

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



**ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL Y DETERMINACIÓN DE MINERALES EN PACAS DE
HENO A PARTIR DE ZACATE PANGOLA (*Digitaria decumbens*)**

Presentado por:

CAMILA SOFÍA ESCALANTE VÁSQUEZ

Requisito para optar al título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Asesor:

ING. M.SC. JUAN MILTON FLORES TENSOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

M.SC JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

M.SC. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO:

M.SC. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

LIC. M.SC. FREDDY ALEXANDER CARRANZA ESTRADA

ASESOR:

ING. M.SC. JUAN MILTON FLORES TENSOS

TRIBUNAL CALIFICADOR:

LIC. RUDY ANTHONY RAMOS SOSA

LIC. M.SC. FREDDY ALEXANDER CARRANZA ESTRADA

ING. M.SC. FLOR DE MARÍA LÓPEZ HERNÁNDEZ

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN:

LIC. RUDY ANTHONY RAMOS SOSA

ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	6
2.	INTRODUCCIÓN	7
3.	OBJETIVOS	9
3.1	Objetivo General.....	9
1.1	Objetivos específicos	9
4.	MARCO TEÓRICO	10
4.1	Heno.....	10
4.1.1	Proceso de henificación.....	10
4.1.2	Factores que determinan la buena calidad del heno	11
4.1.3	Especies recomendadas para henificar	11
4.1.4	Importancia del consumo de heno en rumiantes	12
4.2	Generalidades del cultivo de pasto Pangola.....	13
4.2.1	Origen y distribución	13
4.2.2	Clasificación taxonómica	14
4.2.3	Rendimientos del cultivo	14
4.2.4	Composición nutricional del Zacate Pangola (<i>Digitaria decumbens</i>).....	15
4.3	Análisis Bromatológico	18
4.3.1	Humedad	18
4.3.2	Materia seca	18
4.3.3	Ceniza.....	19
4.3.4	Proteína	19
4.3.5	Extracto etéreo.....	19

4.3.6	Fibra cruda	20
4.3.7	Carbohidratos	20
4.4	Determinación de minerales	20
4.4.1	Clasificación de los minerales.....	21
4.4.2	Macroelementos	21
4.4.3	Microelementos	23
5.	METODOLOGÍA.....	25
5.1	Metodología de campo.....	25
5.1.1	Ubicación	25
5.1.2	Muestreo y transporte de la muestra	25
5.1.3	Conservación y preparación de la muestra	25
5.2	Metodología de laboratorio.....	26
5.2.1	Análisis bromatológico	26
5.2.2	Determinación de minerales	30
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
6.1	Resultados Análisis Bromatológico.....	32
6.2	Resultados Determinación de Minerales.....	36
7.	CONCLUSIONES.....	40
8.	RECOMENDACIONES	41
9.	BIBLIOGRAFÍA	43
10.	ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies recomendadas para henificar según país de origen	12
Cuadro 2. Clasificación taxonómica.....	14
Cuadro 3. Variables de rendimiento en cuatro cosechas de un sistema de producción de pacas de heno (<i>Digitaria decumbens</i>)	15
Cuadro 4. Composición nutricional de Heno a base de Zacate Pangola	16
Cuadro 5. Perfil mineral de Heno a base de Zacate Pangola a diferentes días de corte	17
Cuadro 6. Resultados del Análisis Bromatológico en Paca de Heno	33
Cuadro 7. Resultados de la determinación de minerales en Paca de Heno	37

1. RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la calidad nutricional mediante análisis bromatológico y cuantificación de minerales de las pacas de heno elaboradas a base de zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) que se cosecha y produce dentro de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) para alimentación del hato ganadero así como también comercialización de las mismas dentro de sus alrededores. La presente investigación se realizó en dos fases: la primera fue la fase de campo, la cual se desarrolló en el establo de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas (FCCAA), ubicada 13°28'3" Latitud Norte; 89°05'8" Longitud Oeste. En esta etapa, la cual consistió en la recolección de muestras de pacas de heno, para ello se embolsaron, identificaron y condujeron en hieleras al Laboratorio de Química Agrícola de la FCCAA. La segunda fase corresponde al acondicionamiento y preparación de las muestras para el análisis respectivo (análisis bromatológico y determinación de minerales como: calcio, magnesio, hierro, zinc, sodio, potasio, fósforo), la cual se desarrolló en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Una vez obtenido los resultados de los análisis realizados se procedió al procesamiento de los datos a través del uso de plantillas de Excel (Office 2010), donde los resultados promedios de las muestras fueron comparados con investigaciones realizadas anteriormente por otros autores. La investigación se llevó a cabo en un período de tres meses (septiembre a diciembre) del año 2021. Los resultados obtenidos en el análisis fueron: humedad 12.49%, materia seca 87.51%, ceniza 12.14%, proteína 5.96%, extracto etéreo 0.70%, fibra cruda 35.35% y carbohidratos 52.44%. Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis fueron el porcentaje de materia Seca (87.51%) y el porcentaje de carbohidratos (52.44%). En cuanto al perfil mineral, los minerales con mayor concentración fueron el potasio y el sodio con una concentración de 341.29 mg/100g y 48.25 mg/100g respectivamente; los minerales de menor concentración fueron zinc y hierro con una concentración de 0.17 mg/100g y 1.89 mg/100g respectivamente.

2. INTRODUCCIÓN

El proceso de henificación es sin lugar a duda una ayuda y una alternativa más para la alimentación del ganado, a través de la deshidratación, preservación y conservación del pasto para la alimentación posterior del ganado. Sin embargo, el proceso debe realizarse considerando los factores más relevantes (calidad, momento de corte y pérdidas), todo esto va a depender de la especie a henificar que se elija, el momento óptimo de corte y el objetivo productivo para lo cual se destine el heno, ya sea calidad o cantidad de suplemento a producir (Casas y Torres 2012).

El zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) es una de las gramíneas más utilizadas para la producción de heno, tanto por su calidad nutritiva, como por su rendimiento y su facilidad de secado. Su rendimiento oscila entre los 10 y 15 ton MS/ha/año. El contenido de proteína cruda y digestibilidad de materia seca a los 30 días de rebrote es de 10 y 62%, respectivamente. En una hectárea de pasto Pangola var. Transvala, fuertemente fertilizada (250 a 300 kg de N/ha/ año), se puede obtener un promedio de 500 pacas de 20 kg por cada corte (Pezo *et al.* 2012).

En este contexto, la caracterización bromatológica y el perfil mineral en pacas de heno a base de zacate Pangola (*Digitaria Decumbens*) se vuelven de gran interés a nivel de balance nutricional y aportes de nutrientes y minerales dentro de las dietas balanceadas y mezclas de materias primas que son utilizadas para la alimentación del ganado lechero en sus diferentes etapas (crecimiento, desarrollo, producción o lactancia y vacías); en este sentido, esta investigación tiene como objetivo principal determinar la calidad nutricional y mineral a través del análisis bromatológico proximal y determinación de minerales en pacas de heno a base de zacate Pangola utilizadas como alimento (solo, mezclado, entre otros) para el ganado de la EEP así como también la comercialización de estas mismas.

Esta información puede ser de utilidad para los ganaderos, productores y nutricionistas animales que se dedican a la elaboración de alimentos, comercialización y balanceo de las dietas de los animales en producción (lechero o engorda); a fin de seleccionar buenas

fuentes de alimentación y proporcionar los nutrientes necesarios dentro una dieta balanceada que mantenga la salud y producción animal.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Realizar el análisis bromatológico proximal y determinación de minerales en pacas de heno hechas a partir de “Zacate Pangola” (*Digitaria decumbens*) elaboradas en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

1.1 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad, materia seca, ceniza, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, carbohidratos, en muestras de paca de heno zacate pangola producidas en la EEP.
- Cuantificar el contenido de minerales: calcio, magnesio, hierro, zinc, sodio, potasio, fósforo presente en muestras de paca de heno zacate Pangola producidas en la EEP.
- Comparar los resultados obtenidos con valores de otras investigaciones realizadas por otros autores.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Heno

El heno es un forraje conservado que se caracteriza por poseer un bajo contenido de humedad (menos de un 15%) lo que permite almacenarlo sin peligro de fermentaciones y desarrollo de hongos. Bien elaborado, reúne prácticamente íntegras las características nutritivas de las plantas que se emplearon como materia prima. Es consumido con agrado por todo tipo de ganado (Águila 1978).

El heno no es un tipo de forraje de valor alimenticio determinado, como con mucha frecuencia se considera en la práctica. Es simplemente una forma de forraje conservado, que se obtiene en el proceso llamado henificación, y cuyas verdaderas características dependen de la planta utilizada en su elaboración y de la perfección con que se haya desarrollado todo el proceso de su preparación. En la realidad la calidad de un heno puede variar dentro de márgenes muy amplios (Águila 1978).

La operación fundamental de la producción de heno es la reducción del contenido de humedad del forraje cortado, de un 70-90% inicial a un 15-20%, algo aparentemente simple en teoría; pero, muy dependiente de las condiciones climáticas y que necesita capacidad técnica y buen criterio por parte del agricultor. El heno es clasificado como difícil de digerir cuando tiene más de 18% de fibra cruda (FC) y menos de 20% de proteína cruda (PC) en su materia seca (MS). En la práctica, muchos henos tienen un valor alimenticio por debajo de esos niveles (Suttie 2003).

Por lo tanto: si se pretende lograr mayor calidad de heno, se debe cosechar el pasto en un estadio fenológico anticipado, mientras que, si el objetivo es obtener cantidad, el corte podrá realizarse en un estado de madurez más avanzado (Bragachini *et al.* 2008).

4.1.1 Proceso de henificación

La henificación es un proceso que consiste en secar parcialmente el pasto en el menor tiempo posible, mayormente por acción del sol y la circulación de aire; pero en sistemas

más sofisticados se hace este secado usando energía fósil o solar, en hornos. Con frecuencia, los pastos cosechados para hacer heno tienen un contenido de materia seca de 20 a 25%, y a través del secado se reduce la humedad hasta que el por ciento de materia seca alcance un nivel de 85 a 90%. De esta forma, el material se puede almacenar por largo tiempo sin que se produzcan fermentación por acción de los microorganismos, ni el desarrollo de hongos, mohos y bacterias que pueden provocar la pudrición del pasto. Sin embargo, es importante que se realice lo más rápido posible el proceso de desecamiento parcial de los forrajes para producir heno, pues de esta manera se reducen las pérdidas de nutrientes, principalmente debidas a la respiración (Pezo *et al.* 2012).

4.1.2 Factores que determinan la buena calidad del heno

Podríamos definir la calidad del forraje y/o del heno como “el potencial que éstos tienen de producir una respuesta deseada en el animal”. Dicho de otra forma, el grado en que cubre las necesidades del animal que lo consume (Díaz y Callejo 2004).

Según Benítez (2011) publicó que los factores que limitan la calidad del heno son:

- La edad de la planta: mientras más tierna es la planta, su contenido de proteína es mayor.
- Las hojas poseen un valor nutritivo mayor que los tallos.
- La exposición a exceso de lluvia en el periodo de secado disminuye el valor nutritivo del heno hasta en un 50%.
- Largos periodos de almacenamiento con altas temperaturas y alta humedad disminuye la calidad del heno.

