

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



Trabajo de Graduación

**Efecto de la Adición de diferentes Dosis  
de Urea en la Composición Química del Ensilado**

**PRESENTADO POR:**

**JOSE ANGEL VEGA GUERRA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**Ingeniero Agrónomo Fitotecnista**



San Salvador El Salvador, 23 de Junio de 1989

T  
636.08552  
V 422e

Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : LIC. LUIS ARGUETA ANTILLON

SECRETARIO GENERAL : ING. RENE MAURICIO MEJIA MENDEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. HECTOR ARMANDO MARROQUIN  
AREVALO

SECRETARIO : ING. AGR. JORGE ALBERTO ULLOA

DEDICATORIA

- A Dios Todopoderoso, por permitirme alcanzar esta meta.
  
- A mis padres : Miguel Vega Savala (Q.D.D.G.)  
Carmen Guerra de Vega  
Por haberme sabido guiar en el transcurso de mi vida
  
- A mis hermanos : - Miguel de Jesús Vega Guerra  
- José Daniel Vega Guerra  
- Juan Leonidas Vega Guerra  
- José Silvio Vega Guerra; y  
- José Alfredo Vega Guerra  
Por el apoyo que me brindaron durante mis estudios.
  
- A mis primos : José Manuel Morales Guerra y  
María Julia Guerra  
Con cariño.

A mis sobrinos y demás familia, con afecto.

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

JEFE DEL DEPARTAMENTO :

ING. JORGE RODOLFO MIRANDA GAMEZ

ASESOR :

ING. RAMON ANTONIO GARCIA SALINAS

JURADO CALIFICADOR :

ING. GINO ORLANDO CASTILLO BENEDETTO

ING. REYNALDO ERNESTO YUDICE GARCIA

ING. MARIA URSULA BEJARANO ALDANA

# I N D I C E

	página
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. LITERATURA REVISADA .....	4
3.1 Generalidades .....	4
3.2 El ensilaje .....	5
3.2.1 Silo de trinchera .....	5
3.2.2 Silo tipo bunker .....	6
3.2.3 Silo de montón o parva .....	6
3.2.4 Silo aéreo de torre .....	6
3.3 Preservación del material .....	7
3.4 Acidez en el ensilado .....	9
3.5 Aditivos .....	10
3.6 La urea .....	10
3.7 Uso de la urea como aditivo .....	10
3.8 Investigaciones con urea .....	12
4. METODOLOGIA .....	18
4.1 Localización .....	18
4.2 Duración .....	18
4.3 Materiales y equipo .....	18
4.4 Fase de campo .....	19
4.5 Fase de laboratorio .....	20
4.6 Diseño y tratamientos .....	22

	página
4.6.1 Distribución estadística para el análisis de varianza .....	23
4.6.2 Variables estudiadas .....	23
5. RESULTADOS Y DISCUSION .....	24
6. CONCLUSIONES .....	28
7. RECOMENDACIONES .....	29
8. BIBLIOGRAFIA .....	30
9. ANEXOS .....	33

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		Página
1	Valores de pH por tratamiento y repetición .....	25
2	Porcentajes de nitrógeno por tratamiento y repetición .....	26
3	Valores generales de titulación, porcentaje de nitrógeno y porcentaje de proteína .....	35
4	Porcentaje de humedad en los tratamientos .....	36
5	Análisis estadístico de los porcentajes de nitrógeno por tratamiento y repetición .....	37
6	Análisis de varianza del % de nitrógeno.	38
7	Análisis estadístico del porcentaje de proteína por tratamiento y repetición.	40
8	Análisis de varianza para el % de proteína .....	41

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		Página
1	Distribución de los tratamientos en el campo .....	34

## AGRADECIMIENTOS

EL AUTOR DEL PRESENTE TRABAJO DESEA EXPRESAR SUS SINCE-  
ROS AGRADECIMIENTOS A LAS SIGUIENTES PERSONAS :

- Al Ingeniero Ramón Antonio García Salinas, asesor, por su desinteresada colaboración en la dirección de este trabajo.
  
- Al Ingeniero Jorge Rodolfo Miranda Gámez, por su ayuda en la agilización de los trámites para la realización de este trabajo.
  
- A la señora Marina del Carmen Rodríguez, Secretaria - del Departamento de Zootecnia, por su eficiente colaboración.
  
- A Nora Alicia Escobar Escobar, por su ayuda en la realización de este trabajo.

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		Página
1	Valores de pH por tratamiento y repetición .....	25
2	Porcentajes de nitrógeno por tratamiento y repetición .....	26
3	Valores generales de titulación, porcentaje de nitrógeno y porcentaje de proteína .....	35
4	Porcentaje de humedad en los tratamientos .....	36
5	Análisis estadístico de los porcentajes de nitrógeno por tratamiento y repetición .....	37
6	Análisis de varianza del % de nitrógeno.	38
7	Análisis estadístico del porcentaje de proteína por tratamiento y repetición.	40
8	Análisis de varianza para el % de proteína .....	41

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		Página
1	Distribución de los tratamientos en el campo .....	34

## R E S U M E N

Con el propósito de evaluar el efecto de la adición de urea en el ensilado, se realizó un ensayo en la cooperativa Santa Bárbara, ubicada en el Cantón Cupinco, Jurisdicción de Olocuilta, Departamento de La Paz.

La razón de efectuar este ensayo fué la de mejorar el valor, proteico del ensilado y disminuir los costos de producción del ganadero durante la época seca; para la realización del ensayo se hicieron silos de montón, utilizando pasto Pennisetum purpureum, variedad Merkerón, conteniendo cada uno 1200 lbs a los que se les aplicó las siguientes cantidades de urea 0.0, 6.0 lbs, 0.9 lbs y 12.0 lbs, que corresponden a los niveles de 0.0, 0.5%, 0.75% y 1.0% respectivamente; esta urea se diluyó en 48 lbs. de melaza y adicionada al pasto al momento de ensilar, cuando los silos tenían las siguientes alturas 25 cm, 50 cm, 75 cm y 100 cm.

Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. La adición de urea incrementó el contenido de nitrógeno en todos los tratamientos, siendo el mejor el tratamiento 2 (0.5% de urea) ya que presentó características adecuadas como buen color, aroma y acidéz.

En vista de estos resultados, se concluye que la urea incrementa el valor proteico del ensilado.

## 1. INTRODUCCION

La alimentación del ganado en la época lluviosa no representa problema para el ganadero, ya que sus potreros producen suficiente materia verde o forraje para ser consumido por el ganado; además, se produce un excedente de forraje el cual debe ser utilizado de manera adecuado para no perderlo y que haga falta en la época seca.

Los ganaderos para resolver el problema de escasez de forraje en la época seca, utilizan el excedente de materia verde en la elaboración de ensilado o heno, donde obtendrán lo necesario para alimentar el hato. Esto no significa que se esté suministrando una alimentación adecuada, siendo necesario suplementarla utilizando concentrados, aunque el uso de éstos tengan efectos significativos en los costos de producción. Para evitar el incremento de los costos, se buscan alternativas con el propósito de obtener productos que suministren la proteína necesaria a un bajo costo y reducir el uso de concentrados.

