma Unidad productiva donde se produce.
- Se debe suministrar rápidamente después de retirado la cubierta del ensilado para evitar la pudrición o descomposición.
- Se necesita una mecanización completa, que representa un alto costo.
- Existe una pérdida muy grande cuando no se lo procesa el material adecuadamente.

3.2.5 Elaboración del ensilaje

Según la FAO (1988), un buen ensilaje puede hacerse con las diferentes especies de gramíneas, aun mejor, con una mezcla de gramíneas y leguminosas. Si se hace adecuadamente, un ensilaje será palatable, nutritivo y poseerá un olor agradable. Además, tendrá un alto contenido de pro-vitamina A (caroteno); en tal sentido se recomienda seguir los siguientes pasos, para la elaboración de un buen ensilaje.

3.2.6 Técnicas de preparación del silo

Según Cañas (1995), el momento óptimo para la cosecha de un cultivo destinado a producir ensilaje esta en relación directa con la digestibilidad de la materia seca de las plantas y la producción total del forraje en relación a la materia seca que se obtiene por hectárea. Por ello, cada especie tiene un estado óptimo para el corte, mismo que depende de sus propias características; sin embargo, hay una estrecha relación entre la calidad del producto final y el valor nutritivo del material al momento del corte. Las cosechas destinadas para la elaboración del ensilaje normalmente se deben cortar en la etapa de floración temprana (estado lechoso).

El éxito de un buen ensilaje depende de las condiciones: climáticas, económicas, especie forrajera; las cuales deben considerarse antes de seleccionar la técnica apropiada; el pequeño agricultor dispuesto a hacer un poco de trabajo adicional, no debe ver con desánimo la producción de ensilaje. Así los grandes silos pueden miniaturizarse en lo que podrían llamarse mini silos, los mas importantes para recordar cuando se esta elaborando los mini silos es que los principios que rigen para los silos deben mantenerse (FAO, 1988).

Mc Donald (1981), citado por Polar (1998), indica que a medida que crece la planta forrajera el contenido de materia seca se incrementa, mientras que la humedad y la proteína cruda decrecen, como así también los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) aumentan; razón por lo cual, a medida que un forraje va madurando su digestibilidad va decreciendo.

3.2.7 Contenido de Humedad

FAO (1988), enfatiza que el forraje verde ensilado debe tener un contenido de humedad de 65 a 75% para poder fermentar adecuadamente sin pérdida excesiva de nutrientes, aunque también pueda hacerse con niveles mayores de humedad. Una manera de conocer la humedad es por el método de “Grab-test” o de la bola, que consiste en hacer una bola con el forraje picado y estrujarlo con fuerza entre las manos, soltándolo repentinamente; de las cuales se pueden esperar tres resultados:

- Si la bola no se deshace y queda liquido en las manos, esta demasiado húmedo y necesita marchitarse.
- Si la bola se desmorona lentamente y tiene algo de líquido esta listo para ensilar.
- Si la bola se deshace rápidamente, está muy seco, se debe agregar humedad, agua o melaza durante el apisonado.

Fernández (1998), indica para facilitar un óptimo trabajo de compactación, se debe distribuir el forraje uniformemente en capas de 10 – 20 cm y proceder al apisonado. La compactación es la labor mas importante en todo el proceso de ensilado, por que a través de él, se logra la expulsión del aire de la masa de forraje que se ensila, y da las condiciones favorables para la fermentación anaeróbica.

Para minimizar dificultades, se debe picar el forraje a dimensiones inferiores a 2 cm de longitud; lo cual permitirá un amoldamiento más fácil de las capas adyacentes de forraje durante el apisonamiento o compactación (Ojeda, 1991).

Para Raymond et al. (1977), mencionado por Gonzales (2000), el llenado del silo, debe de ser en el menor tiempo posible y debe realizarse con un sistema de compactación permanente que evite la circulación de aire, el calentamiento y la oxidación del material vegetal.

Llenado el silo debe cubrirse o sellarse para que no pueda entrar el aire, para ello pueden emplearse hojas plásticas (FAO, 1988). A si mismo Cañas (1995), indica que el sellado del silo es una operación que debe recibir particular atención, sobre todo cuando el tiempo de almacenaje es prolongado.

3.3 Aditivos usados en el ensilaje

Se emplean diferentes clases de aditivos para acelerar el proceso de fermentación anaeróbica, entre las que se destacan: melazas, pulpa de cítricos y maíz triturado. Estos compuestos proveen una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico. Los forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca no producen un ensilaje de buena calidad; por lo tanto, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, ya sea agregándolos directamente (ej. usando melaza) o introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje (Jiménez, 1985).

3.3.1 Aditivos alimenticios en el ensilado

Según Noller (1973), la práctica de incorporar productos alimenticios (aditivos) al material forrajero que será ensilado se justifica por tres razones:

- 1º Es importante obtener un medio ácido apropiado para la conservación en el tiempo. Para este efecto, los alimentos añadidos son generalmente los “concentrados” que suplen una fuente de carbohidratos de fácil acceso para la fermentación por parte de los microorganismos.

- 2º La práctica nace ante la necesidad de mejorar la composición nutritiva final del material obtenido.

- 3º Es un mecanismo para reducir las pérdidas por efluentes.

El uso de conservadores de los diferentes nutrientes de forrajes, según el mismo autor, debe ser considerado siempre que se proponga ensilar pastos o plantas leguminosas que contengan por arriba del 70% de humedad; también que es posible recuperar un 75% a un 80% de los nutrientes de los productos alimenticios añadidos y asegura que los aditivos alimenticios comúnmente utilizados hace 20 años fuera del país fueron:

- Productos de la molienda de maíz molido (frangollo), cebada, avena y torta de marlos de maíz en montos que varían de los 50 a 500kg/ton.

- Con la finalidad de reducir pérdidas por efluentes se utilizan la pulpa de remolacha, pulpa de frutos cítricos, marlos de maíz y forraje picado.

- Melazas de caña en forma líquida o deshidratada, a razón de 20 a 40 kg/tn de forraje verde.

3.3.1.1 La urea como fuente de nitrógeno no proteico

Miller (1980), menciona que algunos cultivos son deficientes en nitrógeno y cuando son suministrados a rumiantes requieren suplementacion con un alimento rico en nitrógeno.

Por su parte Cañas (1995) indica que la adición de urea al ensilaje con bajo contenido de proteína, mejora el nivel de esta (Cuadro 2), mejora la eficiencia de conversión alimenticia y los niveles de consumo por parte de los animales. Paralelamente, se recomienda el uso de niveles de 0.5%, ya que cantidades mayores resultan en una elevación del pH y liberan amonio provocando un cierto grado de rechazo durante el consumo.

Cuadro 2. Composición nutritiva de los aditivos

Aditivo	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)	Fibra Cruda (%)
Urea	99.00	281.00	0.00
Suero Seco	93.00	14.20	0.20

Fuente: U. S. Department of Agriculture (1988). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, Washinton D. C.

También la adición de urea en el momento del ensilaje, de acuerdo a Miller (1980) presenta otras ventajas, como la de administrar urea de modo mas uniforme al ganado a lo largo del día. Además, sostiene que en silos con buena disponibilidad de carbohidratos fácilmente fermentables existe un mejor aprovechamiento de la urea como fuente de nitrógeno no proteico, y la posibilidad de que la urea afecte negativamente al proceso de ensilado es muy escasa, recomendando un nivel de 5.0 kg por tonelada.

Mc Donald (1981), señala que la adición de urea tiene un efecto marcado en los componentes nitrogenados del ensilaje, registrando incrementos en la proteína

cruda, aminoácidos libres y amonio. Este resultado indica que no solo hay síntesis microbiana de proteína; por ello, el tratamiento con urea resulta en incrementos de muchos aminoácidos individuales, incluyendo particularmente alanina, ácido glutámico, isoleucina, lisina, threonina y valina.

En la actualidad, los aditivos comerciales actuales que contienen amonio, básicamente presentan minerales y melaza; esta última es para asegurar que los ácidos adicionales sean producidos para contrarrestar el incremento en la capacidad tampón producido por el amonio (Cañas 1995).

3.3.1.2 Uso de azúcar en el proceso del ensilaje

Las melazas, azúcares o harinas, tratan de proporcionar suficientes nutrientes a las bacterias lácticas, las cuales estimulan la formación del ácido láctico en el ensilado. Este ácido aumenta la acidez del ensilaje y coadyuva a la formación del ácido láctico (Fernández, 1998).

Por su parte Alcázar (1997), menciona que la melaza es un carbohidrato bastante soluble de fácil y rápida fermentación; este sub producto es obtenido de la industrialización de la caña de azúcar, cuyas características químicas permiten que proporcionen energía rápida para la elaboración de proteínas microbianas a partir del nitrógeno proteico.

3.3.1.3 Mezcla de gramínea–leguminosa forrajeras

Flores y Bryant (1989), mencionan que la asociación de gramíneas – leguminosas en el proceso de ensilaje, presenta varias ventajas, como: la disminución de problemas de timpanismo y el suministro de alimento de mejor calidad al ganado, por que las gramíneas suministran energía y las leguminosas suministran proteínas. Al respecto Miller y Mc Donald (1980), complementan que la combinación de leguminosas y

gramíneas mejoran las condiciones nutricionales del forraje proporcionado además condiciones óptimas para la fermentación láctica.

3.3.1.4 Otros aditivos empleados en la elaboración del ensilaje

Al describir los diversos aditivos utilizados para la elaboración de ensilajes, McDonald (1981), destaca los siguientes aspectos:

- La melaza es preferible en la pulpa ordinaria por su mayor contenido de azúcar, probando ser un excelente aditivo para leguminosas ensiladas.
- El suero por su parte es una fuente de azúcar demasiado diluida como para ser usada como aditivo.
- El suero seco aumenta la materia seca y el contenido de ácido láctico del silo (Cuadro 2), pero no es lo suficiente afectivo para justificar su uso, por el elevado costo (secado). Resultando más conveniente el uso de melazas.
- Las harinas de cereales como maíz, cebada, avena, trigo, soya y sorgo, permiten incrementar la materia seca, la cantidad de ácidos totales y de ácido láctico específicamente. Su empleo resulta en una efectiva preservación del cultivo pero no es mejor que el pre marchitado o adición de melazas; además, no provocan variación alguna en los contenidos de nitrógeno amoniacal.
- Debido a que el carbohidrato principal en las harinas es el almidón, no se proporciona gran cantidad de carbohidratos solubles para la fermentación aunque incrementa el valor nutricional del ensilado.
- A pesar de los beneficios obtenidos a partir del uso de harinas, se ha establecido que el costo de su suplementación es demasiado alto para ser considerado como práctico, concluyendo que los cereales no son buenos aditivos para ensilaje.

3.4 Determinación Nutritiva del ensilaje de cebada

3.4.1 Proteína cruda

Las proteínas son compuestos químicos de una o varias cadenas de aminoácidos estrechamente ligadas, en consecuencia las proteínas en los alimentos tienen un promedio de 16.00% de nitrógeno (promedio), además contiene moléculas de carbón, hidrogeno y oxigeno que pueden rendir energía exactamente como carbohidratos y lípidos (Babcock, Institute, 1994).

El mismo autor establece, que la proteína es el resultado del producto del contenido de nitrógeno y del factor 6,25 (100/16) y tiene funciones importantes en el organismos. Las enzimas, hormonas y los anticuerpos tienen proteínas como su estructura central, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo.

De acuerdo a De Alba (1974), citado por Tola (2002), el contenido de proteína cruda de los forrajes evalúa la calidad forrajera, debido a que en la digestión de los ruminantes, la flora microbiana es capaz de utilizar cualquier fuente de nitrógeno y convertirla en aminoácidos, que serán bien aprovechados por el animal.

Las proteínas son un componente importante de los tejidos musculares, tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne) y también juegan papeles protectivos (Babcock, Institute, 1994) y estructurales, por ejemplo pelo, fibra y cascos (Babcock, Institute, 1994).

3.4.2 Extracto Etéreo

Alcázar (1997), indica que el Extracto Etéreo agrupa a todas las sustancias solubles en éter, en este grupo se incluyen las grasas, colorantes (clorofila, carotina), ácidos orgánicos, aceites etéreos, ceras, resinas, lecitinas y alcaloides. A mayor contenido

de “C” e “H” y menor contenido de “O”, mayor será el valor de combustión de un nutriente disponible.

Miller (1989), menciona que el contenido de lípidos de los alimentos se determina como extracto etéreo y también puede figurar con la denominación de “grasa”. Sin embargo, la mayoría de los forrajes contienen cantidades apreciables de lípidos que pueden extraerse cuando entra en reacción con éter, estos no son grasas verdaderas, si no compuestos complejos como la clorofila y otros pigmentos vegetales.

3.4.3 Extracto no Nitrogenado

Este compuesto corresponde a los carbohidratos; tales como son los monosacáridos, disacáridos, pectinas, hemicelulosa y otros, que son determinados por diferencia entre la materia orgánica y los otros componentes que son estimados analíticamente (Cañas, 1995). Por su parte, Alcázar (1997) menciona la acción limitada del análisis proximal, cual es la determinación de la fracción que se realiza mediante la diferencia de 100, que resulta ser la suma de los porcentajes de humedad, proteína bruta, grasa bruta, fibra bruta y cenizas.

El método de Weende, de acuerdo al mismo autor, la especie vegetal y por la madurez de la planta, implica que el análisis de ciertos carbohidratos no sea muy preciso. Pues algunos constituyentes de la fibra cruda se añaden involuntariamente a los elementos libres de nitrógeno, sobre todo la hemicelulosa y lignina. La lignina, tiene la particularidad de ser indigestible y además disminuye notablemente la digestibilidad de los compuestos que se asocian a ella.

3.4.2 Cenizas

Las cenizas de acuerdo a Cañas (1995), son el residuo inorgánico producido al quemar una muestra en una mufla a 600°C. Los productos de origen animal como la

harina de hueso o harina de pescado sirven para estimar el contenido de Ca y P; en cambio en los alimentos de origen vegetal tienen un uso nutricional directo, pero restringido, por que los componentes de las cenizas de los alimentos de origen vegetal son muy variables en cuanto a su cantidad y componentes.

Respecto a los minerales Meynard et al (1986), citado por Tola (2002), afirman que sirven en el organismo de distintas maneras: primero como constituyentes de los huesos y de los dientes, forman parte de los compuestos orgánicos, como proteínas y lípidos que componen los músculos, órganos, células sanguíneas y otros tejidos. Son importantes en la activación de muchas enzimas e intervienen en una serie de funciones como sales solubles en la sangre y otros fluidos corporales.