4.1.3 Especies recomendadas para henificar

Si bien casi cualquier especie forrajera puede ser usada para la henificación, de preferencia, se deben seleccionar especies cuyos hojas y tallos no sean demasiado succulentos, y que no tengan una altura mayor de 1m.; pues, con eso se asegura que el secado se efectúe en un período de tiempo corto, que es lo deseable para reducir las

pérdidas por respiración. También debe considerarse que la especie seleccionada produzca bastante forraje y que posea un valor nutritivo aceptable (Benítez 2011).

En el cuadro 1 se pueden observar las especies que se recomiendan henificar

Cuadro 1. Especies recomendadas para henificar según país de origen

	Nombre común	Nombre científico	Lugar de origen
Gramíneas	Pasto Suazi	<i>Digitaria swazilandensis</i>	África
	Pasto Estrella	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	África
	Pasto Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	África
	Pasto Peludo	<i>Brachiaria decumbens</i>	África
	Pasto Brizanta o Diamantes	<i>Brachiaria brizantha</i>	África
	Pasto Transvala	<i>Digitaria decumbens var. Transvala</i>	África
	Pasto Angleton	<i>Dichantium aristatum</i>	África
	Leguminosas	Maní forrajero	<i>Arachis pintoi</i>
Conchita azul		<i>Clitoria ternatea</i>	ND *
Stylo		<i>Stylosanthes guianensis</i>	ND *
Leucaena		<i>Leucaena leucocephala</i>	Mesoamérica

* ND: no define

Elaborado con base en: Pezo *et al.* 2012

4.1.4 Importancia del consumo de heno en rumiantes

Un kilogramo de un buen heno, sustituye hasta cuatro kilos de pasto verde fresco. Se utiliza como suplementación para animales en épocas críticas. En zonas húmedas, con periodos de lluvia donde los pastos se vuelven muy succulentos (acuosos), mejora el aporte de materia seca a base de fibra larga, lo que ayuda la digestión de los otros componentes

de la dieta. Evita diarreas, deyecciones acuosas frecuentes. Mejora la cantidad de sólidos totales de la leche en especial el contenido de grasa (Soto 2011).

El suministro de heno estimula la rumia y la secreción salival, por lo cual el número de especies de bacterias y los protozoarios no se ven afectados por niveles bajos de pH en el rumen (Araujo y Vergara-López 2007).

4.2 Generalidades del cultivo de pasto Pangola

4.2.1 Origen y distribución

Es sabido que las gramíneas de mayor importancia forrajera para el trópico son originarias de África, mientras que gran parte de las especies de mayor impacto para zonas templadas son originarias de Europa y Asia. Entre los géneros tropicales o intertropicales de gran valor forrajero que se pueden mencionar son: *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Chloris*, *Pennisetum*, *Panicum*, *Hemarthria*, *Cynodon*, *Hyparrhenia*, *Digitaria*, entre otras. La especie *Digitaria* evolucionó en África bajo una gran diversidad de presiones de selección; entre las que se puede mencionar pizoteo o pastoreo, dentadura, entre otros aspectos como las diversidades de ambiente en que esta especie evolucionó; densidades poblacionales, elevación sobre el nivel del mar, entre otras características. (Quero 2013).

El Zacate Pangola es originario del valle del río Pongola (lo que le dio origen al nombre común de Pangola) en la frontera de Swazilandia, Sudáfrica y Mozambique, en el sur de África (Enríquez *et al.* 2011).

El Zacate Pangola puede ser considerado uno de los pastos más importantes, encontrándose ampliamente distribuida en el Caribe, América Central, las regiones subtropicales de América del Norte, América del Sur, Australia, África, entre otros (Blandino 1990).

4.2.2 Clasificación taxonómica

En el cuadro 2 se detalla la clasificación taxonómica del zacate Pangola.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica

Taxón	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida (monocotiledóneas)
Subclase:	Commelinidae
Orden	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Género:	<i>Digitaria</i>
Especie:	<i>Decumbens</i>

Elaborado con base en: León *et al* 2018.

4.2.3 Rendimientos del cultivo

Su rendimiento oscila entre los 10 y 15 ton MS/ha/año. El contenido de proteína cruda y digestibilidad de materia seca a los 30 días de rebrote oscila del 10 al 62%, respectivamente. En una hectárea de pasto Pangola var. Transvala, fuertemente fertilizada (250 a 300 kg de N/ha/año), se puede obtener un promedio de 500 pacas de 20 kg por cada corte (Pezo *et al.* 2012).

Murillo (2013), caracterizó un sistema de producción de pacas de heno a partir del pasto *Digitaria decumbens* bajo sistema de riego en la Soga, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica, en el periodo 2012-2013. Obteniendo diferentes rendimientos según la fenología del cultivo para cada uno de los cortes y su rendimiento tanto verde, seco o deshidratada y cantidad de pacas según corte realizado. El Cuadro 3 muestra que aunque hubo diferencia en el área en producción de cada corte (el corte 2 tiene una hectárea más que el corte 3), la productividad fue similar 1064 y 721 respectivamente en relación área/cantidad de

pacas. Por otra parte la productividad fue variable en el corte 1 y 4 en comparación con los otros dos cortes, lo cual se pudo atribuir a que el riego que se dispuso no tuviera la cantidad de agua requerida para regar de manera eficiente la parcela. El promedio de número de pacas entre los cuatro cortes fue de 795 pacas en cada ciclo.

Cuadro 3. Variables de rendimiento en cuatro cosechas de un sistema de producción de pacas de heno (*Digitaria decumbens*)

Cortes	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Total
Ciclo (días)	45	83	120	112	360
Área (ha)	3.8	3.4	2.3	2.3	11.8
Cantidad de pacas	795	1064	721	600	3,180
Peso promedio por paca (kg)	18	18	19	19	
Rendimiento total (kg)	14,668	19,567	13,605	11,640	59,480
Rendimiento total (tm)	14.7	19.6	13.6	12	59.9
Rendimiento (kg/ha)	3,860	5,755	5,915	5,061	20,591
Rendimiento (kg/ha/día)	86	69	49	45	

Elaborado con base en: Murillo 2013.

4.2.4 Composición nutricional del Zacate Pangola (*Digitaria decumbens*)

La composición nutricional de los alimentos del ganado se divide en agua, ceniza bruta, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y otro extracto soluble libre de nitrógeno (INATEC 2016).

La composición química y valor nutritivo de los pastos es muy variable en comparación a las otras categorías de alimentos, en función de un conjunto de factores, siendo el estado de crecimiento de la planta el más determinante de su calidad. Entre menor es el intervalo entre cortes o pastoreos de un forraje, mayor es su contenido energético y proteico. La calidad decrece lentamente hasta la floración y luego disminuye aceleradamente (Combellas 1998).

Los forrajes de mayor calidad nutritiva son los que presentan mayor proporción de componentes no estructurales (proteínas, azúcares y almidón) respecto de los componentes ligados a las paredes celulares (celulosa, hemicelulosa y lignina), de menor digestibilidad (Díaz y Callejo 2004).

La composición nutricional de los pastos puede variar según clima y suelo de la zona donde se encuentren, así mismo dependen del manejo y mantenimiento que se les brinde (Vélez 2002).

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de algunos parámetros de la composición nutricional del heno obtenido a partir de zacate Pangola. Estos datos son el resultado de investigaciones llevadas a cabo por otros autores, quienes realizaron los análisis correspondientes para determinar el perfil nutricional del heno.

Cuadro 4. Composición nutricional de Heno a base de Zacate Pangola

Determinación	INCAP (1955)	Lara (2007)	Solorio y Ku-Vera (2016)	Lorenzo <i>et al.</i> (2019)
Humedad	7.3%	10.0%	13.88%	7.64%
Materia Seca	92.7%	90%	86.12%	92.36%
Ceniza	9.6%	10.55%	8.64%	6.13%
Proteína	2.9%	8.4%	10.91%	6.57%
Extracto Etéreo	1.9%	2.15%	2.08%	-
Fibra Cruda	30%	29.5%	-	-
Carbohidratos	78.3%	39.40%	-	-

Las plantas proveen los principales nutrientes minerales para los rumiantes en pastoreo. Las concentraciones de minerales en las plantas dependen de al menos cuatro factores básicos inter-relacionados; estos son: diferencia genética que depende del género, especie o variedad de la planta; el tipo de suelo en el cual la planta ha crecido; el

clima o condición estacional durante su crecimiento y; el estado de madurez de la planta (Conrad y Ávila 1978).

El contenido mineral disminuye con la madurez de la planta debido a un proceso natural de dilución, y al traslado de nutrientes a la raíz. Los siguientes elementos: fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), cloro (Cl), cobre (Cu), cobalto (Co), hierro (Fe), selenio (Se), zinc (Zn), y molibdeno (Mo) disminuyen con la madurez de la planta (McDowell *et al.* 1984).

En vista a lo mencionado anteriormente la composición mineral del zacate Pangola al ser comparada con los estudios realizados por el INCAP (1955) y Solorio y Ku Vera (2016); comprobaron que el zacate Pangola ha aumentado el contenido nutricional a través de los años debido al mejoramiento genético de la planta, así como también el manejo agronómico (riego, fertilizantes, control de malezas, edad de corte, entre otros); lo cual puede comprobarse al observar el cuadro 5. Otro punto a destacar en los resultados de Solorio y Ku-Vera, a medida aumenta la edad de corte (días después del rebrote), el contenido mineral disminuye.

Cuadro 5. Perfil mineral de Heno a base de Zacate Pangola a diferentes días de corte

Mineral	INCAP	Solorio y Ku-Vera			
	(1955)	(2016)			
	-	21 d.d.r*	28 d.d.r*	35 d.d.r*	42 d.d.r*
Calcio	241mg/100g	1200mg/100g	1100mg/100g	1100mg/100g	1100mg/100g
Magnesio	-	220mg/100g	190mg/100g	180mg/100g	180mg/100g
Hierro	6.9mg/100g	-	-	-	-
Zinc	-	-	-	-	-
Sodio	-	140mg/100g	120mg/100g	110mg/100g	110mg/100g
Potasio	-	2430 mg/100g	2200mg/100g	2200mg/100g	2200mg/100g
Fósforo	164mg/100g	150mg/100g	120mg/100g	110mg/100g	110mg/100g

* Días después del rebrote

4.3 Análisis Bromatológico

También conocido como Análisis Proximal, consiste en la determinación analítica del agua (humedad), las cenizas, las grasas brutas (extracción con éter), las proteínas brutas, la fibra cruda y los carbohidratos (Greenfield y Southgate 2003).

Conocer la composición químico-bromatológica y la digestibilidad de los alimentos es imprescindible para la producción animal, ya que estos factores van a influir en el consumo de alimentos y en el aprovechamiento por parte del animal, afectando su desempeño productivo (Oliveira *et al.* 2014).

4.3.1 Humedad

El agua es un nutriente esencial que el animal necesita en cantidades relativamente grandes. Sin embargo, el agua no contribuye al valor nutritivo de un alimento, excepto en condiciones especiales de aridez. Por el contrario, diluye el contenido de nutrientes sólidos y los hace más susceptibles de sufrir fenómenos de descomposición por enzimas tisulares, bacterianas o de hongos (Murillo 1994).