Tradicionalmente se ha utilizado harina de semilla de algodón como suplemento protéico, pero la producción de ésta en la actualidad es muy limitada. Existen otros subproductos agrícolas tales como: la harina de soya, harina de coco, harina de ajonjolí y otros, que podrían satisfacer en parte el déficit de la harina de semilla de algodón, pero existen similares problemas en las cantidades producidas.

Existe un producto sintético que puede sustituir a las proteínas naturales, este es la urea. Una libra de urea contiene tanto nitrógeno equivalente a seis libras de harina de semilla de algodón, considerando lo anterior se puede dar cuenta, que una pequeña cantidad de urea es suficiente para satisfacer los requerimientos de proteína para el animal. Tomando en cuenta esta cualidad de la urea, es de vital importancia realizar estudios para el mejor aprovechamiento de este producto.

En el país, la práctica del ensilaje está muy difundida entre los ganaderos, razón por lo que se realizó el presente ensayo que consistió en evaluar diferentes niveles de urea: 0.0 %, 0.05%, 0.75% y 1.0% adicionados al pasto Pennisetum purpureum variedad Merkerón, en el momento de llenar los silos, con la finalidad de mejorar el valor proteico del ensilado y determinar el efecto que produce en la composición química.

## 2. OBJETIVOS

- Determinar el efecto de diferentes dosis de urea, en la composición química del ensilado.
- Determinar por métodos químicos las variaciones proteícas del ensilado.
- Medir el grado de acidéz del material ensilado.
- Determinar el nivel de urea más económico.

### 3. LITERATURA REVISADA

#### 3.1 Generalidades

La conservación de pastos por medio de la técnica del en silaje es uno de los métodos utilizados en el país para tratar de resolver el problema de la alimentación bovina, en la época seca con esta práctica el exceso de producción de la época lluviosa se conserva para ser utilizado cuando hay escasé de forraje manteniendo así los niveles productivos, reproductivos y de crecimiento de todo el hato.

Dentro de las ventajas que presenta este tipo de conserción, tenemos:

- Las pérdidas de proteínas, vitaminas y otros elementos nutritivos son menores que cuando se practican otros tipos de conservación.
- El ganado puede ser inducido a consumir forrajes que se reusan a consumir cuando son conservados por otros métodos.
- Se puede planificar con tiempo la cantidad que se necesitará en la época seca.
- Y la ventaja más importante es que ayuda a disminuir los costos de producción dado que se utilizan los recursos que el ganadero posee.

Con la conservación de pastos en silos no se pierde el valor nutritivo de estos, por el contrario, se puede mejorar me

diante el uso de aditivos (3).

### 3.2 En ensilaje

El ensilaje es un método de conservación de productos verdes, preservados por un proceso de fermentación anaeróbica, este proceso se lleva a cabo en un depósito conocido como silo; existen gran variedad de silos, los cuales pueden ser horizontales y verticales.

Silos Horizontales:

- Trinchera
- Bunker
- Parva o de montón

Silos verticales:

- Aereos de torre

#### 3.2.1 Silos de trinchera.

Este tipo de silo consiste en una fosa hecha por debajo del nivel del suelo, de forma rectangular y con paredes verticales o ligeramente inclinadas; con un extremo abierto para permitir el uso de maquinaria. Las paredes pueden ser recubiertas o no, cuando son recubiertas el material se deposita directamente en el suelo; pero cuando no son recu-

biertas, es necesario colocar una tela plástica genralmente de polietileno negro, que sirve para separar el material del suelo, al terminar de llenar el silo se cubre con plastico polietileno para evitar la entrada de aire.

### 3.2.2 Silo tipo Bunker

Este tipo de silo se construye con materiales de construcción, sobre el nivel del suelo y sus dimensiones dependerán de las necesidades del ganado (3).

### 3.2.3 Silo de montón o parva.

Para este tipo de silo no se necesita de ningún tipo de infraestructura, ya que lo que se utiliza es plástico polietileno en donde se deposita el material y se cubre con el mismo plástico, luego se recubre con una capa de tierra para evitar las entradas de aire.

### 3.2.4 Silo aéreo de Torre.

Pueden ser fabricados de hormigón, generalmente se levantan sobre simientos del mismo material. La cupula es de acero o aluminio y posee aberturas de carga descarga. Su tamaño es muy variable, siendo el más frecuente de siete me

tros de diámetro y 18 m. de alto.

Existen silos de torre prefabricados generalmente -- son de láminas onduladas de acero, su tamaño varía entre 7 y 9 mts. de diámetro y 7 y 22 mts. de altura.

### 3.3 Preservación del material.

Para la conservación del material es esencial comprender los cambios que sufre el material antes de surgir del silo convertido en ensilado. El proceso consiste de tres fases que son: Respiratoria, fermentativa y estabilización.

Fase de respiración : Esta es debido a la cantidad - de oxígeno que queda en la masa ensilada, el cual juntamente con los carbohidratos solubles propios del forraje permiten un proceso inicial de respiración, pérdidas de energía y degradación de los almidones y azúcares; así como la desnaturalización de la proteína.

En esta fase se produce una elevación de temperatura, la cual disminuye lentamente una vez que se haya consumido el oxígeno presente en el silo. La rapidez y eficiencia de consumo de oxígeno en el silo depende del estado de madurez, contenido de humedad, procesamiento del forraje, método de compactación y del tipo de silo.

Fase de fermentación : Una vez concluida la fase de respiración se da inicio a la fase fermentativa, la cual es ejecutada por acción de bacterias anaeróbicas, produciéndose tres tipos de fermentación :

a) Láctica : Es más deseable y es producida por acción de bacterias de los géneros lactobacillus y streptococcus a partir de la glucosa, aunque muchos otros azúcares pueden ser degradados, estas especies de bacterias se desarrollan entre los 15 y 30 °C y con un pH que oscila entre 3.0 y 4.0.

b) Acética : Es producida por bacterias coliformes, las que se desarrollan entre 25 y 35 °C y con un pH entre 4.5 y 5.5.

Cuando los azúcares son atacados por las enzimas de las levaduras se produce alcohol.

c) Butírica : Es indeseable y es provocada por clostridios. Poseen la característica de que las enzimas proteolíticas de estas bacterias descomponen las proteínas produciéndose amoníaco y componentes amoniacales. Dos factores son determinantes en la actividad de estas bacterias : la inadecuada acidez producida por el lento desarrollo de los lactobacillus, la deficiencia de carbohidratos fácilmente fermentables en la cosecha ensilada, temperaturas de 30 a 40 °C, pH entre 4.0 y 5.0 favorecen el desa

rrollo de estos microorganismos.

Fase de estabilización: Las condiciones de alta acidez - que se producen durante la fermentación provocan luego una inhibición de la actividad fermentativa, dando lugar a la fase de estabilización ya que ésta depende del contenido de humedad de la masa ensilada dado que a mayor humedad mayor acidez (6).

La fermentación de tipo ácido láctico se caracteriza por un olor a frutas, ácido y agradable; cuando predomina la fermentación acética el ensilaje tiene un penetrante olor a vinagre lo que induce al bajo consumo del animal (13).