3.4.3 Minerales

El calcio y el Fósforo son los minerales mas abundantes en el cuerpo de la vaca, alrededor del 75% de los minerales totales, de esta cantidad un 99% de Calcio y un 80% del Fósforo se encuentra formando parte de la estructura ósea y dientes (Sanz, 1990).

Los principios nutritivos de los minerales son necesarios para mantener la salud de los animales y conservar su vida misma. Principalmente se conocía la importancia de la sal común, del fosforo y el calcio en la alimentación del ganado. Los mismos desempeñan diversas funciones vitales en el organismo. Ante todo, el esqueleto de los vertebrados esta compuesto principalmente de minerales como el calcio y fosforo en su totalidad (Morrison, 1977).

Meynard et. Al (1986), citado por Tola (2002), indica que los minerales sirven en el organismo de distintas maneras. Como constituyentes de los huesos y los dientes. Forman parte de los compuestos orgánicos, como proteínas y lípidos que componen los músculos, órganos, células sanguíneas y otros tejidos. Son importantes en la activación de muchas enzimas e intervienen en una serie de funciones como sales

solubles en la sangre y otros fluidos corporales. A ellos también se debe el mantenimiento de las relaciones osmóticas y de equilibrio ácido- básico. Además de estas funciones generales, en las que los minerales actúan, cada uno tiene diversos papeles específicos.

3.5 Caracteres organolépticos del ensilaje

Al respecto Gross (1969), propone y describe una metodología para evaluar la calidad de los ensilados por vía de los sentidos, analizando principalmente el olor, consistencia y color que presentan los forrajes conservados a través del proceso de ensilaje.

La calificación de los ensilajes elaborados según el autor mencionado se pueden realizar con el análisis óculo- nasal y se clasifica básicamente en:

3.5.1 Ensilaje de Forrajes Puros

La calificación de los ensilajes elaborados según el autor mencionado se puede realizar con el análisis óculo- nasal y contempla básicamente:

a) Olor

Presenta un olor butírico débil, penetrante y aromático agradable a tostado

b) Consistencia

Las hojas quedan desprendidas de los tallos, es decir que se rompieron.

c) Color

Ligeramente desde amarillo hasta castaño, color verde claro a verde amarillento, poco alterado en relación al forraje Pre-ensilaje.

3.5.2 Ensilaje de Forrajes Combinados

a) Olor

Presenta un olor aromático a fruta, olor ligero a vinagre, agradable, exento de ácido butírico.

b) Consistencia

Las hojas y los tallos se conservan sin muchos cambios, es decir no existe que se llega a conservar.

c) Color

Presenta un color semejante o casi igual al forraje pre-ensilado, color verde claro a verde amarillento.

3.5.3 Ensilaje de Forrajes con adición de Sub productos Concentrados

a) Olor

Se llega a obtener un olor aromático a pan, exento de de ácido butírico.

b) Consistencia

Las hojas y los tallos no sufren modificaciones, por lo que se llega a conservar.

c) Color

El color no lleva a variar por lo se presenta un semejante al producto inicial, color verde amarillento.

4. LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental de Choquenaira de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, localizada a 6.0 Km., de la población de Viacha, ubicado en el distrito III del Municipio de Viacha en la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, a una altitud de 3870 m.s.n.m.

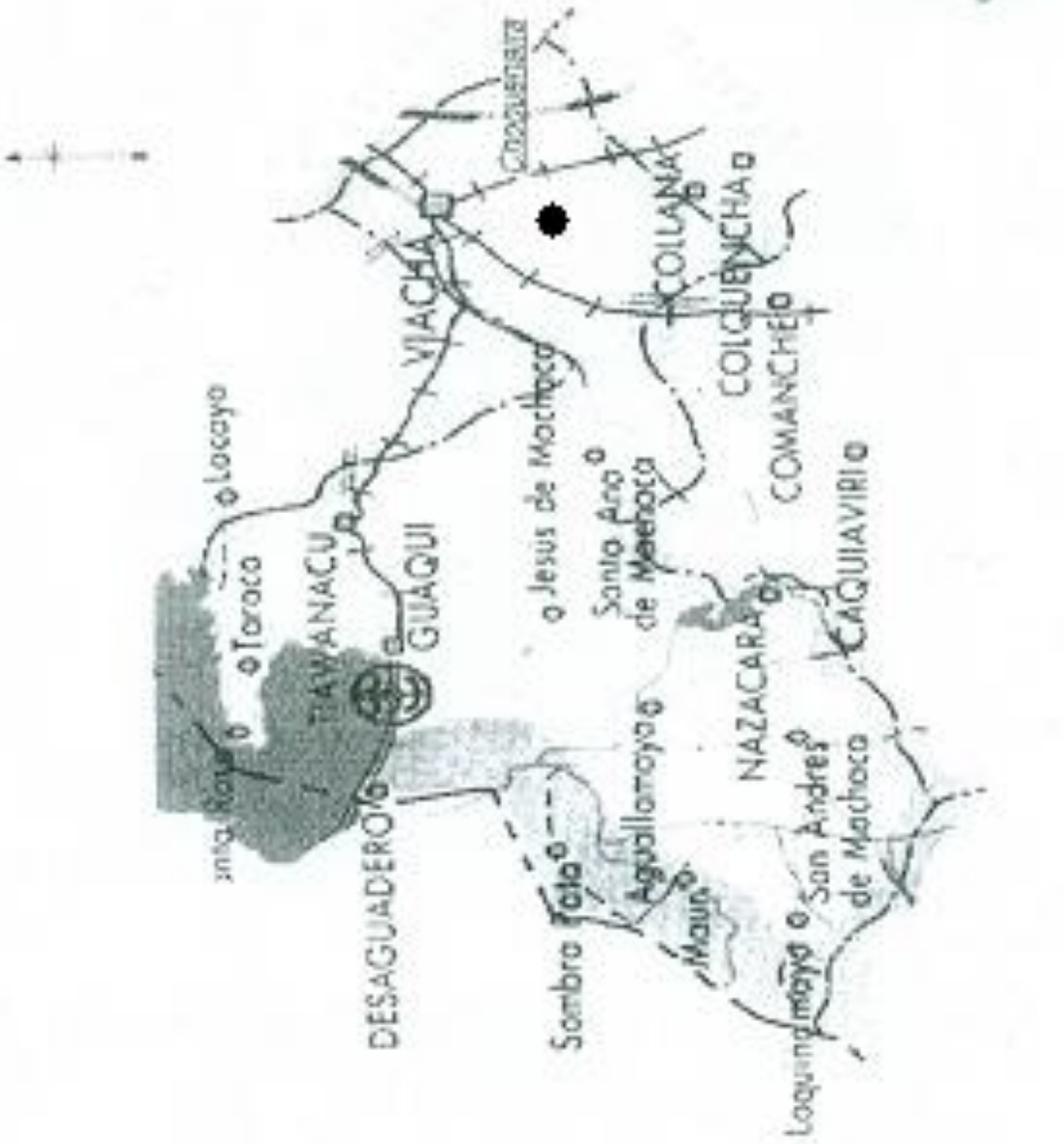
La Estación Experimental de Choquenaira geográficamente se encuentra entre los paralelos 16°42' 5" de altitud Sur y 68°15' 15" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a una distancia de 36.0 km al sur-oeste de la ciudad de La Paz, limita al norte y oeste con los terrenos de la Radio San Gabriel y la colina Huacullani (Choquenaira), al sur con la Comunidad Choquenaira y al este con el río Jacha Jahuíra.

4.2 Características Agroclimáticas

4.2.1 Fisiografía

Fisiográficamente las tierras de la Estación Experimental de Choquenaira presentan fluctuaciones de Serranía, ladera y mayormente plana con algunas pequeñas ondulaciones, donde se puede distinguir dos grandes paisajes: Aluvial no inundable y Aluvial inundable, este último ocupa la mayor parte del área del Centro.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



4.2.2 Clima

La Estación Experimental de Choquenaira presenta un “Clima Templado Frio” con vegetación montano Estepa a Estepa espinosa (Holdridge, 1982). Los datos de los principales indicadores del clima se muestran en el cuadro A – 1.

Los datos climáticos registrados durante el desarrollo del presente trabajo de investigación corresponden a la gestión agrícola 2009 – 2010 (Cuadro 3), con registro mensual para los factores de temperatura, precipitación. Humedad y días con heladas.

Cuadro 3. Datos de Temperatura, Humedad y Precipitación.

Mes	Temperatura			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
	Media	Máxima media	Mínima media		
Diciembre	10.5	18.2	3.8	45	78.5
Enero	11.2	17.4	5.1	46	128.4
Febrero	11.8	17.1	5.5	49	113.5
Marzo	10.4	17.2	4.2	55	95.7
Abril	9.6	17.7	0.1	48	28.6
Mayo	9.1	17.6	-1.1	40	30.1
Junio	8.5	17.1	-5.2	41	25.3
Julio	8.1	17.5	-4.3	38	22.5
Agosto	9.2	17.2	0.8	35	21.6
Septiembre	9.3	17.6	2.5	39	23.4
Octubre	10.2	18.1	3.4	40	21.5
Noviembre	10.7	18.5	3.7	38	23.8
Total	53.5	87.6	18.7	243	444.7
Promedio	10.7	17.52	3.74	48.6	88.94

Fuente: SENAMHI, Viacha (2009 – 2010).

4.2.3 Suelo

Los suelos de la Estación Experimental de Choquenaira presentan una profundidad efectiva de 20 cm., siendo extremadamente delgados y muy delgados, de poco desarrollo genético: fáciles de trabajar, respondiendo de forma excelente a los agregados orgánicos e inorgánicos. El suelo tiene un color gris oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo y en el subsuelo de color gris oscuro en seco y gris en húmedo (Callisaya, 1994).

También reporta el mismo autor, que estos suelos presentan una textura de carácter franco arcilloso a arcilloso, de estructura bloque sub angular moderada fina, consistencia ligeramente adhesiva en mojado, suelto en húmedo y ligeramente duro en seco. El suelo presenta una humedad aprovechable total extremadamente pobre en mayor parte del área, con excepciones en la parte central del mismo, por lo que en época de lluvias la retención de humedad es baja, permaneciendo seco de 7 a 8 mese al año.

4.2.4 Vegetación

En el área de estudio se encuentran especies dominantes como son las gramíneas principalmente, leguminosas y algunos cultivos forrajeras; las cuales se presentan en el siguiente cuadro (4).

Cuadro 4. Especies vegetales en la Estación Experimental Choquenaira.

Nombre Común	Nombre Científico
Cachu chuji (chiji negro)	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>
Cebadilla	<i>Bromus unioloides (HPK)</i>
Chiji blanco	<i>Distichlis humilis</i>
Chillihua	<i>Festuca dolichophylla</i>
Cola de ratón	<i>Hordeum andicola</i>
Diente de león	<i>Tharaxacum officinalis</i>
Ichu	<i>Stipa ichu</i>
Kcora	<i>Malvastrum sp</i>
Layu	<i>Trifolium amabile</i>
Llapa	<i>Boutelona simplex</i>

Paja brava	<i>Festuca sp</i>
Reloj reloj	<i>Erodium cicutarium</i>
Sillu sillu	<i>Lackemilla pinnata</i>
Thola	<i>Lepidophyllum quadrangulare A</i>
Thola	<i>Parastrephia quadrangulare A</i>
Totorilla	<i>Scirpus rigidus</i>

Fuente: Callisaya (1994)

5. MATERIALES Y METODOLOGIA

5.1 Materiales

Para la realización del ensayo se utilizaron los cultivos de cebada variedad IBTA – 80 procedente SEFO de Cochabamba y cultivo de alfalfa, torta de soya, urea, levadura de cerveza y azúcar, que fueron proporcionados por la Estación Experimental de Choquenaira.

1) Material de Campo

- Aditivos
- Flexo de 5 metros
- Valdez
- Hoz
- Machete
- Saquillos de algodón
- Alambre de amarre

2) Material de Laboratorio

- Balanza Analítica
- Sobres de papel manila
- Mini silos (4" * 0.65m)
- Tapas de goma de neumático
- Bolsas de nylon para las muestras

- Guantes desechables

3) Material de Gabinete

- Computadora
- Cuaderno de campo
- Cámara fotográfica

5.2 Metodología

5.2.1 Diseño Experimental

El diseño aplicado en el experimento fue Completamente al Azar, seis tratamientos con cuatro repeticiones, según el modelo propuesto por Calzada (1982) y el modelo estadístico lineal aditivo corresponde a la siguiente ecuación:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = una observación cualquiera

μ = media poblacional

α_i = efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = error experimental

Tratamientos

En cada uno de los tratamientos se efectuaron combinaciones homogéneas: forraje picado más aditivo según las proporciones estimadas para uno de ellos, como ser:

Tratamientos:

V0 = cebada

A - V1 = cebada + urea

A - V2 = cebada + torta de soya

A - V3 = cebada + alfalfa

A - V4 = cebada + levadura de cebada

A - V5 = cebada + azúcar

5.3 Procedimiento Experimental

5.3.1 Elaboración del Ensilaje

5.3.1.1 Construcción de los mini silos

En la construcción de los mini silos se consideraron la técnica propuesta de Achu (1996); a lo cual respondió satisfactoriamente a los objetivos propuestos por el autor: Esta técnica es una adaptación de los silos Parker (1978), que consiste en un conducto de PVC (plástico acrílico) de 4" x 0.65m de largo (Figura A-5).



Figura 2. Mini silos de tubos de PVC.

5.3.1.2 Preparación de los mini silos

Previamente al ensilaje, se realizaron el lavado y desinfectado correspondiente con detergente de los mini silos, para luego cerrar inicialmente uno de los extremos herméticamente para evitar el ingreso de aire, para ello se usaron abrazaderas metálicas de seguridad en ambos extremos.

5.3.1.3 Preparación del Forraje

a) **Corte.**- El corte de las plantas de cebada se efectuaron en la etapa fenológica de estado lechoso. El segado se efectuó directamente de las parcelas de sembradío de forrajes y se procedió el segado manual a una altura de 5.0 cm sobre el nivel del suelo para evitar las impurezas y restos de tierra. (Figura 3).



Figura 3. Corte de la cebada para el ensilado en una de las parcelas del Centro.

b) **Picado.**- El picado del forraje de cebada fue realizado manualmente con un machete sobre una tabla con una longitud de 2 a 3 cm. de largo aproximadamente (Figura 4).



Figura 4. Picado de la planta de cebada en berza para realizar el ensilaje.

5.3.1.4 Aplicación de Aditivos

1). Urea

La urea se incorporo en una proporción del 4.0% al forraje picado ya que en mayores cantidades resulta la elevación de pH con liberación de amonio que provoca cierto rechazo en el consumo, para luego mezclar en forma uniforme (urea – material picado).

2). Torta de soya

Este material de elevado contenido de proteínas, se mezcló uniformemente en un 4.0% con el material de cebada picada.

