



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



PROYECTO DE TITULACIÓN
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Tema:

**“Determinación de la calidad bromatológica de la biomasa del
Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y
botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y
dos aditivos para ensilaje”**

Autores: Castillo García, Anthony Alexis
Moreira Macías, Nohelia Mishell

Tutor: Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier

Santo Domingo
2024



INTRODUCCIÓN

Época crítica



Almacenamiento Alimenticio



Según INEC, (2023) el 90 % de los productores ganaderos realizan pastoreo.

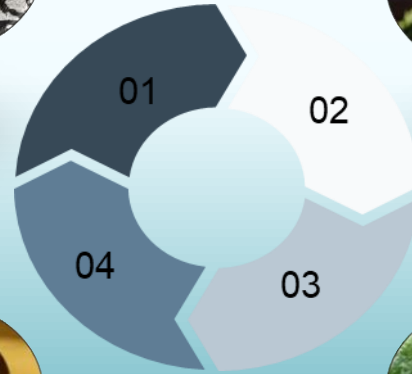


Según (León, Bonifáz, & Guitierrez, 2018). Dependiendo de la época del año el pasto es base en la alimentación en un 90-80-70%.

Aditivos



Alternativas forrajeras



Objetivo General

Determinar la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje.

Objetivo Específicos



Elaborar un alimento conservado (silo), para la alimentación de ganado bovino utilizando Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), con diferentes proporciones: 80:20, 75:25, 70:30 respectivamente y dos aditivos (suero de leche e inoculante biológico (Silamix).



Analizar la calidad y cantidad de leche producida por vacas lecheras como resultado de la suplementación de la dieta con ensilaje a base de Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*).



Determinar los parámetros bromatológicos del silo, incluyendo la materia seca (%), proteína bruta (%), fibra bruta (%), pH y cenizas.



Realizar un análisis económico de los tratamientos y la divulgación de resultados

HIPÓTESIS

4



Hipótesis nula

NO: No existe diferencia significativa en la calidad bromatológica de la biomasa entre las diferentes proporciones de Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), así como entre los diferentes aditivos para ensilaje.



