

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos**



**Evaluación del efecto de la chaya sobre la producción,  
composición, valor nutritivo y características  
organolépticas de la leche de cabra.**

**Maricarmen Estrada Anzueto**

**Guatemala**

**2011**



**Evaluación del efecto de la chaya sobre la producción, composición, valor nutritivo y características organolépticas de la leche de cabra.**

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos



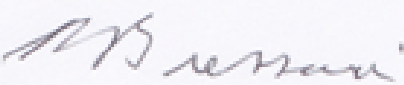
**Evaluación del efecto de la chaya sobre la  
producción, composición, valor nutritivo y  
características organolépticas de la leche de cabra.**

**Trabajo de investigación presentado por MARICARMEN  
ESTRADA ANZUETO para optar el grado académico de Licenciada  
en Ingeniería en Ciencias de Alimentos**


**Guatemala**

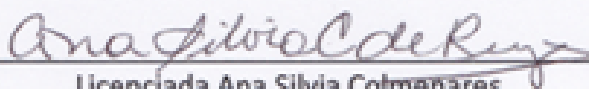
**2011**

Vo. Bo. :

(f)   
\_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo Bressani  
Asesor

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo Bressani  
Asesor

(f)   
\_\_\_\_\_  
Licenciada Ana Silvia Colmenares

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ingeniera Elsa Gudiel

Fecha de aprobación: Guatemala, martes 6 de diciembre de 2011

Le dedico este trabajo:

A Dios, quien me dio la vida, la familia que me apoya en todo momento, las oportunidades, las capacidades y la voluntad para dar siempre lo mejor de mí.

A mis padres por su amor, paciencia y apoyo incondicional.

A mi abuelito Tono por siempre estar allí.

A mi familia y amigos por su apoyo y motivación.

Quisiera agradecer especialmente al Dr. Ricardo Bressani, quien creyó en mí para llevar a cabo este estudio, compartiendo conmigo sus conocimientos y su tiempo.

A mi papá por su apoyo, confianza y compañía a lo largo de todo el estudio.

A mi mamá y hermano, quienes sin importar lo ocupados que estaban, me ayudaron en la elaboración de las mezclas y me acompañaron a Salamá.

Agradezco a los catedráticos del Departamento de Alimentos, Kelly León e Ileana Vásquez por ayudarme en mi formación profesional y en la elaboración de esta tesis.

A don Carlitos, Brenda, Claudia y Elsa por su apoyo en el laboratorio.

Al Dr. Rolando Cifuentes, a Julio Rosales, al personal de Proesur, al Ing. Cristian Rossi, a Ceci Cano y a Eva García, por su apoyo con la chaya.

Al Ing. Carlos Rolz por su apoyo en el análisis de datos estadísticos.

A Erwin, Don Tino y su familia por ayudarme con el estudio biológico.

A mis compañeros (Ceci, Gaby, Evelyn, Luismi, Kelvin, Mary, Olgui, Silvia B., Carmen, Silvia G., Herbo, Jessica, Diana, Andrea, Isa e Ingrid) por su apoyo para secar la chaya y en el análisis sensorial.

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| PREFACIO .....  | v    |
| LISTA DE TABLAS .....   | x    |
| LISTA DE GRÁFICAS .....   | xiv  |
| LISTA DE FIGURAS .....  | xv   |
| RESUMEN .....   | xvii |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....  | 3    |
| A. Situación agrosocioeconómica en Guatemala .....                              | 3    |
| 1. Desnutrición .....   | 3    |
| 2. Abastecimiento de maíz .....   | 4    |
| B. Cabras .....   | 4    |
| 1. Sociedades productoras de leche de cabra: Situación Guatemala .....          | 4    |
| 2. Composición nutricional de la leche de cabra .....                           | 6    |
| 3. Importancia hipoalérgica, nutricional y terapéutica de la leche de cabra ... | 7    |
| 4. Factores que afectan el rendimiento y composición de la leche de cabra ..... | 8    |
| 5. Requerimientos nutricionales de las cabras .....                             | 9    |
| C. Chaya ( <i>Cnidoscolus acotifolius</i> ) .....                               | 11   |
| 1. Descripción general .....  | 11   |
| 2. Composición química de la chaya .....  | 12   |
| 3. Estudios previos de alimentación de animales con chaya .....                 | 13   |
| D. Maralfalfa ( <i>Pennisetum sp.</i> ).....                                    | 14   |
| 1. Descripción general .....  | 14   |
| 2. Estudios previos de alimentación de cabras con maralfalfa .....              | 15   |
| 3. Estudios agronómicos .....   | 15   |
| III. JUSTIFICACIÓN .....  | 16   |

|  |    |
|--|----|
| IV. OBJETIVOS .....  | 18 |
| A. General .....   | 18 |
| B. Específicos .....   | 18 |
| V. METODOLOGÍA .....   | 19 |
| A. Diseño experimental .....   | 19 |
| 1. Elaboración de concentrados .....   | 19 |
| a. Selección de materia prima para la elaboración de concentrados .....  | 19 |
| b. Formulación y elaboración de las dietas .....   | 19 |
| c. Evaluación de la composición química del concentrado .....  | 20 |
| 2. Alimentación de las cabras .....  | 20 |
| a. Selección y alimentación de las cabras .....  | 20 |
| 3. Determinación del consumo de materia seca .....   | 21 |
| 4. Evaluación del rendimiento de la leche de cabra .....   | 21 |
| 5. Análisis químico de la leche de cabra .....   | 21 |
| 6. Análisis sensorial de la leche de cabra .....   | 22 |
| B. Métodos de análisis .....   | 22 |
| 1. Determinación del contenido de proteína, materia grasa y sólidos no<br>grasos en leche de cabra utilizando el analizador automático de leche<br>“Ekomilk” ..... | 22 |
| 2. Determinación de proteína en dietas .....   | 23 |
| 3. Determinación de humedad en dietas .....  | 23 |
| 4. Determinación de cenizas en dietas .....  | 23 |
| 5. Determinación de carbohidratos en dietas .....  | 23 |
| 6. Determinación de grasa en dietas .....  | 23 |
| 7. Determinación de fibra cruda en dietas .....  | 23 |
| 8. Determinación de fibra detergente ácido en dietas .....   | 24 |