### 3.4 Acidez en el ensilado.

La acidez de un ensilado es de mucha importancia y se mide en la escala de pH. En un ensilado de buena calidad es necesario que la acidez del material sea de 4.5 ó más bajo, cuando se ha llegado a este nivel de pH la acción de las bacterias de la putrefacción cesa manteniendo el forraje en buen estado para el consumo (15).

Las bacterias acidolácticas forman con rapidez un sustrato de reacción ácida inferior a un pH de 4.2, y mejor aún de 3.8; esto tiene una gran ventaja ya que a ese pH mueren las colibacterias que son muy peligrosas en el ensilaje (10, 3).

### 3.5 Aditivos

En el afán de mejorar el valor nutritivo del ensilado, - los investigadores han utilizado diversas sustancias químicas sobre el material en el momento de ensilar; entre estas sustancias se pueden mencionar: ácido clorhídrico, ácido sulfúrico en soluciones débiles, ácido fosfórico, ácido fórmico, meta-sulfito de sodio, azúcar, melaza, urea, y otros. De estas sustancias, algunas son utilizadas con el fin de esterilizar el ensilado, otras con la finalidad de bajar el pH y algunas son utilizadas para mejorar el valor nutritivo del ensilado tal como la urea (15, 10, 23, 16, 11, 5).

### 3.6 La urea

La urea es un compuesto blanco de nitrógeno no-protéico cristalino y sin olor. Tiene la fórmula  $N_2H_4CO$  y contiene el 46% de nitrógeno lo cual es equivalente a 287.5 de proteína ya que ésta contiene un promedio de 16% de nitrógeno, es debido a esto que una libra de urea puede sustituir 5 libras de harina de carne. Considerando esto, es obvio que una cantidad relativamente pequeña de urea es capaz de satisfacer los requerimientos diarios de proteína para un animal (16, 11, 5).

### 3.7 Uso de la urea como aditivo

Es bien conocido que al existir limitaciones de nitrógeno

en la dieta de los rumiantes, disminuye el consumo de materia seca y la utilización de la misma. En estas condiciones la suplementación nitrogenada incrementa la actividad microbiana la cual facilita los procesos de digestión en el rumen, con lo que se consigue una mayor ingestión y un mejor aprovechamiento de los alimentos (8).

Mediante estudios realizados se conoce la importancia que juegan los microorganismos del rumen en la síntesis y utilización del nitrógeno contenido en los alimentos. Por lo tanto, para que su trabajo sea más eficiente, se hace necesario incrementar su población a nivel rumial; esto traería como consecuencia una mayor producción de leche o un mayor aumento de peso vivo (13).

Con el uso de la urea se incrementa la actividad microbiana del rumen, estos microorganismos secretan la enzima ureasa para sintetizar el amonio en proteína microbiana la que atraviesa las paredes del rumen; a medida que el alimento avanza por el tracto digestivo hasta el abomaso, los microorganismos son destruidos por las condiciones de alta acidez y la desintegración de sus cuerpos ofrece una fuente extra de proteína. En los rumiantes miles de millones de bacterias, protozoarios y levaduras presentes en el rumen, utilizan el nitrógeno inorgánico igual que la proteína para su crecimiento y reproducción en el abomaso, el animal digiere las bacterias y de ellas obtiene una proteína de buena calidad, o sea completa desde el punto de vista nutricional (16),

para convertir una conversión eficiente de urea a proteína es necesario que la ración contenga :

- a) Suficientes hidratos de carbono fácilmente asimilables como fuente de energía para las bacterias.
- b) Minerales menores.
- c) La concentración de urea en el rumen no debe tener grandes fluctuaciones.

El nitrógeno bacteriano sintetizado en el rumen influye de manera importante en el enriquecimiento de la composición aminoácida del contenido duodenal, lo cual tiene un efecto beneficioso en la nutrición del ganado cuando éste es alimentado con una dieta de urea como fuente de nitrógeno no-protéico.

Los aminoácidos que aparentemente están disponibles para los animales en más baja proporción y que presentan una ganancia neta menor en relación con lo consumido son: la cistina y la histidina.

La deficiencia de histidina en animales alimentados con dietas semisintéticas de urea, es debido a la limitación de la proteína bacteriana en aminoácidos sulfurados (18).

### 3.8 Investigaciones con urea.

Se utilizó urea como fuente de nitrógeno no-protéico, mezclado en el forraje picado de Bermuda Cruza No. 1 (Cynodon dactylon), obteniendo una respuesta de gran magnitud en el consumo y digestibilidad donde la urea incremento el consumo en un 40% (8).

Otros investigadores obtuvieron que la suplementación nitrogenada tuvo un incremento significativo en el consumo de materia seca y de energía en un 60% y de un 17% en el consumo de forraje; así mismo la digestibilidad de la materia seca y energía fueron significativamente superiores para los animales suplementados. Las pérdidas de energía urinaria fueron de 4 a 5% de la energía consumida, sin existir diferencia entre tratamientos.

El consumo de nitrógeno se incrementó de 36 a 63 gr/día, el cual fué más digerible pero no aumentaron las pérdidas urinarias de nitrógeno, por lo que la retención aumentó del 33 al 40% (8).

En un estudio del efecto de la suplementación con nitrógeno no-proteico; encontraron que esta suplementación incrementaba la síntesis de proteína microbiana en el rumen y hacia más digerible la digesta pos duodenal (7).

En otros estudios se encontró un aumento en la digestibilidad de la materia seca y de la fibra cruda cuando trataron paja de arroz con orina de ovejas como fuente de nitrógeno (21).

Trabajos realizados con toros Cebú, comparando cuatro niveles de urea en la melaza encontraron que el mejor tratamiento era el más alto o sea el del 10% de urea en melaza, la cual se proporcionó con caña de azúcar picada y un kilogramo de pulidura de arroz como suplemento. La ganancia diaria fué de 0.59 kilogramos para los toros utilizados en el experimento (22).

En un ensayo llevado a cabo se demostró que la tasa de ganancia en peso vivo se incrementó a medida que se aumentó la concentración de urea en la melaza alcanzando su punto máximo con el 3% de urea en melaza a partir del cual el comportamiento animal comenzó a ser negativo; la ganancia diaria fué de 734 gr. con este nivel de urea en la melaza. La tasa de crecimiento se relacionó directamente con el consumo de urea por ser el factor principal que influyó en la ganancia en peso vivo (22).

En un ensayo con ganado lechero al cual le suministraron tres tratamientos que incluían melaza, urea, y pienso; se obtuvo el siguiente resultado: Con el tratamiento de miel más el 3% de urea y 0.45 kilogramos de pienso por kilogramo de leche producida se obtuvo un aumento de 6.8 kilogramos/vaca/día; siendo significativamente superior a los otros tratamientos. La alta producción de leche con este tratamiento posiblemente fué consecuencia de un mayor consumo de energía y proteína en forma de alimentos concentrados; en las condiciones de este trabajo la miel-urea no produjo olores o sabores extraños que pudieran afectar la comercialización de la leche (17).