3). Alfalfa

Esta planta forrajera en combinación con la planta forrajera de cebada se utilizó en una proporción de 15.0%, para luego realizar la uniformización de la mezcla.

4). Levadura de cerveza

Se realizó la uniformización correspondiente de la levadura de cerveza en un 10% y se incorporó al forraje picado mediante asperjado y luego realizar una mezcla homogénea y uniforme.

5). Azúcar

Se adicionó azúcar morena en el forraje picado a un 4%, para después realizar la homogenización de la muestra o ensilaje.

En el cuadro 5. Se presentan las diferentes proporciones de los diferentes aditivos empleados en el proceso del ensilaje en los mini silos para los seis tratamientos del experimento.

Cuadro 5. Concentraciones de los tipos aditivos en el ensilado

Tratamiento	Cebada (%)	Aditivo (%)	Total (%)
T1: Testigo	100	0	100
T2 : Urea	96	4	100
T3: Torta de soya	96	4	100
T4: Alfalfa	85	15	100
T5: Levadura de cerveza	90	10	100
T6: Azúcar	96	4	100

5.3.1.5 Llenado de los mini silos

Luego de realizar las mezclas de los tratamientos se procedió el llenado de los mini silos, en forma manual utilizando aproximadamente 6.0 kg. de las combinaciones por unidad experimental (tubo).

5.3.1.6 Compactado del forraje

Antes de depositar e introducir el forraje picado, se peso cada uno de acuerdo al cálculo establecido, y se procedió con la compactación de las muestras, utilizando un callapo (tronco de unos 10 cm de diámetro) de 1.3 m de longitud; con el propósito de eliminar el aire del interior de los mini silos. La compactación fue en capas de 10 a 15 cm. con la finalidad de lograr una buena fermentación (Figura 5).



Figura 5. Llenado y compactación del forraje mas aditivo en los mini silos

5.3.1.7 Sellado de los mini silos

Una vez llenado con muestras y compactado los mini silos, fueron cerrados, no sin antes de colocar una pesa de cemento de 2.5 kg en la parte posterior, con el objeto de continuar con la eliminación de oxígeno. Una vez realizado esta actividad, se cerraron herméticamente los extremos de los tubos con cámaras de neumáticos, presionando fuertemente con las abrazaderas tanto en la parte superior como inferior con el fin de evitar el ingreso de aire.

5.3.1.8 Almacenado de los Mini silos

En un ambiente cerrado de la E.E. Choquenaira se depositaron los mini silos en una posición vertical, separándolos a una distancia aproximada de 15 cm, para lograr un adecuado desarrollo del proceso de fermentación, estos mini silos permanecieron en el ambiente indicado por espacio de 90 días, tiempo suficiente para la realización de una buena fermentación anaeróbica y de los procesos bioquímicos.

5.3.1.9 Apertura de los mini silos y muestreos

Luego del tiempo transcurrido (90 días), los mini silos fueron abiertos y se extrajeron muestras representativas de cada tratamiento, a razón de 500.0 gr unidad experimental, aproximadamente; previamente se desecharon la capa superficial de cada uno de los mini silos (5.0 cm de espesor), luego se tomaron muestras de diferentes capas del mini silo, estas se homogenizaron y se cuartearon para obtener una muestra de 250gr; posteriormente estas sub muestras se colocaron en sobres de papel manila previo etiquetado con la identificación respectiva del tratamiento.

Preparado el material de forma adecuado, se llevó al Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnostico e Investigación en Salud ("Seladis") de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas de la UMSA, para su correspondiente análisis bromatológico.

5.4 Variables de estudio del ensilaje de cebada

5.4.1 Valor Nutritivo

Los nutrientes que se tomaron en cuenta para determinar la composición química de las muestras del ensilaje de la mezcla de cebada más aditivo, fueron básicamente:

- Proteína cruda
- Cenizas
- Lípidos

- Carbohidratos
- Determinación del pH
- Fosforo
- Calcio

Como se indico anteriormente el análisis de las muestras se realizaron “Seladis” de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas.

5.4.2 Características organolépticas

- Consistencia
- Color
- Olor

5.5 Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados utilizando los módulos de análisis de varianza y el modelo lineal general (GLM), utilizando programa estadístico computarizado “Statistical Analysis System Inc”. (SAS, 1985).

5.6 Análisis Económico

Para el análisis económico se calcularon y se interpretaron los elementos de Beneficio neto y las relaciones Beneficio/Costo (B/C) para todos los tratamientos, ajustando el rendimiento obtenido a un 10% en reducción al rendimiento obtenido con el fin de eliminar la sobre estimación del ensayo de acuerdo a las recomendaciones hechas por CIMMYT (1988).

6. RESULTADOS

La presentación y discusión de los resultados del proceso del ensilado en el año agrícola 2009 y 2010, se realizaron tomando los datos de las variables de respuesta contemplados en la propuesta de la investigación, seguido de los procedimientos

detallados en la metodología. En la discusión se enfatizó los resultados del análisis bromatológico del ensilaje de las diferentes combinaciones efectuadas a base de los aditamentos.

6.1 Composición Nutritiva del ensilaje de cebada más aditivo

Como se indicó en la parte metodológica, el análisis de la composición química del ensilaje de cebada en función a los aditamentos se realizó en el Laboratorio de “SELADIS” de la UMSA, por constituir la más representativa de la ciudad de La Paz.

En el cuadro (6) se presentan los resultados obtenidos del análisis químico de cada uno de los tratamientos en función a los aditivos aplicados; constituyéndose como materia prima la cebada forrajera picado. El análisis químico contemplo básicamente la determinación de Proteína cruda (PC), Cenizas (Cz), Extracto Etéreo (EE), Extracto no Nitrogenado (EnoN), contenido de fósforo (CP), contenido de Ca (CCa), pH y Materia Seca (MS).

Cuadro 6. Resultados del análisis bromatológico del ensilaje de cebada en función a los aditivos utilizados

Variable	Valores					
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
Proteína Cruda (%)	6.38	25.44	8.26	13.98	7.78	6.58
Cenizas (%)	6.42	6.57	6.74	8.41	7.28	6.95
Extracto Etéreo (%)	2.95	4.57	4.12	4.46	3.16	3.21
Extracto No Nitrogenado (%)	22.27	18.85	17.64	13.49	17.71	28.20
Contenido de Fósforo (mg/100gr)	504.03	587.36	528.49	565.34	313.60	410.40
Contenido de Calcio (mg/100gr)	18.73	22.74	62.28	29.72	17.07	28.38
pH	4.23	4.20	4.30	4.37	4.33	4.27
Materia Seca (%)	32.60	34.95	34.61	34.38	33.17	34.73

T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

Gr = gramo; mg= miligramo; %= porcentaje.

6.1. 1 Proteína Cruda

De acuerdo al análisis el contenido de PC del ensilaje de cebada combinado con seis tipos de aditivos, el Tratamiento 2 (urea), presentó la mayor proporción de PC con 25.44% en combinación con la cebada picada dentro el mini silo, seguido de los tratamientos T-4 y T-3 con 13.98 y 8.26%, mientras los porcentajes mínimos corresponden a T-6 y T-1. Por último con el menor valor se tiene al Tratamiento 5 con solo el 6.38% (Figura 6).

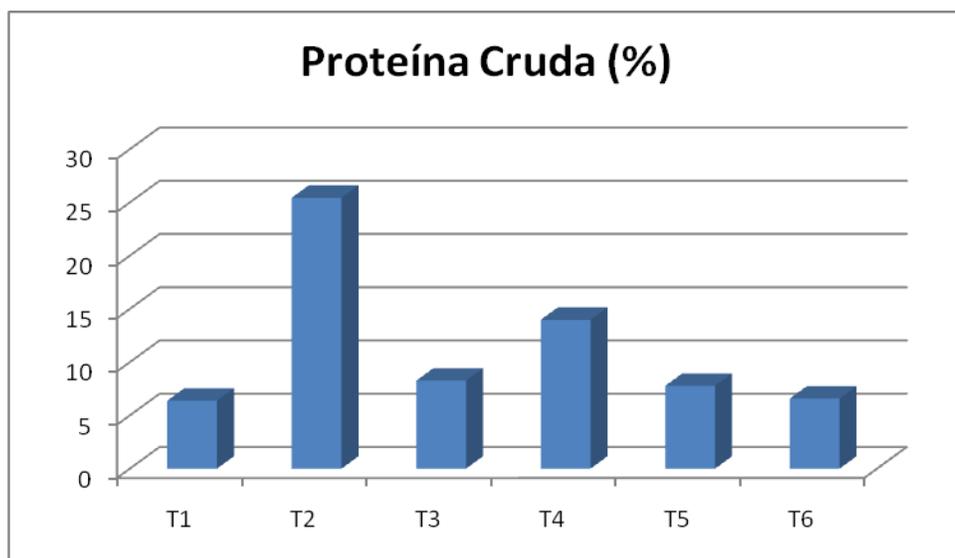


Figura 6. Contenido de Proteína Cruda del ensilaje de cebada con diferentes aditivos

Efectuado el análisis de varianza (Cuadro 7) para la proteína cruda, registran diferencias significativas entre tratamientos, siendo el coeficiente de variación de 6.85%; lo cual indica la confiabilidad del experimento. Por la significancia de los resultados se efectuaron las correspondientes comparaciones de medias Duncan.

La incorporación de urea en el proceso de elaboración del ensilaje influye positivamente en el incremento del porcentaje del tenor proteico del forraje, por el mayor valor obtenido de un 25.44% de Proteína Cruda.

En la figura 6. muestra con mayor claridad la marcada influencia que tuvieron los diferentes aditivos sobre el tenor proteico de las muestras en estudio, notándose la superioridad de la muestra tratada con urea.

Estos resultados concuerdan con las afirmaciones de Mc Donald (1981), quien menciona que la adición de urea tiene efectos marcados sobre los componentes nitrogenados del ensilado, provocando un incremento en la proteína cruda, proteína verdadera, aminoácidos libres y amoniaco. Esto indica que la adición de urea no solo evita la pérdida de proteína, sino que también existe una síntesis microbiana de proteína.

Milford y Minson (1963), citado por Tola (2002), sostiene que niveles muy bajos de proteína en forrajes y pastos muy maduros, están asociados con una reducción del consumo. El nivel óptimo está alrededor de 7,0% de proteína (base seca), que corresponde a la necesidad mínima de proteína para el mantenimiento del peso corporal del animal. El valor de la urea en el presente trabajo fue superior en todos los tratamientos al valor citado por los anteriores autores.

Cañas (1995), señala que la proteína en todo caso, es tal vez el factor mas importante del alimento. El contenido proteico de un alimento es una medida indirecta de sus nutrientes digestibles, ya que los componentes proteicos son altamente digestibles comparados por ejemplo con los carbohidratos.

Cuadro 7: Análisis de Varianza de la Proteína Cruda con la aplicación de aditivos en el ensilado de cebada.

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	277.76	0.0001 *

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 6.85 %

El análisis de varianza para la evaluación del contenido proteico se registro diferencias significativas al 5% de probabilidad. El coeficiente de variación que registro esta variable es igual al 6.85% encontrándose dentro del rango admisible, por lo que se efectuó la prueba de Duncan al nivel de 0,05 de probabilidad.

Por las diferencias estadísticas existentes entre tratamientos, se procedieron a la comparación de medias por la prueba de Duncan al 5.0% de probabilidad; estas diferencias se presentan en el cuadro 8.

El mayor porcentaje de PC corresponde al T-2 con 25.44% con respecto a los restantes tratamientos; en términos porcentuales este tratamiento supera en 54.95% al T-4 (alfalfa + cebada); mientras el T-4 también se constituye diferente a los T-3, T-5, T-1 y T-6 con 13.98% de PC.

Cuadro 8: Comparación de medias para Proteína Cruda por Aditivos en el ensilado de cebada.

Tratamientos	Medias (%)	Duncan Grouping
T-2	25.4467	A
T-4	13.9833	B
T-3	8.2600	C
T-5	7.7767	C
T-1	6.3800	D
T-6	6.1667	D

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

La comparación de medias indica también la agrupación de dos grupos uniformes bien diferenciados, el primer grupo está constituido por los T-3 y T-5 con 8.26 y

7.77% respectivamente; en tanto el último grupo que registró valores muy inferiores corresponden a los T-1 y T-6.

De acuerdo a los resultados obtenidos de PC (Cuadro 8. y Figura 6.), con la incorporación de urea en el proceso de elaboración del ensilaje de cebada, se observa claramente la influencia positiva, el mismo está traducido en el mayor incremento del tenor proteínico del forraje conservado, del cual se tiene un 25.44% de Proteína Cruda.

La figura 6. Se muestra con mayor claridad las marcadas diferencias entre los tratamientos estudiados y la influencia que tuvieron los diferentes aditivos en la concentración del tenor proteínico de las muestras en estudio; notándose la superioridad de las muestras tratadas con urea.

6.1.2 Cenizas

Se puede observar que en el análisis el contenido de cenizas del ensilaje de cebada bajo el efecto de seis diferentes aditivos, registro el valor mas alto de porcentaje de cenizas con 8.41% correspondiente al tratamiento 4 (alfalfa) seguido por los tratamientos 5 y 6 con los valores de 7.28% y 6.95% respectivamente. De lo cual se puede deducir que en el tratamiento 4 la incorporación de alfalfa en la elaboración del ensilaje influye en la acumulación de material mineral, por lo cual se puede indicar y sugerir que a mayor porcentaje de alfalfa mayor contenido de material mineral en el ensilaje (Figura 7).

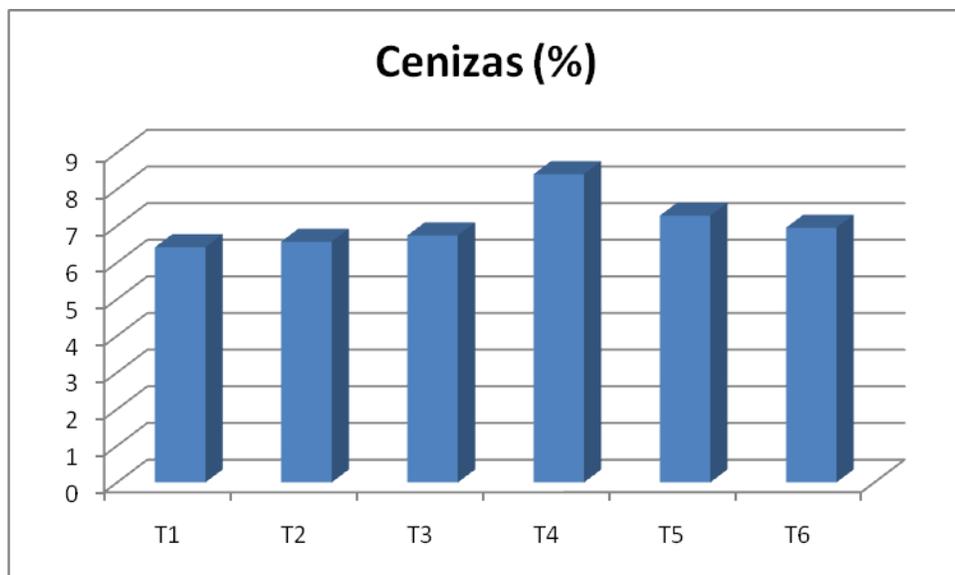


Figura 7. Porcentaje de ceniza en la mezcla de cebada más aditivos

Se puede notar en la figura 7, que el tratamiento 1, correspondiente al testigo fue el que menor porcentaje de ceniza obtuvo con un 6.42%, con respecto a los otros tratamientos que presentaron mayor porcentaje de cenizas.