|   |    |
|---|----|
| 9. Determinación de fibra detergente neutro en dietas .....           | 24 |
| VI. RESULTADOS .....  | 25 |
| A. Formulación y desarrollo de dietas .....                           | 25 |
| 1. Definición de la fórmula final .....                               | 26 |
| B. Determinación de la composición química de los concentrados .....  | 26 |
| C. Evaluación del consumo de alimento .....                           | 27 |
| D. Determinación del rendimiento de la leche de cabra .....           | 29 |
| E. Determinación de la composición química de la leche de cabra ..... | 33 |
| F. Análisis sensorial de la leche de cabra .....                      | 37 |
| VII. DISCUSIÓN .....  | 40 |
| A. Formulación y desarrollo de dietas .....                           | 40 |
| B. Determinación de la composición química de los concentrados .....  | 44 |
| C. Evaluación del consumo de alimento .....                           | 48 |
| D. Determinación del rendimiento de leche .....                       | 50 |
| E. Determinación de la composición química de la leche de cabra ..... | 52 |
| F. Evaluación sensorial de la leche de cabra .....                    | 54 |
| VIII. CONCLUSIONES .....  | 58 |
| IX. RECOMENDACIONES .....   | 59 |
| X. BIBLIOGRAFÍA .....   | 60 |
| XI. APÉNDICE .....  | 65 |
| A. Comentarios .....  | 65 |
| 1. Comentario personal .....  | 65 |
| 2. Comentario de Rodolfo Estrada (propietario de las cabras) .....    | 65 |
| B. Fotografías .....  | 66 |
| 1. Plantaciones de chaya y de maralfalfa .....                        | 66 |
| 2. Corte y recolección de chaya .....                                 | 67 |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 3. | Preparación y secado de la chaya .....                   | 68 |
| 4. | Preparación y secado del pasto maralfalfa .....          | 68 |
| 5. | Elaboración de las dietas de chaya y maralfalfa .....    | 69 |
| 6. | Alimentación de cabras con las diferentes dietas .....   | 70 |
| 7. | Recolección y análisis de la leche de cabra .....        | 72 |
| 8. | Análisis sensorial de la leche de cabra .....            | 73 |
| C. | Boleta de evaluación sensorial .....                     | 75 |
| D. | Datos originales y calculados .....                      | 76 |
| 1. | Análisis químicos de las dietas .....                    | 76 |
| 2. | Evaluación del consumo de alimento .....                 | 77 |
| 3. | Análisis del rendimiento de la leche de cabra .....      | 79 |
| 4. | Composición química de la leche de cabra .....           | 81 |
| 5. | Análisis sensorial de la leche de cabra .....            | 84 |
| E. | Cálculos para análisis químicos de las dietas .....      | 89 |
| 1. | Humedad: método AOAC 934.01 .....                        | 89 |
| 2. | Proteína: método AOAC 979.09 .....                       | 89 |
| 3. | Grasa: método AOAC 963.15 .....                          | 90 |
| 4. | Cenizas: método AOAC 923.03 .....                        | 90 |
| 5. | Fibra cruda: método AOAC 962.09 .....                    | 90 |
| 6. | Carbohidratos: por diferencia .....                      | 90 |
| 7. | Fibra detergente neutro (FDN): método AOAC 2002.04 ..... | 90 |
| 8. | Fibra detergente ácida (FDA): método AOAC 954.01 .....   | 91 |
| F. | Análisis específicos de materia prima .....              | 91 |

## LISTA DE TABLAS

| <b>Tabla</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Requerimiento energético y proteico para dietas basadas en cereales y leguminosas .....   | 3             |
| 2. Composición nutricional de la leche de cabra y de vaca .....  | 6             |
| 3. Requisitos químicos de los alimentos para bovinos lecheros .....  | 11            |
| 4. Comparación de los valores de humedad, proteína, calcio, fósforo, Vitamina A y ácido ascórbico de hojas comestibles por 100g de hoja fresca .....               | 12            |
| 5. Proporción de melaza-agua (%), chaya (%), maralfalfa (%) y urea (%) en las distintas dietas (T1, T2, T3) y formulaciones (F1, F2, F3, F4) .....                 | 25            |
| 6. Contenido de proteína (%) y humedad (%) en las distintas dietas (T1, T2, T3) y formulaciones (F1, F2, F3, F4) .....   | 25            |
| 7. Análisis de Varianza del contenido de proteína (%) y humedad (%) en las distintas formulaciones .....   | 26            |
| 8. Análisis proximal de las distintas dietas (T1, T2, T3) de la Formulación F4 .....   | 26            |
| 9. Análisis de Varianza del análisis proximal de las distintas dietas (T1, T2, T3) de la Formulación F4 .....  | 27            |
| 10. Consumo de alimento (g/tiempo de comida) de las dietas (T1, T2, T3) en distintos tiempos de comida .....   | 27            |
| 11. Análisis de Varianza del consumo de alimento (g/tiempo de comida) en relación al tiempo de experimentación (tiempo de comida) y a las dietas (T1, T2, T3)..... | 28            |

| <b>Tabla</b>  | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 12. Consumo de alimento (g/tiempo de comida) en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y a la formulación (F2, F3, F4) .....                                   | 28            |
| 13. Análisis de Varianza del consumo de alimento (g/tiempo de comida) en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y a la formulación (F2, F3, F4) .....          | 28            |
| 14. Rendimiento de leche de cabra (en volumen) en relación a las dietas (T1, T2, T3) consumidas en distintos días .....                                     | 29            |
| 15. Análisis de Varianza del rendimiento de leche (en volumen) de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días) .....  | 30            |
| 16. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación a las dietas (T1, T2, T3) consumidas en distintos días .....  | 30            |
| 17. Análisis de Varianza del rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días)           | 31            |
| 18. Modelos matemáticos obtenidos de la correlación lineal entre el tiempo de experimentación (t=días) y el rendimiento en peso (P=g) para cada dieta ..... | 31            |
| 19. Día en que se habría alcanzado el rendimiento en peso promedio del grupo control (día 1) para cada dieta .....  | 31            |
| 20. Modelos matemáticos obtenidos de la correlación entre consumo de alimento (A=g/tiempo de comida) y el rendimiento en peso (P=g) para cada dieta .....   | 32            |

| <b>Tabla</b>  | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 21. Alimento que deben de consumir las cabras por tiempo de comida para alcanzar el rendimiento en peso promedio del grupo control (día 1) .....                    | 32            |
| 22. Contenido de proteína en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas .....  | 33            |
| 23. Análisis de Varianza del contenido de proteína de la leche de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días)                | 34            |
| 24. Contenido de sólidos no grasos en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas .....   | 34            |
| 25. Análisis de Varianza del contenido de sólidos no grasos de la leche de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días) ..... | 35            |
| 26. Contenido de grasa en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas .....   | 36            |
| 27. Análisis de Varianza del contenido de grasa de la leche de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días)                   | 36            |
| 28. Análisis de significancia estadística de la prueba de preferencia de las leches de cabra .....  | 39            |
| 29. Razones de la preferencia de cada muestra de leche de cabra .....   | 39            |
| 30. Composición química de las dietas por muestra .....   | 76            |
| 31. Análisis de Varianza de la composición química de las dietas .....  | 76            |

| <b>Tabla</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 32. Consumo de alimento por tiempo de comida de todas las muestras de cada dieta .....     | 77            |
| 33. Análisis de Varianza del consumo de alimento .....                                     | 78            |
| 34. Rendimiento de la leche de cabra (en peso) por muestra .....                           | 79            |
| 35. Análisis de Varianza del rendimiento de leche de cabra (en peso) .....                 | 79            |
| 36. Rendimiento de leche de cabra (en volumen) por muestra .....                           | 80            |
| 37. Análisis de Varianza del rendimiento de leche (en volumen) de cabra ...                | 80            |
| 38. Contenido de proteína (%) de la leche de cabra por muestra .....                       | 81            |
| 39. Análisis de Varianza del contenido de proteína (%) de la leche de cabra                | 81            |
| 40. Contenido de sólidos no grasos (%) de la leche de cabra por muestra....                | 82            |
| 41. Análisis de Varianza del contenido de sólidos no grasos (%) de la leche de cabra ..... | 82            |
| 42. Contenido de grasa (%) de la leche de cabra por muestra .....                          | 83            |
| 43. Análisis de Varianza del contenido de grasa (%) de la leche de cabra .....             | 83            |
| 44. Perfil de olor de la leche de cabra por panelista. (Parte 1) .....                     | 84            |
| 45. Perfil de olor de la leche de cabra por panelista. (Parte 2) .....                     | 84            |
| 46. Perfil de sabor de la leche de cabra por panelista. (Parte 1) .....                    | 85            |
| 47. Perfil de sabor de la leche de cabra por panelista. (Parte 2) .....                    | 86            |
| 48. Perfil de color de la leche de cabra por panelista. ....                               | 87            |
| 49. Perfil de textura de la leche de cabra por panelista .....                             | 87            |
| 50. Muestra de leche de cabra preferida por panelista y su justificación .....             | 88            |
| 51. Contenido de proteína en las distintas partes del forraje de chaya .....               | 91            |
| 52. Contenido de proteína del pasto maralfalfa en dos cosechas distintas ..                | 91            |
| 53. Análisis proximal del heno Pensacola .....   | 91            |