Otros investigadores encontraron que cuando el ganado en crecimiento se alimenta con dietas que favorecen y estimulan la síntesis de nitrógeno bacteriano en el rumen, como es el caso de las dietas altas en miel-urea, la proteína y la mayoría de aminoácidos esenciales metabolizables provenientes de este proceso biosintético pueden contribuir a satisfacer no

menos del 60% de sus requerimientos para una mediana productividad por animal (18).

Un investigador ha sugerido que las principales características de los ensilajes de pastos tropicales son la producción de ácido butírico y la descomposición de la proteína en grado mayor que en las especies de clima templado; de esta forma el bajo nivel de nitrógeno de las dietas pueden afectar el comportamiento de los animales negativamente (14). Para corregir este comportamiento se sugiere la aplicación de urea como fuente de nitrógeno.

Existe información sobre la utilización de urea como fuente de amonio en paja de maíz donde se observó que la urea se hidrolizó a amonio después de 20 días del tratamiento, el exceso de amonio se evaporó mientras que el amonio pegado a la paja durante el tratamiento puede servir como fuente de nitrógeno para la síntesis microbial de proteína en el rumen (20).

En estudios realizados se preservó avena verde con el 37% de humedad durante sesenta días utilizando el 5.3% de urea. La digestibilidad in vitro se incrementó desde el 47% hasta el 53% y el contenido protéico desde 11.1% hasta el 16% (20).

Investigadores ensilaron paja de arroz amonificada con urea en dosis de 3 y 5%, obteniendo un aumento en el contenido de proteína cruda de la paja por un factor de 1 a 2.5. Esto representa alrededor del 30 al 35% del total de urea agregada a la paja durante el ensilado (20).

El tratamiento de la paja con urea aumenta la concentración de energía metabolizable en términos de Mega Joule por kilogramo (MJ/Kgs) de materia seca. Al suponer que se necesitan 5 MJ/kgs de leche producida y 34 MJ/Kgs de aumento en peso vivo, la dieta con paja tratada con 5% de urea y suplementada con 10% de melaza a la hora de comer, permitiría una producción de 9 kilogramos de leche ó 1.35 kilogramos de ganancia de peso en un animal de 200 kilogramos de peso vivo (20).

El uso de urea como aditivo en el ensilaje ha mostrado la propiedad de elevar el contenido de ácido láctico hasta un 7.5% al ser adicionada al 2% en base fresca en ensilaje de caña de azúcar. Por otra parte, se ha encontrado que, en cuanto a la producción de ácidos grasos volátiles deseables en el ensilaje, la urea puede aumentar o disminuir la concentración de ácido acético. Así mismo, se ha observado que niveles crecientes de urea incrementa la concentración de proteína cruda, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal y pérdidas de material ensilado, dependiendo de la presencia de carbohidratos fácilmente fermentables (19).

Se hizo un ensayo adicionando urea, hidróxido de sodio y amoníaco acuoso sobre ensilaje de cogollos de caña prensados. Los niveles de urea utilizados fueron 2%, 4% y 8%; los resultados que se obtuvieron indican que el tratamiento con el 4% y 8% de urea mejoró la degradabilidad rumial de los ensilados cuando se compararon con los otros tratamientos (12).

En Cuba se estudiaron los efectos de la edad de corte, la adición de urea y diferentes niveles de melaza en la calidad del ensilado de Bermuda Cruza No. 1, los tratamientos consistieron en ensilar el pasto cortado a 6 y 8 semanas, utilizando como aditivo 1.5% y 3% de miel, más 1% de urea. De acuerdo a los resultados que obtuvieron sugieren ensilar el pasto a la edad de 6 semanas de corte por su mejor composición química y digestibilidad, así como utilizar niveles de urea inferiores al 1% para evitar su influencia en la elevación del pH y adicionar al ensilaje niveles de miel inferiores al 3% debido a su implicación económica (4).

El ensilaje de gramíneas como el sorgo, maíz y pastos tropicales, se ha pensado que pueden mejorarse si desde que se llena el silo se agrega una fuente de nitrógeno, la urea ha sido utilizada en niveles de 0.5% del peso verde al llenar el silo, el principal problema es una reducción del consumo voluntario del ensilado por el animal, la utilización de la urea es mejor cuando existe una cantidad de carbohidratos solubles en la ración, lo cual aumenta el consumo voluntario (2).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en la Cooperativa -- Santa Bárbara, ubicada en el kilómetro 24 de la autopista que conduce al Aeropuerto El Salvador, cantón Cupinco, jurisdicción de Olocuilta, departamento de La Paz, El Salvador, a una elevación de 390 msnm, con una topografía ondulada de montaña, temperatura promedio mensual de 26.5 °C, humedad relativa promedio del 76%; y una precipitación anual de 2025 mm.

### 4.2 Duración

La fase de campo tuvo una duración de 45 días, comprendidos del 15 de octubre al 29 de noviembre de 1988; la fase de laboratorio tuvo una duración de 15 días, comprendidos del 30 de noviembre al 14 de diciembre de 1988.

### 4.3 Materiales y equipo

Para la implementación de la fase de campo se utilizaron los siguientes materiales: Pasto Pennisetum purpureum variedad Merkeron, urea, melaza, agua y plástico polietileno negro; los equipos utilizados fueron: compactadores (pisones), baldes, pala, barreno, báscula y una picadora.

Para la fase de laboratorio se utilizaron los siguientes materiales: ácido salicílico, tiosulfato de sodio, dióxido de mercurio, sulfato de potasio, ácido sulfúrico concentrado, agua destilada, solución de ácido bórico al 4%, azul de metilo, solución de tiosulfato de sodio al 8%, solución de hidróxido de sodio al 50% y ácido clorhídrico 0.1 N; el equipo utilizado fue: molino, balanza analítica, estufa, desecador, aparato de Kjeldahl, balones de Kjeldahl, Erlenmeyers, --- probetas de 25, 50 y 100 ml, agitadores de vidrio y bureta de 100 ml.; y un potenciómetro.

#### 4.4 Fase de campo

Se utilizó el pasto Pennisetum purpureum variedad Merkeron, el cual fue picado y colocado sobre pliegos de plástico polietileno negro de cuatro metros de ancho por cuatro metros de largo . donde fue apisonado para su compactación, esto con el fin de eliminar el aire existente en el material. Simultáneamente se preparaba una mezcla de melaza, urea y agua, la cual fue -- adicionada al material compactado de cada silo, cuando éstos -- tenían las alturas de: 25, 50, 75, 100 cms.

La cantidad de melaza utilizada por silo fue de 48 libras, diluidas en 20 botellas de agua. Las cantidades de urea dependían del tratamiento correspondiente; los cuales fueron: 0.0, 6.0, 9.0 y 12 libras de urea.

Cada silo tuvo una capacidad de 1200 libras ( $1 \text{ m}^3$ ), los --

cuales fueron cuidadosamente cubiertos con el plástico y posteriormente recubiertos con una capa de tierra para asegurar una buena fermentación y evitar una casual destrucción de los silos.

