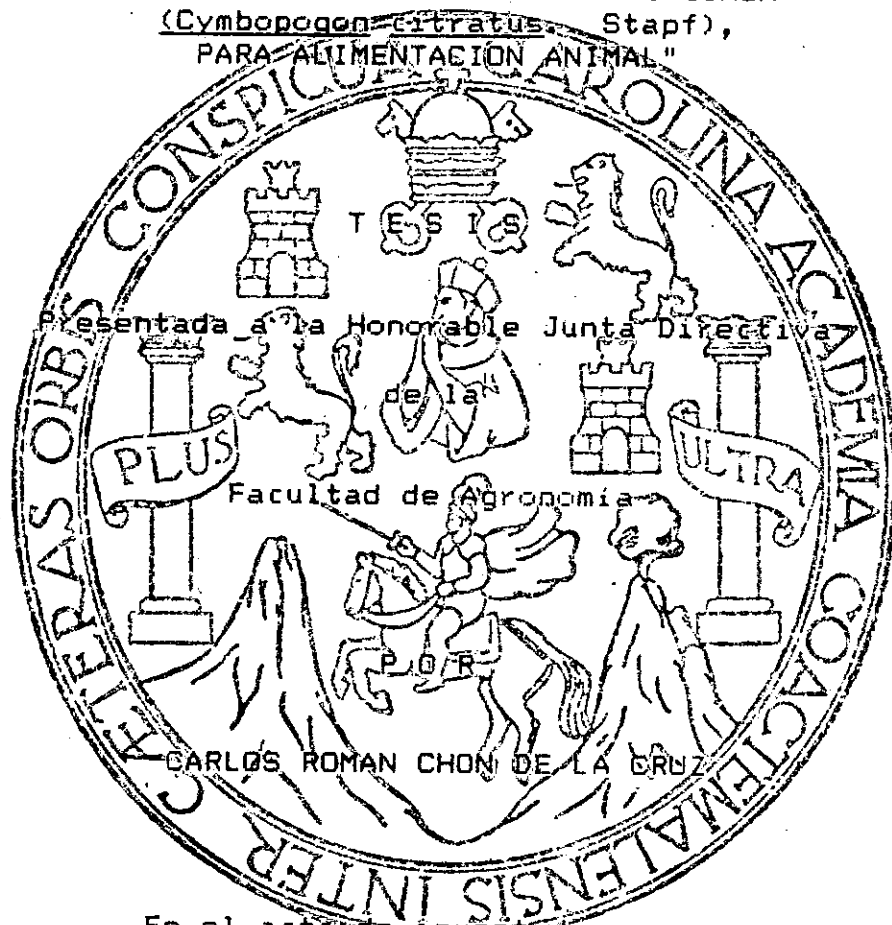


BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTO DE DOS TRATAMIENTOS ALCALINOS SOBRE EL VALOR
NUTRITIVO DEL BAGAZO DE TE DE LIMON
(~~Cymbopogon citratus~~, Stapf),
PARA ALIMENTACION ANIMAL"



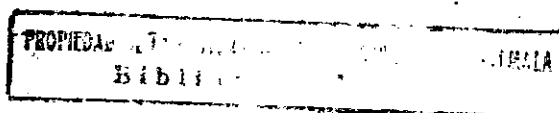
En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el grado académico de

LICENCIADO



DW
01
T(1158)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO: Ing. Agr. Anibal Martínez M.
VOCAL PRIMERO: Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales
VOCAL SEGUNDO: Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL TERCERO: Ing. Agr. Wotzbeli Méndez E.
VOCAL CUARTO: P. Agr. Alfredo Itzep Manuel.
VOCAL QUINTO: P. Agr. Marco Tulio Santos A.
SECRETARIO: Ing. Agr. Rolando Lara A.

Guatemala, febrero de 1991

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE DOS TRATAMIENTOS ALCALINOS SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DEL BAGAZO DE TE DE LIMON (Cymbopogon citratus. Stapf), PARA ALIMENTACION ANIMAL"

Presentándolo como requisito previo a optar el título de ingeniero agrónomo en sistemas de producción agrícola, en el grado académico de licenciado.

Atentamente,


Carlos Román Chon de la Cruz

ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Gracias, Maestro Divino.
A MIS PADRES	Román Chon Popu y Magdalena de la Cruz de Chon, Con amor y agradecimiento profundo.
A MI ESPOSA	María Estela, con cariño.
A MIS HIJOS	Lesly y Román, con mucho amor. Especialmente a Elder (florecitas sobre su tumba).
A MIS HERMANOS	Noemí, Ila, Edgar, Violeta, Otoniel y Leonel.
A MIS FAMILIARES EN GENERAL	
A MIS AMIGOS	Jorge Cardona, Henry Mendez y Luis Tejeda.

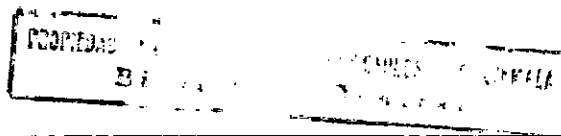
TESIS QUE DEDICO

- A Guatemala y sus Agricultores.

- A La Escuela Nacional Central de Agricultura de Barceñas y a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP, especialmente a la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos.

- Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, especialmente a la Disciplina de Alimentos y Nutrición.



AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ricardo Bressani y al Ing. Agr. Marco R. Estrada Muy, por su excelente asesoría en la realización de este trabajo.

A mis padrinos: Ing. Agr. Horacio Arturo Juárez Arellano y al Dr. Miguel Angel Ortiz Martínez, por su apoyo durante la realización de mi carrera.

Al Ing. Adolfo Cordón por haber permitido realizar la fase de campo de esta tesis en la Hacienda "Santa Cristina", la Democracia, Escuintla, así como al administrador de la misma, Sr. Juan José Pinzón, por sus múltiples atenciones.

A los Licenciados Roberto Benavides y Lilian Méndez de Reyes, por su asesoría en unos análisis químicos.

Al Convenio ICTA/INCAP.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en este trabajo.

INDICE GENERAL

Indice de cuadros.....	i, ii
Indice de figuras.....	iii
Resumen.....	iv, v
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS.....	3
III. OBJETIVOS.....	4
IV. REVISION DE LITERATURA.....	6
V. MATERIALES Y METODOS.....	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
VII. CONCLUSIONES.....	66
VIII. RECOMENDACIONES.....	69
IX. BIBLIOGRAFIA.....	71
X. APENDICE.....	75

Indice de Cuadros

<u>Cuadro No.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
1	Tratamientos evaluados en el bagazo del Té de limón	25
2	Eventos aleatorizados para obtener las 75 unidades experimentales del ensayo	29
3	Determinación de 3 constituyentes químicos y digestibilidad <u>in vitro</u> de 25 tratamientos en el bagazo de Té de limón. Promedio de 3 repeticiones. Guatemala, 1990.	34
4	Constituyentes de la pared celular de 25 tratamientos evaluados en el bagazo de Té de limón. Promedio de 3 repeticiones. Guatemala, 1990.	35
5	Resumen* de los análisis de varianza de 10 variables estudiadas en los 25 tratamientos efectuados al bagazo de té de limón. Guatemala, 1990.	36
6	Promedio (de 3 repeticiones) de materia seca (MS), proteína cruda (PC), y cenizas de 25 tratamientos evaluados en el bagazo de té de limón. Discriminación de medias. Tuckey ($P < 0.05$) Guatemala, 1990.	38
7	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca y paredes celulares del bagazo de té de limón sometido a 25 tratamientos Discriminación de medias. Tuckey ($P < 0.05$), Guatemala, 1990.	42
8	Correlaciones simples entre digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca, paredes celulares, proteína cruda y tiempos de almacenamiento del bagazo de té de limón tratado con álcalis, Guatemala, 1990.	46
9	Constituyentes de la pared celular del bagazo de Té de limón sometido a 25 tratamientos. Discriminación de medias Tuckey ($P < 0.05$), Guatemala, 1990.	48

10	Valor nutritivo del bagazo de té de limón tratado con 2 álcalis durante o posterior a la extracción del aceite esencial, Guatemala, 1990.	50
11	Resumen de los análisis de varianza de 8 variables en 20 tratamientos evaluados en el bagazo de té de limón y sus interacciones en el arreglo trifactorial 2x2x5 (2 aditivos, 2 momentos de aplicación y 5 periodos de almacenamientos), Guatemala, 1990.	51
12	Valores medios de la digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca (DIVMS) y la proteína cruda en el bagazo de té de limón. Efecto de la interacción aditivo por momento de aplicación por tiempo de almacenamiento Guatemala, 1990.	53
13	Valores medios de fibra neutro detergente, hemicelulosa, lignina y cenizas en el bagazo de té de limón. Efecto de la interacción aditivo por momento de aplicación, Guatemala 1990.	54
14	Valores medio de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, celulosa y lignina en el bagazo de té de limón. Efecto de la interacción aditivo por tiempo de almacenamiento. Guatemala 1990.	56
15	Valores medios de los constituyentes de la pared celular del bagazo de té de limón. Efecto de la interacción momento de la aplicación por tiempo de almacenamiento. Guatemala, 1990.	57
16	Concentraciones (%) de calcio y fósforo en el bagazo de té de limón tratado con urea o hidróxido de calcio.	62
17	Rendimiento de aceite esencial y la concentración de sus principales componentes químicos aromáticos de té de limón sometido a 2 tratamientos alcalinos durante la extracción. (Porcentaje, Guatemala, 1990.	63
18	Datos originales, de las 3 repeticiones de las variables estudiadas en el bagazo de té de limón. Guatemala 1990	78-82

Indice de figuras

<u>fig. No.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
1	Procedimiento seguido pára obtener las 75 unidades experimentales (U. Exp.) en la Hacienda "Santa Cristina". La Democracia, Escuintla. 1990.	24
2	Efecto de dos aditivos alcalinos sobre el contenido de materia seca (60°C), en el bagazo de Té de limón	37
3	Efecto de dos aditivos alcalinos sobre la digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca y el contenido de proteína cruda en el bagazo de Té de limón.	41
4	Efecto de dos aditivos alcalinos sobre los constituyentes de la pared celular en el bagazo de Té de limón.	45
5	Efecto de dos momentos de aplicación de dos aditivos alcalinos sobre <u>in vitro</u> de la materia seca y el contenido de proteína cruda seca y el contenido de proteína cruda en el bagazo de Té de limón.	59
6	Efecto de los momentos de aplicación de dos aditivos alcalinos sobre los constituyentes de la pared celular del bagazo de Té de limón.	59
7	Efecto de diferentes periodos de almacenamiento sobre la digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca y el contenido de proteína cruda en el bagazo de Té de limón.	61
8	Efecto de diferentes periodos de almacenamiento sobre los constituyentes de la pared celular del bagazo de Té de limón.	61
9	Producción de aceite de Té de limón en Guatemala durante los años de 1972 a 1988. Guatemala 1990.	76
10	Diagrama de un sistema de destilación de aceites esenciales. Hacienda "Santa Cristina". La Democracia Escuintla.	75

EFFECTO DE DOS TRATAMIENTOS ALCALINOS SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DEL BAGAZO DEL TÉ DE LIMÓN (*Cymbopogon citratus*. Stapf), PARA ALIMENTACION ANIMAL

EFFECT OF TWO ALKALINE TREATMENTS ON THE NUTRITIONAL VALUE OF LEMON GRASS BAGASSE (*Cymbopogon citratus*. Stapf), FOR ITS UTILIZATION IN ANIMAL FEEDING

RESUMEN

Dentro de los subproductos agroindustriales de importancia económica en Guatemala por su volumen de producción, se encuentra el bagazo del Té de limón (*Cymbopogon citratus*. Stapf), residuo que queda después de la extracción del aceite esencial. Con el propósito de evaluar la factibilidad de incorporarlo al proceso de la alimentación animal, se estudió el efecto de dos tratamientos químicos alcalinos sobre su valor nutritivo, en términos de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), contenido de proteína cruda (PC) y fraccionamiento de la pared celular: fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), hemicelulosa (HC), celulosa (C) y lignina (L). El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con 3 repeticiones y los tratamientos distribuidos en un arreglo trifactorial 2x2x5 (2 aditivos alcalinos: Urea e Hidróxido de calcio, en dosis de 10% en base al peso de la materia seca; 2 momentos de aplicación: durante o posterior a la extracción; y 5 períodos de almacenamiento: 5, 10, 15, 25 y 35 días), más 5 muestras control con únicamente los períodos de almacenamiento. Se evaluaron el balance calcio:fósforo y la pureza de los aceites esenciales producidos cuando los aditivos fueron agregados durante la extracción.

El tratamiento testigo reportó promedios de 57.13% de DIVMS, 6.00% de PC y 70.52% de FND. Cuando la urea fue aplicada durante la extracción reportó valores medios de 60.12% de DIVMS, 14.84% de PC y 60.49% de FND, mientras que cuando fue aplicada posterior a la extracción los promedios fueron de 51.25%, 20.55% y de 58.48%, respectivamente.

Cuando el hidróxido de calcio fue aplicado durante la extracción los resultados fueron de 79.49% de DIVMS, 4.49% de PC y de 48.82% de FND; en tanto

que cuando fue agregado posterior a la extracción los valores fueron de 77.21%, 4.10%, y de 49.34%, respectivamente.

Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.01$), a excepción de los períodos de almacenamiento que no influyeron en los resultados.

El hidróxido de calcio desbalanceó considerablemente la relación calcio:fósforo. Sin embargo, su aplicación al momento de la destilación del aceite esencial aumentó el rendimiento de éste en un 0.41%, en tanto que la urea lo hizo en un 0.14%. Asimismo estos tratamientos no alteraron el contenido de los compuestos químicos aromáticos del aceite recolectado.

Los resultados indican que el bagazo del Té de limón responde muy bien a los tratamientos alcalinos, en términos de su valor nutritivo, convirtiéndose en un material potencialmente utilizable en la nutrición de rumiantes, por lo que se recomienda efectuar evaluaciones biológicas y económicas de estos tratamientos para completar la presente investigación.-

I. INTRODUCCION

La cantidad de subproductos generados de las actividades agrícola e industrial del mundo es considerable. Los países latinoamericanos en vías de desarrollo cuentan con poca o ninguna tecnología apropiada para su aprovechamiento, razón por la cual fácilmente se convierten en contaminantes ambientales si las cantidades en que se encuentran sobrepasan las necesarias para su biodegradación natural (1). La necesidad de utilizar estos recursos para generar bienestar social ha sido preocupación de muchas instituciones de investigación como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (12), que ha realizado estudios y reuniones-taller para demostrar que los residuos agroindustriales son recursos valiosos que pueden aprovecharse en la agricultura de diversas maneras mediante su reciclaje.

Algunos de los principales subproductos producidos en Guatemala son el bagazo de caña de azúcar, la melaza, la pulpa de café, las pajas de arroz, de trigo, los rastrojos de maíz y sorgo y los derivados de la producción avícola. Todos son aprovechados más o menos eficientemente como fuente de materia orgánica o inorgánica al suelo, como alimento para animales o como combustible.

Entre otros residuos de origen vegetal producidos en Guatemala, se tienen los bagazos del té de limón y de la citronela. Estos subproductos son utilizados como combustible o como fuente de materia orgánica al suelo.

Según estadísticas del Banco de Guatemala (21), el Area

sembrada de té de limón en 1988 fue de 1,750 has. que produjeron aproximadamente 14,000 toneladas de materia seca por corte (8.16 Ton. de materia seca/ha/corte, Ponce, 1985).

Asimismo es importante agregar que en los últimos ocho años, la producción de aceite se ha mantenido más o menos constante. (ver figura 9 del apéndice).

Considerando que la producción de bagazo de té de limón es significativa, que se encuentra en una zona de producción pecuaria y que se produce 3 ó 4 veces al año normalmente, podría aprovecharse en la alimentación animal con mucha efectividad si se le efectúa algún tratamiento sin incurrir en costos adicionales muy elevados. Al respecto, en la evaluación preliminar realizada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (5) al bagazo de té de limón se le trató con urea o con hidróxido de calcio, logrando reducir el contenido de paredes celulares totales y aumentando el porcentaje de su digestibilidad in vitro. Por tal razón y con el propósito de encontrarle otras alternativas de utilización, el presente trabajo pretende realizar un estudio evaluando el momento de aplicación de estos dos productos alcalinos, así como el período de almacenamiento necesario, que puedan mejorar su valor nutritivo, para aprovecharlo en la alimentación de rumiantes principalmente.

II. HIPOTESIS

- 2.1 La aplicación de los productos químicos: urea o hidróxido de calcio, al bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), mejora significativamente su valor nutritivo, con respecto al testigo.
- 2.2 No existe diferencia significativa entre la aplicación de urea o de hidróxido de calcio, al bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), en cuanto al mejoramiento de su valor nutritivo.
- 2.3 El bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), presenta mejor valor nutritivo cuando el producto alcalino es aplicado durante la extracción del aceite esencial y es almacenado durante 15 días.

III. OBJETIVOS

3.1 Generales

- 3.1.1 Evaluar el efecto de dos productos químicos alcalinos (urea e hidróxido de calcio), en el bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), en diferentes momentos de aplicación y períodos de almacenamiento, en cuanto a su valor nutritivo.
- 3.1.2 Evaluar la pureza de los aceites esenciales recolectados de los tratamientos alcalinos durante la extracción.