## LISTA DE GRÁFICAS

| <b>Gráfica</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Consumo de alimento para cada dieta (T1, T2, T3) en distintos tiempos de comida. (Correlación lineal) .....   | 29            |
| 2. Relación entre el rendimiento de leche de cabra (en volumen) al consumir las dietas (T1, T2, T3) y los días muestreados. (Correlación lineal) .....       | 30            |
| 3. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en distintos días. (Relación lineal) .....  | 32            |
| 4. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación al alimento consumido en el último tiempo de comida del día antes del ordeño. (Relación lineal) ..... | 33            |
| 5. Relación entre el rendimiento de leche de cabra en peso y el contenido de proteína de la leche .....  | 34            |
| 6. Relación entre el rendimiento de leche de cabra en peso y el contenido de sólidos no grasos de la leche .....   | 35            |
| 7. Relación entre el rendimiento de leche de cabra en peso y el contenido de grasa (%) de la leche. (Correlación lineal) .....                               | 36            |
| 8. Perfil de olor de la leche de cabra .....   | 37            |
| 9. Perfil de sabor de la leche de cabra .....  | 37            |
| 10. Perfil de color de la leche de cabra .....   | 38            |
| 11. Perfil de textura de la leche de cabra .....   | 38            |
| 12. Muestra de leche de cabra preferida por los panelistas .....   | 39            |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figuras</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Plantación de maralfalfa en la finca “San Francisco” en Baja Verapaz.....   | 66            |
| 2. Plantación de chaya variedad “Estrella” en Proesur, Escuintla .....   | 66            |
| 3. Plantación de chaya variedad “Estrella” en la finca “San Francisco” en Baja Verapaz .....                           | 66            |
| 4. Corte de chaya variedad “Estrella” en Proesur, Escuintla .....  | 67            |
| 5. Recolección de chaya variedad “Estrella” cortada .....  | 67            |
| 6. Chaya variedad “Estrella” cortada .....   | 67            |
| 7. Separación de la hoja de chaya de las demás partes del forraje .....  | 68            |
| 8. Secado de la hoja de chaya en secador de bandejas .....   | 68            |
| 9. Picadora de forraje utilizada para picar el pasto maralfalfa .....  | 68            |
| 10. Secado al sol del pasto maralfalfa picado sobre zarán .....  | 68            |
| 11. Mezclado de ingredientes .....   | 69            |
| 12. Mezcla de melaza con concentrado a través de un colador para evitar la formación de grumos .....                   | 69            |
| 13. Empaque de dietas en bolsas con el código de la dieta en diferentes colores para facilitar su identificación ..... | 69            |
| 14. Empaque de las bolsas de alimento para todas las cabras para cada tiempo de comida .....                           | 69            |
| 15. Cabras en el comedero esperando la comida .....  | 70            |
| 16. Alimentación de las cabras de forma individual .....   | 70            |
| 17. Cabras comiendo las distintas dietas .....   | 70            |

| <b>Figura</b>   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 18. Cabras del grupo 1 (verde) comiendo la dieta T1 (sólo chaya) .....        | 71            |
| 19. Cabras del grupo 2 (rojo) comiendo la dieta T2 (chaya y maralfalfa) ..... | 71            |
| 20. Cabras del grupo 3 (azul) comiendo la dieta T3 (sólo maralfalfa) .....    | 71            |
| 21. Ordeño manual de cabras .....   | 72            |
| 22. Pesado de la leche de cabra .....   | 72            |
| 23. Almacenamiento de la leche de cabra en recipientes .....                  | 72            |
| 24. Calentamiento de la leche de cabra previo a utilizar el “Ekomilk” .....   | 72            |
| 25. Análisis de la composición de la leche con el “Ekomilk” .....             | 72            |
| 26. Pasteurización de la leche de cabra a 65°C por 30 minutos .....           | 73            |
| 27. Enfriamiento de la leche de cabra después de la pasteurización .....      | 73            |
| 28. Preparación de las muestras para el análisis sensorial .....              | 73            |
| 29. Panelistas semi-entrenados realizando el análisis sensorial .....         | 74            |
| 30. Panelista semi-entrenada escribiendo los resultados en la boleta .....    | 74            |
| 31. Panelista semi-entrenada probando las muestras .....                      | 74            |

## RESUMEN

El abastecimiento de maíz y de otros granos básicos ha disminuido en el último año debido a los desastres naturales y extensas sequías ocurridas en el 2010. En Guatemala, la alimentación animal se produce principalmente a partir de los mismos granos básicos de la nutrición humana, de modo que existe competencia entre humanos y animales por estos recursos. Actualmente, Guatemala es considerado el país con mayor desnutrición en América Latina, por lo que es necesario garantizar el abastecimiento de granos básicos y de alimentos con mejor composición nutricional como lo es la leche de cabra. Las cabras al ser animales rumiantes pueden utilizar y digerir mejor los componentes de plantas como la chaya (*Cnidoscolus acotifolius*), por lo que debería de considerarse la incorporación de plantas autóctonas en la alimentación animal. Por las razones mencionadas anteriormente, se ha decidido incorporar la Chaya a la dieta de los caprinos con el fin de disminuir el consumo de granos básicos destinados para la nutrición humana y transformar las proteínas de menor calidad de la Chaya a un alimento de mayor calidad proteica como lo es la leche de cabra.

En este estudio se evaluó el efecto de la chaya sobre la producción, composición, valor nutritivo y características organolépticas de la leche de cabra. Para lograrlo se elaboraron tres dietas con distintas proporciones de chaya, que fueron proporcionadas a nueve cabras lactantes por un período de 14 días. Se evaluó el consumo de alimento, el rendimiento y la composición química de la leche para determinar el efecto de la chaya sobre la palatabilidad de las dietas en cabras, la producción y el valor nutritivo de la leche, respectivamente. Además se realizó un análisis sensorial de la leche para evaluar su aceptabilidad y palatabilidad en personas.

Con los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que existe un potencial para el uso de la chaya como alimento para cabras lecheras, sin embargo, es importante el desarrollo de más estudios agronómicos y tecnológicos para complementar estos resultados y así optimizar el uso de este recurso.

## I. INTRODUCCIÓN

La chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) es un arbusto nativo de Centroamérica y áreas del clima tropical de México, que tiene un alto contenido de proteína (20% de proteína en base seca). No obstante, su consumo como alimento humano es limitado debido a que su aceptabilidad se ve afectada por su alto contenido de fibra y su sabor metálico. Las cabras al ser animales rumiantes pueden utilizar y digerir mejor los componentes de plantas autóctonas como la chaya.