Cuadro 9: Análisis de Varianza de Cenizas con la aplicación de aditivos

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	5.01	0.0104 *

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 8.63 %

En análisis de varianza efectuado para los valores porcentuales de ceniza de las muestras de silo, determino que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Duncan > 5%). Así también se determino que las diferencias entre aditivos son claramente significativas. El coeficiente de variación del análisis de la ceniza es de 8.63% este valor esta dentro del rango de aceptación y confiabilidad.

Por la significancia de los resultados se efectuaron las correspondientes comparaciones de medias Duncan.

Cuadro 10: Prueba Duncan para Cenizas por Aditivos en el ensilado de cebada.

Tratamientos	Medias (%)	Duncan Grouping
T-4	8.4133	A
T-5	7.2833	B
T-3	6.7433	B
T-2	6.5667	B
T-1	6.4200	B
T-6	6.4033	B

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

De la prueba de Duncan se identifica la comparación de medias la agrupación de un grupo uniforme bien diferenciados, constituido por los T-5, T-3 T-2, T-1 y T-6, con 7.28, 6.74, 6.56, 6.42 y 6.40% respectivamente inferior ($p < 0.05$) al T-4 con con la incorporación de la alfalfa.

Por, otra parte la incorporación de urea como aditivo, tuvo un efecto reductor sobre el tenor de ceniza del ensilado, no obstante a pesar de que las diferencias entre muestras y los contenidos el resto de los aditivos fueron significativo en el contenido de cenizas.

6.1.3 Extracto Etéreo

Conocida también como grasa bruta o cruda, de la que solo el 40 % es grasa verdadera y el resto componen los pigmentos (clorofila, carotina), vitamina, etc., sin embargo, la cantidad de extracto etéreo de por si es bajo en los forrajes (Flores y Bryant, 1985, citado por Prieto, 1988).

En el ensilaje de cebada bajo la acción de seis tipos de aditivos, muestra que en el Tratamiento 2 (urea), se obtuvo un mayor porcentaje del Extracto Etéreo con un valor a 4.57%, seguido de los tratamientos 4 y 3, con valores de 4.46% y 4.12% respectivamente. Por último se tiene al Tratamiento 1 con solo el 2.95% (Figura 8).

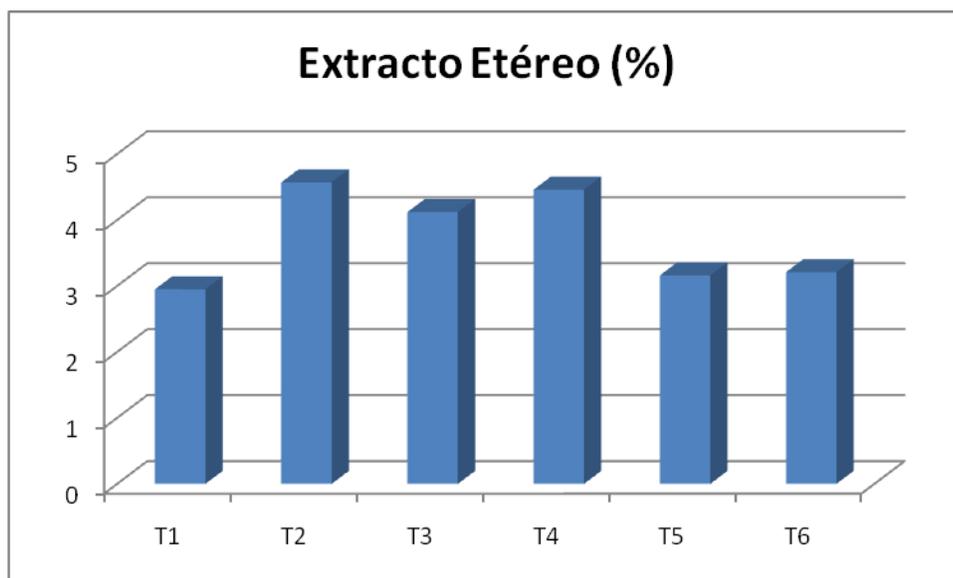


Figura 8: Porcentaje de Extracto Etéreo en la mezcla de cebada más aditivos

El Extracto Etéreo agrupa a todas las sustancias solubles en éter, además incluye las grasas, ceras y alcaloides, colorantes como la clorofila y carotina. Por tanto, al hablar de mayores tenores de Extracto Etéreo, nos referimos también a mayores contenidos de caroteno o provitamina A (Alcázar, 1997).

Cañas (1995), indica que las grasas se caracterizan por ser altamente energéticas, le confieren un mejor sabor a la ración y aportan los ácidos grasos esenciales, favorecen la absorción de nutrientes, además de evitar la disgregación de partículas cuando el alimento se administra picado o cuando se adiciona concentrados y evitan el polvo en la fabrica de alimentos.

Por lo tanto se puede afirmar que los mayores contenidos de Extracto Etéreo de algunos tratamientos se deben a menores pérdidas de pigmentos, entre otros

componentes de la fracción y por lo tanto contribuye mejor en una conservación del valor nutritivo del forraje.

Cuadro 11: Análisis de Varianza de Extracto Etéreo

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	6.38	0.0041 *

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 12.93 %

El análisis de varianza para los valores de Extracto Etéreo determino que existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes tratamientos. El coeficiente de variación fue de 12.93%, esta dentro del rango de confiabilidad del experimento.

Cuadro 12: Prueba Duncan para Extracto Etéreo por Aditivos en el ensilado

Tratamientos	Medias (%)	Duncan Grouping
T-2	4.5700	A
T-4	4.4633	A
T-3	4.1233	B A
T-6	3.2900	B C
T-5	3.1600	C
T-1	2.9533	C

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

En la comparación de medias indica la agrupación de tres grupos uniformes bien diferenciados, el primer grupo está constituido por los T-2 y T-4 con 4.57 y 4.46% respectivamente; el segundo grupo se tiene a T-3 y T-6 con 4.12 y 3.29%, en tanto el último grupo que registró valores muy inferiores corresponden a los T-5 y T-1.

La figura 8. Se muestra con mayor claridad las diferencias entre los tratamientos estudiados y la influencia que tuvieron los diferentes aditivos en la concentración del Extracto Etéreo de las muestras en estudio; notándose la superioridad de las muestras tratadas con urea.

6.1.4 Extracto No Nitrogenado

De acuerdo al análisis realizado, el contenido de Extracto No Nitrogenado del ensilaje de cebada bajo la acción de seis tipos de aditivos, registraron los siguientes resultados; el Tratamiento 6 (azúcar), tuvo la mayor contenido de Extracto No Nitrogenado con 28.20%, en combinación con la cebada picada dentro el mini silo, seguido de los tratamientos T-1, T-2, T-5 y T-3 con valores 22.27%, 18.85%, 17.71% y 17.64% respectivamente con menores valores, Por lo cual se puede decir que la adición de azúcar en la elaboración del ensilaje llega a aumentar el contenido de Extracto No Nitrogenado.

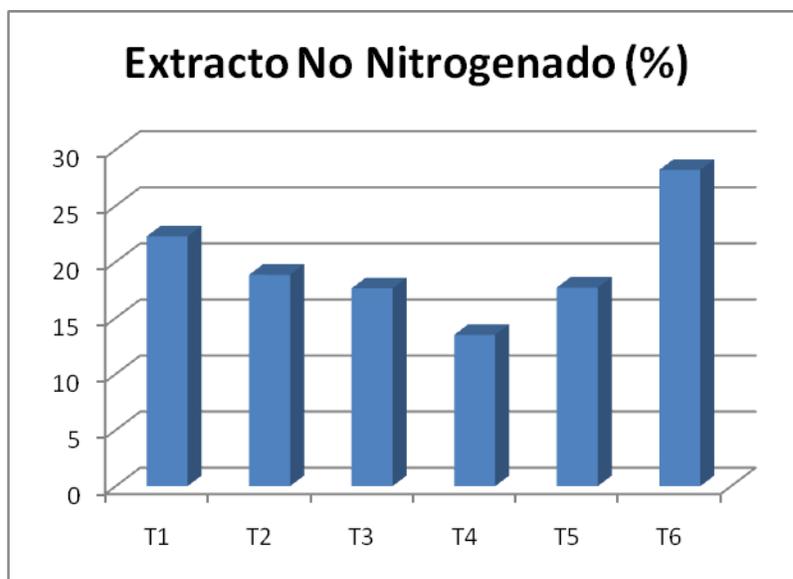


Figura 9. Porcentaje de Extracto No Nitrogenado en la mezcla de cebada más aditivos

El valor mas bajo en porcentaje de Extracto No Nitrogenado corresponde al tratamiento 4 con un valor de 13.49%.

Mc Donald (1981), afirma que la adición de urea al ensilaje produce ensilados con mayor contenido de ácidos fermentativos. Estos ácidos son producidos a partir de la fermentación de carbohidratos no estructurales, lo que explicaría el menor contenido porcentual de Extracto No Nitrogenado en las muestras tratadas con urea.

Así mismo Mc Donald (1981), menciona que muchos aditivos comerciales que contiene amoniaco, también minerales y melaza. Esta ultima, asegura la producción de ácidos fermentativos para contrarrestar la capacidad buffer del amoniaco.

El azúcar por su parte, registro valores superiores a la urea. Esto se debe, según Etgen, et al (1990) a que, además de los azucares, se descomponen en: 25% de pentosas y 25% del almidón, por efecto de las bacterias lácticas.

Cuadro 13: Análisis de Varianza de Extracto No Nitrogenado con la aplicación de aditivos en el ensilado de cebada.

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	41.18	0.0001 *

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 7.34 %

Según el cuadro 13, existen diferencias estadísticas significativas en el porcentaje Extracto No Nitrogenado ($p > 0.05$). El coeficiente de variación registrado fue igual a 7.34% encontrándose dentro del rango admisible, por lo que se efectuó la prueba de Duncan al nivel de 0,05 de probabilidad.

Cuadro 14: Prueba Duncan para Extracto No Nitrogenado por Aditivos en el ensilado de cebada.

Tratamientos	Medias (%)	Duncan Grouping
T-6	29.320	A
T-1	22.270	B
T-2	18.853	C
T-5	17.713	C
T-3	17.637	C
T-4	13.487	D

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

La comparación de medias a la prueba de Duncan señala que la agrupación de un grupo uniforme bien diferenciado, el grupo estuvo constituido por los T-2, T-5 y T-3 con valores 18.85, 17.71 y 17.63% respectivamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos de Extracto No Nitrogenado (Cuadro 14. y Figura 9.), con la incorporación de azúcar en el proceso de elaboración del ensilaje de cebada, se observa claramente la influencia de forma positiva, el mismo está traducido en el mayor incremento del Extracto No Nitrogenado del forraje conservado, en el T-6 se tiene un 29.32% de Extracto No Nitrogenado.

En la figura 9. Se muestra con mayor claridad las marcadas diferencias entre los tratamientos estudiados y la influencia que tuvieron los diferentes aditivos en la concentración del Extracto No Nitrogenado de las muestras en estudio; notándose la superioridad de las muestras tratadas con azúcar.

6.1.5 Contenido de Fósforo

De acuerdo al análisis el contenido de fosforo del ensilaje de cebada bajo la acción de seis tipos de aditivos, registró al Tratamiento 2 (urea), con el mayor contenido de fosforo 587.36 mg/100gr en combinación con la cebada picada dentro el mini silo, seguido de los tratamientos T-4, T-3 y T-1 con valores 565.34 mg/100gr, 528.49 mg/100gr y 504.03 mg/100gr, respectivamente. Además los contenidos menores de fosforo se observaron en los tratamientos 6 y 5 con valores 410.40 mg/100gr y 313.60 mg/100gr, tal como se muestra en la Figura 10.

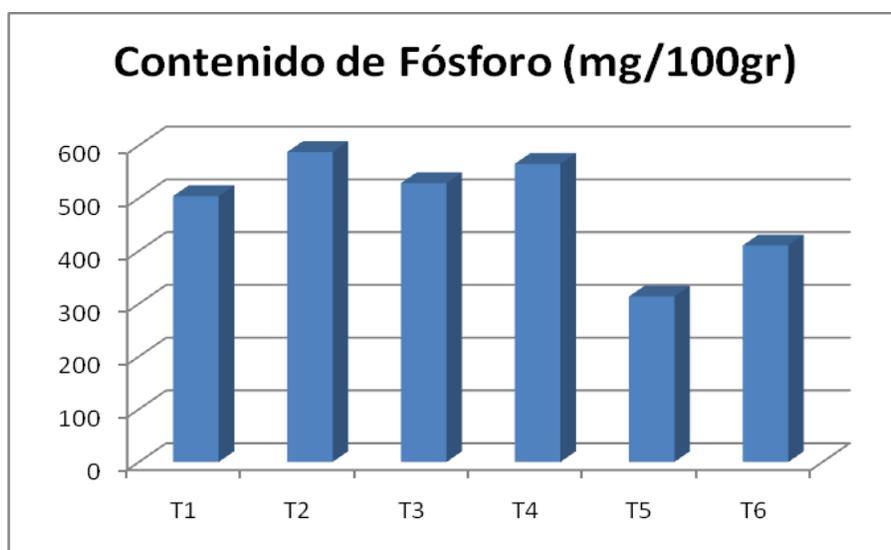


Figura 10. Contenido de fosforo en la mezcla de cebada más aditivos

El contenido de fosforo en el ensilaje de cebada con los diferentes aditivos obtuvo valores superiores al ensilaje de leguminosa- gramínea obtenido por Apaza Salas Antonio (2004), de 313.60 mg/100gr a 587.36 mg/100gr.

Las gramíneas requieren de este elemento en la formación de sus macollos en las primeras etapas de su desarrollo. Mientras que las leguminosas por encontrarse en continuo proceso de fijación del nitrógeno requieren del fosforo para activar su proceso de síntesis (Matos, 1993).