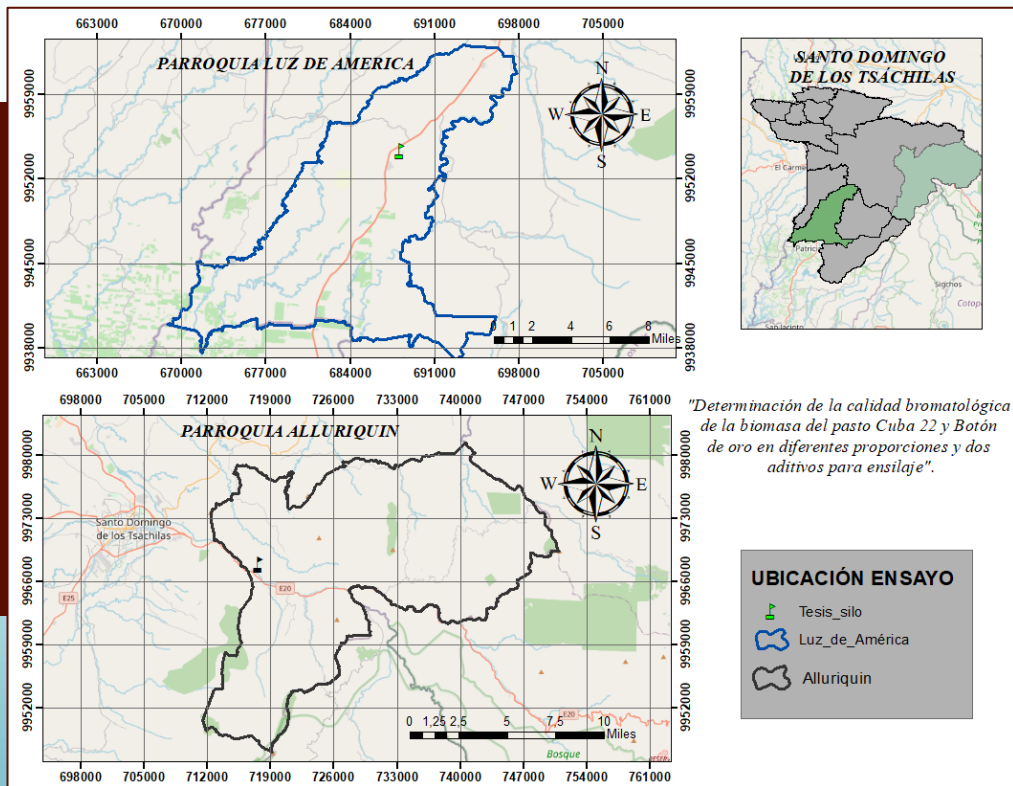
Hipótesis alternativa

Ha: Existe al menos una diferencia significativa en la calidad bromatológica de la biomasa entre las diferentes proporciones de Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), así como entre los dos aditivos para ensilaje.



MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica



Ubicación Política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo

Parroquia: Luz de América y Alluriquín

Dirección: Km 24 vía Santo Domingo- Quevedo
y km 16 vía Santo Domingo-Quito

Ubicación Ecológica

Zona de vida: Bosque Húmedo Tropical

Altitud: 270 msnm

Precipitación: 2980 mm

Humedad relativa: 89%

Temperatura: 24 – 26 °C

Heliofanía: 660 horas luz

MATERIALES

6

Elaboración del ensilaje

Materiales	Equipos	Insumos	Muestras
Bolsas de polietileno para empaque al vacío	Balanza	Melaza	Cuba 22
Fundas de silo de 50 kg	Máquina selladora envasadora al vacío portátil	Suero de leche	Botón de oro
Bomba de fumigar		Inoculante biológico	
Picadora de pasto			
Machete			
Libreta de campo			
Esferográfico			



Materia Seca

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza	Crisoles	Ensilaje
Estufa		



pH

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza	Mortero	Ensilaje
pH-metro	Vaso de precipitación	
Agua destilada		



Proteína

Equipos	Reactivos	Insumos	Muestras
Balanza	Ácido sulfúrico Concentrado	Mortero	Ensilaje
Unidad digestora	Hidróxido de sodio al 35%	Tubo de destilación	
Unidad de destilación	Tabletas catalizadoras	Matraces	
Equipo de titulación	Ácido bórico al 2%	Pipetas	
Soborna	Ácido clorhídrico 0.1N	Vasos de precipitación	
Estufa	Indicador Kjeldahl		



Fibra

Equipos	Reactivos	Insumos	Muestras
Balanza	H2SO4 0,128M	Crisoles	Ensilaje
Equipo Dosi-fiber	KOH	Probeta	
Bomba de vacío	Agua destilada	Pisetas	
Estufa	Acetona	Matraces	
Mufla	Octanol		



Ceniza

Equipos	Insumos	Muestras
Balanza	Crisoles	Ensilaje
Estufa		
Mufla		



MÉTODOS

7

Fase de campo: Elaboración del Ensilaje

1

Cosecha y picado de los forrajes



2

Mezcla de las proporciones y aplicación de los aditivos



3

Llenado y sellado de fundas



4

Almacenamiento



MÉTODOS

8

Fase de laboratorio: Análisis bromatológicos

1

Proteína



2

Fibra



3

Ceniza



4

Materia seca



5

pH



MÉTODOS

Análisis de la leche

1

Alimentación



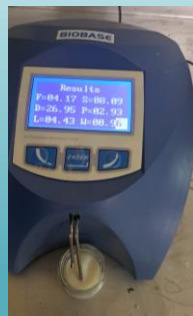
2

Toma de las muestras



3

Determinación de parámetros



Diseño experimental

Factores	Simbología	Niveles
Proporciones (A)	a ₁	(80:20)
	a ₂	(75:25)
	a ₃	(70:30)
Aditivos (B)	b ₁	Suero de leche
	b ₂	Inoculante biológico

Tipo de diseño

El estudio se realizó con un diseño experimental bifactorial (3x2) conducido en un diseño completamente al azar (DCA), en el cual se examinaron tres niveles para A (proporciones) y dos niveles para B (aditivos) siendo estos 6 tratamientos con 4 repeticiones teniendo en total 24 unidades experimentales.

Además, se administraron dos tratamientos a un conjunto de dos vacas lecheras, lo que resultó en un total de cuatro unidades experimentales para investigar la respuesta a la suplementación en vacas lecheras.