En Guatemala, la alimentación animal se produce principalmente a partir de los mismos granos básicos de la nutrición humana, de modo que existe competencia entre humanos y animales por estos recursos. Guatemala es considerado el país con mayor desnutrición en América Latina, por lo que es necesario garantizar el abastecimiento de granos básicos y de alimentos con mejor composición nutricional como lo es la leche de cabra. Por las razones mencionadas anteriormente, se ha decidido incorporar la chaya a la dieta de los caprinos con el fin de disminuir el consumo de granos básicos destinados para la nutrición humana y transformar las proteínas de menor calidad de la chaya a un alimento de mayor calidad proteica como lo es la leche de cabra.

El objetivo principal de este estudio era evaluar el efecto de la chaya sobre la producción, composición, valor nutritivo y características organolépticas de la leche de cabra. Para alcanzar este objetivo se elaboraron tres dietas con distintas proporciones de chaya, que fueron proporcionadas a nueve cabras lactantes por un período de 14 días. Durante este tiempo se evaluó el consumo de alimento, el rendimiento y la composición química de la leche para determinar el efecto de la chaya sobre la palatabilidad de las dietas en cabras, la producción y el valor nutritivo de la leche, respectivamente. Además se realizó un análisis sensorial de la leche para evaluar su aceptabilidad y palatabilidad en personas.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que existe un potencial para el uso de la chaya como alimento para cabras lecheras, sin embargo, se recomienda el desarrollo de más estudios agronómicos y tecnológicos para complementar estos resultados y así optimizar el uso de este recurso.

## II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

### A. Situación agrosocioeconómica en Guatemala

**1. Desnutrición.** La desnutrición es el resultado de una ingesta deficiente de alimentos y/o por enfermedades infecciones comunes. Ésta se ve reflejada por el retardo en el crecimiento intrauterino (bajo peso al nacer), la disminución crónica del crecimiento (baja talla respecto a edad), la emaciación o desnutrición aguda (pérdida de peso con respecto a la estatura) y las deficiencias por micronutrientes (hambre oculta). La desnutrición es causa directa de aproximadamente 300 mil muertes por año a nivel mundial y es responsable indirectamente de la mitad de las muertes en niños menores de cinco años. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), Guatemala es el país con mayor nivel de desnutrición en América Latina (53%) y el problema ocurre principalmente en los departamentos del altiplano occidente: Totonicapán, San Marcos, Sololá, Quiché, Alta Verapaz, Huehuetenango y Chimaltenango. (OPS, 2009)

En los países en desarrollo la desnutrición se debe principalmente al consumo insuficiente de proteína y energía (desnutrición proteinoenergética). La FAO recomienda, en el contexto de una dieta basada principalmente en cereales y leguminosas (dietas altas en fibra y bajas en proteínas completas), un requerimiento energético y una ingesta de proteína diaria como se muestra en la Tabla No. 1. (Latham, 2002)

Tabla No. 1. Requerimiento energético y proteico para dietas basadas en cereales y leguminosas.

| Edad                                 | Energía (Kcal) | Proteína (g) |
|--------------------------------------|----------------|--------------|
| Niños de 6 a 12 meses                | 950            | 14           |
| Niños de 1 a 10 años                 | 1350 - 1900    | 22 - 34      |
| Hombres adolescentes (hasta 18 años) | 2120 - 2770    | 48 - 81      |

Continuación Tabla No. 1. Requerimiento energético y proteico para dietas basadas en cereales y leguminosas.

| Edad                                 | Energía (Kcal) | Proteína (g) |
|--------------------------------------|----------------|--------------|
| Mujeres adolescentes (hasta 18 años) | 1905 - 2060    | 49 - 64      |
| Hombres adultos (mayores de 18 años) | 2020 - 2895    | 55           |
| Mujeres adultas (mayores de 18 años) | 1835 - 2210    | 49           |
| Mujeres embarazadas                  | 2410           | 56           |
| Mujeres amamantando                  | 2710           | 69           |

(Latham, 2002)

**2. Abastecimiento de maíz.** Los cereales y las leguminosas le proveen la mayoría de los requerimientos nutricionales a la población rural de Guatemala, cuya dieta está basada principalmente en maíz (fuente de energía) y frijol (fuente de proteína). El precio del maíz se ha incrementado rápidamente y ha alcanzado en el 2011 los Q175 por quintal. El alza en el precio de los granos se debe principalmente a los desastres naturales y extensos períodos de sequía ocurridos en el 2010, al incremento de la demanda mundial de granos y a los altos costos energéticos. Se estima que en el año agrícola 2010/2011, a partir de un área de 1,192,600 hectáreas cosechadas, se obtuvo 35,404,000 quintales de maíz blanco, por consiguiente el rendimiento fue de 29.70 quintales por manzana. El reporte de daños del sector agropecuario indica que el área perdida fue de 49,976 hectáreas, equivalentes a 2,100,000 quintales de maíz blanco, debido principalmente a la tormenta Agatha, el volcán de Pacaya, entre otros. (MAGA, 2011b)

## B. Cabras

**1. Sociedades productoras de leche de cabra: Situación Guatemala.** La leche de vaca es más barata que la leche de cabra, debido al alto volumen disponible y a los menores costos de producción, sin embargo, ha aumentado la demanda de leche de cabra debido a su alto valor nutricional, digestibilidad y por sus características terapéuticas. No existe mucha evidencia científica que respalde los beneficios de la

leche de cabra sobre la salud humana, por lo que la investigación es vital para el futuro desarrollo de la industria de cabras lecheras a nivel mundial. (Haenlein, 2004) Debido a la factibilidad de la cabra como animal lechero, se considera que el manejo adecuado y constante de lecherías basadas en la cabra, representa una de las mejores estrategias para combatir la desnutrición en países en vías de desarrollo. (Chacón, 2005)

La producción caprina en Guatemala es relativamente baja en comparación con la producción a nivel mundial, que en el 2007 era de 836,893,906 cabezas. (FAOSTAT, 2007) La Encuesta Agropecuaria Nacional realizada en el 2007 indica que en toda la nación hay un total aproximado de 87,276 cabras, que corresponde al 0.01% de la producción mundial. El ganado caprino se encuentra principalmente en la regiones Norte, Suroriental, Suroccidental y Noroccidental del país, y los departamentos con mayor producción son San Marcos (19.69%), Quiché (15.94%), Huehuetenango (13.95%), Alta Verapaz (13.13%) y Santa Rosa (13.13%). (OML, 2010) Las razas caprinas más utilizadas son la Alpina Francesa, Nubia y Criolla, y en menor grado la Saanen y Toggenburg. (MAGA, 2011a)

En Guatemala la mayoría de cabras son criadas bajo sistemas de producción de traspatio, que se caracterizan por ser pequeños rebaños de tipo familiar en donde el pastoreo es el único recurso alimenticio, el manejo es deficiente, se utilizan animales criollos y son manejados por mujeres y niños. La principal limitante para la producción caprina es la poca disponibilidad de agua potable, la falta de asistencia técnica y de vías de acceso adecuadas. La actividad caprina se enfoca en la producción de carne y un poco en la producción de leche. (MAGA, 2011a) En el 2007 la producción de leche de cabra a nivel mundial fue de 14,844,062 toneladas y en Guatemala se estima que fue de apenas 2,600 toneladas. (FAOSTAT, 2007) La producción de leche en Guatemala es bastante baja y la mayoría se utiliza para consumo familiar. (MAGA, 2011a)