3.2 Específicos

- 3.2.1 Determinar el producto alcalino más efectivo para mejorar el valor nutritivo del bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf).
- 3.2.2 Determinar el momento más adecuado durante el procesamiento del bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), para la aplicación del producto alcalino .
- 3.2.3 Determinar el periodo de almacenamiento del bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), que presente el mejor valor nutritivo.
- 3.2.4 Analizar los cambios ocurridos en la relación Calcio: Fósforo en el bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), tratado con los productos alcalinos.

3.2.5 Calcular la concentración de los principales compuestos químicos aromáticos del aceite esencial recolectado del bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus Stapf), tratado con los dos productos alcalinos, para analizar si existen cambios negativos en el mismo.

IV REVISION DE LITERATURA

4.1 Los subproductos agroindustriales

La disponibilidad de subproductos agroindustriales es significativa en el mundo como para pensar en su aprovechamiento. En los países en vías de desarrollo la producción agrícola genera alrededor de mil millones de toneladas métricas de residuos anualmente, que en su mayoría son descartados sin aprovechar su potencial como una fuente renovable de alimento y energía (1). Estos subproductos, en su mayoría son de bajo valor nutritivo, pero que al someterlos a tratamientos físicos, químicos o biológicos se logra aumentar dicho valor nutritivo respecto a los no tratados.

Con excepción de algunos países, como La China, la mayoría no cuenta con programas de aprovechamiento de estos recursos por falta de conocimientos tecnológicos apropiados, poca divulgación o el desconocimiento de su importancia económica (13). Los chinos tienen el concepto de que los desechos son recursos que pueden convertirse en valiosos materiales para obtener otros productos, transformándolos en riqueza además de proteger el medio ambiente físico y social (12).

4.2 Clasificación de los Subproductos Agroindustriales

Arguedas (1,987), reporta dos formas de clasificación de estos desechos. La primera de acuerdo a su origen y la segunda de acuerdo a su contenido de humedad y de materia orgánica fermentable.

La primera clasificación los separa en tres grupos principales: a) Deshechos y productos secundarios de la agricultura y de la producción pecuaria; b) Basuras de las comunidades y; c) Deshechos industriales.

La segunda clasificación divide a estos subproductos en dos grandes grupos: a) Subproductos con alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables (ejemplo: la melaza) y, b) Productos con alto contenido de paredes celulares de baja tasa de degradación (ejemplo: paja de cereales y bagazo de caña).

4.3 Importancia de los subproductos agroindustriales en la producción animal

La utilización de los subproductos agroindustriales en la alimentación animal ha ido cobrando importancia cada vez más, debido entre otros factores, a la apremiante necesidad de alimentos para una población en constante aumento y al incremento desmesurado de los precios de los ingredientes para raciones; además, al incrementar la explotación animal, ésta no debe competir con el hombre por los mismos alimentos (29). Los ejemplos más sobresalientes del uso de subproductos agroindustriales en la alimentación animal son: el bagazo de caña de azúcar, la melaza, las tortas de extracción de aceite, residuos de la molienda de cereales, cascarilla de algodón y harina de pescado, algunos tienen bajo contenido de humedad, otros alto contenido proteico y alta digestibilidad,

características que hacen que sean de amplio uso en este campo (1,15).

Algunos otros subproductos como el rastrojo de maíz, pajas de trigo, arroz, cebada y avena, tienen poco valor nutritivo, ya que la mayoría de los principios alimenticios han sido utilizados por los granos, teniendo en cambio, altos contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina con la consiguiente reducción en el resto de los principios nutritivos. La digestibilidad de estos materiales baja a medida que aumenta el contenido de fibra (15).

Las pajas son apetecidas por los animales cuando se dan finamente cortadas y unidas a alimentos acuosos. La especie animal que mejor rendimiento consigue de las pajas es el rumiante debido a la conformación especial de su tracto digestivo (poligástrico), en la que colabora la abundante y variada flora microbiana del rumen (15).

Existen otros subproductos provenientes de la actividad ganadera y de la explotación de aves, los cuales, por sus características químicas son buena fuente de nitrógeno no proteico y de minerales que bien pueden ser utilizados en la alimentación animal, principalmente de ruminantes y de aves (15).

4.4 Algunas limitantes de la utilización de los subproductos agroindustriales

Los principales factores que limitan una utilización satisfactoria de estos materiales son la falta de tecnología

apropiada para su reciclaje, la poca divulgación a nivel de agricultor de estudios ya realizados (transferencia de tecnología) y el desconocimiento de su importancia económica que puede ser consecuencia de los dos aspectos antes mencionados (13).

Otra limitante es la estacionalidad con que suelen producirse algunos deshechos, lo que dificulta su empleo permanente en la alimentación animal; sumado a lo anterior las áreas de producción animal no siempre se encuentran juntas a las de producción agrícola, menos aún a las de producción industrial (1). En este caso, el transporte puede resultar oneroso o dificultoso máxime si los materiales contiene grandes cantidades de agua.

Algunos materiales contienen sustancias de acción fisiológica adversa, como el caso de la cafeína, ácido tánico y ácido clorogénico en la pulpa de café (29) o con un contenido excesivo de paredes celulares como la cascarilla de arroz (19), y la tusa de maíz (9).

4.5 Tratamientos para residuos agrícolas fibrosos

La finalidad de los distintos tratamientos de los residuos agrícolas fibrosos es mejorar su digestibilidad, su composición química y/o aumentar el consumo voluntario por los animales. Estos residuos agrícolas representan más del 50% de la producción de materia orgánica total de esta actividad. En los países donde la época seca es bien marcada, la

ausencia de lluvias genera escasez de forrajes para los animales, tanto en cantidad como en la calidad nutricional, por lo que los residuos agrícolas, disponibles en esa época, se convierten en recursos alimenticios alternativos y potenciales para minimizar el efecto de la baja disponibilidad de alimentos (11), preferentemente si se les trata con algún método de bajo costo para mejorar su valor nutritivo.

Para el tratamiento de los residuos agrícolas pueden considerarse tres métodos: físicos, biológicos y químicos (15).

4.5.1 Métodos físicos

Los principales métodos físicos son la molienda y la cocción a presión. Se considera que la molienda representa el 50% de lo que se logra con el tratamiento alcalino. La cocción aumenta el consumo voluntario hasta en un 30% en la ingestión de calorías digestibles, sin embargo, no existe suficiente información al respecto, además, quizás no sea muy práctica su aplicación.

4.5.2 Métodos biológicos

Los métodos biológicos consisten en la utilización de hongos que degradan la lignina, pero no la celulosa y hemicelulosa, ya que éstas las utilizan con bastante eficiencia los rumiantes.

Los hongos de las podredumbres blancas han resultado ser eficientes pues degradan mayor cantidad de lignina que de

celulosa, por lo que se han encontrado aumentos sustanciales en la digestibilidad in vitro de materiales tratados con estos hongos (15).

En amaranto (Amaranthus sp.), se evaluó el efecto del hongo Pleurotus ostreatus (4) y en paja de trigo (Triticum sp.) el de Pleurotus Sajor caju (16) sin obtener resultados totalmente satisfactorios. Bressani (1,986) propone con base en estudios anteriores, inocular con cepas de Volvariella y Pleurotus al bagazo del té de limón o de Citronela para evaluar el valor nutritivo del residuo con fines de alimentación animal.

Los estudios anteriores indican que hace falta mucho por investigar, principalmente para encontrar las cepas adecuadas de hongos, encontrar una metodología de fácil aplicación en el campo, así como realizar un buen número de ensayos con animales.

4.5.3 Métodos químicos

Estos métodos se han investigado mucho principalmente en aquellos residuos vegetales con alto contenido de fibra y que como tales son de bajo valor nutritivo. Está orientado básicamente a romper los complejos lignocelulósicos y lignohemicelulósicos presentes en dichos productos para que el sistema enzimático producido por los microorganismos del rumen pueda degradarlos y transformarlos en carbohidratos simples, éstos a su vez, al ser convertidos en ácidos grasos volátiles,

puedan ser absorbidos por la pared ruminal y posteriormente utilizados por el organismo como fuente de energía (33).

Después de la segunda guerra mundial, en Noruega tuvo amplia aplicación el tratamiento húmedo con hidróxido de sodio (método Beckmann), pero su uso comenzó a declinar en 1970 debido a las grandes cantidades de agua necesarias para un posterior lavado del material, esto ocasionaba mucha contaminación ambiental (15). Existe una modificación del método Beckmann (Torgrimsby), el cual es más preferido por su sistema de tres tanques de concreto, en los cuales se realiza el tratamiento y el lavado. Con este método se ahorra agua y sosa (15).

Los tratamientos alcalinos con hidróxido de sodio (NaOH), con amoníaco (NH_3), con hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), con hidróxido de amonio (NH_4OH) y con urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) son variables en cuanto a costo, eficiencia y facilidad o no de su utilización (6,7,9,10,11,15).

Estudios realizados por Wanapat et al. (1,986), en la paja de cebada tratada con diferentes productos químicos, obtuvieron resultados de la digestibilidad de la paja por tres métodos in vitro, in situ e in vivo, en bovinos. Para el caso de tratamiento con hidróxido de sodio en húmedo, las digestibilidades estimadas in vitro, in situ e in vivo fueron de 69.2%, 82.0% y 73.7%, respectivamente, mientras que las muestras control (sin tratamiento), reportaron digestibilidades de 42.2%, 41.4% y 50.8%, respectivamente. En los tres

métodos los incrementos de la digestibilidad fueron significativos. Fernández y Greenhalgh (1,972), citado por Flores (15), trabajaron también con paja de cebada, la cual fue tratada con 8 kg de hidróxido de sodio por 100 kg de paja y neutralizada con 7.4 kg de ácido propiónico, mostró incrementos en la paja desmenuzada (2-3 mm) en cuanto a digestibilidad de la materia orgánica en ovinos desde un 45% (paja sin tratar), hasta un 61% (paja tratada). Igualmente la ingestión de materia seca se incrementó de 27 a 68 g/kg de peso, como también la ingestión de energía digestible fue incrementada de 46 a 114 kcal/kg de peso.

Los efectos del tratamiento con hidróxido de sodio sobre la composición químico-bromatológica de la cascarilla de arroz fue evaluada por González et al. (1,988). Se trataron 2 grupos de cascarilla de arroz, entera y molida; 5 niveles de hidróxido de sodio: 0, 4, 8, 12 y 16% y 3 modalidades de lavado posterior: sin lavar, lavado con un litro de agua y lavado con exceso de agua. Los resultados en su composición química indican que no hubo diferencia significativa entre la cascarilla entera y molida. En la mayoría de los casos el lavado incrementó la fibra neutro detergente, la fibra ácido detergente, la lignina y la celulosa y una disminución en la proporción de sílice, lo que indica que por el lavado se pierde una fracción de carbohidratos solubles, además permite el arrastre del sílice.

En cuanto a la digestibilidad in vitro, se observó que

este parámetro se duplica ya con el tratamiento con hidróxido de sodio al 4%, pues pasa de 8.96% en el testigo a 16.64% en la tratada, y llega a 28.8% con el tratamiento al 8%; en las siguientes dosis (12 y 16%) no se apreció un incremento sustancial.

En otros estudios realizados con hidróxido de sodio (6), la digestibilidad del Pennisetum purpureum aumentó en 12% con 4.8% de dicho producto y en 16% con la mezcla del hidróxido de sodio más 2.4% de urea. Las digestibilidades in vivo de las paredes celulares de la tusa de maíz aumentaron proporcionalmente con la adición de 0, 2, 4 y 6% de hidróxido de sodio en 41.1, 44.9, 52.8 y 64.8% respectivamente, mientras que las digestibilidades del contenido celular no variaron (10). Los consumos de la tusa de maíz por bovinos en crecimiento (9), aumentaron de 2.86 a 3.13 (Kg/día) cuando se trató con 5% de hidróxido de sodio y las ganancias de peso también aumentaron de 406 a 700 g/día, siendo la conversión alimenticia de 16.7 para la tusa sin tratar y de 10.8 para la tusa tratada.

Otro producto químico muy utilizado en el tratamiento de residuos de cosechas con alto contenido de fibra es el amoníaco. Este método no necesita de agua, la cual en algunas regiones y épocas es un recurso limitante, no deja residuos de álcalis y aumenta, por lo general, el contenido de nitrógeno en la paja (15).

Una de sus desventajas es que aumenta muy poco la digestibilidad (hasta en un 12%) y cuando la paja se almacena muy húmeda, retiene amoníaco que puede ser tóxico para los animales y limita su consumo (33).

Aproximadamente en 1972 se empezó a utilizar la amonificación a base de amoníaco anhidro, gaseoso o hidróxido de amonio. El material tratado a granel necesita de pilas selladas herméticamente y la inyección del amoníaco debe efectuarla personal previamente entrenado. La duración del tratamiento estará de acuerdo con la temperatura ambiente. Temperaturas menores de 5°C, el periodo de almacenamiento tendrá que ser mayor de 8 semanas; de 5°C a 15°C, de 4 a 8 semanas; de 15°C a 30°C, de 1 a 4 semanas; y mayor de 30°C, menos de una semana (15). La cantidad de amoníaco necesaria es de 3 a 4% del total de materia seca de la paja y el contenido de humedad influye en el proceso. Waiss (1,972), citado por Flores (15), indica que un contenido de humedad del 30% resulta óptimo cuando se trata paja de arroz con 5% de amoníaco.

En un estudio con paja de trigo (25), se trató dicho material con 5% de amoníaco, conteniendo 15, 20, 25, ó 30% de humedad; los resultados contenidos de proteína cruda varió de 6.6, 6.7, 6.3 a 8.6%, respectivamente, en comparación con el testigo (paja sin amoníaco) que reportó un 3.5% de dicha fracción nutritiva. El total de materia seca consumida, en novillos Hereford, se incrementó por la amonización desde

81.8 g/Kg de peso corporal (paja sin control) a 102.8 g/Kg de peso vivo con la paja de trigo tratada al 15% de humedad. La digestibilidad aumentó en 5 unidades porcentuales con el 15% de humedad.

En otro estudio realizado en novillos alimentados con paja tratada con amoníaco, ad libitum, más 3 Kg de ensilaje y 2 Kg de concentrado, la ingestión de la paja sin tratar fue de 3.4 Kg y de la paja tratada de 4.3 Kg. La ganancia de peso en los novillos fue de 0.22 Kg y 0.53 Kg respectivamente (15). Similares resultados se obtuvieron con terneros en crecimiento donde, con la paja de trigo tratada con 3.5% de amoníaco durante 30 días como mínimo, se obtuvo una ganancia de peso diaria de 0.53 Kg frente al control que fue de 0.39 Kg de incremento de peso por día (15).

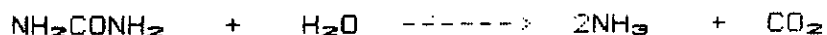
La solubilidad enzimática y el contenido de nitrógeno son aumentados por los tratamientos con amoníaco. Por ejemplo, en paja de arroz, la solubilidad enzimática aumentó de 29 a 62%, mientras que su contenido de nitrógeno varió de 0.56 a 1.32% (Waiss, et al. 1,972, citados por Flores, 1,986).

Sin embargo, no todos los residuos de cosechas responden igual a los tratamientos con amoníaco. Mientras que Wanapat, et al. (1986) obtuvieron incrementos de la digestibilidad in vitro de la paja de cebada tratada con amoníaco, desde un 42.2% (sin tratamiento) hasta 56.8% (paja tratada), González et al. (1,988) no obtuvieron cambios significativos en la

cascarilla de arroz tratada con diferentes dosis de amoníaco, en su digestibilidad y composición química-bromatológica. Igualmente no hubo efecto alguno del hidróxido de amonio sobre la digestibilidad de la materia seca del Pennisetum purpureum en comparación con una muestra control almacenada sólo con agua (6).

La utilización de la urea como fuente de amoníaco en el tratamiento de las pajas, es una alternativa más práctica desde el punto de vista de su fácil manejo, su relativo bajo costo, su fácil transporte y su eficiencia, atributos que hacen de éste un método potencialmente disponible para los pequeños ganaderos que viven a distancias remotas y de difícil acceso (30). En los ensilajes, principalmente de gramíneas, es muy utilizada, además de estar bien difundido su uso en la agricultura de nuestro medio.

La urea en presencia de humedad se hidroliza llegando a formar amoníaco de acuerdo a la siguiente reacción (33):



Esto indica que cuando un mol de urea se hidroliza, produce 2 moles de amoníaco más un mol de dióxido de carbono. Si se agregan 50 g de urea (equivalentes a 0.83 moles) a un Kg de paja (5% de urea, p/p), éstos producen 1.66 moles de amoníaco que equivalen a 37 lt. de gas amoníaco (a presión y temperatura estándares) por Kg de paja, si toda la urea es hidrolizada.