García (1996), citado por Santos (2002), destaca el importante papel que cumple el Fósforo en los huesos y dientes, por ser componente de los ácidos nucleicos, por ayudar en la síntesis de aminoácidos y proteínas, por ser primordial en la transferencia de la energía (ATP).

Matos (1993), señala que el fósforo forma parte de compuestos orgánicos, especialmente en órganos reproductivos y partes jóvenes, el fósforo es muy importante para plantas jóvenes por cuanto contribuye al desarrollo del sistema radicular y al incremento de macollos en las gramíneas deduciendo que a mayor biomasa formada tendremos mayor cantidad de formación de tejidos jóvenes y por tanto el elemento fósforo estará presente en mayor porcentaje.

El contenido de fósforo en los diferentes tratamientos, fueron relativamente superiores con relación al calcio.

Cuadro 15: Análisis de Varianza de Fósforo con la aplicación de aditivos

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	20.40	0.0001 *

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 8.22 %

En análisis de varianza efectuado para los valores porcentuales de fósforo de las muestras de silo, determino que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($p > 0.05$). Así también se determino que las diferencias entre aditivos son claramente significativas. El coeficiente de variación del análisis de varianza para el fósforo fue de 8.22%, valor aceptable y confiable.

Cuadro 16: Prueba Duncan para Fósforo por Aditivos en el ensilado de cebada.

Tratamientos	Medias (mg/100gr)	Duncan Grouping
T-2	587.36	A
T-4	565.34	B A
T-3	528.49	B A
T-1	504.03	B
T-6	410.40	C
T-5	313.60	D

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

Las muestras tratadas con el aditivo urea registraron los valores mas altos fosforo (Duncan > 5%). Comparando las medias porcentuales para el factor aditivo mediante la prueba de Duncan al 5%, se encontraron algunas diferencias estadísticas significativas entre los diferentes aditivos empleados para esta variable.

Con respecto a la comparación de medias indica también la agrupación de dos grupos uniformes bien diferenciados, el primer grupo constituido por los T-2 y T-4 con valores de 587.36 y 565.34 mg/100gr respectivamente; en tanto el último grupo que registró valores muy inferiores corresponden a los T-6 y T-5.

Los resultados obtenidos del contenido de Fosforo (Cuadro 16. y Figura 10.), con la incorporación de urea en el proceso de elaboración del ensilaje de cebada, se observa con claridad que existe la influencia positiva, traducido en el mayor incremento del contenido de Fosforo del forraje conservado, con un valor de 587.36 mg/100gr de Fosforo.

6.1.6 Contenido de Calcio

El contenido de Calcio en el ensilado de cebada bajo la acción de seis tipos de aditivos, registraron los siguientes resultados; el Tratamiento 3 (torta de soya), presentó un mayor contenido de calcio con 62.28 mg/100gr, en combinación con la

cebada picada dentro el mini silo, seguido de los tratamientos T-4 y T-6 con 29.72 mg/100gr y 28.38 mg/100gr, mientras los porcentajes mínimos correspondieron a los tratamientos T-2 y T-2. Al final estuvo el Tratamiento 5 con solo el 17.07 mg/100gr (Figura 11).

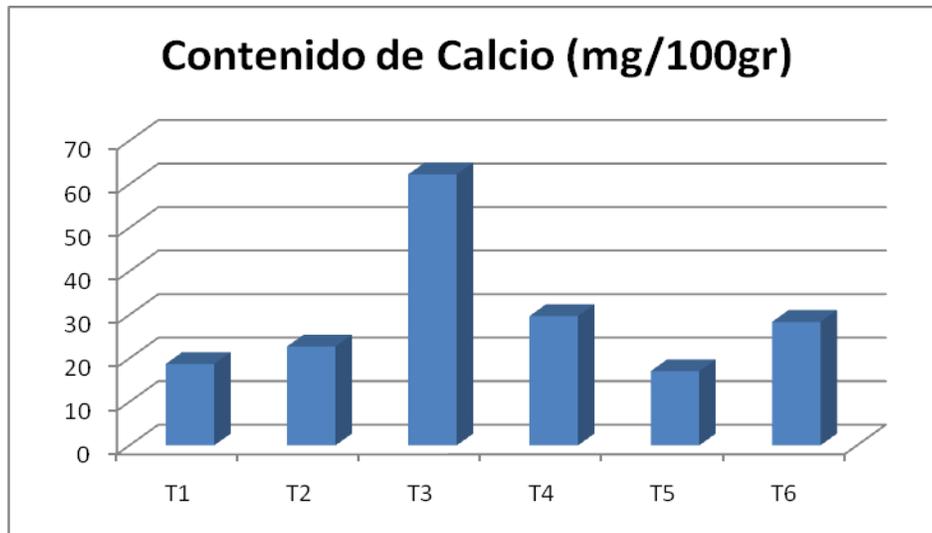


Figura 11. Contenido de calcio en la mezcla de cebada más aditivos

Estudios realizados para determinar los requerimientos de Calcio llegaron a la conclusión de que la necesidad mínima para vacas en producción es de 16% del total de materia seca (López, 1978).

El contenido de calcio en el ensilaje de cebada con la adición de la torta de soya obtuvo valores superiores al ensilaje de combinación leguminosa- gramínea obtenido por Apaza A. (2004), que obtuvo un valor de 35.00 mg/100gr.

El calcio es un elemento que interviene en el metabolismo de carbohidratos y proteínas de las plantas, así como en la formación y crecimiento de los cloroplastos. Una deficiencia de calcio influye en el ingreso de otros elementos como boro magnesio, molibdeno (Matos, 1993).

Casi todos los alimentos, con excepción de urea y grasa, contienen al mínimo cantidades limitadas de minerales (Ojeda, et al. 1991).

Cuadro 17: Análisis de Varianza de Calcio con la aplicación de aditivos

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	83.74	0.0001 *

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 10.59 %

Según el cuadro 17, existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de calcio ($p > 0.05$). El coeficiente de variación que registrado fue igual al 10.59% encontrándose dentro del rango admisible, por lo que se efectuó la prueba de Duncan al nivel de 0,05 de probabilidad.

Cuadro 18: Prueba Duncan para Calcio por Aditivos en el ensilado de cebada.

Tratamientos	Medias (mg/100gr)	Duncan Grouping
T-3	62.280	A
T-4	29.720	B
T-6	28.383	B
T-2	22.740	C
T-1	18.730	C
T-5	17.070	C

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

Las muestras del ensilaje tratadas con el aditivo de torta de soya (T-3), registraron los valores mas altos de calcio (Duncan > 5%). Comparando las medias porcentuales para el factor aditivo mediante la prueba de Duncan ($p > 0.05$), se encontraron algunas diferencias estadísticas significativas entre los diferentes aditivos empleados para esta variable.

Resultado de la comparación hubo dos grupos uniformes bien diferenciados, el primer grupo constituido por: T-4 y T-6 con 29.72 y 28.38 mg/100gr respectivamente; en tanto el último grupo que registraron valores muy inferiores corresponden a los T-2, T-1 y T-5.

De acuerdo a los resultados obtenidos del contenido de Calcio (Cuadro 18. y Figura 11.), con la incorporación de Torta de soya en el proceso de elaboración del ensilaje de cebada, se observa claramente la influencia de forma positiva, el mismo está traducido en el mayor incremento del contenido de Calcio del forraje conservado, del cual se tiene un 62.28 mg/100gr de contenido de Calcio.

En la figura 11. Se observa con mayor claridad las marcadas diferencias existentes entre los tratamientos estudiados, y la influencia que tuvieron los diferentes aditivos en la concentración del contenido de Calcio; destacando la superioridad de las muestras tratadas con Torta de soya.

6.1.7 pH del ensilaje de cebada con aditivos

En la conservación de forraje, particularmente del ensilaje, el pH juega un rol muy importante en las reacciones orgánicas, en tal sentido los valores de pH de todos los tratamientos tuvieron diferencias pequeñas, que oscilan entre 4.23 y 4.75 respectivamente, el mismo comportamiento se observa en la Figura 12.

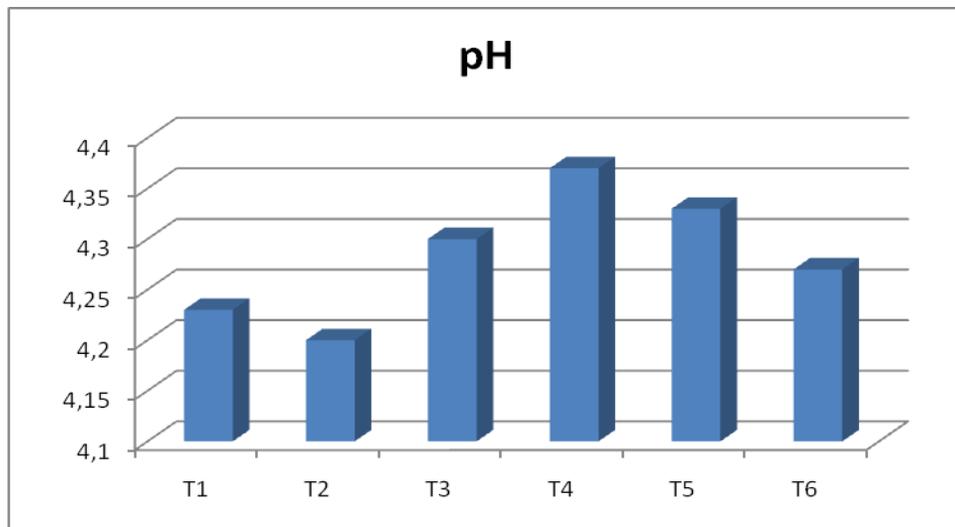


Figura 12. Efecto del pH en el ensilaje de cebada más aditivo

Flores y Bryant (1989), indican que en los ensilados de buena calidad el pH tiene un valor importante en que el rango puede variar de 4 – 4.5; donde el contenido de nitrógeno amoniacal es bajo y la concentración del ácido butírico es pequeño o nulo, mientras el contenido de ácido láctico varía de 3,0 a 13,0 % de la materia seca.

Los concentrados usualmente fermentan más rápidamente que forrajes en el rumen. Aumentan la acidez (reducen el pH)(Mc Donald, 1981).

La figura 12. Se muestra con mayor claridad las marcadas diferencias entre los tratamientos estudiados y la influencia que tuvieron los diferentes aditivos en el pH de las muestras en estudio; notándose la superioridad de las muestras tratadas con alfalfa.

Los silajes de mala calidad generalmente tienen un pH de 5 o más, un contenido de nitrógeno amoniacal de 3,0 al 9,0 % y un alto contenido de ácido butírico de 0,5 a 7,0 %, produciéndose gran número de esporas, pero el contenido de ácido láctico puede llegar a tan solo del 0,1 al 2,0 %.

En consecuencia se puede inferir que el pH del proceso de ensilaje de cebada, mas aditivos, esta en el rango de silajes de buena calidad, ya que el promedio de pH del trabajo de investigación fue de 4.37 y ello implica la mayor concentración de ácido láctico en las diferentes combinaciones del ensilaje.

Cuadro 19: Análisis de Varianza de pH con la aplicación de aditivos

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	20.40	0.0001*

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 8.22 %

Según el cuadro 19, existen diferencias estadísticas significativas en el pH ($p > 0.05$). El coeficiente de variación registrado fue igual al 8.22% encontrándose dentro del rango admisible, por lo que se efectuó la prueba de Duncan al nivel de 5% de probabilidad.

Cuadro 20: Prueba Duncan el pH por Aditivos en el ensilado de cebada.

Tratamientos	Medias	Duncan Grouping
T-4	4.3753	A
T-5	4.3320	A
T-3	4.3064	A
T-6	4.2782	B
T-1	4.2312	B
T-2	4.2033	B

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

De la comparación de medias resulta la agrupación de dos grupos bien diferenciados, el primer grupo constituido por los T-4, T-5 y T-6 con valores 4.37,

4.33 y 4.30 respectivamente; en tanto el último grupo que registró valores muy inferiores corresponden a los T-6, T-1 y T-2.

De acuerdo a los resultados obtenidos del pH (Cuadro 18. y Figura 11.), con la incorporación de alfalfa en el proceso de elaboración del ensilaje de cebada, se observa claramente la influencia, del mismo está traducido en el mayor pH del forraje conservado, tiene un 4.37.

6.1.8 Contenido de Materia seca (MS)

De acuerdo al análisis el contenido de MS del ensilaje de cebada bajo la acción de seis tipos de aditivos, registra con un mayor porcentaje de MS al Tratamiento 2 (urea), con 34.95%, en combinación con la cebada picada dentro el mini silo, seguido de los tratamientos T-6, T-3 y T-4 con 34.73%, 34.61% y 34.38%. Por último se tiene a los Tratamientos T-5 y T-1 con 33.17% y 32.60% (Figura 13).

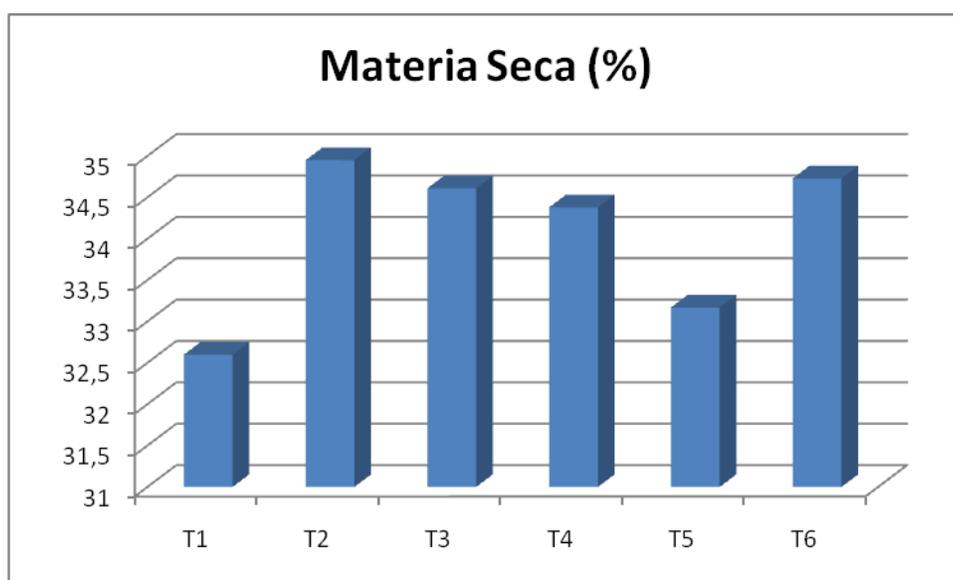


Figura 13. Efecto de la materia seca en el ensilaje de cebada más aditivos

La figura 13. Se muestra con mayor claridad las marcadas diferencias entre los tratamientos estudiados y la influencia que tuvieron los diferentes aditivos en la

concentración del porcentaje de Materia Seca de las muestras en estudio; notándose la superioridad de las muestras tratadas con urea.