**2. Composición nutricional de la leche de cabra.** El contenido total de proteína en la leche de cabra varía desde 2.6g/L hasta 4.1g/L, dependiendo de la etapa de lactancia, estación, edad y alimentación. El contenido de grasa es la variable que difiere más cualitativa y cuantitativamente en la leche, y depende de la etapa de lactancia, estación, raza, genotipo y alimentación. La leche de cabra tiene un mayor contenido de grasa que la leche de vaca (cabra: 3.8g/100g, vaca: 3.5g/100g), sin embargo, el contenido de colesterol es menor (cabra: 11mg/100g, vaca: 14mg/100g). (Salvador, A. y Martínez, G. 2007) La lactosa es el carbohidrato principal en la leche (49% en leche de cabra) y puede incrementarse por la suplementación de aceites de plantas. La concentraciones de minerales en la leche de cabra es bastante variante y no existe suficiente información acerca de la biodisponibilidad de éstos. La leche de cabra es alta en vitaminas del complejo B, en especial de niacina, pero tiene un pobre contenido de ácido fólico y vitamina E, y no posee  $\beta$ -caroteno. (Raynal-Ljutovac, K, Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I. y Chilliard, Y., 2008)

Tabla No. 2. Composición nutricional de la leche de cabra y de vaca.

| <b>Componente</b>                          | <b>Leche de cabra<br/>(peso por cada 100g)</b> | <b>Leche de vaca<br/>(peso por cada 100g)</b> |
|--|--|---|
| Agua (g)                                   | 87.3   | 87.8  |
| Proteínas (g)                              | 3.2  | 3.1   |
| Grasas (g)                                 | 3.8  | 3.5   |
| Carbohidratos totales (g)                  | 5.0  | 4.9   |
| Cenizas (g)                                | 0.7  | 0.7   |
| Calcio (mg)                                | 171  | 106   |
| Fósforo (mg)                               | 125  | 94  |
| Zinc (mg)                                  | 0.30   | 0.40  |
| Retinol ( $\mu$ g)                         | 20   | 28.0  |
| Vitamina A equivalentes totales ( $\mu$ g) | 51   | 28.0  |
| Tiamina (mg)                               | 0.20   | 0.05  |
| Riboflavina (mg)                           | 0.06   | 0.20  |
| Niacina (mg)                               | 0.09   | 0.12  |

(Ministerio de Salud del Perú, 2009)

**3. Importancia hipoalergénica, nutricional y terapéutica de la leche de cabra.** La leche de cabra se recomienda como sustituto de la leche bovina, en especial para aquellas personas alérgicas a la leche de vaca. Existe evidencia documentada y anécdotas que describen el potencial de la leche de cabra como una fuente de alimento lácteo natural hipoalergénico. (Park, 2009) Las propiedades hipoalergénicas de la leche de cabra se atribuyen en parte al perfil de proteínas de esta leche, que se parece más a la humana que a la vacuna. , asimismo se ha demostrado que la  $\beta$ -lactoglobulina caprina es de más fácil digestión que la vacuna. Las fracciones mayoritarias de proteína en la leche de cabra son la  $\beta$ -caseína y la  $\alpha$ -s-2-caseína y en menos cantidad se encuentran la  $\alpha$ -s-1-caseína, que es la responsable de la mayoría de alergias asociadas a la leche de vaca. Además la cuajada formada a nivel gástrico tiende a ser más suave, fina y se produce más rápido, lo que reduce el tiempo de digestión y deja menos residuos sin digerir que pueden ser fuente de fermentaciones indeseables a nivel del colon. (Chacón, 2005)

La característica más importante en la grasa de la leche de cabra es el alto contenido en ácidos grasos de cadena corta y mediana (MCFA) que es de 36% (en leche bovina es de 21%). Estos ácidos grasos tienen un metabolismo diferente que el de los ácidos grasos de cadena larga. Los MFCA pueden ser liberados de los triglicéridos en el estómago por las lipasas gástricas y lipasas pancreáticas para ser absorbidas directamente por las células intestinales, sin esterificación, y transportadas principalmente por la vena porta hacia el hígado, donde se oxidan rápidamente. Al ser una fuente rápida de energía son muy importantes para personas malnutridas o que padezcan del síndrome de mala absorción de grasa. Además podrían contribuir a disminuir el colesterol total circulante, en especial el colesterol LDL. (Raynal-Ljutovac *et al.* 2008) La leche de cabra tiene una mayor proporción de glóbulos de grasa pequeños en comparación con la leche de vaca (3.49 $\mu$ m en leche de cabra contra 4.55  $\mu$ m en leche de vaca). Esta característica respalda la hipótesis de que la grasa de la leche de cabra se digiere con mayor facilidad. (Park, 2009)

La leche de cabra tiene también una mejor capacidad buffer que la leche bovina, debido a su contenido proteico y de fósforo. Por esta razón, la leche de cabra podría ser un buen tratamiento de úlceras gástricas. (Park, 2009)

**4. Factores que afectan el rendimiento y composición de la leche de cabra.** La intensificación de los sistemas de crianza, incluyendo la selección de alimentos y genéticas, ha aumentado el rendimiento de la leche y ha modificado su composición. (Raynal-Ljutovac, 2008) El rendimiento y composición de la leche son afectados por factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los factores intrínsecos se encuentran los factores genéticos (raza) y los no genéticos (edad, número de partos, estado de lactancia, tipo de parto y periodo seco). Los factores extrínsecos son el efecto de la época de parto, las prácticas de ordeño, la salud de la ubre, la nutrición y la alimentación. (Salvador *et al.*, 2007)

Estudios han reportado diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la producción de leche en diferentes razas de cabras e indican que hay una relación inversamente proporcional entre el rendimiento lechero y la composición. Se ha observado que la raza Saanen produce altas cantidades de leche con bajos niveles de grasa, mientras que la raza Nubian produce menos leche con un alto contenido de grasa. En un nivel intermedio entre estas dos razas se encuentran las razas Toggenburg, La Mancha, Oberhasli y Alpina. (Salvador *et al.*, 2007)

El volumen de leche aumenta hasta el cuarto o quinto año de edad y después disminuye a una menor velocidad con la cual aumentó, con un promedio de vida productiva de doce años. Estudios han reportado que la producción y composición de la leche varía significativamente según el número de lactancia, dándose en la primera lactancia la menor producción y en las primeras cuatro lactancias el mayor contenido de materia seca, sólidos no grasos, grasa y proteína. Los componentes de la leche como la grasa y proteína son altos en el calostro y al principio de la lactancia, pero disminuyen a

medida que se alcanza el pico de producción y después aumentan nuevamente a medida que disminuye la producción. (Salvador *et al.*, 2007)

El factor extrínseco que más afecta la composición y producción de leche de cabra es la alimentación. Por lo general, el consumo diario mínimo de materia seca es de 3% de su peso vivo, pero las altas productoras pueden llegar a consumir entre 5% y 7%, lo que se debe a la gran necesidad de nutrientes para la síntesis láctea. Las cabras son muy eficientes en la conversión alimenticia y tienen mayor capacidad para el consumo de forraje en relación a las vacas (cabras: 25-40% peso vivo; vacas: 12.5-15%). (Salvador *et al.*, 2007)