Investigaciones realizadas en paja de trigo tratada con amoníaco, vía hidrólisis de la urea (27), con el propósito de mejorar su valor nutritivo, en términos del incremento de su proteína cruda y digestibilidad en vitro de la materia seca, los modelos de regresión obtenidos indican que, para la digestibilidad in vitro de la materia seca (Y) los incrementos fueron directamente proporcionales a los niveles de urea (X) (2.5, 5.0, 7.5, 10.0 y 12.5%): $Y = 44.719 + 0.9916X$, con un $r^2 = 0.939$; también el contenido de proteína cruda fue incrementándose proporcionalmente a la concentración de urea, sin embargo, este incremento fue disminuyendo conforme la concentración de humedad de la paja aumentaba.

La adición de urea al Panicum maximum hizo posible su conservación por un mes máximo como heno húmedo (31) en el campo. Esto indica que el amoníaco proveniente de la hidrólisis de la urea tiene efecto fungicida. Asimismo, tiene la capacidad de controlar semillas de malas hierbas (15, 31), este tratamiento permite el almacenamiento de pastos o residuos de cosecha con alto contenido de humedad.

El hidróxido de amonio es otro compuesto químico alcalino que se utiliza en el tratamiento de los residuos fibrosos, es menos efectivo que el hidróxido de sodio (11), pero más que el hidróxido de calcio.

Una fuente más de amoníaco, tan eficiente como la urea o como otros compuestos de los ya mencionados en el presente

trabajo, es la orina animal. Un litro de orina reemplaza, por lo menos, a 30 g de urea (30).

Estudios efectuados al respecto sugieren analizar más a fondo esta alternativa, en términos de la salud de los animales, balance de nitrógeno en los mismos, métodos de recolección y su almacenamiento principalmente cerca de lugares poblados.

Como desventajas del tratamiento con urea y otros productos nitrogenados, podrían mencionarse el bajo valor energético de los materiales tratados y las pérdidas de nitrógeno en el ambiente (33).

El hidróxido de calcio es otro producto alcalino de fácil obtención en nuestro medio y de bajo costo, relativamente. Por sus características físicas y químicas de uso no es muy complicado y es un buen producto para tratar materiales con alto contenido de fibra. Este compuesto puede sustituir al hidróxido de sodio en ensilajes, preservando bien el material hasta por 5 meses (15).

Estudios realizados en pulpa de café fresca o ensilada, tratada con 0, 1, 2 y 3% de hidróxido de calcio durante 0 y 16 horas (18) revelaron que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre pulpas y entre tratamientos. Los autores indican que existe la posibilidad de que el hidróxido de calcio actúe sobre la proteína de la pulpa de café, provocando una

hidrólisis alcalina, haciendo disminuir el contenido de nitrógeno esencial de la pulpa por la pérdida de aminoácidos libres y nitrógeno no proteico. Por otro lado, la adición de este compuesto provoca un desbalance entre el calcio y el fósforo, lo cual causa efectos perjudiciales en animales que consumen este tipo de alimentos, por lo que se sugiere que al efectuar este tipo de investigaciones se ponga especial cuidado en balancear estos dos elementos, antes de usar los materiales en la alimentación animal.

Las experiencias prácticas de los tratamientos diversos de las pajas indican que la digestibilidad de la materia orgánica puede incrementarse de un 8 a un 12% (a veces mayor), el contenido proteico también se incrementa si se aplica un compuesto nitrogenado, así como el consumo voluntario (15,33).

4.6 Definición de términos técnicos utilizados en la presente investigación.

4.6.1 Proteína Cruda (PC).

Es el valor que expresa en porcentaje el contenido proteico a partir de la determinación del nitrógeno total (proteico y no proteico) de un alimento mediante la técnica del método Kjeldahl (35).

4.6.2 % Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Es el valor porcentual obtenido mediante una técnica que reproduce a nivel de laboratorio las dos etapas del proceso de digestión de los rumiantes, con el fin de estimar la pro-

porción degradable o digerible de un alimento (34).

4.6.3 % Fibra Neutro Detergente (FND).

Se refiere al valor porcentual que expresa el contenido de paredes celulares totales de un material vegetal, cuyos componentes principales son: hemicelulosa, celulosa, lignina y cenizas insolubles en neutro detergente. Se determina digiriendo la muestra vegetal con una solución de detergente neutro (14).

4.6.4 Fibra ácido detergente (FAD)

Es un valor que expresa en porcentaje el contenido parcial de la pared celular del material vegetal, ya que no contiene la fracción hemicelulosa, se le conoce también como Ligno-celulosa.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en dos fases. La primera consistió en instalar el ensayo de campo en la Hacienda "Santa Cristina", municipio de La Democracia, departamento de Escuintla, donde se almacenaron todas las muestras durante el tiempo que a cada una le correspondía. La segunda fase consistió en trasladar las muestras a los laboratorios de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, en la ciudad de Guatemala, para realizarles los análisis químicos correspondientes.

5.2 Materiales

- a) Plantas picadas de Té de limón.
- b) Urea e Hidróxido de Calcio.
- c) Bolsas plásticas (40x60 cms), marcadores, cinta adhesiva, otros
- d) Reactivos: Soluciones de neutro detergente, ácido detergente, buffer para lignina, permanganato de potasio saturada, desmineralizante, etanol 80%.
- e) Medio de cultivo para la microflora ruminal, solución reductora, gas carbónico y líquido ruminal de ovino.
- f) Acido sulfúrico (95-97%), ácido clorhídrico concentrado, ácido bórico, pastillas catalíticas de Kjeldahl, acetona, otros.

5.3 Equipo

- a) Extractor de aceite esencial, a nivel de finca, con características típicas del sistema tradicional de extracción (fig. 10 del apéndice).
- b) Equipo de Micro-Kjeldahl
- c) Horno de convección
- d) Mufla
- e) Equipo de reflujo de 12 unidades, beakers de berzalius de 600 ml capacidad, crisoles tipo Gooch con porosidad C y capacidad de 50 ml, bomba de vacío, balanza analítica, pipetas, otros.
- f) Baño María con agitación constante, frascos de vidrio de 100 ml, cilindro de gas carbónico, oveja con fístula ruminal, desecadoras, cajuelas para determinación de humedad.
- g) Cromatógrafo de gases.
- h) Calculadora, computadora, software para análisis estadístico, máquina de escribir.

5.4 Tratamientos

Los tratamientos estudiados se obtuvieron de acuerdo al procedimiento mostrado en la figura 1 y se sumarizan en el cuadro 1. El total de tratamientos es de 25; los primeros 20 son el producto de un arreglo combinatorio $2 \times 2 \times 5$ y los últimos 5 pertenecen a los periodos de almacenamiento de las muestras testigo.

Las proporciones de urea e Hidróxido de calcio se definieron con base en los resultados de una investigación

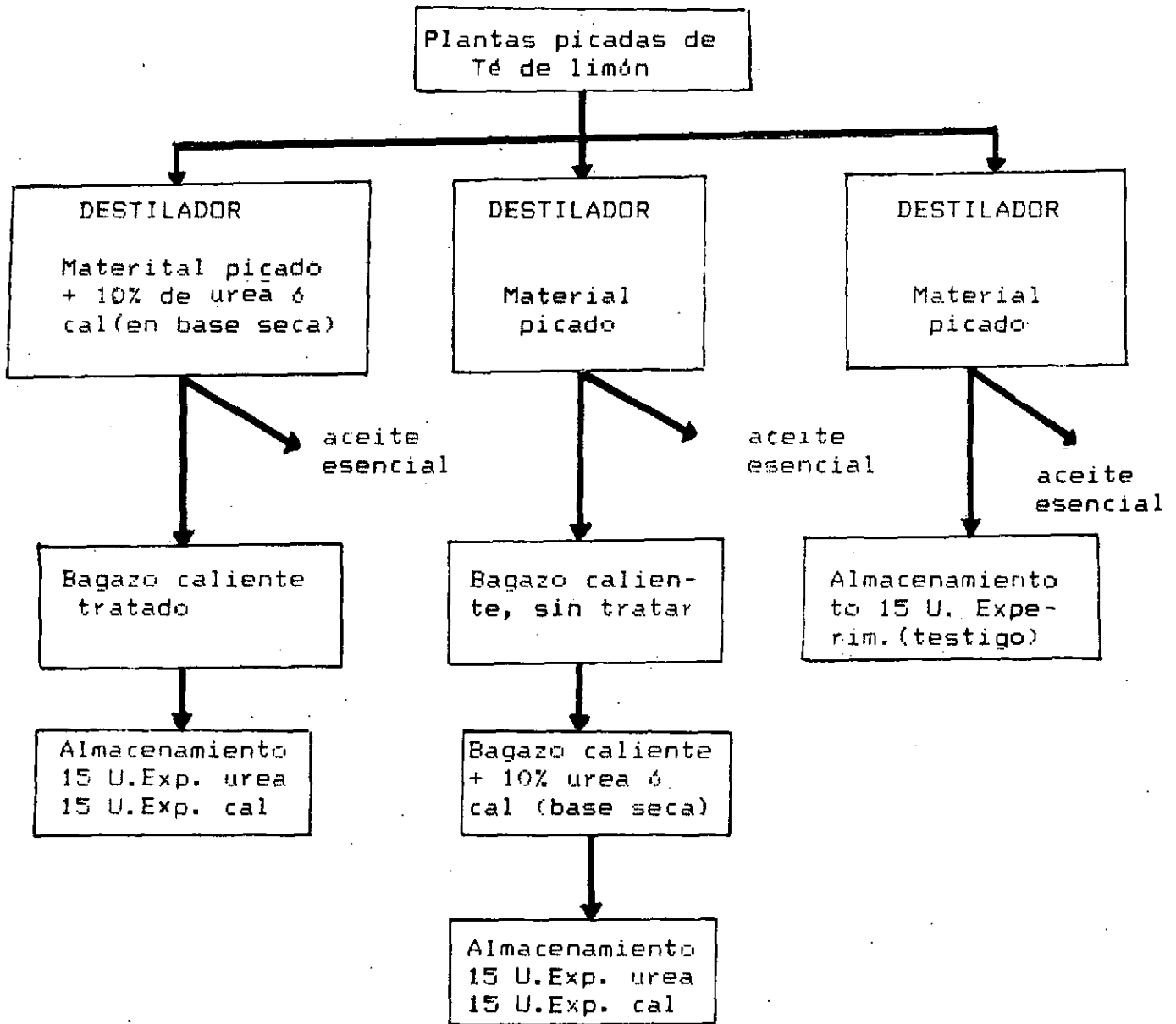


Fig. 1: Procedimiento seguido para obtener las 75 unidades experimentales (U. Exp), en la Hacienda Santa Cristina, La Democracia, Escuintla, Guatemala, 1.990.

Cuadro 1: Tratamientos evaluados en el bagazo del Té de limón

Aditivo Factor "A"	Momento de aplicación Factor "B"	Períodos (en días) de al- macenamiento Factor "C"	Trat. No.	código
		C1 = 5	1	Ud 5
	B1=Durante la extrac- ción del aceite	C2 =10	2	Ud10
		C3 =15	3	Ud15
		C4 =25	4	Ud25
		C5 =35	5	Ud35
A1= 10% de u- rea(base seca)		B2=Posterior a extracción del aceite	C1 = 5	6
	C2 =10		7	Up10
	C3 =15		8	Up15
	C4 =25		9	Up25
	C5 =35		10	Up35
	B1=Durante la extrac- ción del aceite	C1 = 5	11	Cd 5
		C2 =10	12	Cd10
		C3 =15	13	Cd15
		C4 =25	14	Cd25
		C5 =35	15	Cd35
A2=10% de Hidró- xido de calcio (base seca)	B2=Posterior a extracción del aceite	C1 = 5	16	Cp15
		C2 =10	17	Cp10
		C3 =15	18	Cp15
		C4 =25	19	Cp25
		C5 =35	20	Cp35
Sin aditivo (Testigo)		C1 = 5	21	T 5
		C2 =10	22	T 10
		C3 =15	23	T 15
		C4 =25	24	T 25
		C5 =35	25	T 35

preliminar realizada en el INCAP con el bagazo del té de limón (5); con los dos momentos de aplicación de los productos alcalinos se pretendió buscar el más adecuado, considerando que la alta temperatura durante la extracción del aceite puede influir en la respuesta del sustrato a los productos químicos.

Asimismo, el tiempo de almacenamiento fue importante estudiarlo ya que lo deseable es utilizar únicamente el necesario para ello.

5.5 Diseño y unidad experimentales

El diseño experimental utilizado fue el Completamente al azar (24), con 3 repeticiones. La unidad experimental consistió en una bolsa plástica conteniendo 2 Kg de bagazo. Obtenida de acuerdo a lo expuesto en los numerales 5.4 y 5.8.

5.6 Modelo estadístico

5.6.1 Para los 25 tratamientos distribuidos en un Completamente al azar, con 3 repeticiones:

$$Y_i = U + T_i + E_i$$

donde:

Y_i = Variable respuesta de la i -ésima unidad experimental.

U = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

E_i = Error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

5.6.2 Para los 20 tratamientos del arreglo combinatorio $2 \times 2 \times 5$ (2 aditivos alcalinos \times 2 momentos de aplicación \times 5 periodos de almacenamiento), distribuidos en el diseño Completamente al azar, con 3 repeticiones:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta de la ijk -ésima unidad experimental.

U = Efecto de la media general.

A_i = Efecto del i -ésimo factor A (aditivos alcalinos)

B_j = Efecto del j -ésimo factor B (momentos de aplicación).

C_k = Efecto del k -ésimo factor C (periodo de almacenamiento).

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo factor A por j -ésimo factor B.

$(AC)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo factor de A por el k -ésimo factor C.

$(BC)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j -ésimo factor B por el k -ésimo factor C.

$(ABC)_{ijk}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo factor A por el j -ésimo factor b por el k -ésimo factor C.

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

5.7 Manejo del Experimento

Al material picado (plantas de té de limón), se le extrajo el aceite esencial por medio de un sistema de extracción a base de vapor (ver anexo), el tiempo necesario para esta operación fue de 35 minutos (3).

Los turnos de aplicación de la urea y del hidróxido de calcio, así como el momento de su aplicación y las repeticiones fueron aleatorizadas, de acuerdo al cuadro 2. Inmediatamente se tomaron las 75 muestras del que constó el experimento.

Cada muestra obtenida se llenó en la bolsa plástica, procurando extraerle todo el aire que contenía y se cerró herméticamente y al finalizar cada período estipulado se extrajeron los tratamientos correspondientes y se secaron en un horno a 60°C durante 48 horas (2); luego se molieron en un molino de martillo (de 20 mesh) y se preservaron en frascos de vidrio mientras duró el período de análisis químico. Los datos obtenidos se expresaron en porcentaje sobre la base de la materia seca total, para lo cual se efectuó, en cada caso, la corrección por humedad residual, obtenida por el secado de una parte de las muestras en horno a 105°C por 16 horas (2) Durante los procesos de extracción se pesó el aceite esencial obtenido y se almacenó en frascos para su posterior análisis de pureza por cromatografía de gases. Se obtuvieron 9 muestras de aceite esencial, 3 del té de limón tratado con urea durante la extracción y 3 del té de limón tratado con hidróxido de calcio durante la extracción. Las 3 restantes fueron obtenidas de las extracciones convencionales.

5.8 Variables respuesta

Las variables respuesta principales fueron (en gr/100 gr de materia seca): el contenido de proteína cruda (PC) y la

Cuadro 2. Eventos aleatorizados para obtener las 75 unidades experimentales del ensayo

Evento	% Urea	% Cal	Momento de aplicación	Tiempo de almacen. (días)	Repeticiones		
					I	II	III
1	10	--	Durante la extracción	5	101	201	301
				10	102	202	302
				15	103	203	303
				25	104	204	304
				35	105	205	305
2	10	--	Posterior a la extracción	5	106	206	306
				10	107	207	307
				15	108	208	308
				25	109	209	309
				35	110	210	310
3	--	10	Durante la extracción	5	111	211	311
				10	112	212	312
				15	113	213	313
				25	114	214	314
				35	115	215	315
4	--	10	Posterior a la extracción	5	116	216	316
				10	117	217	317
				15	118	218	318
				25	119	219	319
				35	120	220	320
5	--	--	Testigo	5	121	221	321
				10	122	222	322
				15	123	223	323
				25	124	224	324
				35	125	225	325

Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Las variables respuesta: Cenizas, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), hemicelulosa (HC), celulosa (C) y lignina (Lign) fueron analizadas para comprender mejor los cambios ocurridos en las variables principales.

Se determinaron las concentraciones de los minerales calcio y fósforo en el bagazo del te de limón tratados y no tratados para evaluar el balance entre ambos.

La concentración de los principales componentes químicos aromáticos del aceite esencial recolectado del bagazo tratado y no tratado, fue evaluado para analizar si existirían cambios negativos en los mismos.

5.9 Análisis químicos

5.9.1 Contenido de proteína cruda

Se determinó el contenido de nitrógeno total por el método de Micro-Kjeldahl y multiplicando este valor por 6.25 se calculó el porcentaje de proteína cruda (35).

5.9.2 Digestibilidad in vitro de la materia seca

Se utilizó la técnica de Tilley y Terry, modificada por Van Soest (1970), basada en reproducir a nivel de laboratorio las dos etapas del proceso de digestión de los rumiantes bajo condiciones normales.