El agua cumple numerosas funciones en el cuerpo del animal: digestión y el metabolismo, transporte de nutrientes hacia y desde las células, eliminación de materiales de desecho, mantenimiento de la temperatura corporal y del balance iónico del cuerpo, y proveer un ambiente líquido para el desarrollo del feto (NRC 2001).

Los forrajes verdes contienen aproximadamente de 75% a 85% de agua, dependiendo de la fase de crecimiento en que se encuentren al momento del corte; mientras que el heno se conserva bien con una humedad inferior al 15% (López *et al.* 1998).

4.3.2 Materia seca

La cantidad de materia seca de las pasturas y forrajes es variable a lo largo del año dependiendo principalmente de su estado de madurez, de la especie y del manejo (INIA 2018).

Para poder comparar la capacidad nutritiva de un alimento se debe conocer su contenido de materia seca, que es la parte o porción del alimento que contiene nutrientes. Esta es una unidad básica que permite comparar no solo alimentos de distintas características (pasturas, granos, fardos, entre otros.) sino diversas pasturas entre sí (INIA 2018).

4.3.3 Ceniza

Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos (Rae-Páez 2017).

Valores muy altos de ceniza en un alimento pueden estar indicando contaminación con tierra o algún otro tipo de adulteración (Guaita 2014).

4.3.4 Proteína

La proteína es un compuesto que contiene nitrógeno, el principal componente del músculo y la sangre, son las sustancias más importantes para el organismo. La proteína de los alimentos se absorbe en forma de péptido amino y se re-sintetiza a proteína en el cuerpo. Los microorganismos de los animales rumiantes pueden utilizar nitrógeno no proteico (NPN) en el rumen sintetizándose una proteína bacteriana (INATEC 2016).

4.3.5 Extracto etéreo

Para realizar la extracción de aceites y grasas por el método de Soxhlet es indispensable primero secar la muestra a peso constante (López 2017).

Los aceites y grasas que se encuentran presentes en la muestra seca se extraen para cuantificarse con un disolvente orgánico, el cual puede ser: éter etílico o éter de petróleo.

Por este método se extraen también otras sustancias solubles en estos disolventes como: ceras y pigmentos. (Murillo 1994).

4.3.6 Fibra cruda

La determinación de la fibra cruda es un método químico utilizado para describir la porción indigerible del material vegetal. Sin embargo, algunas de estas sustancias pueden ser digeridas parcialmente por microorganismos en el rumen del ganado. Cuanto más alto sea el contenido en fibra, menor será el contenido energético del pienso. No es un valor muy útil. La práctica de analizarlo en piensos para rumiantes va en declive, pero se sigue utilizando habitualmente para los animales monogástricos (por ejemplo, los cerdos) (FOSS 2018).

La fibra cruda se suele emplear habitualmente para evaluar la calidad de los alimentos de origen vegetal partiendo de la premisa de que constituye su parte menos digerible (FOSS 2018).

4.3.7 Carbohidratos

Los carbohidratos son sustancias importantes que se consumen como energía, se encuentran en los músculos en forma de glucógeno. Los carbohidratos en las plantas se presentan en forma de monosacáridos, disacáridos, almidones, celulosa y lignina. Las enzimas digestivas en los animales no pueden digerir la celulosa y la lignina, pero en el caso de los herbívoros, como las vacas y caballos; en el tracto digestivo los microorganismos funcionan para la descomposición y digestión de los alimentos (INATEC 2016).

4.4 Determinación de minerales

La composición mineral de los forrajes varía de acuerdo a numerosos factores fisiológicos de la especie vegetal y algunos factores edáficos, climáticos y agronómicos; entre algunos factores fisiológicos y agronómicos se pueden mencionar: el estado vegetativo, las diferencias entre especies; y aún entre variedades, el suelo, la fertilización,

las inundaciones, el clima, las estaciones del año, la parte de la planta, la sanidad de la planta, la frecuencia de defoliación, el sistema de pastoreo, la digestibilidad, el retorno de los minerales al suelo, la estructura de la pastura, el método de conservación del forraje y otras variables (Bavera 2006).

Los minerales constituyen elementos fundamentales en la alimentación, tanto para el crecimiento, como para el desarrollo y la salud del animal; ejercen sus funciones a diferentes niveles dentro de los distintos organismos y, a pesar de ciertas diferencias entre sí, existe un esquema general para todos ellos (Repetto 2004).

En el caso de los rumiantes, no se debe minimizar su intervención en el metabolismo ruminal. Las bacterias y protozoos presentes en este medio, como en todo ser vivo, requieren minerales para lograr un óptimo crecimiento, reproducción y también para lograr producir la degradación de los alimentos (Repetto 2004).

4.4.1 Clasificación de los minerales

Los minerales se pueden dividir en dos grandes grupos, dependiendo de sus requerimientos, en macroelementos y microelementos (Coria 2020).

4.4.2 Macroelementos

Se encuentran en concentraciones altas en el organismo (más de 100 mg/Kg de peso vivo) y están involucrados principalmente en la formación de tejidos: fósforo (P), calcio (Ca), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg) y potasio (K) se ubican en esta categoría (Coria 2020).

4.4.2.1 Calcio

El calcio es esencial para la formación del esqueleto, para la coagulación de la sangre, para el latido del corazón, el funcionamiento de los nervios, activación enzimática y la permeabilidad de las células (Araujo-Febres 2008).

Deficiencia de Ca se asocia con la Fiebre de la leche, que es la sintomatología más común en vacas al post-parto (inapetencia, inercia, temores musculares y decaimiento), su metabolismo es dependiente de vitamina D (Sales 2017).

4.4.2.2 Magnesio

El magnesio es un componente clave para iniciar muchos procesos enzimáticos metabólicos y en la función neuromuscular (Ward y Lardy 2005).

Bajos niveles de Mg se asocian a lo que se conoce como “tetania de los pastos”, un desorden nervioso caracterizado por tetania y convulsiones. Se observa cercana a la fecha de parto o pocas semanas después de ocurrido éste. Exceso de K puede reducir la absorción de Mg (Sales 2017).

4.4.2.3 Sodio

El sodio regula la presión osmótica y mantenimiento del balance ácido-base; ejerce efecto sobre el proceso de irritabilidad muscular y absorción de los carbohidratos (INATEC 2016).

Deficiencias de Na se asocian con escaso crecimiento y baja producción de leche (Sales 2017).

4.4.2.4 Potasio

Componente esencial de los huesos, cartílagos y exoesqueleto. Es importante para el funcionamiento de los microorganismos del rumen, regula el balance normal ácido base (pH) de los fluidos corporales; e influye en el metabolismo celular y energético (INATEC 2016).

Deficiencias de K son poco probables, pero puede producir parálisis, no así intoxicaciones, que afectaría al Mg (Sales 2017).

4.4.2.5 Fósforo

El fósforo está presente en los glóbulos rojos, en los músculos, en el tejido nervioso; entra en la formación de los huesos, y es esencial para el funcionamiento de los microorganismos de rumen. También en el sistema de utilización de la energía, así como, en el metabolismo proteico y el control del pH en la sangre y en el rumen. Cumple un rol relevante en la división celular (Araujo-Febres 2008).

Deficiencia de P puede llevar a pérdida de apetito o a desórdenes de alimentación (alotriofagia), donde el animal consume huesos, palos, etc. Resulta poco probable que ocurra en animales a pastoreo, aunque el consumo de forraje seco puede llevar a deficiencias del mineral (Sales 2017).

4.4.3 Microelementos

Los microelementos o elementos traza se encuentran en el organismo en concentraciones bajas (menos de 100 mg/Kg de peso vivo) y están involucrados en funciones regulatorias, como co-factores de enzimas. Dentro de este grupo se encuentra al cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), cinc (Zn), yodo (I), hierro (Fe), selenio (Se), molibdeno (Mo), flúor (F), cromo (Cr), níquel (Ni) y silicio (Si) (Coria 2020).

4.4.3.1 Hierro

Es esencial componente de proteínas transportadoras de oxígeno, estas son hemoglobina, mioglobina, gran número de citocromo y proteínas con contenidos de hierro y azufre están involucradas en la cadena transportadora del electrón. Muchas enzimas de los mamíferos lo contienen o son activadas por el hierro. Más del 50 % del hierro corporal se encuentra en la hemoglobina, menos cantidades se encuentran conjugadas en otras proteínas y enzimas (Bauer *et al* 2009).

Deficiencias resultan en signos de anorexia, pérdida de apetito, bajo crecimiento; sin embargo, son difíciles de observar en animales a pastoreo. Puede verse afectado por altas

cargas parasitarias. Exceso de Co, Cu, Mn y Zn, pueden interferir la absorción de Fe (Sales 2017).

4.4.3.2 Zinc

El zinc es un componente esencial de un número importante de enzimas metabólicas relacionadas con la síntesis proteica, ácidos nucleicos, metabolismo de los carbohidratos. Por otro lado, el zinc es necesario para mantener la actividad normal de los linfocitos, siendo esenciales para la integridad del sistema inmune (Lalman, 2004; Mandal *et al.* 2006).

Signos de deficiencia son pérdida de apetito, salivación excesiva, alteración del pelaje con pérdida especialmente alrededor de bocas y ojos, escaso crecimiento testicular y menor eficiencia reproductiva. Dado que no se almacena en el cuerpo, el animal requiere una ingesta constante de Zn (Sales 2017).

5. METODOLOGÍA

5.1 Metodología de campo

5.1.1 Ubicación

Las muestras de pacas de heno a partir de Zacate Pangola (*Digitaria decumbens*) se recolectaron en el establo que se localiza en el lote “El Casco” de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz. Con una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13°28’3” Latitud Norte; 89°05’8” Longitud Oeste, con temperaturas máximas de 34.2 °C y mínimas de 21.4 °C.

5.1.2 Muestreo y transporte de la muestra

Las muestras se recolectaron en el mes de septiembre de 2021. Se seleccionaron tres pacas al azar (ver anexo 1A), de las cuales se tomaron tres submuestras (ver anexo 1F) de cada una de ellas (nueve submuestras en total), a manera de obtener una muestra representativa aproximadamente de 1lb cada una. Luego se depositaron en bolsas Ziploc (26.8 cm x 27.3 cm) (ver anexo 1C), identificadas, codificadas (ver anexo 1D) y transportadas en hieleras hacia el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (ver anexo 1G). Las pacas de heno se seleccionaron tomando en cuenta el criterio “efecto de bordes”, es decir que no se encuentren a las orillas del almacén y que ésta tuviera apariencia limpia (sin humedad, hongos, insectos u otro agente extraño). La recolección de la muestra se tomó del centro de la paca haciendo uso de guantes de polietileno (ver anexo 1B). A Las bolsas que contenían la muestra se le colocaron viñetas dónde se especificó el lugar de muestra, tipo de muestra, número de muestra y la fecha de recolección.