Transcurridos 45 días se procedió a destapar los silos y a obtener las muestras para lo cual se utilizó un barreno, - el cual fué introducido en el centro del silo hasta el fondo del mismo. El ensilado obtenido fue depositado en un ----- balde plástico para homogenizarlo y tomar la muestra que se llevó al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias -- Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

#### 4.5 Fase de laboratorio

Teniendo las muestras debidamente identificadas se tomaron 10 gr de cada muestra para la determinación del pH con un potenciómetro; habiendo realizado la determinación anterior - se procedió a pesar el resto de las muestras, las cuales fueron colocadas en una estufa durante 48 horas para su desecación. Habiendo transcurrido el tiempo de desecación se colocaron en un desecador, posteriormente se pesaron para poder - obtener el porcentaje de humedad de las muestras. A continuación fueron molidas y se tomaron dos submuestras de un gramo cada una por muestra para hacer un total de 32 submuestras, - esto para hacer la determinación de nitrógeno en forma doble, para detectar cualquier posible error cometido en el proceso - químico.

Teniendo las muestras pesadas se colocaron en balones de Kjeldahl en donde se agregaron las siguientes cantidades de reactivos: 2 gr de ácido salisílico, 5 gr de tiosulfato de so dio, 0.7 gr. de dióxido de mercurio y 15 gr de sulfato de po- tasio. Luego se decantó 40 ml de ácido sulfúrico concentrado agitando para luego colocar el balón en el aparato de Kjeldahl, el cual se enciende y se deja a fuego lento para que se lleve a cabo la combustión de las muestras; teniendo que mover los balones de cuando en cuando para evitar que la muestra suba a la garganta del balón; el calentamiento continúa hasta que la solución se torne transparente; cuando ésto sucede, la diges- -- tión ha concluído y se procede a la destilación y titulación.

Para la realización de la destilación los balones se ponen a enfriar, logrado esto se añaden 200 ml. de agua destilada y se agita para disolver el producto de la digestión.

En Erlenmeyers de 250 ml se colocaron 50 ml de solución - de ácido bórico al 4% y se les añadió 3 gotas de indicador -- azul de metilo para luego ser colocados en el destilador.

En los balones de Kjeldahl se colocaron 25 ml de solución de Tiosulfato de sodio al 8% y 100 ml de solución de hidróxido de sodio al 50%, los balones se colocan inmediatamente al des- tilador tapándolos herméticamente, se enciende el aparato a -- fuego lento, dando inicio la destilación. Cuando la solución de ácido bórico con el indicador contenido en los Erlenmeyers cambia de color azul a verde, y alcanzan un volumen de 150 ml. La destilación ha terminado, procediendo a apagar el aparato y

a retirar los Erlenmeyers para que su contenido se enfríe, -- cuando éstos han alcanzado la temperatura ambiente se procede a la titulación con ácido clorhídrico. O.l.N.

Concluida la titulación se procedió a hacer los cálculos para la determinación de los porcentajes de nitrógeno y proteína contenida en las muestras.

Para estar seguro que los reactivos no influyeron en el - análisis se colocó un testigo químico, el cual contenía todos los reactivos pero carecía de muestra, al momento de la destilación el testigo no debe presentar el viraje de color, ya que al presentarse éste, nos estaría indicando que los reactivos - han influido en los resultados. En el análisis efectuado, el testigo no presentó el cambio de color lo cual nos indica que los resultados son confiables.

#### 4.6 Diseño y tratamientos

Se empleó un diseño completamente randomizado con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Los tratamientos consistieron en el uso de diferentes niveles de urea aplicados al - pasto al momento de preparar los silos; éstos tratamientos - son los siguientes :

<u>TRATAMIENTOS</u>		<u>LIBRAS DE UREA</u>	<u>%</u>
T <sub>1</sub>	=	0.0	0.0 (testigo)
T <sub>2</sub>	=	6.0	0.5
T <sub>3</sub>	=	9.0	0.75
T <sub>4</sub>	=	12.0	1.0

4.6.1 Distribución estadística para el análisis de varianza.

<u>Fuente de Variación</u>	<u>Grados de Libertad</u>
Tratamientos	(n-1) 3
Error Experimental	(N-n) 12
<u>T O T A L</u>	<u>(N-1) 15</u>

Donde : n = Número de tratamientos.

N = Número de tratamientos por número de repeticio-  
nes.

4.6.2 Variables estudiadas.

- pH
- % de Nitrógeno

A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba múltiple de Duncan para la discriminación de medias.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

El ensilado presentó un porcentaje promedio de humedad que osciló entre el 68.54 y el 70.84%; porcentaje que se acerca al normal en un pasto verde. Tomando en cuenta que el material fué ensilado con una humedad aproximada del 65%, al comparar los resultados se observa un aumento que oscila entre 3 y 5 unidades de porcentaje de humedad; esto es debido a que el material al ser ensilado con este porcentaje de humedad tiene la ventaja de producir una mayor cantidad de jugos, esto coincide con los datos presentados por Delorit y Ahlgren en 1985.

El ensilado obtenido tuvo en general un color café claro, con olor agradable y ligeramente ácido en los tratamientos 1, 2 y 3, con excepción de una repetición del tratamiento tres el que presentó un fuerte olor a amoníaco al igual que el tratamiento 4, aunque se mantuvo el color antes descrito, la presencia del fuerte olor a amoníaco en el tratamiento 4, se atribuye al elevado porcentaje de urea presente en el material; esto coincide con los datos obtenidos por Dominguez y Elias en 1981 en la Habana, Cuba quién reporta el mismo problema.

Cuadro 1. Valores de pH por tratamiento y repetición.

Niveles de urea usados en los Tratamient.	Repeticiones				Total	$\bar{x}$
	1	2	3	4		
T <sub>1</sub> = 0.0 Lbs.	3.9	4.0	3.9	3.8	15.6	3.9
T <sub>2</sub> = 6.0 "	4.2	4.5	4.6	4.0	17,3	4.3
T <sub>3</sub> = 9.0 "	4.8	5.4	5.8	8.2	24.2	6.1
T <sub>4</sub> = 12.0 "	8.3	8.2	8.0	8.4	32.9	8.2

En el Cuadro 1, se presentan los valores de pH donde se puede observar que al aumentar la cantidad de urea en el ensilaje la acidez de éste tiende a disminuir hasta llegar a un pH alcalino con la mayor cantidad de urea utilizada.

El tratamiento sin urea presentó el pH más ácido, esto es causado por la melaza aplicada, llegando a tener un promedio de 3.9, el cual concuerda con el pH reportado por Ruíz et al en 1981, para ensilajes sin aditivos, además es compatible los datos para ensilajes de buena calidad sin urea reportado por Wilkinson et al en 1976.

Con el tratamiento 2, se alcanzó un pH promedio de 4.3 el cual se aproxima mucho a los rangos de pH reportados por Wilkinson en 1976, Marsh en 1979 y Moore en 1969; los dos primeros reportan un pH entre 3.8 y 4.3; el último reporta 4.0 ó menos para inhibir la actividad bacteriana, con lo que se evita pérdida de material. En los tratamientos 3 y 4, el pH se

eleva a 6.1 y 8.2. Este pH favorece la actividad bacteriana y de microorganismos presentes en el material, provocando --pérdidas de material por putrefacción y hongos, lo cual hace de éstos tratamientos ensilajes de mala calidad.