5.9.3 Cenizas totales

Por calcinación de un gramo de muestra en mufla a 500°C durante 16 horas (2).

5.9.4 Fraccionamiento de la pared celular

De acuerdo a la metodología de Goering y Van Soest (1970), que determina: paredes celulares totales o fibra neutro detergente, lignocelulosa o fibra ácido detergente, hemicelulosa, celulosa y lignina, principalmente, además de cenizas insolubles en neutro o en ácido detergente.

5.9.5 Determinación de calcio y fósforo

Se prepararon muestras compuestas de las 3 repeticiones de cada tratamiento y se les determinó el porcentaje de calcio y fósforo por espectrofotometría de absorción atómica (2).

5.9.6 Análisis de los aceites esenciales

Se efectuó este análisis para determinar la pureza de los aceites esenciales por cromatografía de gases, con las siguientes condiciones: Columna capilar DBWax de 30m de long. x 1 micra de grosor del empaque (Serie 148606, Cat. 1257032. J&W Scientific).

Temperatura inicial de la columna 75°C, del inyector 220°C, del detector 240°C y final de la columna 200°C. Atenuación del cromatógrafo 8xE-10. Atenuación del integrador 16 y 4, velocidad de la carta 0.25 cm/min. área mínima 6000 y puntos picos 200.

5.10 Análisis estadístico

5.10.1 Análisis de varianza

Se realizarón análisis de varianza tomando en cuenta, los 25 tratamientos distribuidos en el diseño Completamente al azar, con 3 repeticiones, con el propósito de evaluar el efecto de los tratamientos a las muestras testigo. Asimismo para los 20 -tratamientos producto del arreglo combinatorio $2 \times 2 \times 5$. En este caso no se incluyeron los 5 tratamientos testigo por no poseer el factor B (momentos de aplicación).

De acuerdo con los resultados obtenidos y a los objetivos del estudio, se procedió a efectuar una comparación de medias mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$).

5.10.2 Análisis de Correlación

Este análisis se realizó para determinar el grado de asociación entre las siguientes variables respuestas:

Variables Independientes		Variables Dependientes	
1- tiempo de almacenamiento	Vrs.	DIVMS PC FND FAD	
2- FND	Vrs.	DIVMS FAD	
3- FAD	Vrs.	DIVMS	

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis químicos efectuados a los 25 tratamientos evaluados en el bagazo del té de limón se presentan en los cuadros 3 y 4. Todos corresponden al promedio de las 3 repeticiones de los tratamientos distribuidos en un diseño completamente al azar. Los valores están expresados en base a un 100% de materia seca, a excepción de la materia seca determinada a 60°C que está expresada en base fresca.

En el cuadro 5 se resumen los análisis de varianza de las diez variables analizadas en los 25 tratamientos que incluyen al testigo (bagazo sin tratamiento), los datos indican que hubo diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.01$) entre tratamientos. De acuerdo a ello se procedió a efectuar la agrupación de medias mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$) y en el cuadro 6 se presentan las agrupaciones de la materia seca, proteína cruda y cenizas.

Con respecto a la materia seca determinada a 60°C el grupo con mayor valor medio estuvo comprendido entre 47.73 y 42.80% y conformado por todos los tratamientos con hidróxido de calcio y 5 de los tratamientos con urea. Los tratamientos testigo formaron prácticamente el último grupo con las medias más bajas, desde 36.73 hasta 33.53%. Estos cambios en el contenido de materia seca se muestran gráficamente en la figura 2 donde puede notarse que los dos tratamientos alcalinos durante la extracción incrementaron en igual magnitud a la materia seca. Los tratamientos posteriores

Cuadro 3. Determinación de 3 constituyentes químicos y Digestibilidad in vitro (% en base seca) de 25 tratamientos en el bagazo de Té de limón. Promedio de 3 repeticiones, Guatemala 1,990.

Trat. No.	Codigo trat.	% MS60 °C	% MS105 °C	% P.C.	% Cenizas	% DIVMS
1	Ud 5	46.43	92.73	14.59	9.90	57.84
2	Ud10	47.73	93.20	16.58	10.10	57.29
3	Ud15	41.33	93.53	13.43	11.00	58.29
4	Ud25	44.40	92.77	14.62	9.47	62.75
5	Ud35	45.70	93.40	15.10	11.07	63.53
6	Up 5	42.80	91.50	24.74	6.43	51.64
7	Up10	40.17	92.73	17.09	8.03	55.89
8	Up15	37.20	93.17	16.08	7.90	53.49
9	Up25	40.83	92.07	22.80	7.43	49.18
10	Up35	38.90	91.17	22.06	7.77	46.05
11	Cd 5	42.83	92.83	4.45	12.37	77.38
12	Cd10	47.13	93.73	4.88	13.97	80.68
13	Cd15	44.93	93.70	4.23	14.77	79.68
14	Cd25	43.60	95.13	4.56	14.93	79.26
15	Cd35	47.03	95.43	4.31	15.17	80.43
16	Cp 5	42.83	92.97	3.67	15.37	78.10
17	Cp10	46.17	93.60	4.27	13.07	76.37
18	Cp15	44.07	93.53	4.03	15.13	75.34
19	Cp25	42.87	95.33	4.32	16.23	78.68
20	Cp35	42.83	95.83	4.21	17.37	77.56
21	T 5	34.43	93.50	5.27	8.77	60.29
22	T10	36.77	96.13	5.54	9.47	56.95
23	T15	33.60	95.10	6.34	9.20	58.28
24	T25	33.53	95.10	6.53	10.23	56.83
25	T35	34.90	97.00	6.29	9.93	53.31

Ref:

% MS60 °C : Porcentaje de materia seca a 60 °C

% MS105 °C : Porcentaje de materia seca a 105 °C

% P.C. : Porcentaje de Proteína cruda

% DIVMS : Porcentaje de digestibilidad in vitro

Fuente : El Autor

Cuadro 4. Constituyentes de la pared celular (% en base seca), de 25 tratamientos evaluados en el bagazo de té de limón. Promedio de 3 repeticiones. Guatemala 1,990.

Trat. No.	Codigo trat.	% FND	% FAD	% HC	% C	% Lign.
1	Ud 5	62.80	40.10	22.70	24.53	8.46
2	Ud10	59.69	38.62	21.07	24.62	7.73
3	Ud15	58.82	39.85	18.97	25.23	8.13
4	Ud25	62.82	39.41	23.41	23.54	7.99
5	Ud35	58.30	41.13	17.18	25.20	9.20
6	Up 5	54.05	34.10	19.95	23.07	7.72
7	Up10	61.01	40.30	20.71	25.58	10.11
8	Up15	59.60	40.99	18.61	25.39	10.54
9	Up25	59.97	36.68	23.29	23.31	8.73
10	Up35	57.80	40.58	17.22	26.02	10.23
11	Cd 5	55.48	41.56	13.91	28.81	7.95
12	Cd10	49.74	39.56	10.17	26.89	7.73
13	Cd15	44.43	38.21	6.22	24.32	7.74
14	Cd25	49.86	37.91	11.95	24.98	7.84
15	Cd35	44.60	35.59	9.03	24.83	6.36
16	Cp 5	49.08	33.88	15.20	24.07	7.10
17	Cp10	54.23	39.69	14.55	27.73	8.76
18	Cp15	48.86	36.10	12.76	24.31	8.09
19	Cp25	50.30	36.87	13.43	26.26	7.43
20	Cp35	44.20	35.36	8.84	25.53	6.94
21	T 5	71.87	44.26	27.62	30.98	8.92
22	T10	68.86	45.31	23.55	30.69	9.51
23	T15	69.71	43.59	26.12	28.89	9.44
24	T25	71.40	46.95	24.45	31.86	10.42
25	T35	70.78	45.87	24.91	31.49	9.75

Ref:

% FND : Por ciento de fibra neutro detergente

% FAD : Por ciento de fibra ácido detergente

% HC : Por ciento de Hemicelulosa

% C : Celulosa

% Lign.: Por ciento de Lignina.

Fuente : El Autor

Cuadro 5. Resumen de los análisis de varianza de diez variables estudiadas en los 25 tratamientos efectuados al bagazo de Té de limón. Guatemala, 1,990.

No.	variable	Cuadrado medio	Fc	C.V.
1	Materia seca a 60°C	58.80	15.21**	4.71
2	Materia seca a 105°C	6.42	17.68**	0.64
3	proteína cruda	143.18	124.83**	10.71
4	cenizas	30.14	22.60**	10.13
5	DIVMS	412.31	44.56**	4.68
6	FND	224.67	44.14**	3.92
7	FAD	38.04	15.71**	3.92
8	Hemicelulosa	108.25	47.24**	8.49
9	Celulosa	20.54	19.22**	3.93
10	Lignina	3.93	6.91**	8.86

Ref.:

- DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca
- FND = Fibra neutro detergente.
- FAD = Fibra ácido detergente.
- ** = Diferencia altamente significativa (P<0.01)
- C.V. = Coeficiente de variación

Fuente: El autor.

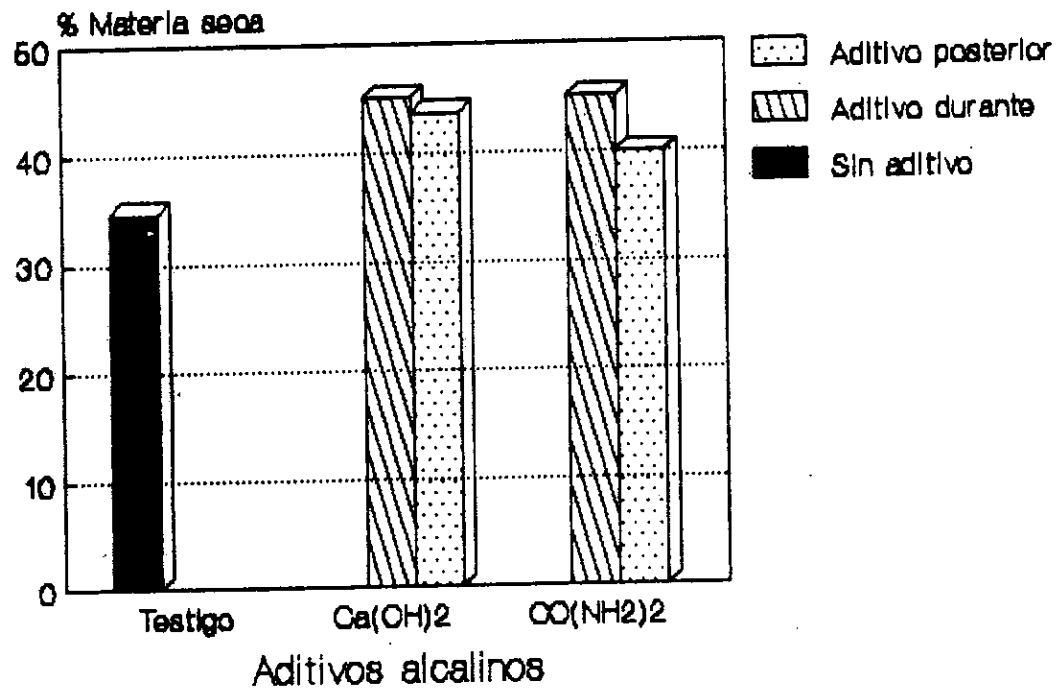


Figura 2: Efecto de dos aditivos alcalinos sobre el contenido de materia seca (60 °C), en el bagazo de té de limón

Cuadro 6. Promedios (de 3 repeticiones) de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas de 25 tratamientos evaluados en el bagazo de Té de limón, Discriminación de medias. Tuckey ($p < 0.05$) Guatemala 1,990

Código trat.	% MS 60 °C	% MS 105 °C	% PC	% Cenizas
Up 5	42.80 ab*	91.50 c	24.70 a	6.43 c
Up25	40.83 b	92.07 bc	22.80 a	7.43 c
Up35	38.90 b	91.17 c	22.06 a	7.77 c
Up10	40.17 b	92.73 b	17.07 b	8.03 c
Ud10	47.73 a	93.20 b	16.58 b	10.10 b
Up15	41.33 b	93.17 b	16.08 b	7.90 c
Ud35	45.70 a	93.40 b	15.10 b	11.07 b
Ud25	44.40 a	92.07 b	14.62 b	9.47 b
Ud 5	46.13 a	92.83 b	14.59 bc	9.90 b
Ud15	41.33 b	93.53 b	13.43 c	11.00 b
T25	33.53 c	95.10 a	6.52 d	10.23 b
T15	33.60 c	95.10 a	6.34 d	9.20 c
T35	34.90 c	97.00 a	6.29 d	9.93 b
T10	36.77 bc	96.13 a	5.54 d	9.47 bc
T 5	34.43 c	93.50 b	5.27 d	8.77 c
Cd10	47.12 a	93.73 b	4.88 d	13.97 ab
Cd25	43.60 a	95.13 a	4.56 d	14.93 a
Cd 5	42.83 a	92.83 b	4.45 d	12.37 b
Cp25	42.87 a	95.33 a	4.32 d	16.23 a
Cd35	47.03 a	95.43 a	4.31 d	15.17 a
Cp10	46.17 a	93.60 b	4.27 d	13.07 b
Cd15	44.93 a	93.70 b	4.23 d	14.77 a
Cp35	42.83 a	95.83 a	4.20 d	17.37 a
Cd15	44.07 a	93.53 b	4.02 d	15.13 a
Cp 5	42.83 a	92.97 b	3.67 d	15.37 a
Wp	6.21	1.90	3.38	3.65

(*) Valores con diferente letra, son estadísticamente diferentes.

Fuente : El Autor

a la extracción quedaron en una posición intermedia, principalmente los de urea.

El contenido de materia seca a 105°C estima, por diferencia de 100, la humedad residual de la muestra y si se relaciona ésta con la materia seca a 60°C parece ser que a esta temperatura existe mayor retención de humedad (residual) cuando el material es tratado con alcalis.

Los valores de proteína cruda (cuadro 6) están estimados con base en el contenido de nitrógeno total de la muestra. Tomando como base a los tratamientos testigo cuya media es de 6.00%, los incrementos ocurridos en los tratamientos con urea (desde 13.43 hasta 24.74%) fueron altamente significativos ($P < 0.01$). Este incremento fue debido a la fijación en el material, de nitrógeno amoniacal proveniente de la hidrólisis de la urea. Los promedios mayores estadísticamente iguales corresponden a 3 tratamientos "posteriores": Up5, Up25, Up35, con una media de 23.20%, mientras que todos los tratamientos "durante" reportaron medias inferiores ubicándose en el segundo grupo estadístico, cuya media es igual a 15.67%. Estos resultados dan la idea que existen pérdidas de nitrógeno por arrastre en el vapor de agua en la cámara de destilación, cuando la urea es adicionada al material picado antes de la extracción del aceite esencial.

Los tratamientos con hidróxido de calcio sufrieron un ligero decremento en su contenido proteico en relación al promedio de los testigos, sin embargo no fue estadísticamente significativo. La disminución en este valor nutritivo concuerda con otras investi-

gaciones (18) en las que los autores opinan que el hidróxido de calcio puede hidrolizar aminoácidos libres y otros compuestos nitrogenados no proteicos, perdiéndose posteriormente en el drenaje de líquidos; por otro lado, el pH alcalino puede inducir a la pérdida de nitrógeno amoniacal por volatilización.

La figura 3 muestra las variaciones proporcionales ocurridas en la proteína cruda del bagazo cuando éste es tratado con alcalis, independientemente del momento de aplicación. Puede notarse que la adición de urea (10%, p/p en base seca), incrementó la proteína cruda en 11.71 unidades porcentuales con respecto al testigo, mientras que el hidróxido de calcio lo redujo en 1.71 unidades porcentuales, pero sin significancia estadística.

Los contenidos de cenizas fueron incrementados ($P < 0.01$) por los tratamientos con hidróxido de calcio. Todos los tratamientos con este álcali (a excepción de dos: Cp10 y Cd5), reportaron medias estadísticamente iguales (cuadro 6) en un intervalo de 13.97 a 17.37%, mientras que los tratamientos con "urea durante" obtuvieron valores similares a los tratamientos testigo (9.47 a 12.37%). Los tratamientos con "urea posterior" Up35, Up25 y Up5 fueron los que menor contenido de cenizas reportaron, correspondiendo a estos mismos los valores más altos de proteína cruda.

En el cuadro 7 se presentan las medias agrupadas de las variables digestibilidad in vitro de la materia seca, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente.