5.1.3 Conservación y preparación de la muestra

Las muestras se prepararon y procesaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Antes de los análisis pertinentes, las muestras fueron secadas en estufa de aire circulante a 65°C aproximadamente por 10 minutos (ver anexo 2^a), para eliminar cualquier tipo de humedad que la muestra hubiese adquirido. La preparación de la muestra (ver anexo 2B) consistió en extraer el forraje de las bolsas y colocarlas en bandejas de plástico, para ello se tomó entre 80-100 g. de la muestra identificada como 1A, se cortó con tijeras de acero inoxidable (ver anexo 2D) y se colocó en una bandeja de aluminio identificada como 1 (ver anexo 2C), luego se procedió a hacer lo mismo para la muestra 1B y 1C, siempre depositándolas en la bandeja número 1 con el objetivo de obtener una muestra compuesta. Estos mismos pasos se realizaron para las muestras de las bandejas 2 y 3. Estas bandejas fueron colocadas en estufa de ventilación forzada a 65°C por 24 horas para su deshidratación y posterior enfriamiento para calcular el contenido de humedad parcial (5.2.1.1) luego estas muestras se molieron (ver anexo 2F) para aumentar la homogeneidad de la muestra y la representatividad en los análisis (ver anexo 2G), este proceso se realizó en el molino de cuchillas marca Thomas Scientific modelo 4 Willey Mill.

5.2 Metodología de laboratorio

5.2.1 Análisis bromatológico

Todos los análisis se realizaron siguiendo las metodologías del AOAC (Association of Official Analytical Chemists 2019), los cuales comprenden:

5.2.1.1 Determinación de humedad parcial (HP)

Se utilizó un método gravimétrico que se basa en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura 65°C por un período de 24 horas en un equipo conocido como estufa de aire reforzado o ventilación forzada. Luego la muestra se coloca en un desecador, se enfría a temperatura ambiente y finalmente se pesa. En este análisis se utilizaron bandejas de aluminio para contener la muestra (ver anexo 3A-E). Los resultados obtenidos en la determinación de humedad se calculan bajo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad parcial} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Dónde:

Peso de muestra = (Peso de bandeja + muestra antes de secar) – Peso de bandeja vacía

Pérdida de peso = (Peso de bandeja + muestra antes de secar) – (Peso de bandeja + muestra después de secar)

5.2.1.2 Determinación de humedad total (HT)

Es un método gravimétrico, se basa en la pérdida de agua por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105°C durante cinco horas y presión de 100mm de Hg. La muestra que se utiliza es la que se le determinó la humedad parcial luego de haberse enfriado y molido para luego determinar la humedad total (ver anexo 4 A-D) bajo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad total} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Dónde:

Peso de muestra = (Peso de caja + muestra antes de secar) – Peso de caja vacía

Pérdida de Peso = (Peso de caja + muestra antes de secar) – (Peso de caja + muestra después de secar)

5.2.1.3 Determinación de materia seca (MS)

Luego de haber determinado la humedad parcial y humedad total, matemáticamente se calculó el porcentaje de la Materia Seca en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de materia seca} = 100 - (\text{humedad parcial} + \text{humedad total})$$

5.2.1.4 Determinación de cenizas

Es un método gravimétrico que se basa en la incineración o calcinación de la muestra (ver anexo 5A) en un horno de mufla a temperatura de 550°C por un período de dos

horas, para quemar todo el material orgánico quedando solo el inorgánico. En éste análisis la muestra se depositó en crisoles y se calcinó hasta obtener el material conocido como cenizas (ver anexo 5B).

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Dónde:

Peso de muestra = Peso de crisol con muestra - Peso de crisol vacío

Peso de la ceniza = Peso de crisol con muestra después de incinerar – Peso de crisol vacío

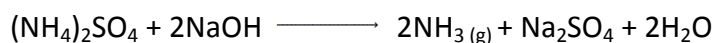
5.2.1.5 Determinación de proteína cruda (PC)

El método utilizado conocido como “Kjeldahl”, donde se cuantifica en primer momento el nitrógeno en una muestra alimenticia que posteriormente es convertido a su equivalente en proteína al ser multiplicado por un factor. Este método se divide en tres etapas (ver anexo 6):

Digestión: Destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente más una mezcla de catalizadores ($\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$). Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores. El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que es estable en las condiciones de trabajo. Dicho proceso puede visualizarse en la siguiente reacción (ver anexo 6A y 6B):



Destilación: Liberación del amoníaco formado, recogéndolo en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio el cual es una sal titulable (ver anexo 6C):



Titulación: El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico 0.1 N empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo (ver anexo 6D).



Los tres procesos de cuantificación del nitrógeno en una muestra se calcula en la siguiente formula:

Ecuación 1, determinación de % de nitrógeno:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(\text{Vol. HCl}) \times N \text{ HCl} \times 0.014}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Y su conversión a Proteína Cruda se multiplica por un factor específico que depende del tipo de muestra que se analiza, ejemplo:

Ecuación 2, determinación de % de proteína cruda:

$$\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ de Nitrógeno} \times 6.25$$

5.2.1.6 Determinación de Extracto Etéreo (EE)

La determinación de Extracto Etéreo se realizó bajo el método de "Soxleth", el cual consiste en que el éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a la muestra, extrae materiales solubles. El extracto se recoge en un matraz o balón volumétrico (previamente pesado) (ver anexo 7A) y cuando el proceso se completa, el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que queda en el recipiente que se seca y se pesa (ver anexo 7B, 7C y 7D).

$$\% \text{ de extracto etéreo} = \frac{\text{Peso de E.E.}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Dónde:

Peso de muestra = (Peso papel filtro más muestra) - (Peso papel filtro vacío)

Peso de E.E. = (Peso de frasco más extracto etéreo) - (peso de frasco vacío)

5.2.1.7 Determinación de fibra cruda (FC)

La determinación de la fibra cruda se realiza por el método ANKOM (ver anexo 8A) el cual consiste en digerir la muestra en una solución de ácido sulfúrico de concentración al

1.25% o 0.255 N +/- 0.005 N y una segunda digestión con hidróxido de sodio (1.25% o 0.3125 N). La condición principal para este análisis, es que la muestra que se utiliza debe estar previamente desengrasada. Este método simula la digestión de un monogástrico (ver anexo 8B, 8C y 8D).

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{W_3 - W_1}{W_2} \times 100$$

Dónde:

W1= Peso de la bolsa

W2= Peso de la muestra

W3= Peso de la muestra después de digestión acida/alcalina

5.2.1.8 Determinación de carbohidratos o extracto libre de nitrógeno

De todos los datos obtenidos en los análisis realizados anteriormente, la porción de carbohidratos se calcula bajo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ELN} = 100\% - (\% \text{ Cenizas} + \% \text{ PC} + \% \text{ EE} + \% \text{ FC})$$

5.2.2 Determinación de minerales

5.2.2.1 Solubilización de cenizas

La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada, se agita y calienta cerca del punto de ebullición (ver anexo 9A). La solución se enfría y se filtra, a través de un papel filtro libre de cenizas (ver anexo 9B), quedando en el filtrado los minerales; y en el papel filtro, el sílice. Y por último se afora (ver anexo 9C).

5.2.2.2 Determinación de Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Sodio, Potasio (Espectrofotometría de absorción atómica de llama)

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental (E_0). Esta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementará el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo estado

energético (E_1) que llamamos excitado. Cuando este vuelve a su estado fundamental cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinada. Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda, en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental.

5.2.2.3 Determinación de Fósforo (Espectrofotometría de luz visible-UV)

El método de análisis para determinar fósforo consiste en una extracción del elemento con una solución acuosa. Una vez extraído, el fósforo se determina con el método colorimétrico del Vanadato-Molibdato de Amonio (ver anexo 10A). La coloración amarilla que se desarrolla en esta metodología se debe a la formación del sistema Vanadomolibdofosfórico, al sustituirse los átomos de oxígeno del radical PO_4^{3-} por los radicales oxivanadio y oximolibdeno, para dar un hetero-polícompuesto adaptable a muchos medios acidificados (ver anexo 10B).

$$C_{Mx} = \frac{A_{Mx} \times C_{St}}{A_{St}} \times FD$$

Dónde:

C_{Mx} : Concentración de la muestra

A_{Mx} : Absorbancia de la muestra

C_{St} : Concentración del estándar

A_{St} : Absorbancia del estándar

FD: Factor de Dilución de la muestra

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados Análisis Bromatológico

El análisis bromatológico permite cuantificar los nutrientes de los alimentos en base húmeda (BH), los cuales pueden ser observados en el cuadro 6 bajo el término: “tal como ofrecido”; es decir tal como se le ofrece y consume el animal en un sistema de explotación o producción.

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico fueron comparados entre las tres muestras. Posteriormente, se procedió a calcular el promedio de estos resultados para obtener un valor representativo. Este valor promedio fue utilizado para realizar una comparación con los datos de referencia provenientes de las tablas de composición de forrajes y concentrados forrajeros del área Centroamericana, elaborada por el INCAP en conjunto con el INA (Instituto Agropecuario Nacional) de Guatemala.

Cuadro 6. Resultados del Análisis Bromatológico en Paca de Heno

Análisis	Resultados BH %	Promedio BH %	INCAP % (1955)	Lara % (2007)	
Humedad	1	12.50	12.49	7.33	10
	2	12.26			
	3	12.72			
Materia seca	1	87.5	87.51	92.7	90
	2	87.74			
	3	87.28			
Cenizas	1	10.00	12.14	9.6	10.55
	2	--			
	3	14.27			
Proteína	1	7.00	5.96	2.9	8.4
	2	5.81			
	3	5.07			
Extracto etéreo	1	0.90	0.70	1.9	2.15
	2	0.68			
	3	0.51			
Fibra cruda	1	37.07	35.35	30	29.5
	2	34.64			
	3	34.35			
Carbohidratos	1	57.88	52.44	78.3	39.4
	2	41.14			
	3	58.29			

-- : Valor eliminado

Al comparar los resultados promedios obtenidos en el análisis bromatológico se comprueba que para el contenido de **humedad** la muestra 3 presentó el mayor porcentaje, con un valor de 12.72%. El promedio registrado para este análisis fue de 12.49%. Al comparar con el valor de referencia reportado por el INCAP, la muestra está por encima en alrededor de 5 puntos porcentuales en comparación al valor reportado por

la referencia el cual fue de 7.33%. Según Águila (1978), el heno es un forraje conservado que se caracteriza por poseer un bajo contenido de humedad (menos de un 15%). Bajo este criterio la muestra en estudio si cumple con la característica general para su presentación y alimentación de ganado.

El mayor porcentaje de **materia seca** lo obtuvo la muestra 2 con 87.74%. Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con el valor de referencia reportado por el INCAP se refleja que las muestras están por debajo en 5 puntos porcentuales ya que el valor reportado por la referencia fue de 92.7% y el valor promedio de esta investigación fue de 87.51%. Según Pezo *et al* (2012), con frecuencia los pastos cosechados para hacer heno después del secado la materia seca alcanza un nivel de 85 a 90%. La muestra en estudio sí se encuentra dentro del parámetro reportado en la investigación de este autor.

Mendiata y Reyes (2000) mencionan que la importancia de la determinación de **cenizas** radica en que permite conocer los constituyentes inorgánicos del alimento. Dentro de esta investigación el valor más alto de ceniza se obtuvo en la muestra 3 con 14.27%. Con respecto al valor promedio de la investigación fue de 12.14%, el cual es mayor que lo reportado por el INCAP que indica un porcentaje de ceniza de 9.6%. Según Lovol (2021) En el forraje, la ceniza proviene de dos fuentes: interna (minerales como calcio, magnesio, potasio y fósforo) y externa (suciedad, polvo, entre otros). El contenido medio de cenizas internas de las gramíneas es de aproximadamente el 6%. Entonces tomando en cuenta lo anterior, uno de los principales retos es disminuir el contenido de ceniza proveniente de fuentes externas debido a que ésta no proporciona valor nutricional a los animales y está asociada con la contaminación del suelo que se salpicó sobre la superficie del material vegetal.