Cuadro 2. Porcentajes de nitrógeno por tratamiento y repetición.

Niveles de Urea usados en los tratamientos	Repeticiones				Total	$\bar{x}$
	1	2	3	4		
T <sub>1</sub> = 0.0 Lbs.	1.29	1.29	0.74	0.88	4.20	1.05
T <sub>2</sub> = 6.0 "	2.56	2.21	2.82	2.56	10.55	2.54
T <sub>3</sub> = 9.0 "	4.44	2.66	2.48	2.16	11.74	2.94
T <sub>4</sub> = 12.0 "	7.71	4.70	6.31	6.42	25.14	6.29

Del Cuadro 2, podemos deducir que a medida se incrementa la cantidad de urea, el porcentaje de nitrógeno retenido en - el ensilaje aumenta en una forma directamente proporcional pero ésto no significa que para obtener un ensilaje con un mayor valor nutritivo utilizaremos la mayor cantidad posible de urea ya que como se reporta anteriormente que a mayor cantidad de urea se - presenta una mayor alcalinidad y por lo tanto un producto que presenta características no deseables como es el fuerte olor a amoníaco, lo que provocaría un rechazo en el consumo por parte de los animales.

Para encontrar el nivel adecuado se realizó un análisis estadístico de los datos reportados en el Cuadro 2, con el que



se determinó que hay diferencia significativa entre tratamientos, al realizar la prueba de Duncan, el tratamiento 4 es el mejor estadísticamente en cuanto a grado de significancia con respecto a los demás tratamientos, pero como éste por su alto grado de alcalinidad presenta características que lo hacen no apto para el consumo animal, al eliminar este tratamiento nos queda como mejor el tratamiento 3, el cual al compararlo con el tratamiento 2, no hay significancia entre ellos, o sea que son estadísticamente iguales, por lo que se toma como mejor el tratamiento 2, el cual es más económico debido a que la cantidad de urea aplicada fue menor.

Relacionando lo anterior con los resultados del análisis de pH para un ensilaje de buena calidad se comprueba que el tratamiento 2 es el mejor al presentar un alto valor nutritivo y las características adecuadas para un ensilaje de buena calidad.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer ensayos con niveles menores al 0.5% de urea, con la finalidad de encontrar el nivel más económico y con los mismos resultados obtenidos.

Al llevar a cabo este ensayo se recomienda hacerle todo el análisis bromatológico para tener más elementos de juicio en el análisis de los resultados.

Se recomienda llevar este ensayo hasta consumo animal para poder estudiar la respuesta animal en cuanto a aumento en peso vivo y/a en producción de leche.

9. BIBLIOGRAFIA

1. ALMANAQUE METEOROLOGICO de El Salvador. 1987. San Salvador, Servicio Meteorológico. 95 p.
2. DE ALBA, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. 3 ed. México. Roonier. p. 260-265.
3. DELORIT, R.J.; AHLGREN, H.L. 1985. Producción agrícola. Trad. Antonio Marino Ambrosio. 9 ed. México, Contimental. p. 641-665.
4. DOMINGUEZ, G.H.; ELIAS, A. 1981. Efecto de la edad de corte, la adición de urea y diferentes niveles de miel final en la calidad del ensilado de bermuda cruzada No. 1 (Cynodon dactylon). Revista cubana de Ciencia Agrícola. (Cub.) 15(1):77-81.
5. EL NITROGENO y la proteína en la alimentación del ganado. 1977. San Salvador. B.F.A. Publicación No. 12. 21 p.
6. GARCIA SALINAS, R.A. 1984. El ensilaje. San Salvador, El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 6 p.
7. GEERKEN, C.M.; DIAZ, A.; GONZALEZ, R. 1980. Efecto de la suplementación nitrogenada sobre el metabolismo de la energía y el nitrógeno en terneros alimentados con forraje de bermuda cruzada No. 1 (Cynodon dactylon). Revista cubana de Ciencia Agrícola. (Cub.) 14(2):147-151.
8. GEERKEN, C.M.; DIAZ, A.; GONZALEZ, R. 1980. Nota del efecto de la suplementación nitrogenada sobre la digestibilidad y el consumo de la bermuda cruzada No. 1 (Cynodon dactilon) en terneros. Revista cubana de Ciencia Agrícola. (Cub.) 14(1):37-40.

9. GUTIERREZ, C.F. s.f. Alimentación y nutrición avanzada de rumiantes, tema No. 16 Conservación de Pastos El - Ensilaje. CEGA-Izalco, El Salvador, MAG. 16 p.
10. GROSS, F. 1969. Silos y ensilados. Trad. Jaime Esaín Escobar. Zaragoza, España, Acribia. p. 63-81.
11. HATO DE doble propósito. 1979. Día de campo ganadero. CEGA-Izalco, El Salvador, MAG-DGG. 23 p.
12. HUGHES, J.M.; PERALTA, G. 1981. Observaciones sobre los efectos del hidróxido de sodio, amoníaco acuoso y urea sobre ensilaje de cogollos de caña y tallos de caña -- prensado. Producción Animal Tropical. (República Dominicana.) 6(1):86-89.
13. LEE DOUGLAS, H.K. 1955. La tolerancia al calor en los - animales domésticos; manual de estudios prácticos. Florida, EE. UU., Universidad de Florida. 20 p.
14. MICHELENA, J.; VEITIA, J.L.; ELIAS, A.; YANES, J.A. 1979. Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de proteína a toros alimentados con ensilaje. Revista cubana de Ciencia Agrícola (Cub.). 13(2):133-138.
15. MORE, I. 1969. Ensilado y henificación. Trad. Andrés M. Barra. Zaragoza, España. Acribia. p. 8-20.
16. MCKINGNEY, J. 1961. La urea. Agricultura Salvadoreña. - (El Salv.) 2(3):19-21.
17. PEREZ, I.F.; CRUZ, J. 1981. Efecto del suministro de miel final con urea en la composición y producción de leche en una vaquería comercial. Revista cubana de Ciencia - Agrícola. (Cub.) 18(3):323-331.

18. RAMIREZ, A. 1984. Contribución nutricional de la proteína y los aminoácidos metabolizables en toros alimentados con altos niveles de miel-urea. Dietas libres de proteína verdadera. Revista cubana de Ciencia Agrícola. (Cub.) 18(3):323-331.
19. RUIZ, M.E.; LOZANO, E. 1981. El uso del camote (Lpomoea batata) en la alimentación animal, adición de diversos niveles de raíces y urea al ensilaje de follaje. Producción Animal Tropical. (República Domin.) -- 6(3): 259-269.
20. SAADULLAH, M.; HAQUE, M.; DOLVERG, F. 1981. La efectividad de la amonificación con urea en mejorar el valor nutritivo de la paja de arroz en rumiantes. Producción Animal Tropical. (República Domin.) 6(1): 31-38.
21. SAADULLAH, M.; HAQUE, M.; DOLBERG, F. 1980. Tratamiento de la paja de arroz con orina animal. Producción -- Animal Tropical (República Domin.) 5(3):298-302.
22. WATSON, S.J.; SMITH, A.M. 1969. El ensilaje. Trad. Rodolfo Vera y Zapata. México, C.E.C.S.A. p. 21-39.
23. YEE TONGWAH, K.L.; HULMAN, B.; PRESTON, T.R. 1981. Efecto del nivel de urea sobre el comportamiento del -- ganado bovino alimentado con melaza-urea y forraje - restringido. Producción Animal Tropical. (República Dom.) 6(1):65-71.