Los resultados de digestibilidad in vitro indican que todos los tratamientos con hidróxido de calcio, cuya media oscila entre

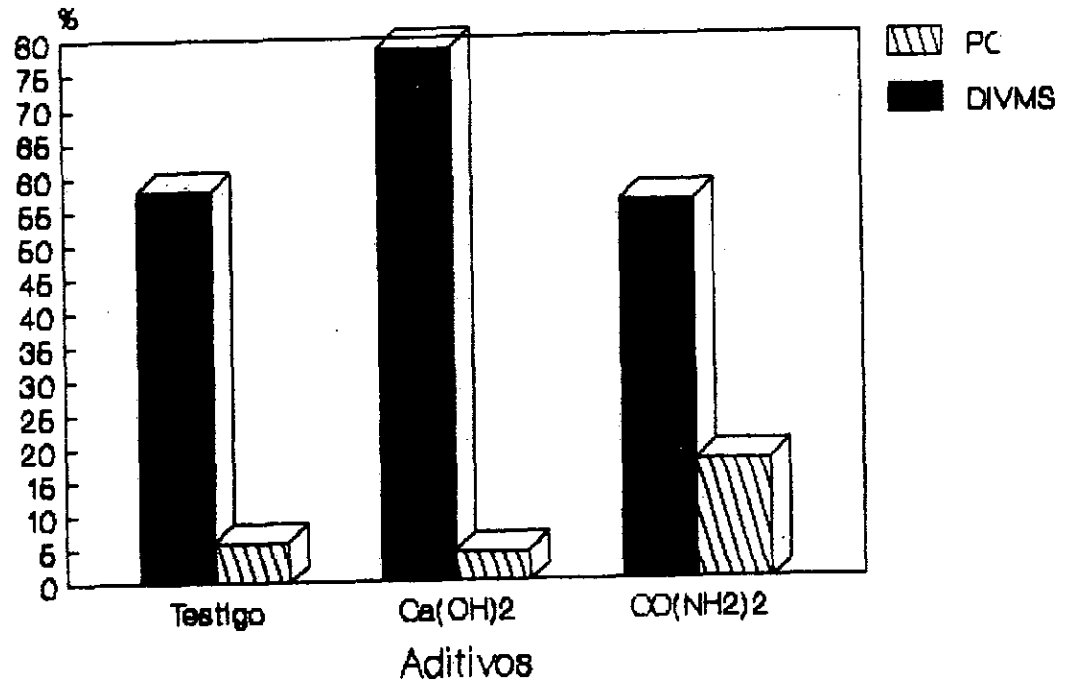


Figura 3: Efecto de dos aditivos alcalinos sobre la digestibilidad in vitro de la materia seca y el contenido de proteína cruda en el bagazo de té de limón

Cuadro 7. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y paredes celulares del bagazo de Té de limón sometido a 25 tratamientos. Discriminación de medias. Tuckey (P<0.05), Guatemala 1,990.

Código Trat	% DIVMS.	% FND	% FAD
Cd10	80.68 a*	49.74 c	39.56 b
Cd35	80.43 a	44.60 d	35.59 c
Cd15	79.68 a	44.43 d	38.21 b
Cd25	79.26 a	49.86 c	37.91 b
Cp25	78.68 a	50.30 c	36.87 b
Cp 5	78.10 a	49.08 c	33.88 c
Cp35	77.56 a	44.20 d	35.36 c
Cd 5	77.38 a	55.48 c	41.56 b
Cp10	76.37 a	54.24 c	39.69 b
Cp15	75.34 a	48.86 cd	36.10 c
Ud35	63.53 b	58.30 b	41.13 b
Ud25	62.75 b	62.82 b	39.41 b
T 5	60.29 b	71.87 a	44.26 a
Ud 5	58.74 b	62.80 b	40.10 b
Ud15	58.29 b	58.82 b	39.85 b
T15	58.58 b	69.71 a	43.59 ab
Ud10	57.29 b	59.69 b	38.62 b
T10	56.95 b	68.86 ab	45.31 a
T25	56.83 b	71.40 a	46.95 a
Up10	55.89 bc	61.01 b	40.30 b
Up15	53.49 c	59.60 b	40.99 b
T35	53.31 c	70.78 a	45.87 a
Up 5	51.64 c	54.05 c	34.10 c
Up25	49.18 c	59.97 b	36.68 bc
Up35	46.05 c	57.80 bc	40.58 b
Wp	9.61	7.13	4.92

Ref.: (*) Valores con diferente letra,
son estadísticamente diferentes.

FND : Fibra neutro detergente.

FAD : Fibra ácido detergente.

Fuente : El Autor

75.34 y 80.68%, fueron estadísticamente superiores ($P < 0.01$) a los tratamientos con urea y a los testigos.

El segundo grupo de medias fue conformado por 4 tratamientos testigo T5, T10, T15 y T25 y todos los tratamientos con "urea durante" con medias que van desde 56.83% hasta 63.53%. Los tratamientos con "urea posterior" Up5, Up25 y Up35 con medias de 51.64, 49.18 y 46.05%, respectivamente, fueron los valores más bajos estadísticamente, sin embargo, fueron los tratamientos con mayor contenido de proteína cruda. Estos resultados coinciden con lo reportado por otros autores (6,15) donde indican que el hidróxido de calcio es más efectivo que la urea para incrementar la digestibilidad de los forrajes fibrosos, incrementando ésta, en cambio, el contenido de proteína cruda.

En la figura 3 se observan las variaciones ocurridas en la digestibilidad in vitro en función de los aditivos.

El hidróxido de calcio incrementó la digestibilidad in vitro de la materia seca en 20.62 unidades porcentuales, con respecto al testigo y con urea tuvo un decremento de 2.05 unidades, sin embargo, este decremento está influenciado básicamente por los tratamientos con "urea posterior" cuya media es de 51.25% en comparación con la media de los tratamientos con "urea-durante" con una media de 60.12% (cuadro 10).

El incremento de la proteína cruda desde 6.00% (testigo) hasta 17.71% (tratamiento con urea), no determinó un incremento en la digestibilidad del material, ya que esta proteína cruda

esta conformada por una alta proporción de nitrógeno no proteico, sin embargo, su valor desde el punto de vista nutricional es importante, principalmente en los rumiantes, por poseer éstos la capacidad de sintetizar proteínas con el nitrógeno no proteico proveniente de la urea, gracias a la actividad microbiana del rumen (8).

Los cambios ocurridos en la digestibilidad in vitro de la materia seca del té de limón se relacionan con los ocurridos en las paredes celulares. En los cuadros 7 y 8 puede notarse que tanto la fibra neutro detergente (FND), como la fibra ácido detergente (FAD), tiene una correlación inversa con la digestibilidad in vitro ($r = -0.701$ y -0.399 , respectivamente). Todos los tratamientos testigo tienen las medias estadísticamente más altas en FND y FAD de 70.52 y 45.20% respectivamente, en tanto que su digestibilidad in vitro es de 57.13% (cuadros 7 y 10). Los valores medios de FND y FAD de los tratamientos con hidróxido de calcio son de 49.08% y 37.42%, respectivamente y su digestibilidad in vitro promedio de 78.35%. Los contenidos de paredes celulares en los tratamientos con urea variaron menos que con los de hidróxido de calcio. Los valores de FND y FAD para este compuesto alcalino son de 59.48 y 39.18%, respectivamente. Sin embargo, las medias de digestibilidad in vitro son estadísticamente similares entre los testigos y los tratamientos con "urea-durante", oscilando entre 55.89 y 63.53%. El producto más eficaz para reducir el contenido de paredes celulares fue el hidróxido de calcio (Fig. 4) y en segundo lugar lo fue la urea, pero la disminución por esta última no fue suficiente para incrementar la diges-

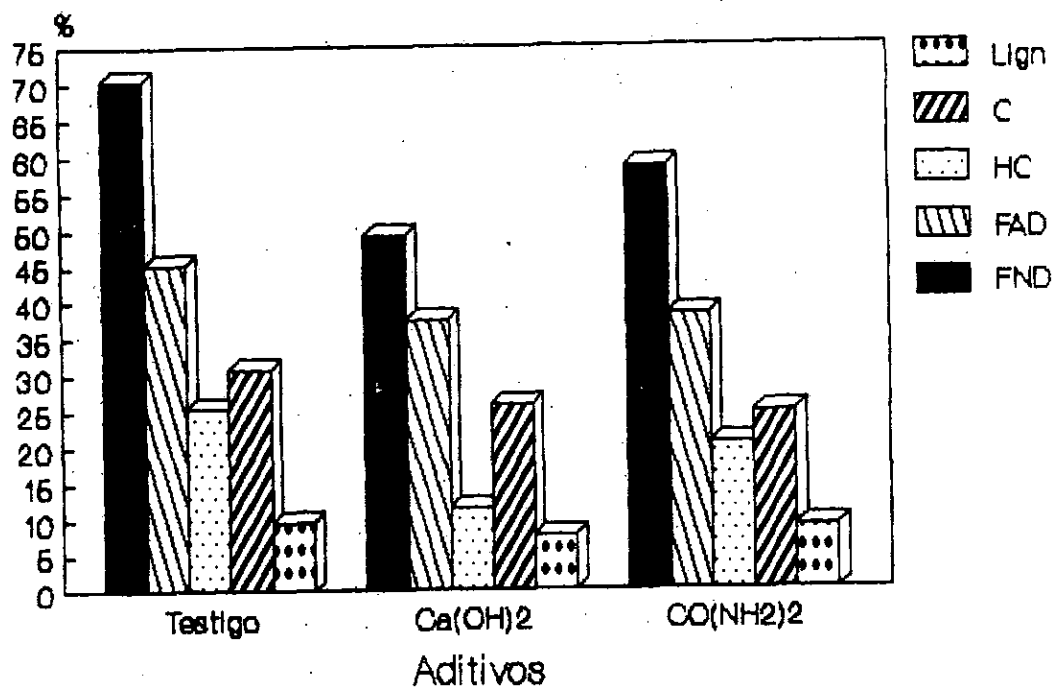


Figura 4: Efecto de dos aditivos alcalinos sobre los constituyentes de la pared celular en el bagazo de té de limón

Cuadro 8 Correlaciones simples entre digestibilidad in vitro de la materia seca, paredes celulares, proteína cruda y tiempos de almacenamiento del bagazo de té de limón tratado con alcalis, Guatemala, 1,990.

	FND	FAD	Tiempo almacenamiento
DIVMS	-0.701 **	-0.399 **	-0.026 NS
FND		0.821 **	-0.112 NS
FAD			0.027 NS
PC			0.012 NS

Ref.: DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca.
 FND = Fibra neutro detergente.
 FAD = Fibra ácido detergente.
 PC = Proteína cruda.
 ** = Altamente significativo (P<0.01)
 NS = No significativo.

Fuente: El Autor.



tibilidad in vitro.

Las agrupaciones de las medias de los constituyentes de la pared celular: hemicelulosa, celulosa y lignina, se encuentran en el cuadro 8, en el cual se observa fácilmente que todos los tratamientos testigo tienen las medias estadísticamente más altas en estos 3 constituyentes. También puede notarse que los valores de la hemicelulosa fueron drásticamente disminuidos por los tratamientos con hidróxido de calcio, principalmente los Cd35, Cp15 y Cd15, sin embargo estos valores tan bajos (9.03, 8.84 y 6.22%, respectivamente), pueden deberse a una mayor concentración parcial del alcali en la muestra y que por lo tanto hubo una hidrólisis más fuerte que en los demás tratamientos; los tratamientos con urea fueron menos efectivos en este sentido, pero con significancia estadística. La Fig. 4 muestra claramente los cambios proporcionales de los diferentes constituyentes de la pared celular del bagazo del té de limón cuando es tratado con productos químicos alcalinos. La celulosa ocupa el segundo lugar en cuanto a hidrolización por los álcalis, pero no tan fuertemente como lo ocurrido con la hemicelulosa. Los anteriores resultados concuerdan con los reportados por Escobar et. al. (11) en evaluaciones hechas con productos alcalinos en residuos agrícolas fibrosos. La lignina tuvo variaciones leves también, pero estadísticamente significativas (cuadros 5 y 9). Los tratamientos con menor contenido de este compuesto fueron Cd35 y Cp35 con 6.36 y 6.94%, respectivamente, en comparación con el promedio de los testigos que es de 9.61 %. este compuesto fue el que menor variaciones

Cuadro 9. Constituyentes de la pared celular del bagazo de Té de limón sometido a 25 tratamientos. Discriminación de medias. Tuckey ($P < 0.05$), Guatemala 1,990.

Código Trat	% Hemi- celulosa	% Celulosa	% Lignina
T 5	27.62 a*	30.98 a	8.92 a
T15	26.12 a	28.89 ab	9.44 a
T35	24.91 a	31.49 a	9.75 a
T25	24.45 a	31.68 a	10.42 a
T10	23.55 a	30.69 a	9.51 a
Ud25	23.41 a	23.54 c	7.99 b
Up25	23.29 ab	23.31 c	8.73 a
Ud 5	22.70 b	24.53 c	8.46 ab
Ud10	21.07 b	24.62 c	7.73 b
Up10	20.71 b	25.58 b	10.11 a
Up 5	19.95 b	23.07 c	7.72 b
Ud15	18.97 b	25.23 b	8.41 b
Up15	18.61 bc	25.39 b	10.54 a
Up35	17.22 c	26.02 b	10.23 a
Ud35	17.18 c	25.20 bc	9.20 a
Cp 5	15.20 c	24.03 c	7.10 b
Cp10	15.55 c	27.73 b	8.76 a
Cd 5	13.91 c	28.31 b	7.94 b
Cp25	13.43 c	26.26 b	7.43 b
Cp15	12.76 d	24.31 c	8.09 b
Cd25	11.95 d	24.98 c	7.84 b
Cd10	10.17 d	26.89 b	7.73 b
Cd35	9.03 d	24.83 c	6.36 b
Cp35	8.84 de	25.53 b	6.94 b
Cd15	6.22 e	24.32 c	7.74 b
Wp	4.78	3.26	2.38

Ref.: (*) Valores con diferente letra, son estadísticamente diferentes.

Fuente : El Autor

sufrió en su contenido como efecto de los tratamientos evaluados (figs. 4, 6 y 8); probablemente las variaciones observadas se deban en buena medida a características intrínsecas del material, producto de factores climáticos y de manejo.

Considerando los resultados hasta aquí descritos, se deduce que cada uno de los productos alcalinos evaluados en el bagazo del té de limón, urea e hidróxido de calcio, actúa de una manera diferente sobre el sustrato. Por un lado la urea, es buena fuente de nitrógeno no proteico, pero no es tan efectiva para disminuir el contenido de paredes celulares razón por la cual el valor de la digestibilidad in vitro de la materia seca, en este caso, se mantuvo alrededor del testigo (fig 3 y cuadro 10). Por otro lado, el hidróxido de calcio resultó ser más efectivo para disminuir el contenido de paredes celulares, con el correspondiente aumento de la digestibilidad in vitro (figs. 3 y 4, y cuadro 10). El componente de la pared celular más hidrolizado fue la hemicelulosa, sin embargo, el contenido proteico disminuyó ligeramente.

Con el propósito de determinar las interacciones de los factores evaluados en el presente estudio se analizaron separadamente los 20 tratamientos que conformaban el arreglo trifactorial $2 \times 2 \times 5$. El cuadro 11 resume los resultados de los análisis de varianza correspondientes a 8 variables bajo estudio. Los 20 tratamientos reportaron diferencias altamente significativas en las 8 variables. Algunos factores y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre los resultados y la triple inter-

Cuadro 10 Valor nutritivo del bagazo de Té de limón tratado con 2 alcalis durante o posterior a la extracción del aceite esencial, Guatemala 1,990.

Tratamiento	% DIVMS	% PC	% FND
"Urea-durante"	60.12	14.86	60.49
"Urea-posterior"	51.25	20.55	58.48
"Cal-durante"	79.49	4.49	48.82
"Cal-posterior"	77.21	4.10	49.34
Testigo	57.13	6.00	70.52

Ref.: DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca.
 PC = proteína cruda.
 FND = Fibra neutro detergente.

Fuente: El Autor.

Cuadro 11 Resumen de los análisis de varianza de 8 variables respuesta en 20 tratamientos evaluados en el bagazo de Té de limón y sus interacciones en el arreglo trifactorial 2x2x5 (2 aditivos, 2 momentos de aplicación y 5 periodos de almacenamiento). Guatemala 1,990.

Fuente	Valores de Fc (P<0.01)							
	PC	Cenizas	DIVMS	FND	FAD	HC	C	Lignina
Tratamientos	116.40**	21.42**	45.42**	20.41**	7.55**	30.92**	5.12**	10.38**
(aditivo)	1906.81**	328.45**	769.05**	285.35**	19.21**	440.69**	15.68**	69.84**
B(Mom. Apl.)	74.49**	5.98**	46.53**	1.46NS	19.98**	5.75**	0.19NS	17.80**
C(T. Alm.)	7.97**	4.00**	0.27NS	9.48**	3.87**	23.62**	4.64**	4.32**
AxB	97.75**	37.15**	16.27**	4.18**	1.33NS	16.94**	0.39NS	11.05**
AxC	8.18**	2.21NS	0.31NS	5.05**	8.59**	2.37NS	7.38**	9.19**
BxC	8.37**	0.64NS	2.81**	9.42**	12.05**	2.80**	6.62**	8.39**
AxBxC	8.60**	2.00NS	4.39**	0.27NS	1.22NS	2.25NS	1.62NS	1.24NS

Ref.: Pc : Proteína cruda
 DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca;
 FND : Fibra neutra detergente;
 FAD : ácido detergente;
 HC : Hemicelulosa;
 C : Celulosa;
 ** : Diferencia altamente significativa;
 NS : No existe diferencia significativa

Fuente: El Autor.

acción tuvo significancia estadística en las variables principales de proteína cruda y digestibilidad in vitro . Con base en estos resultados se procedió a efectuar pruebas de comparación de medias mediante Tuckey ($P < 0.05$) a aquellas variables que respondieran a los objetivos de la presente investigación.