Ojeda, et al. 1991. Menciona que la materia seca del alimento contiene todos los nutrientes (excepto agua) requeridos por el animal. La cantidad de agua en los alimentos es típicamente de poca importancia. Los animales regulan su insumo de agua aparte de la materia seca. La composición nutricional de los alimentos es comúnmente expresada como porcentaje de materia seca (%MS) en lugar de porcentaje del alimento fresco, tal como ofrecemos o en materia verde, porque:

- ✓ La cantidad de agua en los alimentos es muy variable y el valor nutritivo es más fácilmente comparado cuando se expresa en base a materia seca.
- ✓ La concentración de nutriente en el alimento puede ser directamente comparada a la concentración requerida en la dieta.

La disminución de materia seca inicialmente depositada en un silo esta determinada por las perdidas por partes inutilizables del ensilaje, perdidas por efluentes y perdidas en forma de gas (Ojeda, et al. 1991).

Revuelta (1963), citado por Nogales (1991), al referirse a la importancia de la materia seca menciona que en ella están comprendidos todos los principios nutritivos utilizados por el animal en sus cambios metabólicos. Estos principios nutritivos están representados por la proteína bruta, grasa bruta, fibra bruta, materiales extractivos libre de nitrógeno y cenizas.

La levadura de cerveza como aditivo aparentemente provoca descensos en los tenores de materia seca total de las muestras, ya que la muestra tratada únicamente con este aditivo presento los valores mas bajos de materia seca (32.57%).

Cuadro 21: Análisis de Varianza de la Materia Seca

F. V.	Fc	Ft
Tratamiento	83.74	0.0001

* = Diferencia significativa ($p > 0.05$)

C.V.= 10.23 %

Según el cuadro 18, existen diferencias estadísticas significativas en el pH ($p > 0.05$). Esto puede observarse claramente en el cuadro 21. El coeficiente de variación que registro esta variable es igual al 10.23 % encontrándose dentro del rango admisible, por lo que se efectuó la prueba de Duncan al nivel de 0,05 de probabilidad.

Cuadro 22: Prueba Duncan para Materia Seca por Aditivos en el ensilado

Tratamientos	Medias (%)	Duncan Grouping
T-2	34.9567	A
T-6	34.7333	A
T-4	34.6800	A
T-3	34.6167	B
T-5	33.1700	B
T-1	32.6067	B

Tratamientos: T1 (Testigo sin aditivo); T2 (Urea); T3 (Torta de soya); T4 (alfalfa); T5 (Levadura de Cerveza); T6 (Azúcar).

En el cuadro de comparación de medias se puede apreciar que las diferencias en el porcentaje de Materia Seca, de las muestras en función al aditivo empleado, son claramente significativas (Duncan > 5%).

Con respecto la comparación de medias por Duncan; indica también la agrupación de dos grupos uniformes bien diferenciados, el primer grupo está constituido por los T-2, T-6, T-4 y T-3 con 34.95, 34.73, 34.68 y 34.61% respectivamente; en tanto el último grupo que registró valores muy inferiores corresponden a los T-5 y T-1.

De acuerdo a los resultados obtenidos del porcentaje de Materia Seca (Cuadro 8. y Figura 6.), con la incorporación de urea en el proceso de elaboración del ensilaje de cebada, se observa claramente la influencia de forma positiva, el mismo está traducido en el mayor contenido de Materia Seca del forraje conservado, del cual se tiene un 34.95% de Materia Seca.

6.2 Características organolépticas del ensilaje de cebada

El ensilaje obtenido se llegó a calificar sometiendo a un análisis óculo-nasal (olor, consistencia y color) propuesto por Gross (1969) y de acuerdo a la acidez final (pH).

Cuadro 23: Características organolépticas de los diferentes tratamientos del ensilaje de cebada más aditivos

Tratamiento	Características organolépticas		
	Olor	Consistencia	Color
T-1	Ligero olor a vinagre	Hojas y los tallos se conservan	Verde claro
T-2	Agradable	Hojas y los tallos se conservan sin muchos cambios	Verde aceituna
T-3	Ligero olor a vinagre	Hojas y los tallos se conservan sin muchos cambios	Verde amarillento
T-4	Ligero olor a vinagre	Hojas y los tallos se conservan	Verde amarillento
T-5	Ligero olor a vinagre	Hojas y los tallos se conservan sin muchos cambios	Verde claro
T-6	Agradable	Las hojas y los tallos se conservan sin muchos cambios	Verde amarillento

6.3. Materia Verde (MV)

La materia verde se determinó en un área de 10 m², para lo cual se realizó el corte o segado del área, y luego se procedió al pesado del forraje se ponderó el peso en una hectárea para obtener el rendimiento del forraje en materia verde.

Cuadro 24: Rendimiento de la materia verde de la cebada

Rendimiento del forraje en 10 m²	Rendimiento del forraje en una 1ha.
29.50 Kg./10 m ²	29.50 ton./ha

La disponibilidad forrajera de la cebada en materia verde para el ganado bovino, es de 27.443 kg/10m², como rendimiento en el altiplano debido a que presenta un clima desfavorable (López, 1991).

6.4 Análisis Económico

Para la evaluación del análisis económico, se consideró el análisis de Beneficio Costo del rendimiento de materia seca para cada una de las asociaciones forrajeras, se ha seguido el procedimiento considerando el incremento de costos variables de oportunidad y los costos monetarios variables de producción por hectárea de los cultivos de cebada (Cuadro 25).

Los beneficios a obtenerse se determinaron con el método de la relación Beneficio/Costo:

- B/C > 1 Considerado económicamente aceptable.
- B/C = 1 Considerado económicamente dudoso.
- B/C < 1 Considerado económicamente no aceptado (rechazado).

Los valores de B/C para cada uno de los tratamientos se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 25. Determinación de B/C de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Costos de producción (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	B/C
T1	2903.00	6550.00	3.25
T2	4810.10	8258.00	2.71
T3	5600.00	8121.10	2.45
T4	3276.03	5992.00	2.83
T5	3182.05	5590.20	2.75
T6	5923.20	8450.30	2.41

* Ver en anexos (A-4).

Con respecto al cuadro 25, se pudo determinar los precios de los diferentes tratamientos en la elaboración del ensilaje de cebada con diferentes aditivos, lo que nos representa un retorno económico aceptable por cada tratamiento. Donde se llega a destacar y sobresalir el tratamiento 1 (testigo), que obtuvo un mayor beneficio-costo de 3.25, seguido de los tratamientos T-4 (alfalfa), T-5 (levadura de cerveza) y T-2(urea), con el beneficio-costo de: 2.83, 2.75 y 2.71 respectivamente. Teniendo por ultimo al tratamiento 6 (azúcar) con un beneficio-costo de 2.41, que fue el mas bajo a comparación de los otros tratamientos.

Tomando en cuenta el análisis económico que los costos de producción de los tratamientos T-6 (azúcar) y T-3 (torta de soya), presentan los mayores costos de producción con respecto a los otros tratamientos. Pero tomando en cuenta la calidad nutritiva de estos tratamientos se puede notar claramente los buenos resultados que presentan con respecto a otros tratamientos.

7. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se establecen las siguientes conclusiones:

La combinación de forrajes en el proceso del ensilaje, permite incrementar la conservación de materia seca.

Con el empleo de la urea como aditivo se registran incrementos en los tenores porcentuales de Proteína Cruda y descensos en los valores porcentuales de Extracto No Nitrogenado y cenizas. Por lo que se deduce que el uso de urea en la elaboración de ensilaje, incrementa notablemente el contenido de proteína cruda, con respecto al uso de otros aditivos, que incrementan poco el contenido de proteínas.

La combinación de forrajes en el proceso de ensilaje, permite incrementar el contenido de materia seca y proteína cruda. Lo cual significa una alimento con buen contenido de proteína para la dieta animal.

El uso de torta de soya como aditivo, presenta un mayor contenido de calcio y cenizas, pero presenta un descenso de proteína cruda y materia seca.

El uso de aditivos como la torta de soya incrementa los costos de producción a tal grado que no justifican su utilización, debido a que la mejora en la conservación de materia seca no es significativa en relación a los ensilados de forrajes combinados sin aditivos.

La conservación de forrajes bajo henificación proporciona un beneficio relativamente mayor en relación a la conservación como ensilaje (solamente en lo que a materia seca y materia orgánica se refiere y no así en proteína, calcio y fosforo), considerando la realización de estos procesos bajo condiciones totalmente favorables, seguramente, únicamente posibles a nivel de laboratorio y no así en campo.

El contenido de fibra presenta una ganancia económica cuando se conserva forrajes bajo el proceso de ensilaje que cuando se conservan por henificación. Pero, en términos biológicos para el animal no es una ganancia principalmente en términos de nutrientes asimilables. Esto es, todo incremento en fibra cruda ocurre a expensas de una pérdida de los carbohidratos de fácil acceso.

8. RECOMENDACIONES

Con respecto al trabajo de investigación realizado se establece las siguientes recomendaciones:

- Los cultivos forrajeros presentan una importancia en la alimentación del ganado doméstico, es recomendable la siembra de forrajes para la elaboración de ensilaje, por suministrar un alimento de mejor calidad desde el punto de vista nutritivo.
- Los datos obtenidos en el análisis bromatológico se hace énfasis en mencionar que el ensilaje de cebada mas la incorporación de aditivos suministra mayores porcentajes de proteína y elementos minerales que son necesarios para cubrir ciertos requerimientos de los animales domésticos
- Cuantificar y cualificar la presencia de microorganismos que interviene en el proceso de fermentación, como el contenido de ácido láctico y su influencia en la calidad final del ensilaje.
- Es necesario realizar estudios específicos acerca de este tipo de combinaciones, es decir cebada con diferentes aditivos, acompañado respectivamente con un análisis bromatológico y pruebas de nutrición animal,

que permitiría incrementar sus cualidades nutritivas para el consumo de los animales.

- Se recomienda realizar el ensilaje con la combinación de gramíneas y leguminosas, ya que presentan un buen valor nutritivo para el animal y el costo no es muy alto para su elaboración.

9. BIBLIOGRAFIA

- ACHU, O. 1996. Calidad del ensilaje de diferentes mezclas de cebada, avena y alfalfa. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 13-30.
- ALCAZAR, J. 1997. Bases para la alimentación animal y la formulación manual de raciones. Ed. Génesis Producciones Gráficas. La Paz, Bolivia. pp. 12-18.
- AUSGTBERGER, F. 1982. Cultivos asociados – Técnica agrícola en desaparición, revista de tecnología de la red Nacional COCOP. La Paz, Bolivia. 5 p.
- ACOSTA, L. W. 1990. Diferentes épocas de siembra con variedades de arveja en la zona del Chaco húmedo. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia. 118 p.
- APAZA, M. 2004. Efecto de la asociación de la avena, cebada y triticale con arveja, en tres densidades de siembra sobre la composición bromatológica del ensilaje. . Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp. 10-25
- ARAOS, C. 1973. Asociación avena sativa, variedad Bannock con vicia villosa a diferentes densidades de siembra. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 79 p.
- BABCOCK INSTITUTE, 1994. (Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera), Nutrición y Alimentación, Guía Técnica Lechera, Copyright. The Board of University of Wisconsin system, Madison Wisconsin, USA. 124 p.

- BAUDILLO, J. 1980. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2º ed. Ed. AEDOS. Barcelona, España. pp. 129–145.
- BERNAL E. 1986. Manual de pastos y forrajes. Ed. Departamento de comunicación. FADEGAN. Medellín – Colombia. pp. 190-197.
- BERNAL J. 1988. Pastos y Forrajes Tropicales, producción y manejo, Instituto Colombiano agropecuario. Ed. FADEGAN. Medellín – Colombia. 27 p.
- CACHUTA, R. 1998. Optimización de la fertilización química para producción de semilla de cuatro variedades de cebada en el altiplano norte. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp. 10-25.
- CACIGAO, R. 1979. Manual de Agricultura Andina, IICA. La Paz, Bolivia. 132p.
- CALLE, E. 1993. Cultivos Andinos. Ed. CESP. Oruro, Bolivia. pp. 71–80.
- CALLISAYA, I.1994. Caracterización de las tierras de la Estación Experimental de Choquenaira, según su capacidad de uso y aptitud para riego. Tesis de grado.. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 51-73.
- CALZADA, B. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. 3º ed. Ed. Jurídica. Lima, Perú. 664 p.
- CAÑAS. R. 1995. Alimentación y Nutrición Animal. Colección en Agricultura. Universidad Católica de Chile. pp. 195–229.
- CARDOZO A. 1970. Proyecciones de la Ganadería de ovinos y Camélidos en el Departamento de Oruro. Ed. Urquiza S. A. La Paz – Bolivia. 48 p.

- CARREÑO y DICHBURN, 1998. Abonos verdes para el Oriente Boliviano. Principios y Bases para su elección CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical), Informe anual, Santa Cruz, Bolivia. 167p.
- CEBADA (2002). Agro Información, Cultivo y Manejo. Disponible en: www.infoagro.com/herbáceos/forrajes/cebada.asp#inicio.
- CORPORACION REGIONAL DE DESARROLLO DE LA PAZ, 1992. Programa de Mejoramiento en la Producción de Semilla de avena y cebada, La Paz, Bolivia. pp. 47 – 52.
- CUBA, J. 1998. Producción Forrajera de Cebada asociada con leguminosas en valles y alturas de Cochabamba. Tesis de Grado. Universidad Mayor, Cochabamba, Bolivia. 60 p.
- ETGEN, W, y REAVES, P. 1990. Ganado lechero. Alimentación y administración. Ed. Limusa, Mexico D. F. pp. 25-32.
- EVANS, F. 1983. Fisiología de los Cultivos. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 301p.
- FAO, 1988. Manual de Conservación de Forraje para pequeñas propiedades. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Programa de cooperación técnica. Santiago, Chile. pp. 21-40.
- FAO, 1992. Anuario-Producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 265 p.
- FARMER Y STOCKBREEDER 1970. Conservación de Forraje. Ed. Acriba. Zaragoza – España. pp. 71-157.