**5. Requerimientos nutricionales de las cabras.** La correcta alimentación de las cabras es necesaria, no sólo para mantener a los animales saludables, si no para lograr una adecuada producción y composición de la leche. Los nutrientes básicos necesarios para el crecimiento, producción de leche y reproducción de las cabras son energía (grasas y carbohidratos), proteínas, vitaminas, minerales y agua. La energía es el factor más limitante en la nutrición de rumiantes pequeños y una carencia de ésta podría disminuir la producción de leche y hasta afectar la salud del animal (problemas reproductivos, mortalidad, aumento de enfermedades). Usualmente la fuente principal de energía para rumiantes pequeños son pastos, vegetación, heno y granos. El valor de la energía de los alimentos se expresa con el valor TDN (total de nutrientes digeribles). Además en este tipo de animales es más importante la cantidad de proteína que la calidad de ésta. La proteína se utiliza para la reparación de tejidos viejos y la construcción de tejidos nuevos, por lo que la suplementación de proteína es muy importante para un adecuado desarrollo de los animales jóvenes. Los requerimientos vitamínicos de las cabras son relativamente simples debido a la naturaleza de sus alimentos y por la síntesis de vitaminas en el rumen. Los minerales esenciales para las cabras son el calcio (para el crecimiento y desarrollo de los huesos), el fósforo (parte esencial de la sangre y de las células) y la sal. (Giménez, 1994) Es importante que los

concentrados para cabras contengan suficientes sales minerales, debido a que la glándula mamaria libera altas cantidades de estos compuestos en la leche producida. Además una dieta deficiente en sal puede provocar una digestión incompleta, falta de apetito y hasta retraso en el crecimiento. (Castro, 2011)

Según el National Research Council se recomienda que una cabra de aproximadamente 90 libras de peso vivo, consuma para su mantenimiento 1.81 libras (2.03% peso vivo) de materia seca que contenga 0.14lb (7.73%) de proteína total. Además si la cabra está en el período de lactancia se recomienda que la dieta contenga mínimo 0.13lb (7.18%) más de proteína total para obtener leche con un contenido de grasa de 3%. En conclusión, las cabras lactantes, para su mantenimiento y producción de leche con un contenido de grasa de 3%, deben de consumir mínimo 1.81 libras (2.03% peso vivo) de materia seca diarias con un contenido de proteína mayor a 14.91%. (Giménez, 1994)

Las tablas de requerimientos nutricionales para cabras no incluyen a la fibra dietética, pero en los últimos años se ha observado su gran importancia. La fibra dietética ayuda a balancear los requerimientos nutricionales de las cabras, influencia la masticación y la fermentación del rumen. Además tiene una doble función dependiendo de la dieta que se le proporcioné al animal, ya que actúa como regulador fisiológico de la ingesta en dietas altas en concentrado, y genera saciedad física en dietas altas en forrajes. Las cabras lactantes deben ingerir una cantidad adecuada de fibra dietética para prevenir la reducción de grasa en la leche. Estudios demuestran que 18-20% de fibra detergente ácido (FDA) o 41% de fibra detergente neutro (FDN) son adecuadas para cabras lactantes de alta producción. No obstante, un alto contenido de fibra en los alimentos puede afectar negativamente el consumo voluntario de alimento debido a un incremento en el tiempo de alimentación, rumia y masticación. (Lu, C.D.; Kawas, J.R. y Mahgoub, O.G., 2005)

En Guatemala, no existe una norma COGUANOR que establezca especificaciones para los concentrados de cabras. No obstante, se puede utilizar como referencia la norma COGUANOR NGO 34 172, que especifica los requisitos químicos del alimento para ganado bovino. En la Tabla No. 3 se muestran los parámetros de esta norma que podrían ser útiles en la elaboración de concentrados para cabras lecheras.

Tabla No. 3. Requisitos químicos de los alimentos para bovinos lecheros.

| Parámetro                | Tipo de alimento: Vacas en producción lechera |
|--------------------------|---|
| Humedad (%)              | Menor a 16.0                                  |
| Proteína cruda (Nx6.25)* | Mayor a 15                                    |
| Fibra cruda (%)          | Menor a 17.0                                  |
| Grasa cruda (%)          | Mayor a 2.0                                   |
| Urea (%)                 | Menor a 1.0                                   |

\*Incluyendo el nitrógeno proporcionado por la urea cuando ésta forme parte del alimento. (COGUANOR, 1988)

### C. Chaya (*Cnidocolus acontifolius*)

**1. Descripción general.** La Chaya es un árbol pequeño nativo de Centroamérica y México que puede llegar a medir entre tres y cinco metros de altura, y produce grandes cantidades de hojas y cogollos. Este arbusto requiere poco cuidado, y se adapta a diferentes condiciones de altitud, humedad y características del suelo. Se conocen cuatro variedades de Chaya en Guatemala: estrella (selección I), picuda (selección II), mansa (selección III) y redonda (selección IV), no obstante todas son identificadas botánicamente como *Cnidocolus acontifolius*. La variedad estrella es la que presenta el mayor rendimiento de biomasa total, también es la que está más ampliamente distribuida en Guatemala y se encuentra principalmente en Baja Verapaz, Santa Rosa, Escuintla, Izabal y Petén. (Molina, A. y Cifuentes, R., 2003) La chaya al ser cultivada bajo condiciones adecuadas de humedad y fertilización del suelo puede llegar a producir hasta 10 toneladas de materia seca anuales por hectárea con un contenido proteico en las hojas (base seca) de aproximadamente 30%. (Cifuentes, R. y Bressani, R. 2010)

**2. Composición química de la chaya.** El principal interés en las hojas de chaya se debe a su excepcional composición química y potencial nutricional. La composición de las hojas de chaya sobresale de la composición de otras hojas comestibles por su baja humedad (más masa seca por unidad de peso), alto contenido de vitamina C, provitamina A ( $\beta$ -caroteno), proteína (mayor que el contenido de proteína en base seca del frijol común) y por ser rica en calcio, fósforo, hierro, tiamina, riovflavina y niacina. (Ross, 2002) En la Tabla No. 4 se puede observar que los valores nutricionales promedio de la chaya son bastante superiores a los de otras hojas comestibles como lo son la espinaca, acelga, chipilín y la lechuga. (Ross, J. y Molina, A., 2002; Meneses, 2000)

Tabla No. 4. Comparación de los valores de humedad, proteína, calcio, fósforo, vitamina A y ácido ascórbico de hojas comestibles por 100g de hoja fresca.

| Compuesto/Hoja       | Chaya <sup>1</sup> | Espinaca <sup>2</sup> | Acelga <sup>2</sup> | Chipilín <sup>2</sup> | Lechuga <sup>2</sup> |
|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Humedad (%)          | 72.1-83.0          | 90                    | 90                  | 82                    | 96                   |
| Proteína (g)         | 4.17-6.82          | 2.8                   | 1.6                 | 7.0                   | 1.0                  |
| Calcio (mg)          | 141-497            | 60                    | 110                 | 287                   | 16                   |
| Fósforo (mg)         | 69-98              | 30                    | 29                  | 72                    | 23                   |
| Vitamina A (mg)      | 2.5                | 1.2                   | 0.9                 | n/d                   | n/d                  |
| Ácido ascórbico (mg) | 287-318            | 46                    | 34                  | 10                    | 7                    |

<sup>1</sup>Datos de Chaya obtenidos de (Ross *et al.*, 2002)

<sup>2</sup>Datos de espinaca, acelga, chipilín y lechuga obtenidos de (Meneses, 2000)