En el cuadro 12 se presentan los resultados de la discriminación de medias de la digestibilidad in vitro de la materia seca y la proteína cruda, afectadas por los 3 factores. Los tratamientos con hidróxido de calcio, independiente del momento de aplicación y del periodo de almacenamiento, fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos con medias que oscilan entre 76.37 y 30.68%, sin embargo, el mismo grupo presentó los valores más bajos de proteína cruda (4.03-4.88%). Los tratamientos con "urea-durante" conformaron el segundo grupo de medias (55.89%-63.53%) y también el segundo grupo en cuanto a proteína cruda. Los tratamientos con "urea-posterior" reportaron las digestibilidades medias más bajas (46.05%-55.89%) encontrándose que los 3 últimos son los que poseen las medias más altas de proteína cruda.

Con respecto a las interacciones aditivo por momento de aplicación (cuadro 13), el hidróxido de calcio es el más efectivo para reducir el contenido de paredes celulares sin importar el momento de aplicación (Cp y Cd). La hemicelulosa fue reducida con más eficiencia cuando se agregó el hidróxido de calcio durante la extracción (Cd) pareciendo que la alta temperatura de la cámara de destilación ayudó a hacer más efectivo el proceso de

Cuadro 12 Valores medios (de 3 repeticiones) de la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y la proteína cruda (PC) en el bagazo de té de limón. Efecto de la interacción aditivo (A) por momento de aplicación (B) por tiempo de almacenamiento (C).
Guatemala, 1,990.

Código	% DIVMS		% PC	
Cd10	80.68	a*	4.88	c
Cd35	80.43	a	4.31	c
Cd15	79.68	a	4.23	c
Cd25	79.26	a	4.56	c
Cp25	78.68	a	4.32	c
Cp 5	78.10	a	3.67	c
Cp35	77.56	a	4.21	c
Cd 5	77.38	a	4.45	c
Cp10	76.37	a	4.27	c
Cp15	75.34	a	4.03	c
Ud35	63.53	b	15.10	b
Ud25	62.75	b	14.62	b
Ud 5	58.74	b	14.59	b
Ud15	58.29	b	13.43	b
Ud10	57.29	b	16.58	b
Up10	55.89	bc	17.09	b
Up15	53.49	c	16.08	b
Up5	51.64	c	24.74	a
Up25	49.18	c	22.80	a
Up35	46.05	c	22.06	a
Wp	9.80		3.69	

(*) Valores con diferente letra, son estadísticamente diferentes. Tuckey (P<0.05).

Fuente: El Autor

Cuadro 13. Valores medios (de 15 observaciones) de fibra neutro detergente (FND), hemicelulosa (HC), lignina y cenizas en el bagazo de Té de limón. Efecto de la interacción Aditivo(A) por momento de aplicación (B), Guatemala, 1,990.

Código	% FND	% HC	% Lignina	% Cenizas
U d	60.49 a*	20.67 a	8.30 b	10.30 c
U p	58.48 a	19.95 a	9.47 a	7.51 d
C p	49.34 b	12.96 b	7.66 c	15.43 a
C d	48.82 b	10.26 c	7.53 c	12.24 b
Wp	2.33	1.57	0.59	1.24

Ref.: Ud = Urea durante la extracción del aceite

Up = Urea posterior a la extracción del aceite

Cp = Hidróxido de calcio posterior a la extracción del aceite

Cd = Hidróxido de calcio durante la extracción del aceite.

(*) = Valores con diferente letra son estadísticamente diferentes. Tuckey (P<0.05).

Fuente: El Autor.

hidrolización del compuesto.

En cuanto a la lignina, el tratamiento "urea-durante" (Ud) fue el más efectivo para reducir el contenido de este polímero, en comparación con el tratamiento "urea-posterior" (Up), sin embargo, el hidróxido de calcio siguió superando en efectividad a la urea, pues redujo este compuesto en, aproximadamente, 2 unidades porcentuales comparándolo con el tratamiento "urea-posterior"; el momento de aplicación no tuvo significancia estadística en este caso.

Las cenizas fueron modificadas con significancia estadística entre y dentro de los tratamientos de hidróxido de calcio y urea (cuadro 13).

Considerando a las paredes celulares desde la interacción aditivo por tiempo de almacenamiento (cuadro 4), los tratamientos más efectivos para reducir la FND fueron los C25, C15 y C35 (50.08, 46.65 y 44.40%, respectivamente), coincidiendo con los valores más bajos de FAD también (37.39, 37.15 y 35.74%, respectivamente). La celulosa disminuyó en iguales proporciones estadísticas con los tratamientos U25, U10, U5, C15 y C35 y la lignina tuvo los decrementos más bajos a los 35 días de almacenamiento con hidróxido de calcio.

En las interacciones, momento de aplicación por tiempo de almacenamiento (cuadro 15), para las paredes celulares y sus constituyentes, el comportamiento de los resultados no es claro,

Cuadro 14 Valores medios (de 6 observaciones) de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), celulosa (C) y lignina en el bagazo de Té de limón. Efecto de la interacción aditivo (A) por tiempo de almacenamiento (C), Guatemala, 1,990.

Código	% FND		% FAD		% C		% Lignina	
U 25	61.40	a*	38.04	ab	23.42	b	8.36	b
U 10	60.35	a	39.46	a	25.10	b	8.92	ab
U 10	59.21	a	40.42	a	25.31	ab	9.34	a
U 5	58.42	a	37.10	b	23.80	b	8.09	b
U 35	58.05	ab	40.85	a	25.61	a	9.71	a
C 5	52.28	b	37.72	b	26.19	a	7.52	bc
C 10	51.99	b	39.62	a	27.31	a	8.25	b
C 25	50.08	bc	37.39	b	25.62	a	7.64	b
C 15	46.65	c	37.15	b	24.32	b	7.92	b
C 35	44.40	c	35.47	b	25.18	b	6.65	c
Wp	4.62		2.92		2.03		1.16	

Ref.:

U 25 = Tratamientos con urea y 25 días de almacenamiento, etc

C 5 = Tratamientos con hidróxido de calcio y 5 días de almacenamiento, etc.

(*) = Valores con diferente letra, son estadísticamente diferentes. Tuckey (P<0.05)

Fuente: El Autor

Cuadro 15 Valores medios (de 6 observaciones) de los constituyentes de la pared celular del bagazo de Té de limón. Efecto de la interacción momento de aplicación (B) por tiempo de almacenamiento (C). Guatemala, 1,990

Código	% FND	% FAD	% HC	% C	% Lignina
d 5	59.14 a*	40.83 a	18.31 a	26.42 a	8.20 b
p 10	57.62 a	39.99 a	17.63 a	26.66 a	9.44 a
d 25	56.34 a	38.66 a	17.68 a	24.26 b	7.92 b
p 25	55.14 a	36.77 b	18.36 a	24.78 ab	8.08 b
d 10	54.72 ab	39.09 a	15.62 ab	25.76 ab	7.73 b
p 15	54.23 b	38.55 a	15.68 a	24.85 a	9.32 a
d 15	51.62 b	39.03 a	12.60 b	24.78 ab	7.94 b
p 5	51.56 b	33.99 b	17.58 a	23.57 b	7.41 b
d 35	51.45 b	38.36 a	13.10 b	25.01 a	7.78 b
p 35	51.00 b	37.97 ab	13.03 b	25.78 a	8.58ab
Wp	4.62	2.92	3.11	2.03	1.16

Ref.:

d, p = durante o posterior a la extracción del aceite se agregó el aditivo alcalino.

5, 10, 15, 25 y 35 = días de almacenamiento del bagazo tratado

(*) = valores con diferente letra, son estadísticamente diferentes. Tuckey (P<0.05).

Fuente: El Autor

sin embargo los periodos de 35 días de almacenamiento, tanto "durante" como "posterior" (d35 y p35) tienen las medias más bajas en FND (51.45 y 51.00%, respectivamente), la FAD de estos mismos tratamientos no sufrió cambios, siendo la hemicelulosa, con valores de 13.10 y 13.03% la que explica los cambios en la FND, pues la celulosa no disminuyó sus valores y la lignina se encuentra en una posición intermedia, a excepción del tratamiento d35 que forma parte del grupo de medias más bajas.

Las Figs. 5 y 6 muestran el comportamiento del bagazo de té de limón en términos de su valor nutritivo y fraccionamiento celular, en función del momento de la aplicación del producto alcalino, notándose claramente que los aditivos influyeron fuertemente sobre la composición química del material y en menor proporción, pero significativa para algunos casos, el momento de su aplicación.

El cuadro 10 muestra los promedios de 3 variables respuesta importantes en función de la clase de aditivo y el momento de su aplicación. Se observa que los cambios ocurridos dentro y entre aditivos fueron leves y fuertes, respectivamente, en términos de la digestibilidad in vitro y la fibra neutro detergente, en tanto que la proteína cruda sí varió entre la aplicación durante o posterior a la extracción del aceite esencial, el hidróxido de calcio no ofreció cambios sustanciales en los momentos de aplicación pero sí disminuyó ligeramente con respecto al testigo.

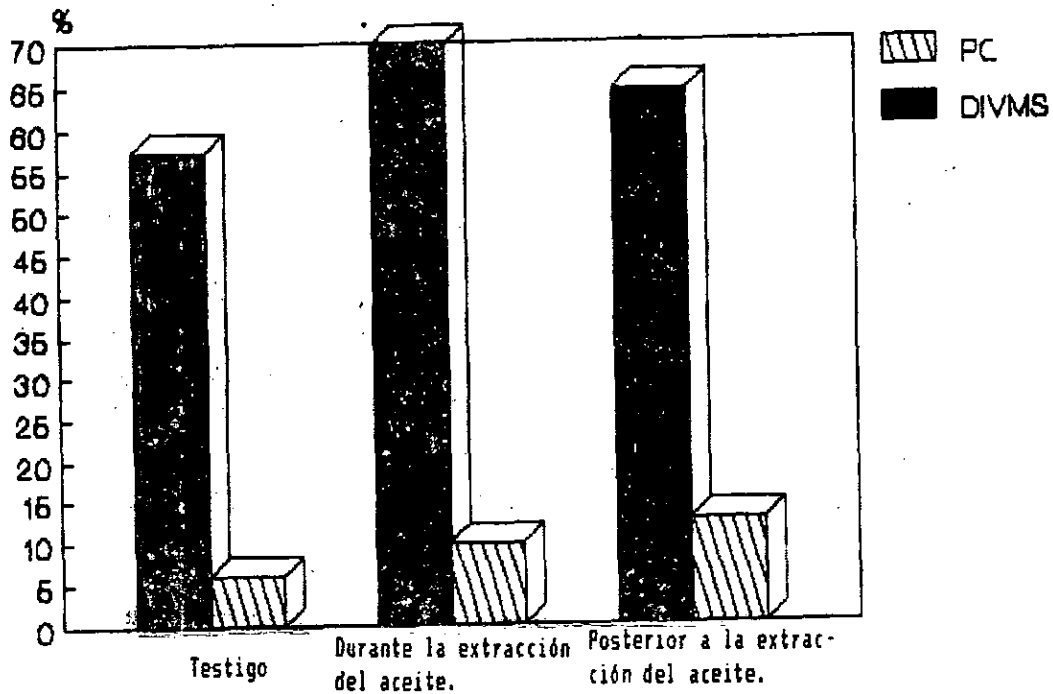


Figura 5: Efecto de dos momentos de aplicación de dos aditivos alcalinos sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y el contenido de proteína cruda en el bagazo de té de limón

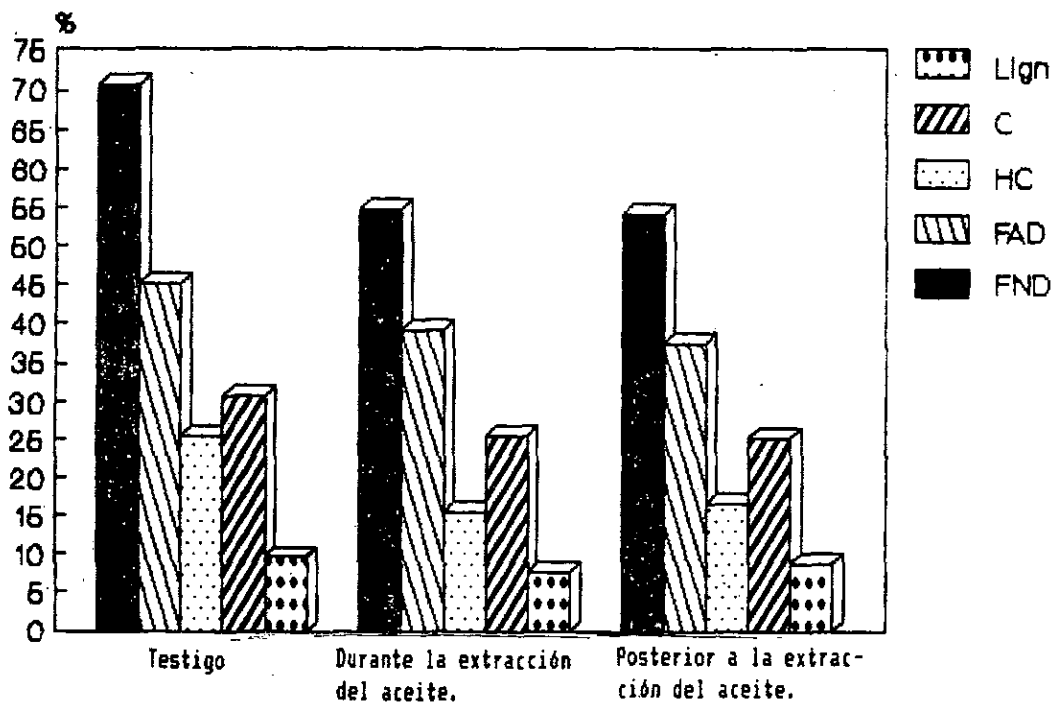


Figura 6: Efecto de los momentos de aplicación de dos aditivos alcalinos sobre los constituyentes de la pared celular del bagazo de té de limón.

Los análisis de correlación (cuadro 8) indican que hubo correlaciones altamente significativas ($P < 0.01$) entre FND, FAD vrs. DIVMS, y entre FND vrs. FAD. En cambio no existe significancia estadística entre estas variables y los tiempos de almacenamiento. Las Figs 7 y 8 muestran gráficamente los valores de las variables bajo estudio en función de los períodos de almacenamiento, con el cual, como se mostró en el cuadro 15, el tiempo no influyó sobre los resultados obtenidos.

Determinaciones de calcio y fósforo

Las concentraciones de estos minerales en el bagazo de té de limón tratado con urea o con hidróxido de calcio se presentan en el cuadro 16. De acuerdo a la literatura (26) la relación ideal del Ca:P para los rumiantes es de 2:1, lo cual pudo lograrse fácilmente con los tratamientos de urea principalmente durante la extracción, pues con base a los resultados obtenidos, éstos acondicionaron mejor la relación de ambos minerales (2.5:1 y 3.3:1), en comparación con la relación de los tratamientos testigo (4.4:1)

Los tratamientos con hidróxido de calcio desbalancean completamente esta relación (25.9:1-41.3:1), elevando demasiado el contenido de calcio. Algunos autores (18) recomiendan utilizar con mucha precaución el material tratado con este álcali, debiendo balancear adecuadamente estos minerales antes de su utilización.

Los resultados de los análisis de pureza del aceite esencial obtenido del Té de limón tratado con los dos alcalis se presentan en el cuadro 17. Los tratamientos parecen no afectar la pureza de los mismos si se comparan las concentraciones de los compuestos químicos aromáticos de las muestras control con las muestras tra-

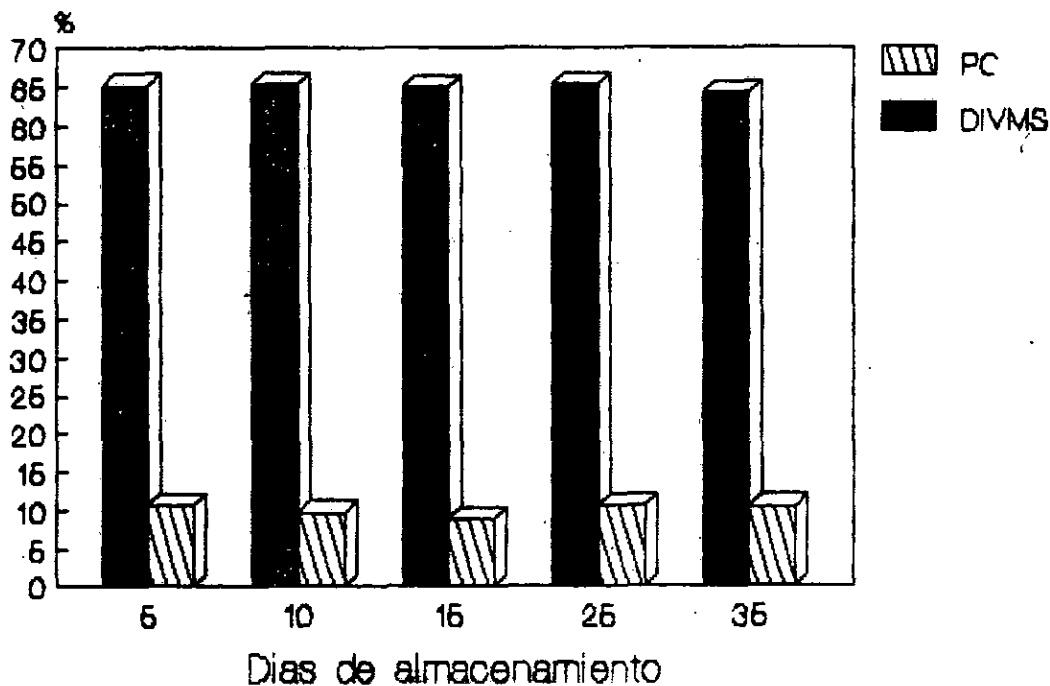


Figura 7: Efecto de diferentes períodos de almacenamiento sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y el contenido de proteína cruda en el bagazo de té de limón.