En cuanto al contenido de **proteína** reportado en el cuadro 6. Se comprobó que el mayor nivel se obtuvo la muestra 1 con un valor de 7.0%. Referente al valor promedio registrado en nuestro estudio fue de 5.96% encontrándose por arriba de lo reportado por el INCAP que fue de 2.9%; por otro lado tomando como referencia este último valor se

puede afirmar que el heno elaborado en la EEP posee un alto valor de proteína en comparación con el dato del INCAP. Díaz y Callejo (2004) mencionan que mayores niveles de nitrógeno en el suelo casi siempre incrementan el nivel de nitrógeno en las gramíneas, y por tanto de proteína bruta. Por esta razón es que las gramíneas deben de recibir una adecuada fertilización nitrogenada y/o trabajar en conjunto con una leguminosa, ya que éstas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

Lobo (2016), investigó sobre el valor del contenido de **extracto etéreo** en muestras de heno, mencionó que este nutriente es vital en el aporte energético de la ración. Las vacas de producción de leche son las que más requieren de energía para su completo rendimiento. La presente investigación arrojó que el mayor contenido de EE fue la muestra 1 con 0.90%. Con respecto al valor promedio de nuestra investigación fue de 0.70%, siendo menor al valor de referencia reportado en las tablas del INCAP que fue de 1.9%. Según Fernández (2013) la cantidad de grasa que se requiere desde terneros a vaquillonas de 2 meses antes del parto es de 2 a 3%. Bajo este parámetro, el heno elaborado en la EEP no cumple con el requerimiento antes descrito.

Según FOSS (2018) la **fibra cruda** se suele emplear habitualmente para evaluarla calidad de los alimentos de origen vegetal partiendo de la premisa de que constituye su parte menos digerible. En la presente investigación la muestra que obtuvo un menor porcentaje de fibra cruda fue la 3 con 34.35%. Con respecto al valor promedio encontrado en este estudio fue de 35.35%. Díaz y Callejo (2004) mencionan que a un menor nivel de fibra, una mayor digestibilidad. Para la determinación de Fibra Cruda se utilizó el método de ANKOM, el cuál simula una digestión monogástrica, por esta razón este dato nos hace la referencia al sistema digestivo de equinos y conejos los cuales también consumen heno.

Cardona *et al.* (2022) mencionan que la energía proveniente de los **carbohidratos** generalmente es la principal limitante en la dieta de rumiantes de pastoreo, lo que dificulta maximizar la producción de leche, aumentar el peso de los animales y mejorar sus aspectos reproductivos. Por ende es importante conocer el contenido de

carbohidratos. En esta investigación, la muestra que tuvo mayor contenido de carbohidratos fue la muestra 3 con 58.29%. Las tres muestras promediaron 52.44%, mientras que el valor de referencia proporcionado por el INCAP fue de 78.3%, es decir que la muestra en estudio está por debajo, en 24 puntos porcentuales, del valor de referencia. Callejo (2017) menciona que a medida que la planta envejece y el estado reproductivo avanza la relación hoja/tallo disminuye, así como también la pérdida de hojas por factores mecánicos y malos procesos de henificación en condiciones ambientales adversas. Ello da lugar a un menor valor nutritivo del forraje pues son las hojas las que contienen la mayor parte de los nutrientes (proteína, carbohidratos y minerales) y aumento del contenido de fibra la cual es mayormente contenida en los tallos. Bajo este criterio la diferencia del valor de la muestra con el valor de referencia, se puede deber a que la muestra contenía una alta porción de tallos lignificados a comparación con el contenido de las hojas.

6.2 Resultados Determinación de Minerales

La determinación del contenido de minerales nos permitió conocer con exactitud la cantidad de calcio, magnesio, hierro, zinc, sodio, potasio y fósforo en las muestras de heno analizadas en este estudio; los resultados obtenidos fueron expresados mg/100 g de muestra consumida y de igual manera en base húmeda (BH), los cuales se pueden apreciar mejor en el cuadro 7.

La determinación de Minerales se realizó por triplicado a cada una de las muestras en estudio y los resultados fueron comparados entre sí. Posteriormente, se procedió a calcular el promedio de estos resultados para obtener un valor representativo. Este valor promedio fue utilizado para realizar una comparación con los datos de referencia provenientes de las tablas de composición de forrajes y concentrados forrajeros del área Centroamericana, elaborada por el INCAP en conjunto con el INA de Guatemala y la investigación “Evaluación del perfil nutricional y calidad de heno de pangola (*Digitaria decumbens*) en diferentes edades de rebrote.” por Solorio, J. y Ku-Vera, J. en 2016. Para este caso el dato que se tomó como referencia fue el de corte a 42 días después del

rebrote, debido a que es el rango de días que más se acerca a la edad de corte del zacate producido en la EEP.

Cuadro 7. Resultados de la determinación de minerales en Paca de Heno

Mineral	Muestra	Resultados BH mg/100g	Promedio HB mg/100g	INCAP (1955) mg/100g	Solorio y Ku-Vera (2016) mg/100g
Calcio	1	14.42	14.37	241	1100
	2	13.68			
	3	15.00			
Magnesio	1	6.23	5.62	ND*	180
	2	4.38			
	3	6.23			
Hierro	1	2.35	1.89	6.9	ND*
	2	1.43			
	3	1.90			
Zinc	1	0.17	0.17	ND*	ND*
	2	0.17			
	3	0.16			
Sodio	1	52.55	48.25	ND*	110
	2	37.44			
	3	54.77			
Potasio	1	310.44	341.29	ND*	2200
	2	280.67			
	3	432.75			
Fósforo	1	42.51	38.41	164	110
	2	40.62			
	3	32.08			

* ND: no define

En términos generales y como se puede observar en el anterior cuadro, la muestra en estudio presenta un claro déficit en cuanto al contenido mineral de las pacas de heno en estudio. Los minerales que podemos destacar con altas concentraciones son **potasio** con un promedio de 341.29 mg/100g y el **sodio** con un promedio de 48.25 mg/100g, a pesar que son los minerales en mayor proporción, éstos no se acercan a los valores referencia proporcionados por el INCAP y la investigación de Solorio y Ku-Vera. En cuanto a los minerales en menor cantidad fueron **hierro** con 1.89 mg/100g de promedio y **zinc** con un promedio de 0.17 mg/100g.

Conrad y Ávila (1978), mencionan que las concentraciones de minerales en las plantas dependen de al menos cuatro factores básicos inter-relacionados. Estos son: diferencia genética que depende del género, especie o variedad de la planta; el tipo de suelo en el cual la planta ha crecido; el clima o condición estacional durante su crecimiento y; el estado de madurez de la planta

En la Estación Experimental y de Prácticas se cultiva el pasto Pangola en los siguientes meses del año y de la siguiente manera:

- De enero a mayo el pasto se deja en descanso, en junio se fertiliza para cosechar en diciembre.
- Dependiendo del número de animales, disponibilidad de concentrado y de la disponibilidad de otros lotes, de enero a abril se deja en descanso el pasto, de mayo a julio se utiliza para pastoreo, en agosto se fertiliza para cosechar siempre en diciembre.

Bajo el fundamento descrito anteriormente, el corte se hace aproximadamente en un rango de 90-150 después de la fertilización. Casas y Torres (2012) mencionan que en la medida que la planta a henificar madura, disminuye su valor nutritivo y su palatabilidad. Las gramíneas se deben cortar después de la aparición de las espigas, justo antes de que

produzca la floración. Esta probablemente fue una de las razones por las cuales la muestra tiene un bajo contenido mineral, ya que la edad de corte es bastante avanzada.

Otro punto a destacar, es la fertilización que se le da al cultivo. Cerdas (2011) menciona que los pastos presentan una excelente respuesta a la fertilización, la cual llena las necesidades nutricionales de las plantas y repone y corrige deficiencias de nutrimentos del suelo. Si bien el pasto Pangola cultivado en la EEP recibe fertilización, es probable que ésta no se realice de manera correcta ya que una adecuada fertilización debe ajustarse al análisis químico del suelo y a los requerimientos específicos del cultivo; y por esta razón el perfil mineral se encuentra en déficit.

Callejo (2017) menciona que la mayoría de los nutrientes son absorbidos por las raíces en forma de sales disueltas en agua, la absorción de minerales dependerá en gran medida del estatus hídrico del suelo. Si el suelo donde se cultivó el pasto no tuvo la lámina hídrica necesaria para que los minerales estuvieran disponibles para la planta y esta no pudiera absorberlo de manera óptima probablemente esta sea otra de las razones por las cuales el contenido mineral de la muestra es bajo.

Al igual que otros parámetros en estudio, la relación hoja/tallo es de suma importancia, por esa razón, Callejo (2017) menciona que son las hojas las que contienen la mayor parte de los nutrientes (proteína, carbohidratos y minerales). Probablemente el contenido de hojas en la muestra es bajo en comparación con el contenido de tallos, provocando que el contenido mineral se encuentre en déficit.

7. CONCLUSIONES

Referido a los parámetros bromatológicos se obtuvieron los siguientes datos: humedad 12.49%, materia seca 87.51%, ceniza 12.14%, proteína 5.96%, extracto etéreo 0.70%, fibra cruda 35.35% y carbohidratos 52.44%. Los datos del Análisis Bromatológico fueron similares a los valores de referencia del INCAP y de otras investigaciones. Exceptuando la proteína, cuyo nivel supera la referencia proporcionada por el INCAP, y los carbohidratos, que se encuentran por debajo del dato de referencia igualmente suministrado por el INCAP.

El perfil del contenido de minerales fue el siguiente: calcio 14.37 mg/100g, magnesio 5.62 mg/100g, hierro 1.89 mg/100g, zinc 0.17 mg/100g, sodio 48.25 mg/100g, potasio 341.29 mg/100g y fósforo 38.08 mg/100g. Los resultados obtenidos en esta investigación estuvieron muy por debajo de los valores de las referencias bibliográficas, bajo este término las pacas de heno no son de buena calidad debido a que existe una gran deficiencia en todos minerales en estudio.

La variabilidad de la composición química de las muestras de heno analizadas en este estudio comparado con los valores de referencia, se le puede atribuir a factores propios de la planta (especie, edad, morfología, entre otros), factores ambientales (temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo) y factores de manejo que el hombre ejerce sobre el cultivo.

8. RECOMENDACIONES

Debido a los niveles de ceniza registrados, se recomienda a la EEP que las pacas sean almacenadas de una manera adecuada (debe protegerse de la humedad y la lluvia, mantenerse protegido de la luz solar directa y libre de plagas como pájaros o roedores), y así no ser contaminadas con ráfagas de viento que contengan materiales ajenos al forraje o incluso con la misma humedad acumulada en el suelo del Establo.