El consumo crudo de la hoja de chaya no es recomendado, ya que contiene compuestos tóxicos llamados glucósidos cianogénicos que producen ácido cianhídrico cuando hay daño tisular. (Ross *et al.*, 2002) El ácido cianhídrico puede ser eliminado fácilmente mediante procesos térmicos como la cocción, deshidratación y extrusión, o se puede reducir considerablemente durante el ensilaje. (Chedly, K. y Lee, S., 1999)

**3. Estudios previos de alimentación de animales con chaya.** Anil Kumar, K K Singh, M M Das y S Pathak observaron, en el artículo titulado *“Effect of replacement of concentrate mixture with chaya (Cnidoscopus aconitifolius) fodder meal on feed intake and digestibility of nutrients in growing goats.”*, que el concentrado foliar de chaya

puede reemplazar hasta un 75% el alimento original sin afectar el consumo de materia seca (DM) o la digestibilidad de los nutrientes en cabras Kundelkahndi en crecimiento. El estudio lo realizaron con cuatro grupos de cabras y a cada grupo se le asignó un tratamiento en el que se reemplazaba una cierta cantidad de granos de cebada, “pastel de mostaza” y afrecho de trigo por 50%, 75% y 100% de concentrado foliar de chaya. En todos los tratamientos se les proporcionó el mismo porcentaje de sales, minerales y heno a todas las cabras. Para elaborar el concentrado foliar de chaya se utilizaron hojas y tallos de chaya de 70-90 días de cultivadas, se secaron al sol y se molieron utilizando un molino de martillos. (Kumar, A. *et al* 2010a)

En un estudio realizado en ganado vacuno, llamado “*Amino acid profile of chaya and its protein degradation rates in dairy cattle.*”, se determinó que el forraje de chaya contiene 47.7% de proteína degradada a nivel del rumen que contribuye a una alta producción de leche. En conclusión, se determinó que el requerimiento de aminoácidos para una producción de leche de 10 kg por día se puede alcanzar con una dieta a base de forraje de chaya únicamente. (Kumar, A., Alzahal, O., Singh, K.K. y McBride, B.W., 2010b)

En otro estudio, titulado *Utilización de la hoja de Chaya (Cnidocolus chayamansa) y de Huaxín (Leucaena leucocephala) en alimentación de aves criollas*, se observó que la incorporación de forraje en las dietas afectó negativamente la digestibilidad y comportamiento productivo de las aves, sin embargo, los efectos fueron menores para la Chaya que para el Huaxín. Esto se atribuyó a una disminución de la digestibilidad de los nutrientes en las dietas altas en fibra. (Aguilar-Ramírez, J., Santos-Ricalde, R., Pech-Martínez, V. y Montes-Pérez, R., 2000)

Lucia Spell, en el estudio titulado *Preparación y caracterización química y nutricional de la proteína foliar de la chaya*, demostró que la calidad de la proteína de la hoja entera, el extracto y el residuo de la hoja de chaya es buena, debido a que los valores de Índice de Eficiencia Proteica (PER) no difirieron significativamente con los obtenidos con

leche descremada. El estudio biológico fue realizado con ratas Winstar de 22 a 24 días de edad y se compararon cuatro tratamientos en donde se les dio 10% de proteína de distintas fuentes: harina de hoja de chaya, harina de extracto de hoja de chaya, harina de residuo del extracto de hoja de chaya y leche descremada. (Spell, 2010)

#### **D. Maralfalfa (*Pennisetum sp.*)**

**1. Descripción general.** En los últimos años, el pasto maralfalfa se ha sembrado en varios países de Latinoamérica debido a su potencial como forraje para rumiantes, ya que se han obtenido resultados empíricos bastante prometedores. No obstante, existen muchas dudas respecto a este pasto, principalmente en relación a sus características nutricionales, agronómicas y taxonómicas. El origen del pasto maralfalfa todavía no es claro, pero algunos estudios preliminares indican que puede tratarse de *Pennisetum violaceum* o de un híbrido (*Pennisetum hybridum*) entre el *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum*. (Correa, 2005)

**2. Estudios previos de alimentación de cabras con maralfalfa.** En el estudio, titulado *Digestibilidad de maralfalfa (Pennisetum sp.) en cabras*, se alimentó a un grupo de 8 cabras con pasto maralfalfa (1.8% del peso vivo del animal) durante cuatro períodos de 36 días. El objetivo principal del estudio era determinar el valor nutricional del pasto maralfalfa al evaluar la digestibilidad de varios parámetros como la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, entre otros, a partir de muestras de heces y orina. Al concluir el estudio se llegó a la conclusión que el valor nutricional de la maralfalfa es mejor que el de otras gramíneas usadas en la alimentación de animales, sin embargo, no pudo superar el valor nutricional de la alfalfa. (Sosa, D., Larco, C., Falconi, R., Toledo, D. y Suárez, G., 2006)

**3. Estudios agronómicos.** En el estudio, titulado *Valor nutritivo del pasto maralfalfa (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum) en condiciones de defoliación*, se

observó que el valor nutricional del pasto maralfalfa se ve afectado por la frecuencia de corte. Los resultados de este estudio demuestran que al aumentar los intervalos de corte de 3 a 9 semanas disminuye el contenido de nitrógeno total (NT) y la digestibilidad in vitro de la materia seca (IVDMD), por lo que se recomienda cortar el pasto cada seis semanas para optimizar su valor nutricional. Al final llegaron a la conclusión que el pasto maralfalfa, por su valor nutritivo, puede usarse en ganado lactante y en crecimiento, donde es necesario contar con forrajes de mediana a elevada calidad. (Clavero, T. y Razz, R., 2009)

### III. JUSTIFICACIÓN

La importancia de la leche de cabra en la dieta humana ha aumentado en los últimos años, debido a su alto valor nutricional, digestibilidad y por sus características terapéuticas. (Haenlein, 2004) Además se considera que el manejo adecuado y constante de lecherías basadas en la cabra, sería una buena estrategia para combatir la desnutrición en países en vías de desarrollo. (Chacón, 2005)

Actualmente, las cabras en etapa de lactancia en la Finca “San Francisco” en Baja Verapaz son alimentadas con dos libras de concentrado comercial (Q. 1.30 por libra) al día. Además se les proporciona pasto y heno, y se llevan a pastorear dos horas al día. El costo de alimentación de cada animal considerando sólo el costo del concentrado es de Q. 2.60 diarios. Los concentrados son elaborados a partir de granos que forman parte de la alimentación humana como lo es el maíz. Debido a los desastres naturales y los extensos períodos de sequía ocurridos en el 2010, se ha visto afectada la disponibilidad de este producto en el mercado. Además la Organización Mundial de la Salud clasifica a Guatemala como el país con mayor nivel de desnutrición en América Latina (OPS, 2009) y será difícil que mejore la situación si continua la competencia por recursos alimenticios entre humanos y animales. Por esta razón, es importante que se reduzca o elimine la proporción de granos básicos en concentrados para animales, utilizando en su lugar plantas autóctonas de la región.

La Chaya (*Cnidocolus aconitifolius*) es un arbusto nativo de Centroamérica y áreas del clima tropical de México. Esta planta crece en diferentes climas, altitudes y características de terreno y no requiere de condiciones y cuidados especializados para su desarrollo. (Peregrine, 1983) La hoja de chaya era consumida por los mayas como parte de su dieta y en la actualidad es consumida en platos regionales. No obstante, su consumo es limitado, debido a que mucha gente desconoce sus propiedades beneficiosas, su valor nutricional y hasta su existencia. (Juárez, F. 2001) La Chaya tiene

un alto valor nutricional (20% de proteína en base seca y cantidades significativas de vitaminas y minerales), sin embargo, al ser un alimento de origen vegetal su calidad proteica es menor en comparación con la proteína de origen animal. Las cabras al ser animales rumiantes tienen mayor capacidad para digerir esta clase de alimentos y utilizar los nutrientes para su mantenimiento, crecimiento y producción de leche.