10 - A N E X O S

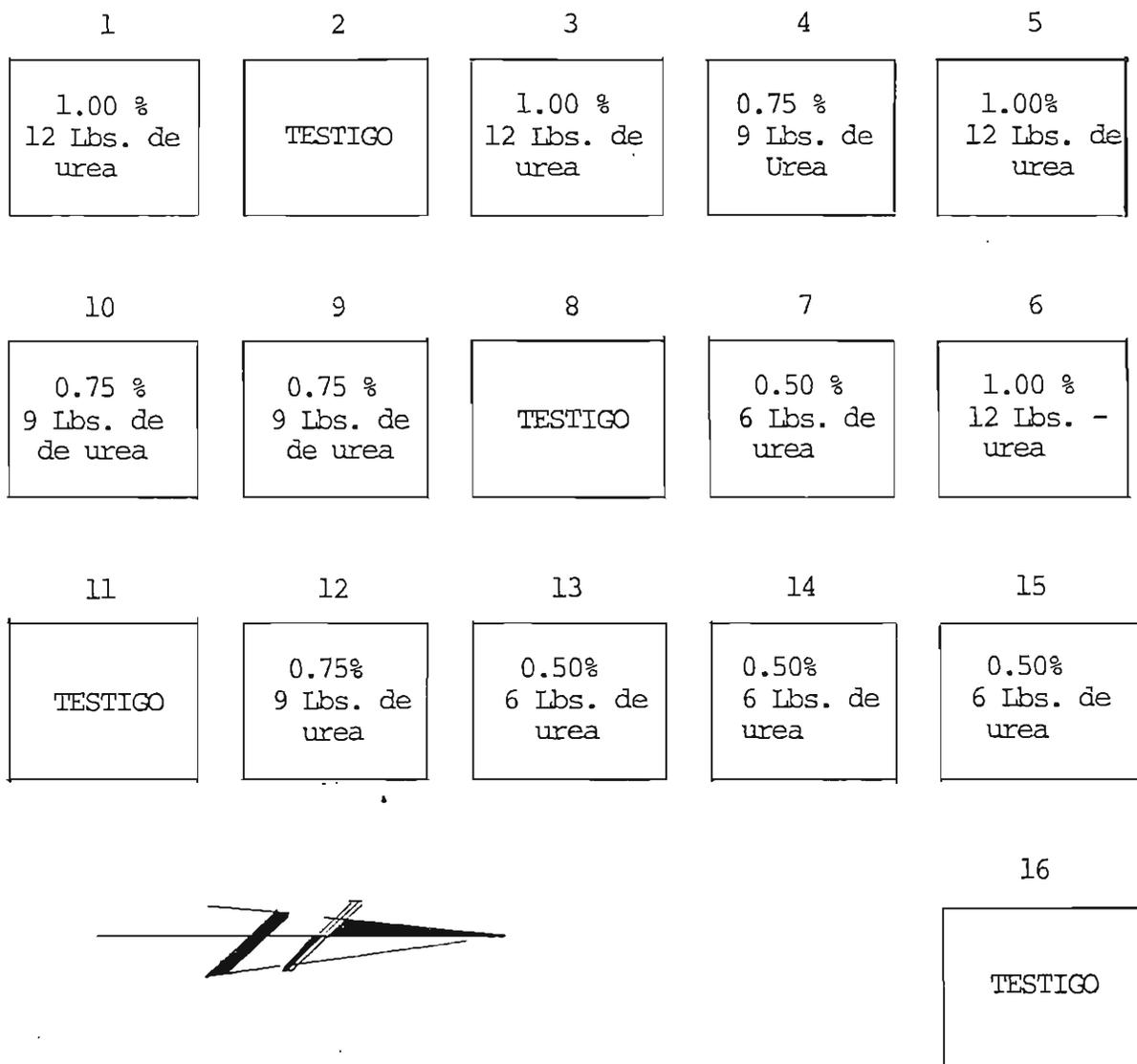


Fig. 1. Distribución de los tratamientos en el campo.

Cuadro 3. Valores generales de titulación, porcentaje de nitrógeno y porcentaje de proteína.

TRATAMIENTOS	Repetición	Acido HCL gastado en la titulación		$\bar{x}$	% de N	% de Proteína
T <sub>1</sub> = Testigo	1	9.1	9.4	9.25	1.29	8.09
	2	9.0	9.4	9.2	1.29	8.05
	3	5.2	5.3	5.25	0.74	4.60
	4	7.5	5.0	6.25	0.88	5.47
T <sub>2</sub> = 0.5 % de Urea	1	18.2	18.4	18.3	2.56	16.01
	2	15.9	15.6	15.75	2.21	13.78
	3	19.5	20.8	20.15	2.82	17.63
	4	19.0	17.6	18.3	2.56	16.01
T <sub>3</sub> = 0.75% de Urea	1	24.8	23.3*	24.05	4.44	27.75
	2	15.3*	13.2	14.25	2.66	16.61
	3	17.2	18.18	17.69	2.48	15.48
	4	15.1	15.7	15.4	2.16	13.48
T <sub>4</sub> = 1.0% de Urea	1	33.4*	34.7*	34.5	7.71	48.20
	2	13.2*	28.3*	20.75	4.70	29.38
	3	28.0*	27.7*	27.85	6.31	39.43
	4	23.2*	24.5*	23.85	6.42	40.14

\* Para estas titulaciones se utilizó ácido clorhídrico 0.1618 N, debido a que el ácido clorhídrico 0.1 N se terminó.

$$\% N = \frac{\text{ml. HCL} \times N \times 0.014 \times 100}{\text{Peso muestra.}} ; \% \text{ Prot.} = \% N \times \text{Factor (6.25)}.$$

Cuadro 4. Porcentaje de humedad en los tratamientos (Grs.)

	T <sub>1</sub>				T <sub>2</sub>				T <sub>3</sub>				T <sub>4</sub>			
	REPETICION				REPETICION				REPETICION				REPETICION			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Peso de bolsa (Grs).	10.46	10.42	9.71	9.48	9.71	9.63	9.65	9.75	10.10	9.77	9.62	9.60	9.62	9.78	9.74	9.66
Peso de bolsa con muestra (Grs).	125.24	82.97	125.31	125.75	125.76	125.48	125.71	125.16	125.38	125.53	125.43	125.77	125.23	125.47	125.82	125.68
Peso de muestra húmeda (Grs).	114.74	72.53	115.60	116.27	116.05	115.25	116.16	115.41	115.28	115.76	115.36	116.37	116.50	115.69	116.08	116.29
Peso de bolsa con muestra seca. (Grs).	39.43	30.97	47.53	47.76	44.90	45.29	47.97	41.34	52.72	46.34	47.95	37.65	44.25	43.77	38.74	47.13
Peso de muestra seca (Grs)	28.97	20.53	37.82	38.29	35.19	35.66	38.22	31.59	42.62	36.57	35.34	28.09	34.50	33.89	29.00	37.47
Cantidad de humedad (Grs).	85.81	52.00	77.76	77.93	80.86	80.19	77.94	83.62	72.66	79.19	77.52	88.68	81.50	81.90	87.08	78.75
Porcentaje de humedad	74.76	71.69	67.28	67.37	69.65	69.22	67.10	72.63	63.03	68.41	66.91	75.62	71.26	70.71	75.02	67.76
$\bar{x}$ de % de humedad	<u>70.20</u>				<u>69.66</u>				<u>68.54</u>				<u>70.94</u>			

Cuadro 5. Análisis estadístico de los porcentajes de nitrógeno por tratamiento y repetición.