En esta investigación se determinó fibra cruda por el método de ANKOM, el cuál simula una digestión monogástrica, por lo que se recomienda realizar otros análisis que simulen una digestión poligástrica, así como también aumentar el número de muestras, y así comprobar el nivel de digestibilidad del material evaluado y tener más parámetros que determinen la calidad del heno.

Se recomienda analizar nuevos parámetros a través de la técnica de Van Soest y ELISA para determinar los componentes de la pared celular del forraje como Fibra Insoluble en Detergente Neutro (FDN), Fibra Insoluble en Detergente Ácido (FDA).

Tomando en cuenta el déficit que presenta el perfil mineral en las pacas de heno, se recomienda mejorar el manejo agronómico del cultivo. Elaborar un plan de fertilización, en base a análisis de suelo y requerimientos del cultivo. Aplicar riego en base al requerimiento hídrico de la planta. De esta manera se aumente la disponibilidad de nutrientes para la planta y ésta cumplirá los requerimientos nutrimentales de los animales criados en la EEP, así como también aumentará la producción de biomasa.

Se recomienda disminuir la edad de corte del pasto, debido a que a medida aumenta la madurez de la planta, su contenido nutricional y mineral disminuye. Las gramíneas se deben cortar después de la aparición de las espigas, justo antes de que produzca la floración.

En cuanto al proceso de henificación, se recomienda que si no se dan las condiciones óptimas para el secado, es mejor posponer el corte. La maquinaria a utilizar debe poseer bastante filo y no provocar pérdidas al momento del corte. Realizar el volteo de manera cuidadosa para que el forraje no pierda hojas y para que el suelo no salpique al material vegetal. También se deben prevenir las pérdidas al momento de transporte.

9. BIBLIOGRAFÍA

Águila, G. 1978. Henificación. Boletín Técnico – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. 24 p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2019. Oficial Methods of Analysis.Inc. Washington, D.C. E.U.A

Araujo, O; Vergara-López, J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. *In* Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 133-140p. (15).

Araujo-Febres, O. 2008. La nutrición mineral del ganado vacuno. *In* Desarrollo Sostenible de la Ganadería de Doble Propósito. Venezuela. p. 463-475.

Bauer, D; Rush, I; Rasby, R. 2009. MINERALES Y VITAMINAS EN BOVINOS DE CARNE. Nebraska, Estados Unidos de América. 6 p.

Bavera, G. 2006. SUPLEMENTACIÓN MINERAL Y CON NITRÓGENO NO PROTEICO DEL BOVINO A PASTOREO. 3 ed. Río Cuarto, Argentina. 280 p.

Benítez, J. 2011. HENO. Alimento para el Ganado. Revista Amigo de La Familia Productora (7). 4 p.

Blandino, R. 1990. CURSO DE AGROSTOLOGIA Y MANEJO DE PASTOS. Managua, Nicaragua. 188 p.

Bragachini, M; Cattani, P; Gallardo, M; Peirettu, J. 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Córdoba, Argentina. (6) 365 p.

Callejo, A. 2017. Conservación de forrajes (III): Calidad del forraje y del heno. *In* Revista Frisona Española. España. p. 94-102.

Cardona, L; Castro, E; Suárez, E. 2022. Los grados brix como herramienta. Para determinar el potencial nutricional en forrajes. Mosquera, Colombia. 50 p.

Casas, M y Torres, A. 2012. CONFECCIÓN DE HENO DE BUENA CALIDAD. Osorno, Chile. 4 p.

Cerda, R. 2011. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *In* INTERSEDES Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica. Guanacaste, Costa Rica. 8 (24) p. 109-128.

Combellas, J. 1998. Alimentación de la Vaca de Doble Propósito y De Sus Crías. 1 ed. Caracas, Venezuela. 196 p.

Conrad, J y Ávila, J. 1978. Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basado en suelo, planta y tejido animal. *In* Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo (1976, Belo Horizonte, Brasil). 225 p.

Coria, M. 2020. Nutrición mineral en ganadería. Buenos Aires, Argentina. 9 p.

Díaz, V, y Callejo, R. 2004. Calidad del forraje y del heno. *In* BOVIS. Aula Veterinaria. Conservación de Forrajes. Madrid, España. p. 55-64.

Enríquez, J; Meléndez, F; Bolaños, E; Esqueda, V. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. 1 ed. D.F., México. 443 p.

Fernández, E. 2013. Formulación de alimentos balanceados y mejoramiento genético en ganado lechero. Guía técnica. Monsefú, Perú. 29p.

FOSS. 2018. El análisis de la fibra en el pienso animal. Fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) - los estándares y las opciones de automatización. 32 p.

Greenfield, H y Southgate, D. 2003. Datos de Composición de Alimentos: OBTENCIÓN, GESTIÓN Y UTILIZACIÓN. 2 ed. Roma, Italia. 313 p.

Guaita, MS. 2014. ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DEL ANÁLISIS DE ALIMENTOS PARA RUMIANTES. *In* NUTRICIÓN ANIMAL APLICADA. Buenos Aires, Argentina. p. 30-36.

INATEC (Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional). 2016. MANUAL DEL PROTAGONISTA. NUTRICIÓN ANIMAL. Managua, Nicaragua. 140 p.

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá); INA (Instituto Agropecuario Nacional, Guatemala). 1955. TABLA DE COMPOSICION DE FORRAJES Y CONCENTRADOS FORRAJEROS DEL AREA CENTROAMERICANA. *In* Publicación Científica INCAP E-83. Ciudad de Guatemala, Guatemala. p. 227-231.

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2018. Determinación de la materia seca de una pastura. (34). Montevideo, Uruguay. 1 p.

Kawas, J. 1996. DETERMINACION DEL PERFIL MINERAL DE ESPECIES FORRAJERAS DE CUATRO ZONAS GEOGRAFICAS DEL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO. Tesis Dr. En Ciencias. Nuevo León, México, Universidad de Nuevo León. 206 p.

Lalman, D. 2004. Vitamin and mineral nutrition of grazing cattle. Oklahoma, United States of America. 40 p.

Lara, A. 2007. Gramíneas encontradas en Pijijiapan Chiapas y su calidad nutritiva. Tesis M. V. Z. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. 45 p.

León, R; Bonifaz, N; Gutiérrez, F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas. 1 ed. Quito, Ecuador, Universitaria Abya-Yala. 622 p.

Lobo, P. 2016. Evaluación de heno de pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) amoniado como sustituto de fuente proteica en la formulación de alimento concentrado para vacas de producción media. Tesis. Ing. En Agroindustria Alimentaria. Francisco Morazán, Honduras, Universidad Zamorano. 37 p.

López, K. 2017. Practica No. 9: DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETereo POR EL METODO SOXHLET. *In* Manual de Prácticas de la EE de: “Análisis de Alimentos”, Veracruz, México. p. 29-31.

López, U; Gutiérrez, E; Ibarra, H. 1998. PROCESO DE ENSILADO Y HENIFICADO. *In* CONSERVACION DE FORRAJE: ENSILAJE Y HENIFICACION, Nuevo León, México. p. 24-40.

Lorenzo, R; Torres, N; Sánchez, P; Herrera, J; Mayrén, F; Salinas, T; Rojas, A; Maldonado, M. 2019. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y BROMATOLÓGICAS DE ENSILADOS ELABORADOS CON RESIDUOS DE CALABAZA (*Cucurbita argyrosperma*). *In* Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Ciudad de México, México. p. 957-963. (4)

Lovol. 2021. Minimizar el contenido de cenizas (en línea). México. Consultado 6 nov. 2023. Disponible en <https://lovolmx.com/minimizar-el-contenido-de-cenizas/>

el autor, el año de publicación, el título y subtítulo, el número de edición, el autor secundario, la ciudad y el país de publicación, la editorial, la paginación, la serie y las notas

Mandal, G; Dass, R; Isore, D; Garg, A; Ram, G. 2006. Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus*×*Bos taurus*) bulls. Uttar Pradesh, India. 138:1-12.

McDowell, L; Conrad, J; Ellis, G. 1984. Mineral deficiencies and imbalances and their diagnosis. *In* Symposium on Herbivore Nutrition in Sub-Tropics and Tropics. Problems and Prospects (3, Pretoria, South Africa). Gilchrist, F y Mackie, R. (eds.). Pretoria, South Africa p. 67-88.

Mendiada, B y Reyes, N. 2000. DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS. Managua, Nicaragua. 77 p.

Murillo, B. 1994. MANUAL DE LABORATORIO NUTRICIÓN ANIMAL. Tegucigalpa, Honduras. 120 p.

Murillo, F. 2013. MANEJO AGRONÓMICO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PACAS DE HENO A PARTIR DEL PASTO *Digitaria decumbens* BAJO RIEGO EN LA SOGA, BAGACES. Tesis Bach. Ing. Agr. Guacacaste, Costa Rica, Instituto Nacional de Costa Rica, sede San Carlos. 58 p.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition, 2001. 7 ed. Washington DC, United States of America, National Academy Press. 401 p.

Oliveira V; Valença R; Santana-Neto J; Santana J; Santos C Lima I. 2014. Utilização da técnica de produção de gás In vitro para estimar a digestibilidade de dos alimentos. Revista Científica de Medicina Veterinária. Brasil. 7 (23). 10 p.

Pezo, D; Villeda, R; Najera, K. 2012. Cómo preparar henos de buena calidad en forma artesanal. Turrialba, Costa Rica. 59 p.

Quero , A. 2013. GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS: Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. 1 ed. Estado de México, México. Editorial del Colegio de Postgraduados. 184 p.

Rae-Páez, H. 2017. L-Manuals T-II. Manual de Prácticas de la Unidad de Aprendizaje de Bromatología. 1 ed. Nayarit, México. Editorial ECOFRAN. 45 p.

Repetto, J. 2004. CARENCIAS MINERALES, LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN. MOTIVAR. 2(18):6-7.

Sales, F. 2017. Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes. Región de Magallanes, Chile. 4 p.

Solorio, J. y Ku-Vera, J. 2016. Evaluación del perfil nutricional y calidad de heno de pangola (*Digitaria decumbens*) en diferentes edades de rebrote. *In* Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Antioquia, Colombia. 29(2). p. 133-140.

Soto, R. 2011. PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE FORRAJES. Turrialba, Costa Rica. 20 p.

Suttie, JM. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. Roma, Italia. 322 p. (29).

Vélez, M. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. 6 ed. Zamorano, Honduras. 189 p.

Ward, M. and Lardy, G. 2005. Beef Cattle Mineral Nutrition. Dakota, United States of America.