Tratamientos a comparar

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a ₁ b ₁	(80:20) + Suero de leche
T2	a ₁ b ₂	(80:20) + Inoculante biológico
T3	a ₂ b ₁	(75:25) + Suero de leche
T4	a ₂ b ₂	(75:25) + Inoculante biológico
T5	a ₃ b ₁	(70:30) + Suero de leche
T6	a ₃ b ₂	(70:30) + Inoculante biológico

Análisis funcional

Se empleó la prueba de LSD Fisher al 5% para analizar las diferencias entre las medias de los tratamientos



METODOLOGÍA

Características de la unidad experimental

Número de unidades experimentales: 24 UE

Forma de unidad experimental: Contenedores de polietileno para empaque al vacío

Ancho de unidad experimental: 25 cm

Largo de la unidad experimental: 35 cm

Área de las unidades experimentales: 875 cm²

Área neta del ensayo: 21000 cm²

Área total del ensayo: 3.6 m²



Croquis del ensayo



Variables de estudio

Proteína bruta (%)

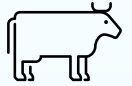
Fibra (%)

Materia seca (%)

Cenizas

pH

Características organolépticas



Calidad y cantidad de la leche



RESULTADOS



13

Análisis de proteína

Resultados de proteína del ensilado evaluando diferentes proporciones y aditivos.

Proporciones	Aditivos	Proteína (%)
80:20	Inóculo biológico (Silamix)	15,03
80:20	Suero de Leche	15,61
75:25	Inóculo biológico (Silamix)	17,36
75:25	Suero de Leche	17,95
70:30	Inóculo biológico (Silamix)	16,63
70:30	Suero de Leche	17,51

>20	Muy alta excesiva	Provocan exceso de NH ₃ . Elevado costo de alimentación. Suplementar con granos de alta degradabilidad ruminal.
16-20%	Alta	Leve exceso de NH ₃ . Aseguran un adecuado funcionamiento ruminal
8-12%	Baja	Inadecuado para la producción de leche y para buenas ganancias de peso
<7%	Muy Baja	Diferencia de NH ₃ . Se puede suplementar con urea

Niveles de contenido de proteína de pastos y forrajes.

Obtenido de: (León, Bonifáz, & Guitierrez, 2018).

Análisis de varianza de la variable proteína.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Proporciones	5,90	2	2,95	203,37	0,0049
Aditivos	0,70	1	0,70	48,25	0,0201
Error	0,03	2	0,01		
Total	6,63	5			

ADEVA para la variable proteína a un nivel de significancia al 5%; en donde se observa que hay diferencia significativa en proporciones ($p=0,0049$). Así mismo para los aditivos aplicados ($p=0,0201$).



Los resultados obtenidos se deben a la etapa fenológica o edad del cultivo en la que se realizó el corte, tanto para el pasto Cuba 22 y el Botón de oro, siendo estos de 65 y 60 días respectivamente, momento en el cual manifiesta su máximo nivel de proteína (León, Bonifáz, Gutiérrez, 2018).

RESULTADOS

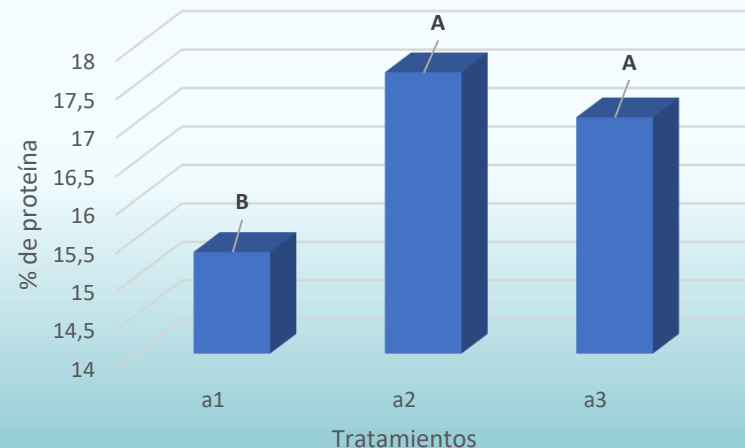


Análisis de proteína

Comparación de medias de LSD Fisher para la variable proteína.