- FERNANDEZ, W. 1988. Ensilaje de Forrajes CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical), Ed. FADEGAN. Medellín – Colombia. pp. 1-21.
- FLORES, A. y BRYANT, F. 1989. Manual de Pastos y Forrajes. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Lima, Perú.
- FLORES, A. 1998. Producción Forrajera de Cebada asociada con leguminosas en valles y alturas de Cochabamba. Tesis de Grado. Universidad Mayor, Cochabamba, Bolivia. 70 p.
- FLORES, J. 2004. Evaluación de la dosis de aplicación al suelo de hidro absorbentes Stockosorb en el cultivo de la cebada, sembrada a diferentes densidades de siembra. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 26-29.
- FLORES, A. 1998. Ensilaje de la asociación maíz (*Zea mays*) y lab lab (*lab lab purpurens*) con aditivos de vainas de Algarrobo. Tesis de Grado, Universidad Autónoma René Gabriel Moreno. Facultad sw Ciencias agrícolas. 85p.
- GONZALES, G. 1995. Determinación del Estado óptimo forrajero de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) mediante el rendimiento de materia seca y digestibilidad in situ en cinco estados de desarrollo, en dos fechas de siembra. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 8 - 9.
- GONZALES. M. 2000. Ensilado Manual y diferentes tamaños de picado en mezcla de cebada y avena en la Comunidad de Kopalaya. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 10-50.
- GROSS, F. 1969. Silos y ensilados. Trad. Por J. I: escobar. Ed. Acribia. Zaragoza – España. pp. 63-126.

- HERVE, D. y RIOS, H. 1992. X Reunión Nacional de ABOPA. Evaluación de pasturas cultivadas en fincas lecheras del Altiplano Central. La Paz, Bolivia. pp. 118-124.
- HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología basada en zona de vida. IICA, Servicio Nacional de Agrofotogrametría. San José, Costa Rica. 216 p.
- IBTA – GTZ. 1989. Influencia de la Fertilización en Forrajes de Cebada, avena Informe Anual de Patacamaya. La Paz, Bolivia. 256 p.
- IBTA. 1989. Hojas divulgativas de cereales menores. San Benito, Cochabamba, Bolivia.
- ITCF, Instituto Técnico de Cereales y forrajes, 1972. Fisiología de la Alfalfa. Boletín informativo N° 4. París, Francia. 36 p.
- IBTEN, 2001. Descripción de los suelos. “Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear”. La Paz – Bolivia. 325p.
- JARRIGE, J. 1990. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Madrid, España. Editorial Mundi Prensa. pp. 340-396.
- JIMÉNEZ, A. 1985. Conservación de forraje para la alimentación del ganado. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Zootecnia, Sección Forrajes, Chapingo, 18p.
- LIMACHI, O. 2003. Comportamiento agronómico de cuatro variedades de Arroz en monocultivo y asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la localidad de Caranavi. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 10-11.

- LOETZ, E. 1993. Desarrollo de un laboratorio de Ensilajes. Proyecto: Facultad de Agronomía. UMSA. pp. 1-8.
- LOPEZ, L. 1991. Cultivos herbáceos – cereales. 2ª Ed. Madrid, España. pp. 245-277.
- MALPARTIDA, E. 1987. Producción de pastos cultivados. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 20 p.
- MARCANO y PAREDES, 2002. El cultivo de yuca asociado con maíz y frijol, como alternativa de producción para pequeños productores (en línea).
- MARTINEZ, M. 2001. Efecto de la época y densidad de siembra en el cultivo asociado maíz-soya en la localidad de San Buenaventura. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 10 p.
- MATOS, G. 1993. Rol fisiológico de los nutrientes en la vida de las plantas, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz – Bolivia. pp. 8-27
- MCDONALD, P. 1981. The Biochemistry of Silage. Occ. Symp. 3, Br. Grasslandd Soc. pp. 76-84.
- MEYNARD L. y MENESES R. 1986. Nutrición Animal. Editorial Mac Graw Hill. Mexico. pp. 28-29.
- MENESES, et al. 1996. Las Leguminosas en la Agricultura Boliviana. Cochabamba, Bolivia. pp. 97-101.

- MILLER, W. 1989. Nutrición y alimentación del ganado vacuno lechero. Editorial Acriba S. A., Zaragoza, España. pp. 25-66.
- MORRISON, F. B. 1977. Compendio de Alimentación del ganado. Ed. Trillas, México. 213 p.
- NOLLER, C. H. 1973. Grass- Legume silage. Forages. The Science of grassland agriculture. Ed. By Maurice Heath, Darrel Metcalfe and Robert Barnes. The Iowa State. University Press/ Iowa. U.S.A. pp. 558-568.
- NRC (National Research Council), 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academic Press. Washington. D. C. 157 p.
- OJEDA, F. 1991. Conservación de Forrajes. Cuba. La Habana. Pueblo y Educación. pp. 1-15; 38-70.
- PDAI, 1992. Ensilado de forrajes. "Programa de Desarrollo Agrícola Integrado". Cochabamba- Bolivia. pp. 5-6.
- PERETZ, G. and F. Weissbach. 1980. Factors influencing the formation of effluent in forage ensiling. Proc. 13 th Int. Grassland Congr. Leipzig. pp. 1333-1335.
- PERRIN, R. et al. 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual de Metodología de Evaluación Agronómica. Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo. CIMMYT. México D. F. 125p.
- POLAR, V. 1998. Influencia del uso de aditivos en el valor nutritivo del ensilaje asociado de avena (*Avena sativa* L.), Vicia (*Vicia sativa*) y Triticale (*Triticum spp*), en tres épocas de corte. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 35-60.

- QHANA, 1996. Conservación de Forrajes. Centro de Educación popular. La Paz, Bolivia. pp. 1-3; 26-27.
- QUISPE, N. 1999. Estudio comparativo de variedades de avena (*Avena sativa* L.), Cebada (*Vicia sativa*) y Triticale (*Triticum spp*), en la localidad de Choquenaira. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 31-32.
- ROBLES, S. R. 1981. Producción de Forrajes y Granos. 1º edición, Ed. Limusa, México D. F. pp. 229-243.
- SANZ, E. 1990. Los Nuevos sistemas de Alimentación en vacunos lechero. Ed. Aedos, S. A. Barcelona, España. 178p.
- SANTOS, M. 2002. Evaluación del Efecto de la época y densidad de siembra en el cultivo asociado maíz-soya en la localidad de Caranavi. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 30 p.
- SAS, 1985. SAS Users guide: Statistics. Version 5 edition. SAS Institute Inc. North Carolina, USA. 956 p.
- SEFO. 1990. Hojas divulgativas de cultivos. Centro de Investigación de Forrajes La Violeta. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 23p.
- STEEL, R. y TORRIE, J. 1992. Bioestadística, Principios y Procedimientos. Ed. Limusa, México D. F. pp. 188-193.
- SOLAR, R. G. 1988. Ensilaje de la asociación maíz (*Zea mays*) y lab lab (*lab lab purpurens*) con aditivos de vainas de Algarrobo. Tesis de Grado, Universidad Autónoma René Gabriel Moreno. Facultad sw Ciencias agrícolas. 85p.

- SOTOMAYOR, M. 1998. Suplementación nutritiva de alimento para el ganado en el altiplano. Manual del alpaquero. Inia Corpuno Cotesu/lc. pp. 40-55.
- TERRANOVA, EDITORES, LTDA. 1995. Producción Agrícola. Panamericana, Formas e impresos S. A. Santa Fe, Colombia. pp. 105, 124-125.
- TOLA, V. 2002. Valor nutritivo de cinco especies forrajeras nativas empleadas en la alimentación de bovinos en el altiplano norte. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 15-16.
- VEIZAGA, J. C. 1984. Cereales menores en siembras puras y asociadas con vicias. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia. pp. 11-23.
- VILELA, D. 1985. Sistemas de conservación de forrajes. Ensilaje. Boletín de investigación, N° 11 EMBRAPA- Brasil. pp. 35-38.
- VILLEGAS, V. 2004. Evaluación de la producción forrajera y de grano de cinco variedades de cebada. Aplicando fertilizante químico en tres localidades del altiplano norte. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 45-51.
- WILKINS, R. J. 1988. The preservation of forages. In. Feed Science. ed. By E. R. Orskov. Elsevier Science Publishers B. V. Ámsterdam, netherlands. (World Animal Science. pp. 231- 255.
- WILKINSON, J. M. 1983. Silages made from tropical and temperature crops- Part 2. Techniques for improving the nutritive value of silage. In: World Animal Review a quarterly journal on animal health, production and products. pp. 35-40.
- ZAPATA, E. y CARDOZO, A. 1971. Conservación y mezclas de ensilajes en el altiplano. La Paz- Bolivia. Ministerio de Agricultura, Boletín Experimental N° 46. 7p.

ANEXOS

Anexo Nº 1.

Composición de la materia orgánica de origen animal, vegetal y composición de minerales.

MATERIA	N%	P2O5%	K2O%	CaO %	MgO %	SULFATOS TOTALES
Guano de isla	1.3	1.2	2.5	11.0	1.0	0.5
Estiércol de vaca	0.4	0.2	0.1	0.1	0.06	0.5
Estiércol de caballo	0.5	0.3	0.3	0.15	0.10	0.5
Estiércol de cerdo	0.6	0.4	0.3	-	-	-
Estiércol de oveja	0.6	0.4	0.3	0.5	0.2	0.15
Estiércol de cabra	0.27	0.17	0.29	0.2	-	-
Estiércol de conejo	0.2	0.13	0.12	-	-	-
Estiércol de gallina	0.14	1.4	2.1	0.8	0.25	0.20
Humus de lombriz	2	1	1	-	-	-

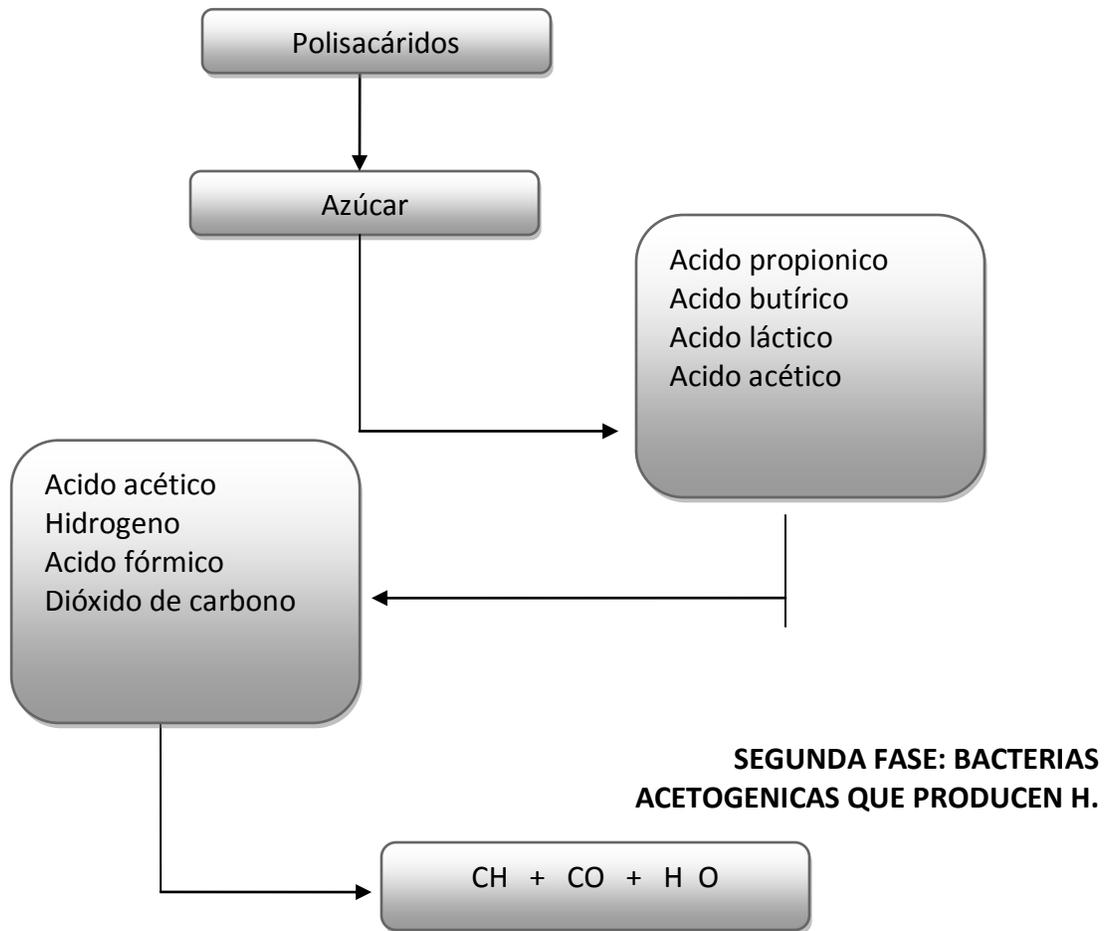
Fuente: Gomero (1999)

Anexo Nº 2.

Bacterias de las fases de fermentación de biogás.

PRIMERA FASE:

BACTERIAS DE FERMENTACION

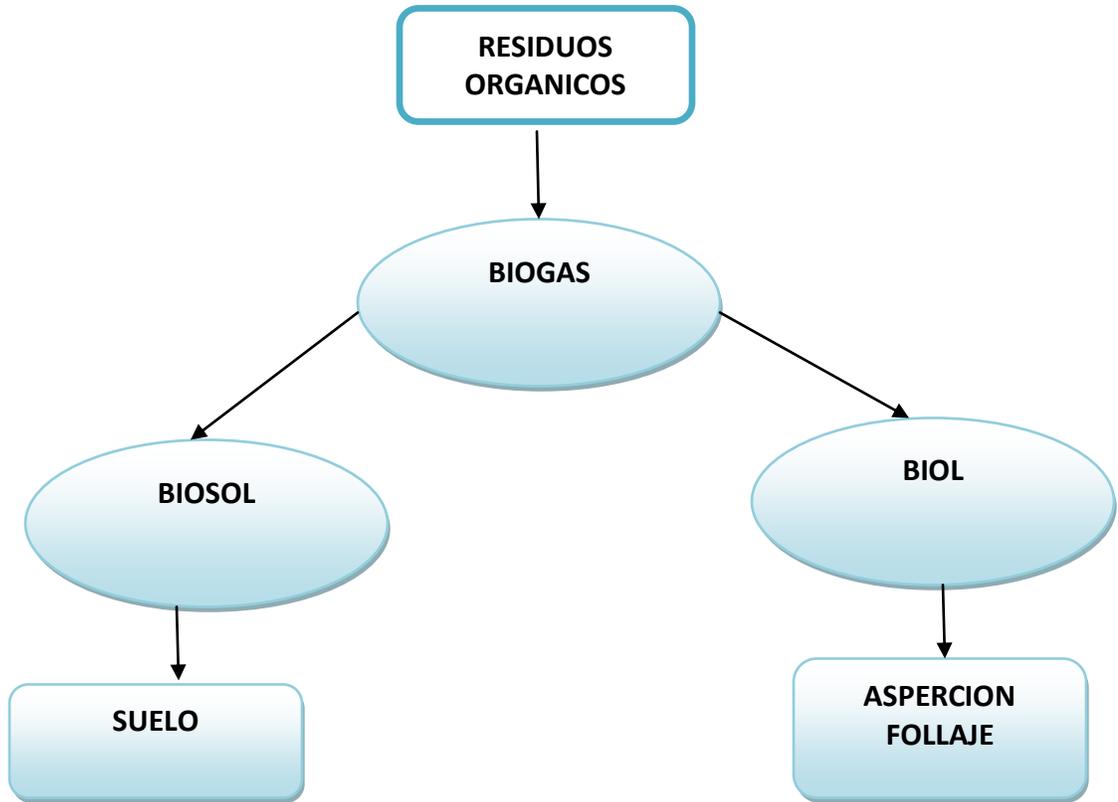


TERCERA FASE: BACTERIAS METANOGENICAS.