10.ANEXOS

A-1. Muestreo y transporte de la muestra

- A. Selección a la azar de la paca
- B. Toma de muestra del centro de la paca
- C. Muestra depositada en bolsas ziploc
- D. Identificación de la muestra
- E. Muestra 1
- F. Jaba en la que fue transportada la muestra

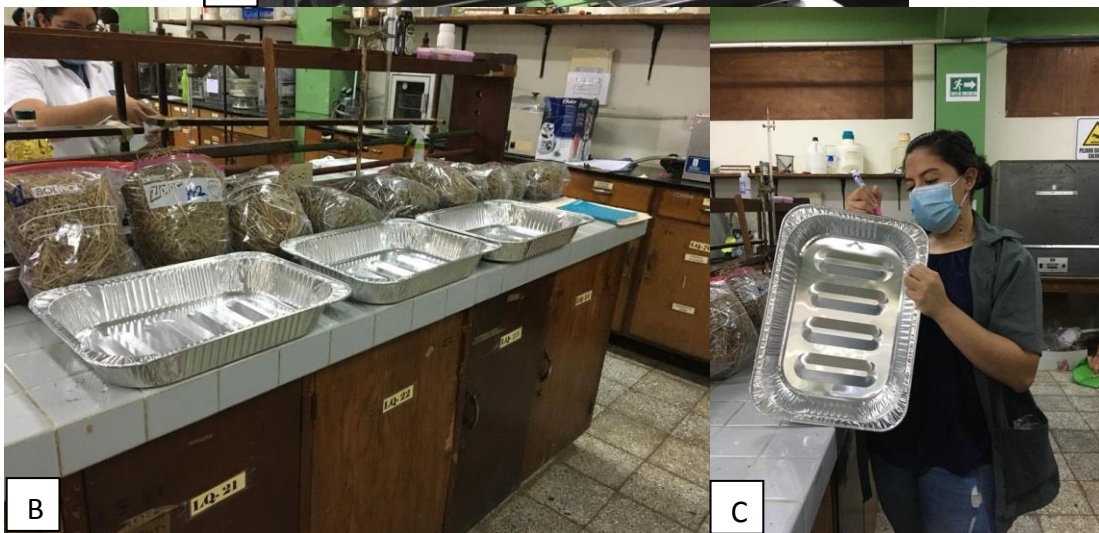


A-2. Conservación y preparación de la muestra

- A. Resguardo de la muestra dentro de la estufa de aire reforzado
- B. Preparación de la muestra
- C. Identificación de bandejas
- D. Picado de forraje
- E. Forraje picado
- F. Moliendo la muestra
- G. Muestra molida



A



B



C



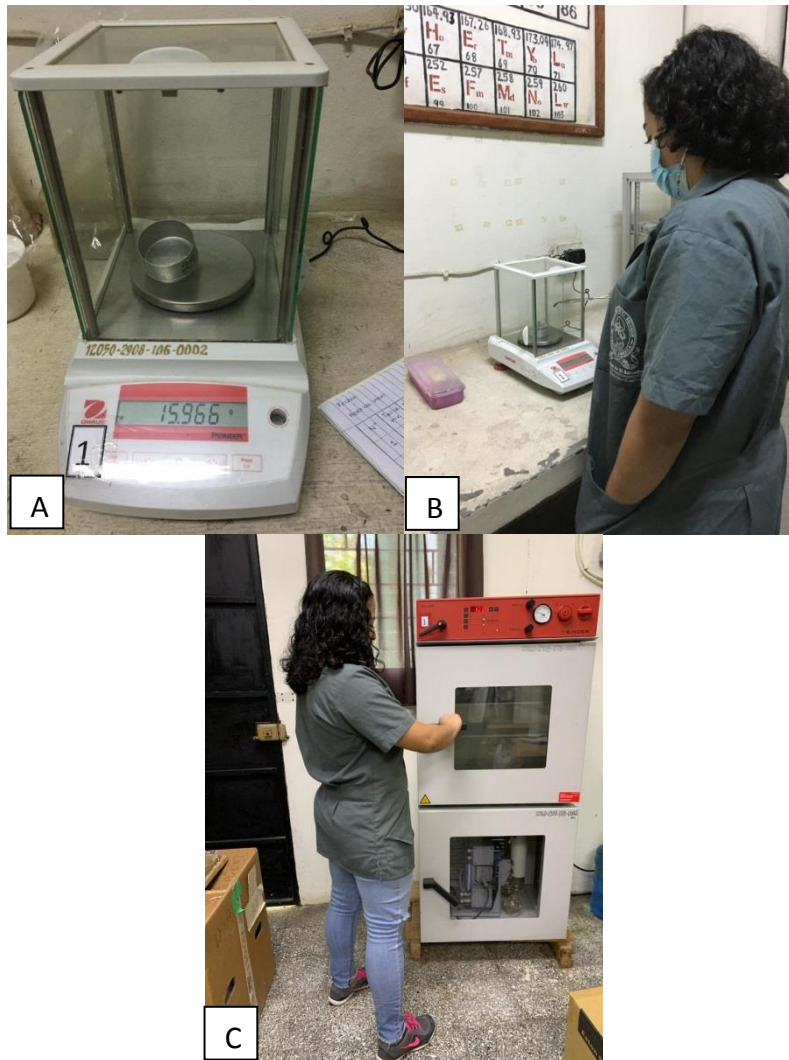
A-3. Determinación de humedad parcial

- A. Pesaje de bandejas vacías
- B. Pesaje de bandeja + muestra
- C. Colocación de bandejas dentro de la estufa de aire reforzado
- D. Muestras dentro de la estufa
- E. Pesaje de bandeja + muestra después de secar



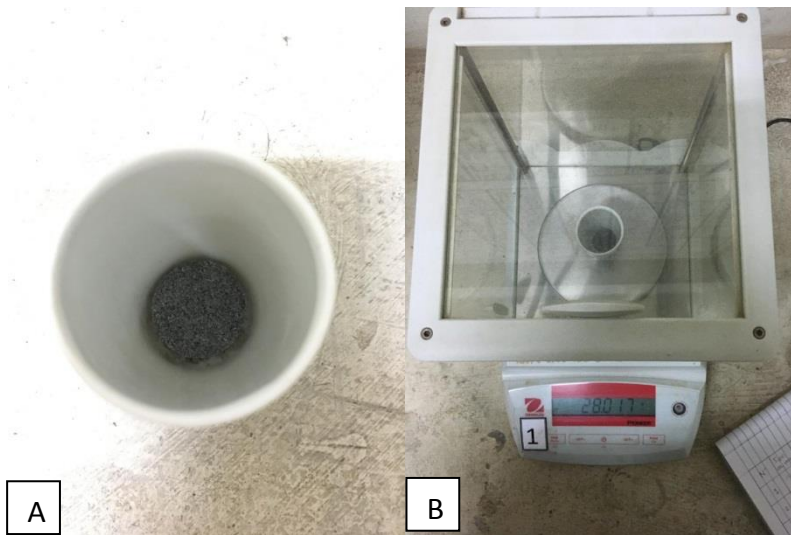
A-4. Determinación de humedad total

- A. Pesado de cajas
- B. Pesado de caja + muestra
- C. Colocación de muestras en estufa
- D. Pesado de caja + muestra después de secar



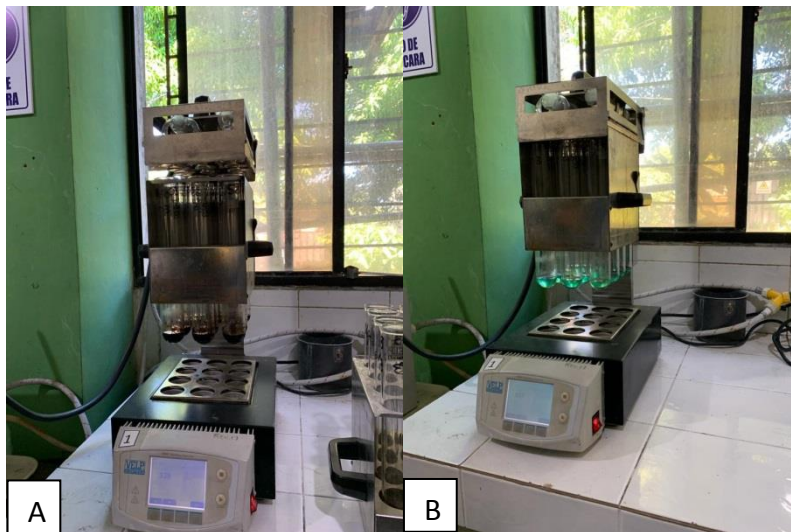
A-5. Determinación de cenizas

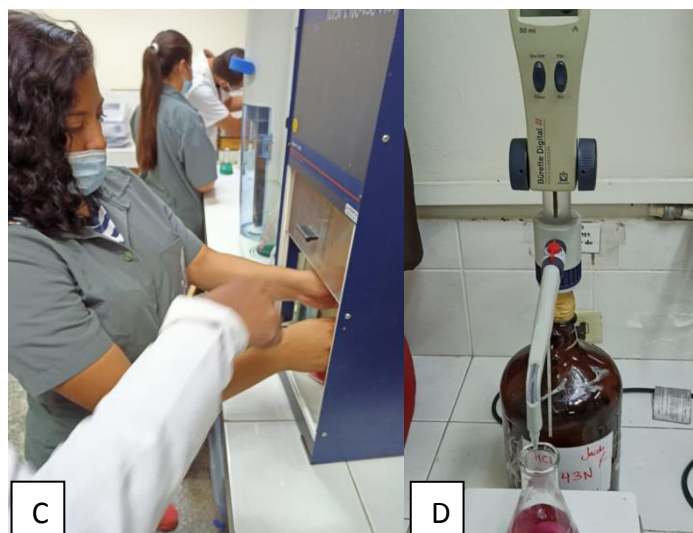
- A. Cenizas resultado de la calcinación
- B. Pesaje de crisol + muestra calcinada



A-6. Determinación de proteína cruda

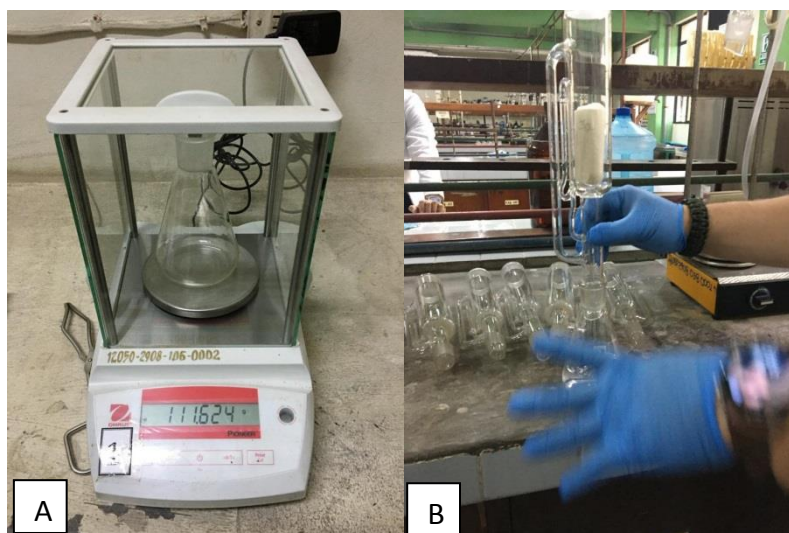
- A. Muestra antes de la digestión
- B. Muestra después de la digestión
- C. Proceso de destilación
- D. Proceso de titulación





A-7. Determinación de extracto etéreo

- A. Pesaje de balón
- B. Colocación de la corneta (que posee el dedal con la muestra) en el balón
- C. Adición de éter
- D. Armado del equipo (balón, corneta y condensador)