LSD de Fisher: a1 - a2		LSD de Fisher: a1 - a3		LSD de Fisher: a2 - a3	
Xa1 - Xa2	2,335	Xa1 - Xa3	1,75	Xa2 - Xa3	0,585
rt (número tratamientos)	6	rt (número tratamientos)	6	rt (número tratamientos)	6
k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3
t _{0,025} (3)	3,182	t _{0,025} (3)	3,182	t _{0,025} (3)	3,182
CME	0,243	CME	0,243	CME	0,243
LSD	1,569	LSD	1,569	LSD	1,569
[Xa1 - Xa2] >LSD	Diferencia Significativa	[Xa1 - Xa3] >LSD	Diferencia Significativa	[Xa2 - Xa3] <LSD	No hay diferencia Significativa

Nivel de significancia



Según Gutiérrez et al., (2018) la demanda de proteína en el ganado vacuno lechero varía según la etapa de lactación. En la fase temprana, se requiere un contenido de proteína que oscile entre el 17-18%. En la fase media de 16-17% y en la fase tardía de 15-16%.

RESULTADOS



15

Análisis de fibra

Resultados de fibra del ensilado evaluando diferentes proporciones y aditivos.

Proporciones	Aditivos	Fibra (%)
80:20	Inóculo biológico (Silamix)	24,78
80:20	Suero de Leche	23,64
75:25	Inóculo biológico (Silamix)	20,13
75:25	Suero de Leche	20,46
70:30	Inóculo biológico (Silamix)	23,26
70:30	Suero de Leche	22,46



Cerdas R. (2018), destaca que el Botón de Oro es una especie forrajera ampliamente recomendada debido a sus niveles aceptables de fibra cruda, los cuales han sido determinados entre un rango de 21,80 y 24,34%

Análisis de varianza de la variable fibra.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Proporciones	15,78	2	7,89	26,38	0,0365
Aditivos	0,44	1	0,44	1,46	0,3501
Error	0,60	2	0,30		
Total	16,84	5			

ADEVA correspondiente para el análisis de fibra en donde indica que hay diferencia significativa entre las distintas proporciones ($p=0,0365$) de pasto Cuba 22 y el botón de oro evaluadas a un nivel de significancia del 5%.



El estudio realizado por Dueñas & Burgos (2021) sobre el ensilado de pasto Cuba-22 reveló un nivel de fibra de 22,75% a los 60 días de evaluación

RESULTADOS

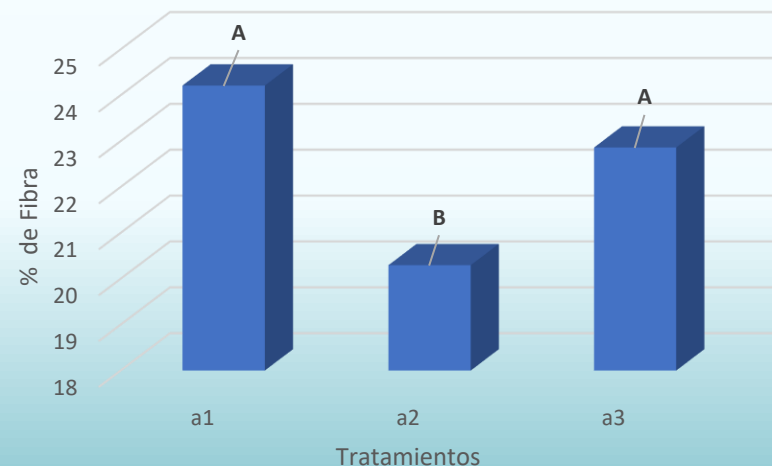


Análisis de fibra

Comparación de medias para la variable fibra.

LSD de Fisher: a1 - a2		LSD de Fisher: a1 - a3		LSD de Fisher: a2 - a3	
Xa1 - Xa2	3,915	Xa1 - Xa3	1,35	Xa2 - Xa3	2,565
nt (número de tratamientos)	6	nt (número de tratamientos)	6	nt (número de tratamientos)	6
k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3	k (tratamientos)	3
$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182	$t_{0,025} (3)$	3,182
CME	0,341	CME	0,341	CME	0,341
LSD	1,859	LSD	1,859	LSD	1,859
[Xa1 - Xa2]	Diferencia	[Xa1 - Xa3]	No hay diferencia	[Xa2 - Xa3]	Diferencia
>LSD	Significativa	<LSD	Significativa	>LSD	Significativa

Nivel de significancia



Según Pinos (2012) vacas lecheras requieren un contenido de fibra cruda que oscile entre el 17% y el 24% en la materia seca de su dieta para mantener un equilibrio apropiado.