Fuente: Medina (1992).

Anexo Nº 3.

Producción de biogás, biol, biosol.



Fuente: Medina (1990).

Anexo Nº 4.

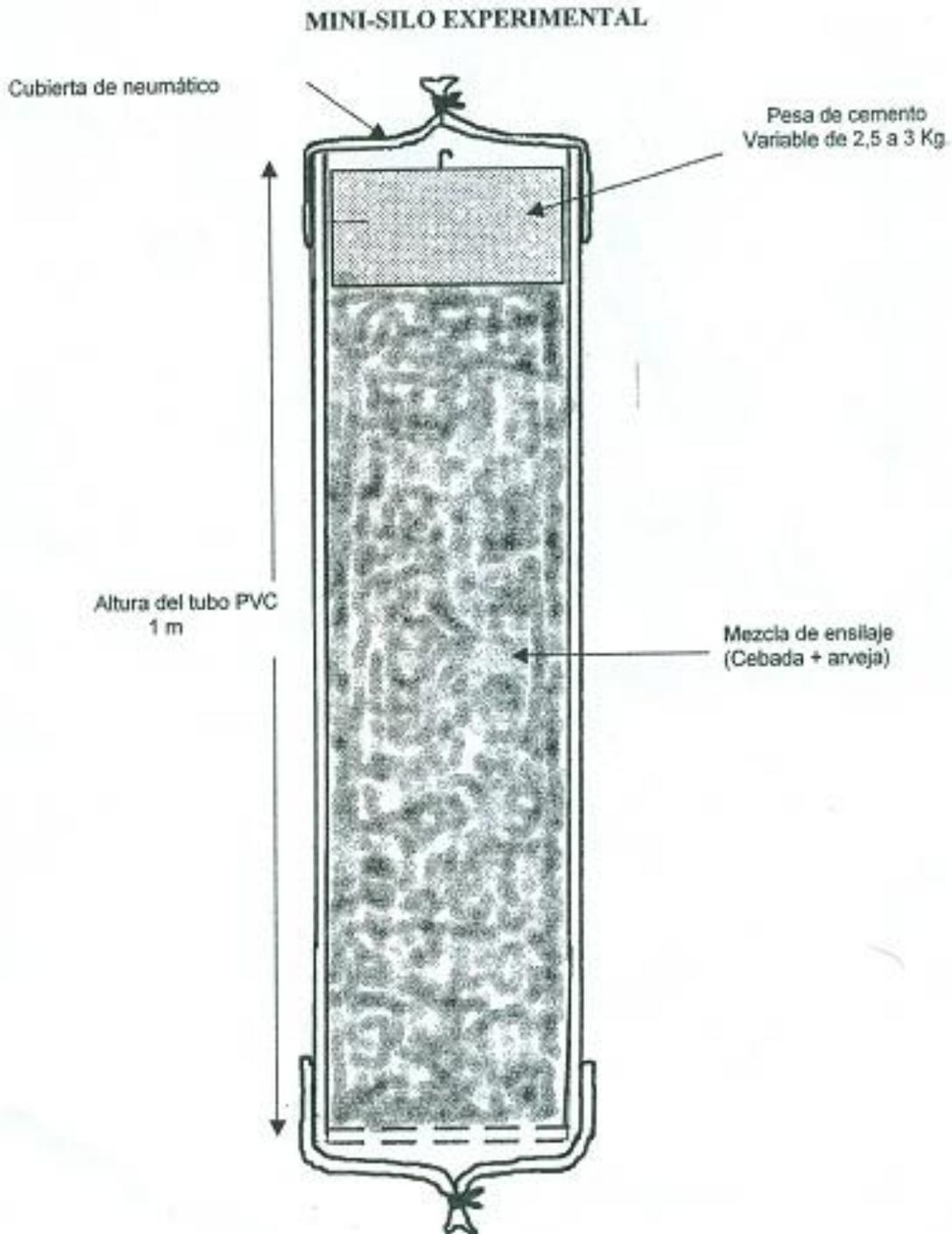
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ENSILAJE DE CEBADA

Costo Neto de Producción en dólares por Hectárea

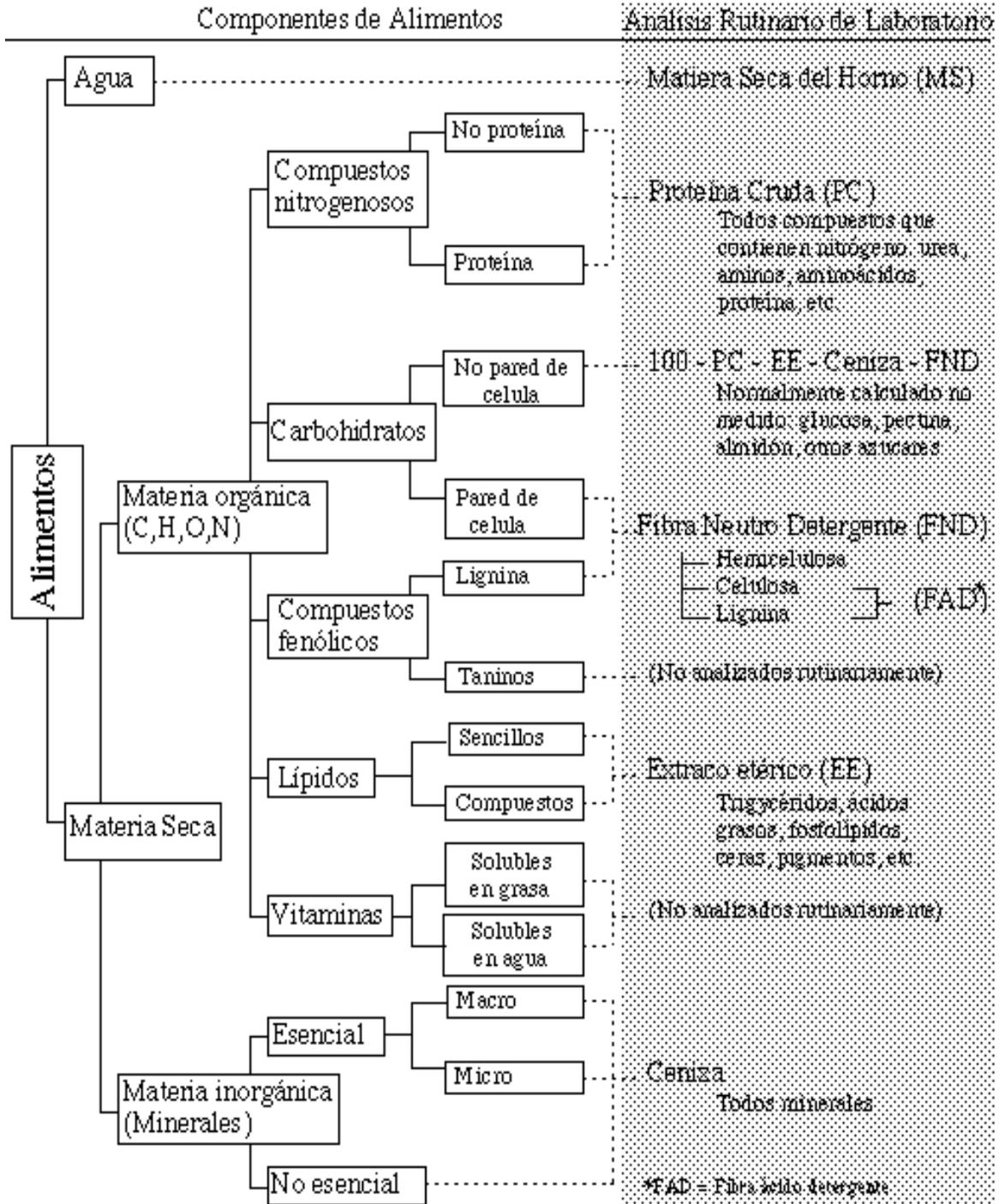
Uso de maquinaria para la siembra				
Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unit.	Total
Arado	3.5	Hr.	11.42	39.97
Rastra	5.0	Hr.	11.42	57.10
Siembra	1.0	Hr.	11.42	11.42
SUBTOTAL				108.49
Insumos agrícolas				
Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unit.	Total
Semilla	90	kg	0.42	37.80
Aditivo	20	qq	21.50	430.00
SUBTOTAL				467.80
Cosecha				
Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unit.	Total
Cosecha-picado	4	Hr.	10	40.00
Apisonado – silo	2	Hr.	10	20.00
Tapado silo	1.3	Hr.	10	13.00
Transporte	7	Hr.	10	70.00
SUBTOTAL				143.00
Riego				
Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unit.	Total
Riego	0.033	Parcela regada	3720.00	124
SUBTOTAL				124
TOTAL				843.29

Anexo Nº 5.

Esquema del mini silo para la elaboración del ensilaje



Anexo Nº 6.
Composición de alimentos



Anexo N° 7.

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACION EN SALUD (SELADIS)

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

INFORME DE RESULTADOS					
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA					
Informe:	062/06/11				
Producto:	ENSILAJE DE CEBADA				
Marca :	S/M	Propietario:	ALBERTO POMA M.		
Procedencia:	LA PAZ				
Fecha de recepción :	2011/06/02	Fecha de emisión de resultados:	2011/06/29		
Fecha de inicio de ensayos:	2011/06/03				

TABLA DE RESULTADOS

PARAMETRO	VALORES					
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
Proteína Cruda (%)	6.38	25.44	8.26	13.98	7.78	6.58
Cenizas (%)	6.42	6.57	6.74	8.41	7.28	6.95
Extracto Etéreo (%)	2.95	4.57	4.12	4.46	3.16	3.21
Extracto No Nitrogenado (%)	22.27	18.85	17.64	13.49	17.71	28.20
Contenido de Fósforo (mg/100gr)	504.03	587.36	528.49	565.34	313.60	410.40
Contenido de Calcio (mg/100gr)	18.73	22.74	62.28	29.72	17.07	28.38
pH	4.23	4.20	4.30	4.37	4.33	4.27

*Muestra proporcionada por el interesado


Dra. Maria O. Torrez T.
Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio NB: Norma Boliviana /AOAC: American Organization Analytical

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E
INVESTIGACION EN SALUD (SELADIS)

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
 Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

INFORME DE RESULTADOS			
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA			
Informe:	062/06/11		
Producto:	ENSILAJE DE CEBADA		
Marca :	S/M	Propietario:	ALBERTO POMA M.
Procedencia:	LA PAZ		
Fecha de recepción :	2011/06/02	Fecha de emisión de resultados:	2011/06/29
Fecha de inicio de ensayos:	2011/06/03		

ANALISIS DE MUESTRAS DE ENSILAJE DE CEBADA

ANALISIS FISICO QUIMICO: Cada uno de los parámetros fueron determinados realizando los análisis por duplicado como mínimo y la tabla de resultados ha sido elaborada con los valores ponderados.

CENIZAS: Método gravimétrico, calcinación 550°C. hasta peso constante (Ref: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Met. 14.006, 14ª. Edic. 1984, USA).

CARBOHIDRATOS: Calculado por diferencia de la muestra restando de 100, la suma de los porcentajes de proteína, extracto etéreo, humedad, fibra y cenizas (Tabla de composición de alimentos chilenos (Dr. Herman Schmidt – Hebbel Ed. Universitaria. Pag. 11 (1989) Chile).

PROTEINA: Método Kjeldajh, digestión ácida con sulfato de sodio y sulfato de cobre y destilación del nitrógeno en medio básico, utilizando el factor 6.25 para la conversión de proteínas. (Ref: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Met. 14.026, 14ª. Edic. 1984, USA).

EXTRACTO ETEREO: Método Gravimétrico, extracción con hexano, previa hidrólisis ácida de la muestra (Ref.: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Met. 14.019, 14ª. Edic. 1984, USA).

CALCIO: Método fotometría de llama con filtro de calcio, previa calcinación y tratamiento de la muestra (Ref.: Método VOGELS “Textbook of Quantitative Inorganic Analysis” 4º. Edic. Pag. 837 Método 22.b (1978) USA).

FOSFORO: Método Colorimétrico, basado en el complejo coloreado del fosforo y el fosfomolibdato de amonio a una longitud de onda máxima de 700nm., en un equipo SP- 8 ultravioleta spectrophotometer PYEUNICAM, previa calcinación, tratamiento ácido de mineralización de la muestra y separación de interferentes, (Ref.: Método GASTON CHARLOT, “Análisis Cuantitativo de Minerales”, Pag. 837 (1966) Paris). .

Anexo N° 8.

Resultados del análisis de varianza para las diferentes variables evaluadas

Cuadro de ANVA para Proteína

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamiento	5	838.6015	167.7203156	277.76	0.0001
Error	12	7.2458	0.6038222		
Total	17	845.847			

C.V.= 6.85 %

Cuadro de ANVA para Cenizas

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamiento	5	9.05711667	1.81142333	5.01	0.0104
Error	12	4.34093333	0.36174444		
Total	17	13.39805000			

C.V.= 8.63 %

Cuadro de ANVA para Extracto Etéreo

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamiento	5	7.54320000	1.50864000	6.38	0.0041
Error	12	2.83940000	0.23661667		
Total	17	10.38260000			

C.V.= 12.93 %

Cuadro de ANVA para Extracto No Nitrogenado

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamiento	5	439.4443333	87.8888667	41.18	0.0001
Error	12	25.6112667	2.1342722		
Total	17	465.0556000			

C.V.= 7.34 %

Cuadro de ANVA para Fósforo

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamiento	5	162379.5269	32475.9054	20.40	0.0001
Error	12	19101.3080	1591.7757		
Total	17	181480.8349			

C.V.= 8.22 %

Cuadro de ANVA para Calcio

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamiento	5	4174.207828	834.841566	83.74	0.0001
Error	12	119.629667	9.969139		
Total	17	4293.837494			

C.V.= 10.59 %