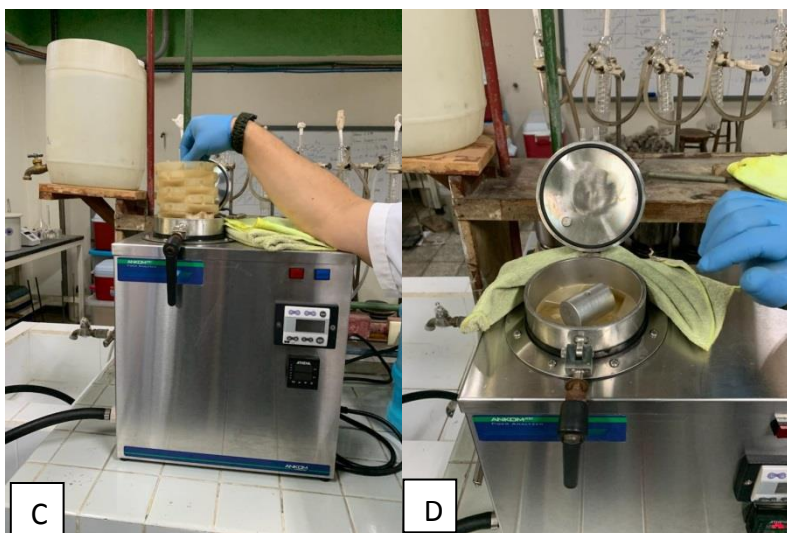




A-8. Determinación de fibra cruda

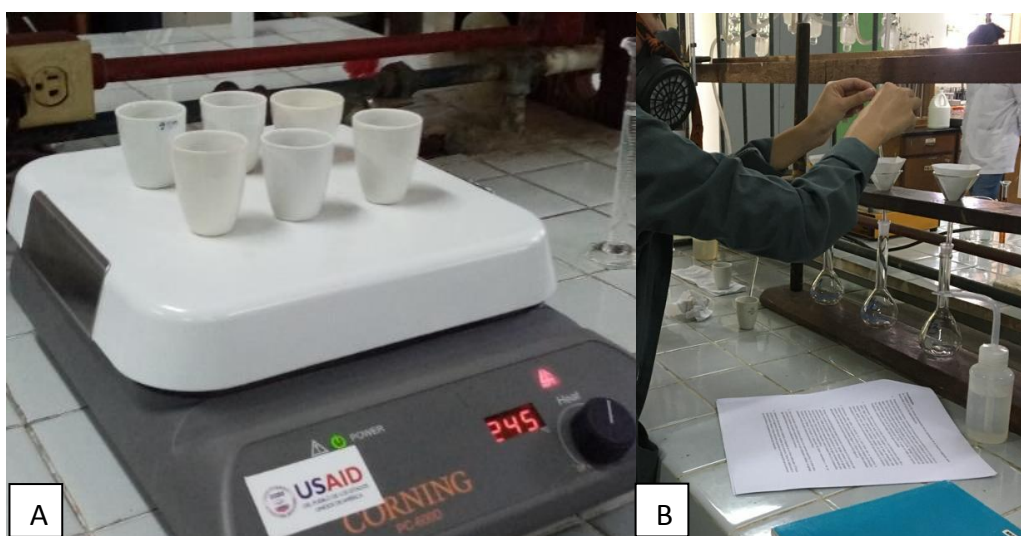
- A. Equipo utilizado para la estimación de fibra cruda
- B. Colocación de bolsas ANKOM 57, en el suspendedor de bolsas
- C. Introducción del suspendedor al equipo
- D. Colocación de contrapeso para que la cesta no flote





A-9. Solubilización de cenizas

- A. Calentamiento de crisol con muestra calcinada en cocina eléctrica
- B. Filtración de la solución con papel libre de cenizas (Whatman N° 42)
- C. Aforo de soluciones

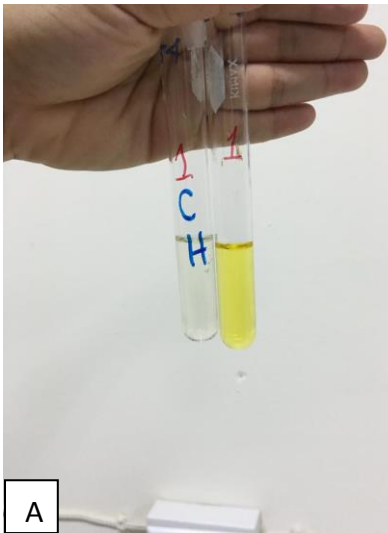




C

A-10. Determinación de fósforo

- A. Formación de la coloración amarilla Vanadomolibdofosfórico
- B. Espectrofotómetro, equipo utilizado para la determinación de fósforo en la muestra



A



B

A-11. Certificado de los resultados del análisis bromatológico y determinación de minerales



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

No de Referencia: CEEA -04 A	
Nombre del cliente: Estación Experimental y de Prácticas FCCA	
Identificación de muestra: Paca de heno, zacate Pangola (<i>Digitaria decumbens</i>)	
Lugar de toma de muestra: Establo	
Fecha de muestreo: 9-9-21	Fecha de recepción de muestra: 16-9-21
Fecha de análisis : 16-9-21	Fecha de elaboración de informe: 10-12-21

Determinación	Resultado	Unidades	Valor de referencia *	Fuente	Método de análisis
Contenido de Humedad	12.50	%	7.33	INCAP	Gravimétrico
Materia Seca	87.50	%	92.7	INCAP	Diferencia
Cenizas	10	%	9.6	INCAP	Gravimétrico
Proteína	7	%	2.9	INCAP	Kjeldahl
Extracto etéreo	0.90	%	1.9	INCAP	Soxleth
Fibra Cruda	37.07	%	30	INCAP	Ankom
Carbohidratos	57.88	%	78.3	INCAP	Diferencia
Calcio	14.42	mg/100 g	241	INCAP	AA por llama
Magnesio	6.23	mg/100 g	190	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Hierro	2.35	mg/100 g	6.9	INCAP	AA por llama
Zinc	0.17	mg/100 g	-	-	AA por llama
Sodio	52.55	mg/100 g	120	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Potasio	310.44	mg/100 g	2200	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Fósforo	42.51	mg/100 g	164	INCAP	Colorimétrico
			Observaciones:		
			Recomendaciones:		

*valores del INCAP expresados en mg/100 g de muestra

Lic Emerson Gustavo Martínez Hernández
Jefe del departamento de Química Agrícola



Camila Sofia Escalante Vásquez
Analista Depto. Química Agrícola



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

No de Referencia: CEEA - 04 B	
Nombre del cliente: Estación Experimental y de Prácticas FCCA	
Identificación de muestra: Paca de heno, zacate Pangola (<i>Digitaria eriantha</i>)	
Lugar de toma de muestra: Establo	
Fecha de muestreo: 9-9-21	Fecha de recepción de muestra: 16-9-21
Fecha de análisis : 16-9-21	Fecha de elaboración de informe: 10-12-21

Determinación	Resultado	Unidades	Valor de referencia*	Fuente	Método de análisis
Contenido de Humedad	12.26	%	7.33	INCAP	Gravimétrico
Materia Seca	87.74	%	92.7	INCAP	Diferencia
Cenizas	27.82	%	9.6	INCAP	Gravimétrico
Proteína	5.81	%	2.9	INCAP	Kjeldahl
Extracto etéreo	0.68	%	1.9	INCAP	Soxleth
Fibra Cruda	34.64	%	30	INCAP	Ankom
Carbohidratos	41.14	%	78.3	INCAP	Diferencia
Calcio	13.68	mg/100 g	241	INCAP	AA por llama
Magnesio	4.38	mg/100 g	190	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Hierro	1.43	mg/100 g	6.9	INCAP	AA por llama
Zinc	0.17	mg/100 g	-	-	AA por llama
Sodio	37.44	mg/100 g	120	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Potasio	280.67	mg/100 g	2200	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Fósforo	40.62	mg/100 g	164	INCAP	Colorimétrico
				Observaciones:	
				Recomendaciones:	

*valores del INCAP expresados en mg/100 g de muestra



Lic Emerson Gustavo Martínez Hernández
Jefe del departamento de Química Agrícola

Camila Sofia Escalante Vásquez
Analista Depto. Química Agrícola



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

No de Referencia: CEEA - 04 C	
Nombre del cliente: Estación Experimental y de Prácticas FCCA	
Identificación de muestra: Paca de heno, zacate Pangola (<i>Digitaria eriantha</i>)	
Lugar de toma de muestra: Establo	
Fecha de muestreo: 9-9-21	Fecha de recepción de muestra: 16-9-21
Fecha de análisis : 16-9-21	Fecha de elaboración de informe: 10-12-21

Determinación	Resultado	Unidades	Valor de referencia *	Fuente	Método de análisis
Contenido de Humedad	12.72	%	7.33	INCAP	Gravimétrico
Materia Seca	87.28	%	92.7	INCAP	Diferencia
Cenizas	14.27	%	9.6	INCAP	Gravimétrico
Proteína	5.07	%	2.9	INCAP	Kjeldahl
Extracto etéreo	0.51	%	1.9	INCAP	Soxleth
Fibra Cruda	34.35	%	30	INCAP	Ankom
Carbohidratos	58.29	%	78.3	INCAP	Diferencia
Calcio	15	mg/100 g	241	INCAP	AA por llama
Magnesio	6.23	mg/100 g	190	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Hierro	1.90	mg/100 g	6.9	INCAP	AA por llama
Zinc	0.16	mg/100 g		-	AA por llama
Sodio	54.77	mg/100 g	120	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Potasio	432.75	mg/100 g	2200	Solorio y Ku-Vera	AA por llama
Fósforo	32.08	mg/100 g	164	INCAP	Colorimétrico
			Observaciones:		
			Recomendaciones:		

*valores del INCAP expresados en mg/100 g de muestra

Lic Emerson Gustavo Martínez Hernández
Jefe del departamento de Química Agrícola



Camila Sofia Escalante Vásquez
Analista Depto. Química Agrícola



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

No de Referencia: CEEA – PROMEDIO	
Nombre del cliente: Estación Experimental y de Prácticas FCCA	
Identificación de muestra: Paca de heno, zacate Pangola (<i>Digitaria eriantha</i>)	
Lugar de toma de muestra: Establo	
Fecha de muestreo: 9-9-21	Fecha de recepción de muestra: 16-9-21
Fecha de análisis : 16-9-21	Fecha de elaboración de informe: 10-12-21

Determinación	Resultado	Unidades	Método de análisis
Contenido de Humedad	12.49	%	Gravimétrico
Materia Seca	87.51	%	Diferencia
Cenizas	17.36	%	Gravimétrico
Proteína	5.96	%	Kjeldahl
Extracto etéreo	0.7	%	Soxleth
Fibra Cruda	35.35	%	Ankom
Carbohidratos	52.44	%	Diferencia
Calcio	14.37	mg/100 g	AA por llama
Magnesio	5.62	mg/100 g	AA por llama
Hierro	1.89	mg/100 g	AA por llama
Zinc	0.17	mg/100 g	AA por llama
Sodio	48.25	mg/100 g	AA por llama
Potasio	341.29	mg/100 g	AA por llama
Fósforo	38.41	mg/100 g	Colorimétrico
Observaciones:			
Recomendaciones:			

*valores del INCAP expresados en mg/100 g de muestra

Lic Emerson Gustavo Martínez Hernández
Jefe del departamento de Química Agrícola



Camila Sofia Escalante Vásquez
Analista Depto. Química Agrícola