De acuerdo con Zanin et al. (2022) el ensilaje mejora la digestibilidad de los alimentos al descomponer las fibras vegetales a través de la hidrólisis ácida durante la fermentación anaeróbica


RESULTADOS


Análisis de materia seca

Análisis de varianza de la variable materia seca.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Proporciones	10,73	2	5,37	2,72	0,2690
Aditivos	2,77	1	2,77	1,40	0,3577
Error	3,95	2	1,98		
Total	17,46	5			

El ADEVA presenta diferencia significativa en las proporciones de pasto Cuba 22 y el Botón de Oro evaluadas ($p=0,2690$), así como tampoco en los aditivos ($p=0,3577$).

 El contenido de materia seca representa un aspecto crucial a tener en cuenta durante el proceso de ensilaje, dado que incide directamente en la fermentación, la estabilidad microbiológica y la calidad nutricional del producto final.


 González et al. (2022) en su estudio centrado en los silajes de *Penisetum purpureum* y Botón de Oro en una proporción (75:25) registraron un porcentaje de 24% para esta variable.



17

Resultados de materia seca del ensilado evaluando diferentes proporciones y aditivos.

Proporciones	Aditivos	Materia seca
80:20	Inóculo biológico (Silamix)	21,44
80:20	Suero de Leche	20,28
75:25	Inóculo biológico (Silamix)	23,60
75:25	Suero de Leche	24,12
70:30	Inóculo biológico (Silamix)	22,94
70:30	Suero de Leche	19,50

 Rodríguez, Álvarez & López (2022) informaron haber alcanzado un contenido de materia seca del 18,40% con una combinación de Pasto Cuba (75%) y Botón de oro (25%).

RESULTADOS



18

Análisis de ceniza

Análisis de varianza de la variable ceniza.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Proporciones	0,61	2	0,31	0,53	0,6530
Aditivos	0,59	1	0,59	1,03	0,4177
Error	1,15	2	0,57		
Total	2,35	5			

El ADEVA indica que no hay diferencia significativa entre las proporciones evaluadas de Cuba 22 y Botón de Oro ($p=0,6530$) así como tampoco en aditivos aplicados ($p=0,4177$).

Resultados de ceniza del ensilado evaluando diferentes proporciones y aditivos.

Proporciones	Aditivos	Ceniza
80:20	Inóculo biológico (Silamix)	6,95
80:20	Suero de Leche	6,46
75:25	Inóculo biológico (Silamix)	7,15
75:25	Suero de Leche	7,52
70:30	Inóculo biológico (Silamix)	7,5
70:30	Suero de Leche	5,74

González et al. (2022) obtuvieron un porcentaje de 8% en el silaje de Pasto elefante (75%) + Botón de oro (25%).

Encalada et al. (2017) expresan que, los niveles de ceniza en el ensilaje son influenciados por la composición mineral de las plantas y el material utilizado, así como por el contenido del suelo, estos dependerán de la fertilización, el momento de la cosecha y las condiciones climáticas en la que haya estado el cultivo.

Paredes et al. (2014) el aporte de cenizas del suero de leche es de 0,63 a 0,84%, lo que puede ser un determinante debido al contenido mineral de este elemento.

RESULTADOS



Resultados de comparación de medias para la variable pH.

Análisis de pH

Análisis de varianza de la variable pH.