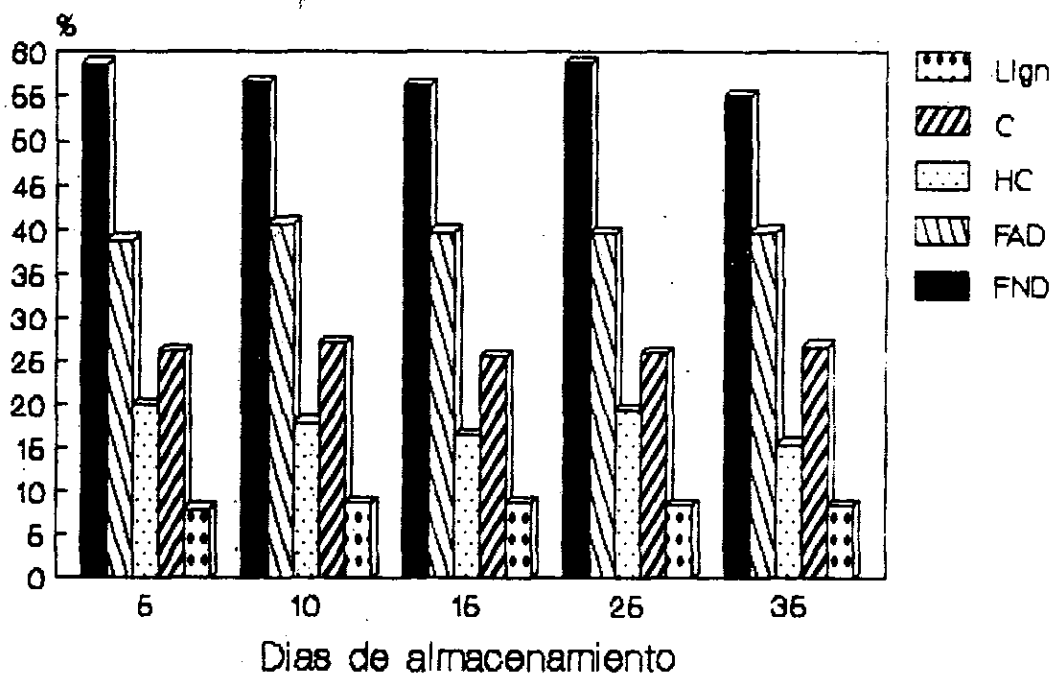


Figura 8: Efecto de diferentes períodos de almacenamiento sobre los constituyentes de la pared celular del bagazo de té de limón.

Cuadro 16. Concentraciones (%) de calcio y fósforo en el bagazo de Té de Limón tratado con urea o hidróxido de calcio. Guatemala, 1,990.

Tratamiento		Días de almacenamiento						Ca : P
		5	10	15	25	35	X	
Urea durante la extracción del aceite	Ca	0.38	0.38	0.39	1.38	0.38	0.38	2.5 : 1
	P	0.14	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	
Urea posterior a la extracción del aceite	Ca	0.31	0.35	0.35	0.32	0.32	0.33	3.3 : 1
	P	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10	
Hidróxido de Calcio durante la extracción del aceite	Ca	3.46	3.32	3.98	3.33	4.07	3.63	25.9 : 1
	P	0.12	0.12	0.14	0.15	0.15	0.14	
Hidróxido de Calcio posterior a la extracción del aceite	Ca	4.27	3.21	4.50	4.89	5.85	4.54	41.3 : 1
	P	0.10	0.10	0.11	0.12	0.10	0.11	
Testigo	Ca	0.50	0.53	0.55	0.56	0.52	0.53	4.4 : 1
	P	0.10	0.12	0.11	0.14	0.11	0.12	
X	Ca	1.78	1.56	1.95	1.90	2.23	1.88	15.7 : 1
	P	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	

Fuente : Laboratorio de Suelos. ICTA.

Cuadro 17 Rendimiento de aceite esencial y la concentración de sus principales componentes químicos aromáticos del Té de limón sometido a 2 tratamientos alcalinos durante la extracción, Guatemala, 1,990.

Rendimiento o componente químico aromático *	CONTROL	Aditivos alcalinos	
		Ca(OH) ₂	CO(NH ₂) ₂
Rendimiento de aceite esencial	1.59	2.00	1.73
Citronelal*	4.25	4.37	3.33
Citronelol	31.26	30.46	34.76
Geraniol	1.21	1.56	1.26
Citral	63.28	63.60	60.65

(*) Los datos presentados son expresados en % y constituyen promedios de tres repeticiones a excepción del rendimiento de aceite para el control.

Fuente: El Autor.

tadas, cuyas variaciones positivas o negativas (respecto a los controles) no son sustanciales.

El rendimiento de aceite esencial (gr/100gr de materia seca) tendió a incrementarse con los tratamientos, principalmente con el hidróxido de calcio.

Las respuestas positivas prácticamente inmediatas en los valores de la digestibilidad in vitro y en los constituyentes de la pared celular del bagazo indican que la reacción entre los álcalis y el sustrato fue favorecida por la temperatura y la humedad que prevalecían en el medio durante la extracción, permitiendo una mayor desintegración de los tejidos celulares, lo cual se tradujo en una mayor eficiencia de la extracción incrementando el rendimiento del aceite esencial.

Los resultados concretos en el bagazo del té de limón y en los aceites esenciales son prometedores, si se toma en cuenta que la adición de un álcali durante el proceso incrementa la eficiencia de extracción del aceite sin dañar su pureza y mejora significativamente el valor nutritivo del bagazo, con fines de alimentación animal. Esto, visto desde el punto de vista económico es interesante pues el costo de la adición de un producto químico alcalino puede compensarse inmediatamente con la mayor eficiencia de extracción, obteniendo además un subproducto (el bagazo) con mejores cualidades nutritivas para la alimentación animal.

Si el tratamiento al bagazo se realiza posterior a la extracción, aprovechando la temperatura residual del proceso, el costo se compensa al convertirse el bagazo en un forraje con mayores posibilidades de asimilación y respuesta por parte del animal.

La presente investigación básica tiene altas posibilidades de aplicación a nivel del campo si se consideran los resultados obtenidos y las consideraciones económicas descritas.

VII CONCLUSIONES

- 1 Los aditivos alcalinos, urea e hidróxido de calcio, son efectivos para mejorar el valor nutritivo del bagazo del Te de limón, actuando cada uno en forma diferente.
- 2 La urea incrementó significativamente el contenido de proteína cruda, de 6.00 % (testigo) en 14.86% y a 20.55% cuando fue aplicada durante o posterior a la extracción, respectivamente.
- 3 El contenido de paredes celulares fue reducido con el tratamiento de urea, de 70.52% (testigo) a 60.49% y a 58.48% cuando fue aplicada durante o posterior a la extracción, respectivamente.
- 4 La digestibilidad in vitro fue incrementada a 60.12% y disminuida a 51.25%, con respecto al testigo (57.13%) cuando la urea fue aplicada durante o posterior a la extracción respectivamente.
- 5 El hidróxido de calcio fue el más efectivo para incrementar la digestibilidad in vitro, desde 57.13% (testigo), hasta 79.49% y 77.21% cuando fue aplicado durante o posterior a la extracción, respectivamente.
- 6 El hidróxido de calcio fue más efectivo que la urea en reducir el contenido de paredes celulares, de 70.52% (testigo) a 48.82% y a 49.34%, cuando fue aplicado durante o posterior a la extracción, respectivamente.

- 7 El hidróxido de calcio disminuyó levemente el contenido de proteína cruda en el bagazo tratado (de 6.00% a 4.29) pero sin significancia estadística.
- 8 El componente de la pared celular más hidrolizado por los aditivos alcalinos fue la hemicelulosa, siendo el hidróxido de calcio el más eficaz, reduciendolo de 25.33% (testigo) a 11.61% y la urea a 20.30%.
- 9 El segundo componente de la pared celular más afectado por los alcalis fue la celulosa, reduciendo su contenido de 30.75% (testigo) a 25.72% y en 24.65% para el hidróxido de calcio y la urea.
- 10 La Lignina fue reducida pero en menor proporción que los otros componentes, de 9.61% (testigo) a 7.59% y a 8.88%, para el hidróxido de calcio y la urea, en su orden.
- 11 El momento de aplicación del aditivo alcalino influyó con significancia estadística, en los valores de la fibra ácido detergente, la hemicelulosa, la lignina, la proteína cruda y la digestibilidad in vitro de la materia seca.
- 12 Se concluye que ambos momentos de aplicación del aditivo alcalino son adecuados para mejorar el valor nutritivo del bagazo de té de limón.
- 13 El tiempo de almacenamiento no influyó sobre los resultados de la digestibilidad in vitro, pero si en la proteína cruda obteniéndose resultados satisfactorios a los 5 días de almacenado, considerándose éste el ~~más adecuado.~~

- 14 Las relaciones de calcio:fósforo se aproximan más a la relación ideal (2:1) con los tratamientos de urea durante la extracción, mientras que las relaciones de los mismos elementos con los tratamientos de hidróxido de calcio fueron muy desbalanceados (25.9:1 y 41.3:1, durante y después de la extracción del aceite esencial, respectivamente).
- 15 Los aceites esenciales no sufrieron cambios negativos en su composición química cuando el álcali fue adicionado en el momento de su extracción.

VIII RECOMENDACIONES

1. Agregar el 10% de urea (p/p. base seca), al material del Té de limón, durante o posterior a la extracción del aceite esencial, si lo que se desea es incrementar el contenido de proteína cruda, y ensilarlo por un período mínimo de 5 días. Luego suplementarlo con otro alimento de alto valor energético para utilizarlo en la alimentación animal.
2. Evaluar concentraciones menores al 10% de hidróxido de calcio, aprovechando la alta temperatura del bagazo para favorecer la reacción, reduciendo de esa manera la concentración de calcio y estudiar el comportamiento de la digestibilidad in vitro y de las paredes celulares en función del tiempo de almacenamiento.
3. Evaluar tratamientos de ambos productos químicos alcalinos, aplicados durante o posterior a la extracción del aceite esencial y con 5 días de almacenamiento (Ud5, Up5, Cd5 y Cp5), en suficientes ensayos in vivo para observar la respuesta animal en términos de consumo voluntario, ganancia de peso y eficiencia alimenticia, incluyendo además un análisis económico para cada tratamiento. Debe considerarse también un balance previo de sus componentes nutritivos para evitar trastornos biológicos en los animales.
4. Estudiar otras tecnologías para facilitar la agregación de estos aditivos al té de limón durante la extracción del aceite esencial, pensando en grandes cantidades para ensilaje.

- 5 Continuar con los estudios de pureza de los aceites esenciales, bajo estas condiciones (alcalinas) de extracción para verificar los resultados reportados en este trabajo.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ARGUEDAS, P. 1987. Camada (cascarilla de arroz y gallinaza) biodigerida en la alimentación de gallinas ponedoras. Tesis Mag. Sc. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos. p. 1-17.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (EE. UU.). 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Washington D.C., Department of Agriculture. 1094 p.
3. BRESSANI, R. 1986. An alternative process for the more efficient essential oil extraction and residue utilization from lemon and citronella grass; project proposal AID 7-105. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 17 p.
4. _____; DE LEON, R. 1987. Utilización del deshecho de amaranto para el cultivo de Pleurotus ostreatus; informe final. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 17 p.
5. _____; CHON, C. 1989. Tratamiento del bagazo de té de limón (Cymbopogon citratus. Stapf) con urea e hidróxido de calcio para mejorar su valor nutritivo. In Informe Anual 1988. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. p. 38.
6. DIXON, R.; ESCOBAR, A. 1984. Tratamiento con álcalis del pasto Pennisetum purpureum; 1. efecto del tratamiento con NaOH, Ca(OH)₂, NH₄OH y urea sobre la digestibilidad en bolsas de nylon. Producción Animal Tropical (Ven.) 9(1):58-66.
7. _____; PARRA, R. 1984. Efectos del tratamiento del forraje con álcali y de la adición de concentrado sobre la digestión y la fermentación ruminal. Producción Animal Tropical (Ven.) 9(1):74-87.
8. ENSMINGER, M. 1973. Zootecnia general. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. p. 65-66.
9. ESCOBAR, A.; PARRA, R. 1984. Tusa de maíz tratada con NaOH en raciones alimenticias para bovinos en crecimiento. Producción Animal Tropical (Ven.) 9(1):67-73.

10. _____; et al. 1984. Efecto del tratamiento alcalino sobre la digestibilidad, tasa de fermentación y consumo de la tusa de maíz. *Producción Animal Tropical (Ven.)* 9(1):49-57.
11. _____; et al. 1985. Efecto del tratamiento alcalino sobre la digestibilidad y composición química de residuos agrícolas fibrosos. *Producción Animal Tropical (Ven.)* 10(1):61-70.
12. FAO (ITALIA). 1977. China: reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura. Italia. FAO. *Boletín de Suelos de la FAO* no. 40. 75 p.
13. _____. 1980. El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de américa latina. Italia. FAO. *Boletín de Suelos de la FAO* no. 51. p. 23.
14. FIGUEROA, B. 1980. Experiencias en el uso de residuos orgánicos en la agricultura de américa latina. Roma, Italia, *Boletín de Suelos de la FAO* no. 51. p. 210-214.
15. FLORES, J. 1986. *Manual de la Alimentación animal*. México, Ediciones Ciencia y Técnica. 4 v.
16. FRANCO, L. 1986. Valor nutritivo de la paja de trigo tratada con el hongo basidiomiceto *Pleurotus sajor Caju* como fuente de alimento para ovinos. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 35-38.
17. GOERING, H.; VAN SOEST, P. 1970. Forage fiber analyses. EE. UU., Agricultural Reseach Service. *Agriculture Handbook* no. 379. p. 1-12.
18. GOMEZ-BRENES, R.; et al. 1988. Efectos del tratamiento de la pulpa de café fresca o ensilada, con hidróxido de calcio, sobre su valor nutritivo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Gua.)* 38(1):173-187.
19. GONZALEZ, J.; et al. 1987. La cascarilla de arroz en la alimentación animal; II. composición químico-bromatológica. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos (Madrid)* 27(1):139-149.
20. _____; et al. 1988. La cascarilla de arroz en la alimentación animal; III. efectos de los tratamientos alcalinos sobre la composición químico-bromatológica y la digestibilidad *in vitro*. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos (Madrid)* 28(3):395-405.
21. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. 1988. Estadísticas de productos agrícolas período 1972-1989. Guatemala. p. 27-28.

22. GUTIERREZ, L. 1980. Algunos datos sobre el reciclaje de materias orgánicas en Guatemala. In El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Roma, Italia, Boletín de suelos de la FAO no. 51. p. 206-209.
23. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA. (Gua.) 1968. Tabla de composición de pastos, forrajes y otros alimentos de Centro América y Panamá. Guatemala. p. 43.
24. LITTLE, T.; HILL, J. 1981. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas. 270 p.
25. MANDELL, J.; et al. 1988. The effect of variation in the water content of wheat straw before ammoniation on its nutritive value for beef cattle. Feed Animal Science and Technology (Netherlands) 20(2):111-124.
26. McDOWELL, L.; et al. 1984. Minerales para ruminantes en pastoreo en regiones tropicales. Gainesville, Universidad de Florida, Departamento de Ciencia Animal. p. 12-18.
27. ORTIZ, M.; et al. 1987. Tratamiento de paja de trigo con urea para mejorar su valor nutritivo. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (33., 1986, Guatemala). 1986. Memorias. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. p. 296.
28. PONCE, R. 1985. Evaluación de 5 niveles de N, P₂O₅, K₂O y bagazo de té de limón (*Cymbopogon flexuosus* S.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 38.
29. PULPA DE café, composición, tecnología y utilización. 1978. Ed. por J. E. Braham; R. Bressani. Bogotá, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. 152 p.
30. SAADULLAH, M.; et al. 1980. Tratamiento de la paja de arroz con orina animal. Producción Animal Tropical (Ven.) 5(1):298-302.
31. SILANIKOVE, N.; et al. 1988. Preservation and storage of green panic (*Panicum maximum*) as moist hay with urea. Feed Animal Science and Technology (Netherlands) 20(2):87-96.
32. SUAREZ DE C., F. 1980. La pulpa de café como abono. In El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Roma, Italia, Boletín de Suelos de la FAO no. 51. p. 89-91.