Tratamientos	Porcentaje de Nitrógeno				TOTAL	$\bar{x}$
	R 1	R2	P3	R4		
T <sub>1</sub>	1.29	1.29	0.74	0.88	4.20	1.05
T <sub>2</sub>	2.56	2.21	2.82	2.56	10.15	2.54
T <sub>3</sub>	4.44	2.66	2.48	2.16	11.74	2.94
T <sub>4</sub>	7.71	4.70	6.31	6.42	25.14	6.29
					51.23	12.82

$$F.C. = \frac{(Y_{..})^2}{a \times r} = \frac{(51.23)^2}{16} = 164.03$$

$$\begin{aligned}
 S.C.T. &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - \frac{(Y_{..})^2}{a \times r} \\
 &= (1.29)^2 + (1.29)^2 + (2.56)^2 + \dots + (6.24)^2 - FC \\
 &= 230.7657 - 164.03 \\
 &= \underline{\underline{66.7357}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S.C.T. &= \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{r} - \frac{(Y_{..})^2}{a \times r} \\
 &= \frac{(4.2)^2 + \dots + (25.14)^2}{4} - FC \\
 &= \frac{890.5097}{4} - 164.03 = 222.62743 - 164.03 = \underline{\underline{58.59725}} \quad (58.60)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. Error} &= \text{S.C.T.} - \text{S.C.T.} \\ &= 66.7357 - 58.597425 \end{aligned}$$

$$\text{S.C. Error} = \underline{\underline{8.14}}$$

Cuadro 6. Análisis de varianza del % de nitrógeno.

F. de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tablas	
					5%	1%
Tratamiento	3	58.60	19.53	28.72**	3.49	5.95
Error Experimental	12	8.14	0.68			
<b>T O T A L E S</b>	15	66.74				

Del análisis de varianza se deduce que los tratamientos produjeron efecto significativos en el aumento de nitrógeno, a un nivel de significancia - del 1%.

$$\text{C.V.} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

$$\bar{x} = \frac{51.23}{16} = \underline{\underline{3.2}}$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0.68}$$

$$S = \underline{\underline{0.82}}$$

$$\text{C.V.} = \frac{0.82}{3.2} \times 100$$

$$\text{C.V.} = 25.63\%$$

El C.V. del 25.63% nos indica que :

- a) La  $\bar{x}$  experimental es representativa de toda la población.
- b) Las unidades experimentales tuvieron buen manejo.
- c) Se puede confiar en los resultados del experimento.

PRUEBA DE DUNCAN

Ordenado medias

Tratamientos	IV	III	II	I Testigo
$\bar{x}$	6.29	2.94	2.54	1.05

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{0.68}{4}} = 0.412 \approx 0.41$$

Posición	2	3	4
----------	---	---	---

t múltiples

t tablas 5%	3.08	3.23	3.33	x 0.41
-------------	------	------	------	--------

L.S. Duncan en

tre promedios	1.26	1.32	1.37
---------------	------	------	------

	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	Testigo T <sub>1</sub>
	6.29	2.94	2.54	1.05
T <sub>1</sub> = 1.05	5.24*	1.89*	1.49*	-
T <sub>2</sub> = 2.54	3.75*	0.40	-	
T <sub>3</sub> = 2.94	3.35*	-		
T <sub>4</sub> = 6.29	-			

Cuadro 7. Análisis estadístico del porcentaje de proteína, por tratamiento y repetición.

Tratamientos	Porcentaje de proteína				TOTAL	$\bar{x}$
	R1	R2	R3	R4		
T <sub>1</sub>	8.09	8.05	4.60	5.47	26.21	6.55
T <sub>2</sub>	16.01	13.78	17.63	16.01	63.43	15.86
T <sub>3</sub>	27.75	16.61	15.48	13.48	73.32	18.33
T <sub>4</sub>	48.20	29.38	39.43	40.14	157.15	39.29
					320.11	80.03

$$F.C. = \frac{(320.11)}{16} = 6404.4008$$

$$S.C.T. = 9014.3413 - 6404.4008$$

$$S.C.T. = \underline{\underline{2609.9405}} - 2609.94$$

$$S.C.T. = \frac{34782.274}{4} - 6404.4008$$

$$= 8695.5685 - 6404.4008 = 2291.1677$$

$$S.C.T. = \underline{\underline{2291.17}}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. Error} &= 2609.94 - 2291.17 \\ &= 318.77233 \end{aligned}$$

$$\text{S.C. Error} = \underline{\underline{318.77}}$$

Cuadro 8. Análisis de varianza para el % de proteína.

F. de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tablas	
					5%	1%
Tratamiento	3	2609.94	869.98	32.75**	3.49	5.95
Error Experimental	12	318.77	26.56			
T O T A L	15	2928.71	195.25			

De este análisis de varianza también se deduce que los tratamientos produjeron un efecto significativo en el aumento de proteína, a un nivel de significancia del 1%.

$$\text{C.V.} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

$$\bar{x} = \frac{320.11}{16} = \underline{\underline{20.01}}$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{26.56} \\ &= \underline{\underline{5.15}} \end{aligned}$$

$$\text{C.V.} = \frac{5.15}{20.01} \times 100$$

$$\text{C.V.} = \underline{\underline{25.74}}$$

El coeficiente de variabilidad de 25.74% indica que :

22. MCCOMB, J.A.; BENNETT, I. 1982. Vegetative propagation of Eucalyptus using tissue culture and its application to forest improvement in western Australia. V. International congress of plant tissue and cell culture. (Japón). p. 118.
23. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. Especies para leña; arbustos y árboles para la producción de energía. Trad. por Vera Argullo de Fernández. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 204-207.
24. NKANKA, B. 1981. Eucalyptus rudis Endl. Technique de micropropagation par la culture de noeuds in vitro. Desessences forestieres. (Francia). p. 135-142.
25. OKA, S.; YEUNG, E.C.; THORPE, T.A. 1982. Shoot formation in Eucalyptus globulus hypocotyl explants. New Zealand Journal of -- forestry science. Canada. 12(3):5501-509.
26. VILLALOBOS, V.M.; THORPE, T.A.; YEUNG, E.C. 1983. Aplicaciones - del cultivo de tejidos en especies forestales. Ciencia y Desarrollo. No. 51:45-50.
27. \_\_\_\_\_. 1988. Fundamentos teórico-prácticos del cultivo de tejidos vegetales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 203 p.