30 días

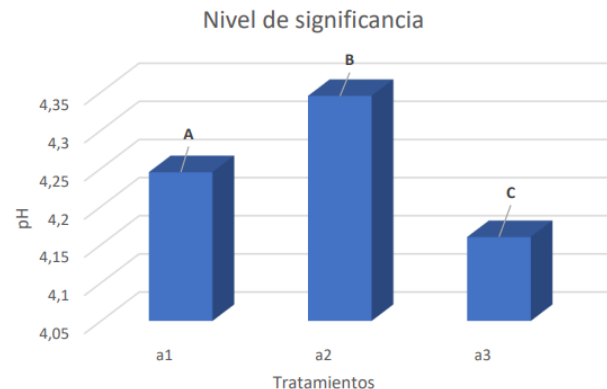
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Proporciones	0,034	2	0,02	147	0,0068
Aditivos	0,0010	1	0,0010	9,14	0,0942
Error	0,0002	2	0,0001		
Total	0,04	5			

45 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Proporciones	0,003	2	0,002	0,39	0,7180
Aditivos	0,02	1	0,02	5,85	0,1368
Error	0,01	2	0,004		
Total	0,04	5			

60 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Proporciones	0,03	2	0,01	1,34	0,4267
Aditivos	0,15	1	0,15	13,55	0,0665
Error	0,02	2	0,01		
Total	0,20	5			



El ADEVA para la variable pH indica que hubo diferencia significativa en las proporciones en el día 30 ($p=0,006$), mientras que en los demás días evaluados no hay diferencia significativa tanto en proporciones ni en aditivos evaluados, ya que los resultados muestran un equilibrio e igualdad entre los mismos.



Según, Tirira (2016) y Paredes et al. (2014) el suero de leche proporciona microorganismos ácido-lácticos activos y ácido láctico en 0,46%, que juegan un rol clave durante la fermentación láctica, convirtiendo a los azúcares presentes en el forraje, a ácido láctico



Fernández et al. (2017) expresan que, el pH óptimo de un silo debe ser menor que 4,5

RESULTADOS

Características organolépticas

Análisis organoléptico del ensilaje

CARACTERÍSTICA	30 días	45 días	60 días
Fermentación	Láctica	Láctica	Láctica
Color	Amarrillo Verdoso	Amarrillo Verdoso	Amarrillo Verdoso
Olor	Avinagrado Agradable	Avinagrado Agradable	Avinagrado Agradable
Textura	Muy firme compacto	Muy firme compacto	Muy firme compacto
pH	4,10	4,19	4,30
Humedad	>70%	>70%	>70%
Apariencia	Ausencia de hongos	Ausencia de hongos	Ausencia de hongos
Aceptabilidad	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena



Resultados equiparables a los obtenidos por Granados, Wing & Rojas (2014) quienes obtuvieron una fermentación satisfactoria luego de 60 días de ensilaje de pasto estrella africana con melaza.



Fernández et al. (2017) el método de conservación del forraje se fundamenta en el proceso de fermentación láctica, el cual tiene como objetivo la generación de ácido láctico, lo que conlleva a una reducción del pH por debajo de 5



Según Orozco (2016) el contenido de humedad debe situarse entre el 62% y el 67%, y adicionalmente, es crucial que el ensilaje sea bien recibido por los animales.

RESULTADOS

Análisis de leche

Resultados del análisis de la calidad de la leche en función del alimento proporcionado (Ensilaje de pasto Cuba 22 y Botón de Oro con Silamix y con suero de leche).

Día	Grasa (F)		Lactosa (L)		Proteína (P)		pH		Acidez		Rendimiento (L)	
	Sx	SI	Sx	SI	Sx	SI	Sx	SI	Sx	SI	Sx	SI
0	5,02	5,02	4,58	4,58	3,24	3,24	6,68	6,68	15	15	4,5	5
6	5,14	5,24	4,9	4,9	3,24	3,24	6,74	6,7	15	15	4,5	5
12	4,5	5,31	4,68	4,9	3,26	3,24	6,76	6,77	16	16	4,5	5,25
18	4,75	4,48	4,78	4,91	3,27	3,26	6,71	6,7	16	16	4,5	5,5
21	4,82	4,58	4,68	4,93	3,31	3,36	6,85	6,87	15	15	4,75	5,5

En la leche de vaca, esta acidez natural se sitúa típicamente en un rango de 14-18° Dornic (López et al., 2015).

De acuerdo con López et al. (2015), el pH es un indicador crucial para evaluar la estabilidad de los alimentos, explican que el pH normal de la leche se encuentra típicamente en el rango de 6,6 a 6,8.



Según la norma NTE INEN 11 citada por Cajamarca (2022) el nivel de grasa óptimo para la leche cruda es del 3,5 a 4,5%.