33. SUNDSTOL, F. 1984. Ammonia treatment of straw; methods for treatment and feeding experience in Norway. *Animal Feed Science and Technology* (Netherlands) 10(1):173-187.
34. TILLEY, J.; et al. 1970. Forage fiber analyses. EE. UU., Agricultural Research Service.. *Agriculture Handbook* no. 379. p. 12-20.
35. VILLEGAS, E.; et al. 1985. Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de proteína de los cereales. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. p. 5-6.
36. WANAPAT, M. 1986. A comparison on alkali treatment methods used to improve the nutritive value of straw; II. in sacco and in vitro degradation relative to in vivo digestibility. *Animal Feed Science and Technology* (Netherlands) 14(4):215-220.

Bo. Bo.
Pastore



X APENDICE

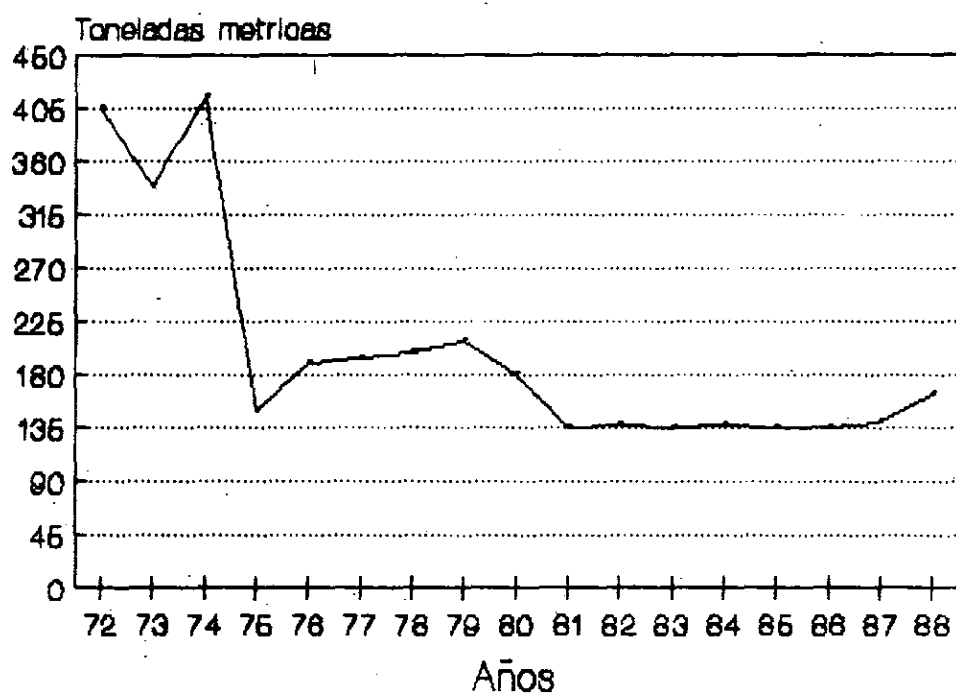


Figura 9: Producción de aceite de té de limón en Guatemala durante los años de 1972 a 1988. Guatemala 1990.

- 1- Caldera Fuente de Vapor.
- 2- Manómetro P = 2.1 Kg/cm².
- 3- Cámara de destilación Cap. 900 Kgs. abastecida en el campo halada por tractor.
- 4- Condensador de Vapor.
- 5- Tanque de decantación. Separación. del aceite del agua.

- A = Combustible del bagazo del. Té de limón.
- B = Agua.
- C = Aceite Esencial.

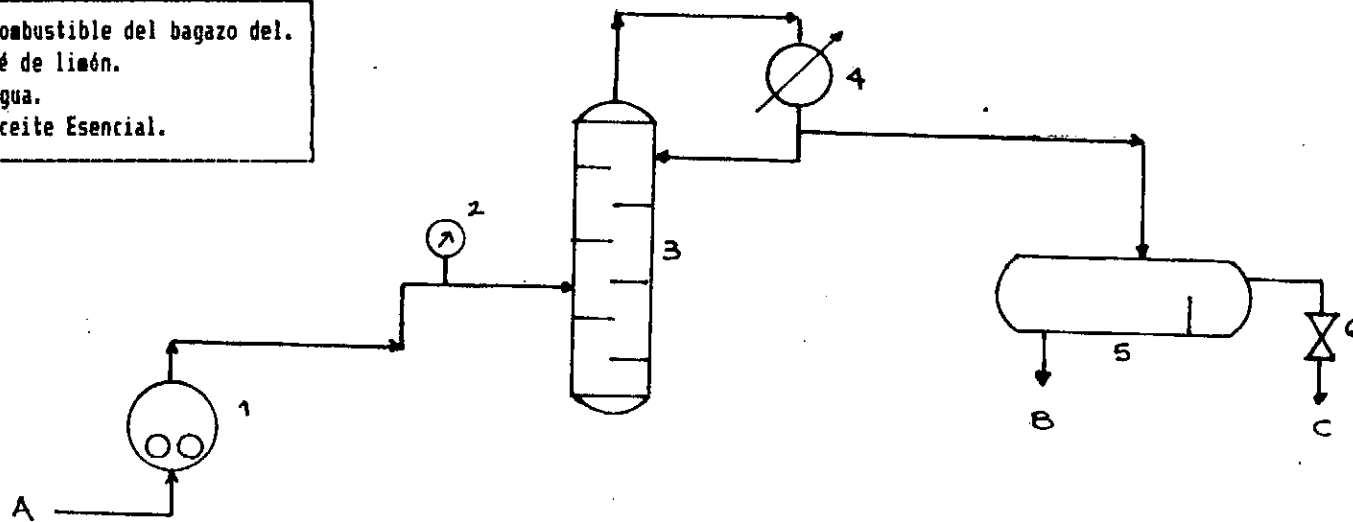


Fig. 10. Diagrama de un Sistema de destilación de Aceites Esenciales

Cuadro 18: Datos originales, de las 3 repeticiones de las variables estudiadas en el bagazo de té de limón. Guatemala, 1990

A: Aditivo= 1= Urea; 2= Cal

B: Momento de aplicación= 1= Durante la extracción; 2= Posterior a la extracción

C: Tiempo de almacenamiento= 1= 5; 2= 10; 3= 15; 4= 25; 5= 35 (días).

D: Repeticiones= 1= 1a.; 2= 2a.; 3= 3a. (repetición)

A	B	C	D	MS60	MS105	DIVMS	PC	CENIZA	FND	FDA	HC	CEL	LIGN
1	1	1	1	44.5	93.1	58.25	15.65	9.7	62.27	39.30	22.97	25.56	7.88
			2	44.7	93.1	61.45	13.11	10.1	64.54	41.71	22.83	25.52	9.65
			3	49.2	92.0	56.51	15.02	9.9	61.60	39.29	22.31	25.50	7.85
	2	1		47.3	92.7	57.82	17.04	10.0	60.18	37.85	22.33	24.78	7.18
			2	48.2	94.0	56.07	16.92	10.1	60.08	38.61	21.47	24.77	7.60
			3	47.7	92.9	57.97	15.78	10.2	58.82	39.41	19.41	24.31	8.41
	3	1		41.2	93.2	59.26	14.28	10.9	57.64	38.90	18.74	24.55	7.79
			2	41.1	94.1	61.79	12.58	11.7	59.48	40.58	18.90	25.70	8.37
			3	41.7	93.3	53.83	13.44	10.4	59.34	40.07	19.27	25.45	8.23
	4	1		41.6	92.5	64.32	13.62	10.7	63.83	40.49	23.34	24.30	8.35
			2	44.3	91.9	62.48	15.79	10.5	61.90	38.74	23.16	23.19	7.84
			3	47.3	93.9	61.46	14.45	7.2	62.73	38.99	23.74	23.12	7.80
	5	1		45.2	93.7	63.66	14.26	11.1	59.58	40.96	18.62	25.66	9.20
			2	47.5	92.9	59.84	16.58	11.0	57.99	39.61	18.38	24.16	8.53
			3	44.4	93.6	67.10	14.46	11.1	57.34	42.81	14.53	25.78	9.86

A: Aditivo= 1= Urea; 2= Cal

B: Momento de aplicación= 1= Durante la extracción; 2= Posterior a la extracción

C: Tiempo de almacenamiento= 1= 5; 2= 10; 3= 15; 4= 25; 5= 35 (días).

D: Repeticiones= 1= 1a.; 2= 2a.; 3= 3a. (repetición)

A	B	C	D	MS60	MS105	DIVMS	PC	CENIZA	FND	FDA	HC	CEL	LIGN
2	1	1		40.1	91.8	51.87	21.70	6.9	59.80	36.61	23.19	24.79	8.19
		2		45.6	92.1	53.91	25.02	5.7	47.38	30.67	16.71	21.07	6.74
		3		42.7	90.6	49.13	27.50	6.7	54.96	35.03	19.94	23.35	8.23
2	1			39.6	92.9	56.53	15.56	8.4	62.10	41.20	20.91	26.18	10.12
		2		40.9	92.2	53.58	19.36	7.7	60.23	39.52	20.71	24.90	10.38
		3		40.0	93.1	57.56	16.35	8.0	60.70	40.19	20.51	25.67	9.83
3	1			41.5	92.9	43.20	15.87	7.6	56.07	38.93	17.14	24.55	9.86
		2		35.7	93.7	55.90	17.77	8.3	60.51	41.69	18.82	25.33	10.79
		3		34.4	92.9	61.37	14.61	7.8	62.22	42.36	19.86	26.29	10.98
4	1			45.1	92.1	45.62	24.91	7.4	58.79	35.80	22.99	22.48	8.47
		2		38.6	92.1	46.31	22.78	7.2	60.80	37.04	23.76	23.58	8.89
		3		38.8	92.0	55.61	20.70	7.7	60.32	37.19	23.13	23.87	8.84
5	1			39.8	91.0	45.68	22.91	7.6	57.86	40.92	16.94	26.45	10.24
		2		38.6	91.7	44.97	22.82	8.0	57.25	40.14	17.11	25.21	10.24
		3		38.3	91.8	47.49	20.46	7.7	58.29	40.68	17.61	26.41	10.20

A: Aditivo= 1= Urea; 2= Cal

B: Momento de aplicación= 1= Durante la extracción; 2= Posterior a la extracción

C: Tiempo de almacenamiento= 1= 5; 2= 10; 3= 15; 4= 25; 5= 35 (días).

D: Repeticiones= 1= 1a.; 2= 2a.; 3= 3a. (repetición)

A	B	C	D	MSE0	MSE05	DIVMS	PC	CENIZA	FND	FDA	HC	CEL	LIGN
2	1	1	1	41.0	92.8	79.72	4.49	13.8	54.61	41.62	12.99	28.47	7.81
	2			44.2	92.7	75.84	4.09	11.5	58.28	41.48	16.80	28.41	7.98
	3			43.3	93.0	76.57	4.77	11.8	53.54	41.59	11.95	28.05	8.06
2	1			43.7	93.8	79.82	5.81	12.4	49.80	39.56	10.24	26.71	8.09
	2			44.3	93.5	81.30	4.38	13.6	50.07	40.47	9.60	27.90	7.74
	3			47.4	93.8	80.92	4.44	15.9	49.34	38.64	10.67	26.06	7.36
3	1			45.5	93.8	80.09	4.27	14.5	43.01	38.19	4.85	24.31	7.54
	2			44.6	94.0	79.93	4.07	15.8	44.24	37.77	6.47	24.16	7.56
	3			44.7	93.3	79.02	4.36	14.0	46.01	38.66	7.35	24.50	8.13
4	1			42.2	95.9	80.35	4.34	14.6	50.26	38.13	12.13	25.40	7.30
	2			43.5	94.9	78.51	4.75	12.8	52.54	38.93	13.61	25.75	8.42
	3			45.1	94.6	78.93	4.60	17.4	46.79	36.68	10.11	23.78	7.81
5	1			47.4	95.4	78.94	4.47	14.6	44.19	35.57	8.62	25.34	6.44
	2			44.3	95.4	81.42	4.27	15.6	44.61	35.89	8.72	24.89	6.41
	3			43.4	95.5	80.94	4.19	15.3	45.01	35.30	9.75	24.25	6.24

A: Aditivo= 1= Urea; 2= Cal

B: Momento de aplicación= 1= Durante la extracción; 2= Posterior a la extracción

C: Tiempo de almacenamiento= 1= 5; 2= 10; 3= 15; 4= 25; 5= 35 (días).

D: Repeticiones= 1= 1a.; 2= 2a.; 3= 3a. (repetición)

A	B	C	D	MS60	MS105	DIVMS	PC	CENIZA	FND	FDA	HC	CEL	LIGN
2	1	1		41.5	92.3	76.85	3.87	14.9	52.69	36.54	16.15	26.41	7.41
	2			42.7	93.4	75.53	3.87	14.4	49.93	34.56	15.37	24.36	7.37
	3			44.3	93.2	81.92	3.28	16.8	44.63	30.54	14.09	21.45	6.53
2	1			44.6	93.3	76.97	4.31	13.2	54.23	40.15	14.12	28.64	8.54
	2			49.5	93.5	76.68	4.01	14.9	21.25	38.08	13.17	26.40	38.24
	3			44.4	94.0	75.45	4.50	11.1	57.19	40.84	16.35	28.14	9.51
3	1			43.0	94.3	76.09	4.25	13.6	51.70	38.74	12.96	25.38	9.11
	2			45.4	93.7	75.84	3.77	16.5	45.53	34.32	11.21	23.52	7.40
	3			43.8	92.6	74.09	4.06	15.3	49.36	35.24	14.12	24.02	7.76
4	1			42.1	95.5	79.04	4.12	18.0	51.50	34.62	16.88	25.52	5.93
	2			42.4	94.7	77.35	4.49	13.9	51.15	38.02	13.13	26.84	8.14
	3			44.1	95.8	79.28	4.36	16.8	48.26	37.97	10.29	26.41	8.21
5	1			43.6	96.2	80.04	4.15	17.8	44.80	34.20	10.60	25.04	6.60
	2			43.2	95.4	78.43	4.21	19.1	43.52	35.41	8.11	25.68	7.09
	3			41.7	95.9	74.21	4.26	15.2	44.28	36.46	7.82	25.88	7.12

A: Aditivo= 1= Urea; 2= Cal

B: Momento de aplicación= 1= Durante la extracción; 2= Posterior a la extracción

C: Tiempo de almacenamiento= 1= 5; 2= 10; 3= 15; 4= 25; 5= 35 (días).

D: Repeticiones= 1= 1a.; 2= 2a.; 3= 3a. (repetición)

A	B	C	D	MS60	MS105	DIVMS	PC	CENIZA	FND	FDA	HC	CEL	LIGN
		1	1	35.4	94.0	57.00	5.20	8.9	71.97	45.92	26.05	31.81	9.91
		2		34.8	92.7	62.67	5.31	8.6	70.46	41.93	28.53	29.72	7.63
		3		33.1	93.8	61.19	5.30	8.8	73.19	44.92	28.27	31.40	9.22
	2	1		37.5	95.0	59.32	5.09	9.5	67.32	44.51	22.81	29.32	9.48
		2		35.9	96.1	56.34	5.80	9.0	70.67	45.66	25.01	31.71	9.22
		3		36.9	97.3	55.20	5.72	9.9	68.59	45.76	22.83	31.05	9.83
	3	1		35.3	94.1	55.05	6.66	9.4	70.72	45.40	25.32	28.90	10.95
		2		33.8	95.5	59.63	6.07	9.4	68.39	42.75	25.64	29.03	8.60
		3		31.7	95.7	60.19	6.28	8.8	70.02	42.62	27.40	28.75	8.77
	4	1		34.4	94.7	55.52	6.60	11.2	71.19	48.25	23.66	32.10	10.33
		2		33.7	95.6	56.26	6.36	9.8	72.17	46.83	25.34	31.83	10.32
		3		32.5	95.0	58.72	6.62	9.7	70.12	45.77	24.35	31.10	10.61
	5	1		35.8	96.8	52.24	6.58	9.9	70.38	44.84	25.54	31.67	7.86
		2		35.9	96.7	56.34	6.32	9.5	68.56	44.03	24.53	30.13	9.60
		3		33.0	97.5	51.36	5.98	10.4	73.40	48.75	24.65	32.68	11.79



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

REF No. _____

LA TESIS TITULADA: ~~EFECTO DE DOS TRATAMIENTOS~~ ALCALINOS SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DEL BAGAZO DE TE DE LIMON (Cymbopogon citratus. Stapf), PARA ALIMENTACION ANIMAL.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: CARLOS ROMAN CHON DE LA CRUZ.

CARNET No. : 59051

Ha sido evaluada por los profesionales: Ingeniero Marco Tulio Aceituno y -
Licenciada Olga Leticia Mena.

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de --
Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dr. Ricardo Bressani.
ASESOR

Ing. Marco Estrada Muy
ASESOR

Ing. Agr. Hugo A. Tobías
DIRECTOR IIA

IMPRIMASE:

Ing. Agr. Anibal Martínez
DECANO.