De acuerdo con Infocarne (2006) la lactosa es el principal azúcar presente en la leche, y sus niveles suelen mantenerse en un rango constante de entre 4,8% y 5,2%.

La leche de vaca es una fuente significativa de nutrientes, especialmente de proteínas, con un contenido que generalmente oscila entre 3% y el 4% (García et al., 2014).

Análisis económico

Análisis económico para la elaboración de un silo con un cultivo de pasto Cuba y Botón de Oro ya establecido.

Elaboración de silo con pasto cuba y Botón de oro con dimensiones 2500m2 y 2000m2 respectivamente

Materiales	Unidades	Cantidad	Precio unidad	Total
Cosecha cuba 22	jornales	2	20	40
Cosecha botón de Oro	jornales	2	20	40
Fundas de 50 kg	unidad	420	0,52	218,4
Melaza	volumen	20	0,5	10
Suero de leche	volumen	20	0,5	10
Silamix	kg	2	8	16
Balanza	unidad	1	20	20
Alquiler picadora	unidad	1	15	15
		total		369,4



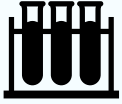
Proyección de costos para la elaboración de ensilaje de un cultivo ya establecido de pasto Cuba 22 y Botón de oro con dimensiones 2500 m2 y 2000 m2 respectivamente, se sitúa en \$ 369,40.



Considerando que la funda de silo de 50 kg tiene un precio de \$5,00 y se obtienen 420 fundas de las dimensiones propuestas, se genera un ingreso total de \$ 2 100, teniendo una utilidad de \$ 1 730,60.

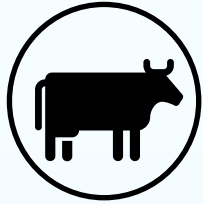


CONCLUSIONES



- La evaluación de los parámetros bromatológicos en los tratamientos reveló resultados significativos. Las medias de proteína bruta presentaron diferencias notables, oscilando entre 15,03% y 17,95%, cumpliendo así con los estándares de requerimientos proteicos para el ganado vacuno lechero en diversas etapas de lactación.
- En relación con la fibra, también se evidenciaron disparidades significativas, con valores (20,13 - 24,78%) dentro de los límites aceptables para la estimulación ruminal.
- Aunque no se observaron diferencias en los niveles de ceniza, se deduce que la composición mineral de los tratamientos (5,74 - 7,52%) se derivó de los materiales incorporados.
- Respecto a la materia seca y el pH, aunque no presentaron diferencias significativas, los valores obtenidos se mantuvieron dentro del rango adecuado para el proceso de ensilaje, con valores entre 19,50% y 24,12% para la materia seca, y entre 4,10 y 4,36 para el pH. Estos resultados confirman la viabilidad de los tratamientos evaluados en términos de su composición nutricional y su idoneidad para el proceso de ensilaje.

CONCLUSIONES



El análisis de calidad de la leche reveló que tanto el silo con inoculante biológico como el silo con suero de leche mantuvieron la composición láctea y el rendimiento lechero dentro de los rangos esperados, puesto que, los niveles de lactosa, proteína, pH y acidez se mantuvieron estables en los días evaluados.



El análisis económico revela que una inversión de \$369.40 genera un total de 420 fundas de 50 kg, con un precio de mercado de \$5 cada una. Por consiguiente, la ganancia neta resultante asciende a \$ 1 730,60.

RECOMENDACIONES



Es esencial profundizar en cómo distintos alimentos y suplementos afectan la calidad y cantidad de leche bovina, evaluando variadas mezclas de forrajes, concentrados y aditivos.



Es crucial monitorear continuamente la calidad de la leche para entender el impacto de la dieta en sus propiedades, lo que requiere análisis periódicos de sus componentes y registros detallados de la alimentación de las vacas.



Dado que el uso de silamix y suero de leche como aditivos no alteró significativamente el pH del silo, se sugiere evaluar ambos conjuntamente en futuras investigaciones para determinar su efecto combinado.



Se recomienda un ensayo que incluya el secado previo del Botón de Oro para identificar el tiempo de secado óptimo que aumente el contenido de materia seca en el silo sin alterar proteínas, fibra, cenizas y pH.



Implementar otras investigaciones evaluando diferentes tiempos de descanso de las variedades en estudio.



¡Gracias!