Por las razones mencionadas anteriormente, se ha decidido incorporar la Chaya a la dieta de los caprinos con el fin de disminuir el consumo de granos básicos destinados para la nutrición humana y transformar las proteínas de menor calidad de la Chaya a un alimento de mayor calidad proteica como lo es la leche de cabra.

## IV. OBJETIVOS

### A. General

Evaluar el efecto de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) sobre la producción, composición, valor nutricional y características organolépticas de la leche de cabra.

### B. Específicos

1. Desarrollar tres concentrados (T1, T2, T3) con diferentes proporciones de chaya y maralfalfa deshidratadas, que cumpla con los requerimientos nutricionales diarios para cabras productoras de leche.
2. Determinar la composición química (proteína, lípidos, carbohidratos, cenizas, humedad, fibra cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido) de los concentrados elaborados.
3. Evaluar el consumo de alimento (g/tiempo de comida) por cabra para determinar el efecto de la chaya y de la maralfalfa sobre la palatabilidad de las dietas.
4. Determinar el rendimiento (volumen y masa) de la leche de cabra al alimentarlas con las distintas dietas.
5. Determinar la composición química (proteína, materia grasa, sólidos no grasos) de la leche de cabra al alimentarlas con las distintas dietas.
6. Comparar las características organolépticas (sabor, olor, color y textura) de la leche de cabra al alimentarlas con las distintas dietas.

## V. METODOLOGÍA

### A. Diseño experimental

#### 1. Elaboración de concentrados

**a. Selección de materia prima para la elaboración de los concentrados.** Se utilizó forraje de chaya selección estrella y pasto maralfalfa, obtenidos de las siembras ubicadas en los campos de Proesur en Escuintla y en la Finca “San Francisco” en Baja Verapaz, respectivamente. El forraje de chaya cosechado tenía entre 70-90 días de crecimiento y se cortó el pasto maralfalfa al alcanzar una altura entre 1.0 y 1.5 metros. Las dietas se complementaron con afrecho de trigo, harina de palmiste blanca (desgrasada por métodos químicos), agua, melaza, sal, mezclas de minerales y vitaminas (Pecutrín®), y urea.

**b. Formulación y elaboración de las dietas.** Se recolectó el forraje de chaya completo (estaca, hojas y tallos) de aproximadamente 50cm de largo en base al tronco principal y se separaron las hojas del resto del forraje. Las hojas enteras se secaron en un secador de bandejas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), y los tallos y estacas se picaron utilizando una picadora de pasto, y se secaron al sol. Al tener todas las partes del forraje secas, se molieron utilizando un molino de martillos y se mezclaron para obtener el forraje de chaya. Asimismo el pasto maralfalfa se recolectó, se picó, se secó al sol y se molió utilizando un molino de cuchillas.

Se elaboraron tres dietas (T1, T2, T3) con distintas proporciones de chaya y maralfalfa. Para lograrlo se mezclaron manualmente la chaya y la maralfalfa con el afrecho de trigo, la harina de palmiste blanca, la sal y el Pecutrín®. A las dietas que contenían Maralfalfa (T2, T3) se les añadió urea, la cual se mezcló anteriormente con la solución de melaza-

agua. Por último, se empacó cada porción de 500g en bolsas de polietileno y se identificó con el código de cada dieta (T1, T2, T3).

**c. Evaluación de la composición química del concentrado.** Las dietas elaboradas fueron analizadas en el Laboratorio del Centro de Estudios de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CECTA) de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Se realizaron análisis químicos para determinar la composición de los distintos concentrados y lograr la caracterización de las dietas. Se determinó el contenido de proteína, lípidos, carbohidratos, humedad, cenizas, fibra cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido por métodos de la AOAC. (AOAC, 2006)

## **2. Alimentación de las cabras**

**a. Selección y alimentación de la cabras.** Se utilizaron nueve cabras de las mezclas de razas: Nubia, Saanen y Alpina Francesa de la finca “San Francisco” en Baja Verapaz, Guatemala. Las cabras seleccionadas se encontraban entre la segunda y quinta lactancia, y tenían entre 6 y 7 meses de lactancia.

Las cabras fueron divididas aleatoriamente en tres grupos de tres animales cada uno. Diariamente y de forma individual se les proporcionó las distintas dietas (T1, T2, T3) en una relación aproximadamente de 2% del peso del animal de materia seca. No obstante, la cantidad de concentrado que se les brindó a los animales fue constante (1000g por día por cabra) para todos los grupos, para evitar que la cantidad de alimento influyera el consumo de materia seca, la producción y composición de la leche. El alimento se les brindó dos veces al día (9:00 y 16:00) durante una hora y la porción diaria fue dividida en partes iguales para cada tiempo de comida. Además se les dio heno Pensacola (Ver Apéndice, Tabla No. 53), tuvieron agua potable disponible a toda hora y se les sacó a pastorear durante una hora todos los días. El estudio se realizó por 14 días y se tomaron distintas muestras durante el período de experimentación para determinar el consumo

de materia seca, la producción y composición de la leche de cabra. Las cabras se ordeñaron todos los días muestreados a las 5:00 de la mañana.

**3. Determinación del consumo de materia seca.** El consumo de materia seca se evaluó en cada cabra para determinar la influencia de la incorporación de chaya y maralfalfa en las dietas sobre la palatabilidad de éstas. Para ello se pesó la cantidad de alimento ofrecido y rechazado, siendo la diferencia entre estos valores el consumo de materia seca. El análisis se realizó por tiempo de comida en distintos días del estudio y los resultados se presentaron como gramos de materia seca consumida por tiempo de comida (g/tiempo de comida). El consumo de materia seca se evaluó en los tiempos de comida 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 20, 21 y 25.

**4. Evaluación del rendimiento de la leche de cabra.** Se analizó el rendimiento de la leche de cabra para determinar el efecto de la alimentación sobre este factor. Para ello se midió el volumen y la masa de la producción de leche antes de comenzar con el estudio (Día 1 – grupo control) y en los días 3, 6, 11 y 14 del período de experimentación.

**5. Análisis químico de la leche de cabra.** Se realizaron análisis químicos para determinar la composición de la leche de cabra y poder evaluar el efecto de la alimentación sobre este factor. Se determinó el contenido de proteína, grasa y sólidos no grasos utilizando el analizador de leche automático “Ekomilk”. Las cabras se ordeñaron en Baja Verapaz, se recolectó dos muestras de aproximadamente 250mL de leche por cabra, se almacenaron a temperatura de refrigeración y se llevará al Laboratorio del Centro de Estudios de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CECTA) de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) para ser analizadas. Los análisis químicos se realizarán en las muestras de leche obtenidas antes de comenzar el estudio (Día 1 – grupo control) y en días 3, 6, 11 y 14 del período de experimentación.

**6. Análisis sensorial de la leche de cabra.** Se llevó a cabo un análisis sensorial para determinar las propiedades organolépticas de la leche de cabra y así poder evaluar el efecto de la alimentación sobre este factor. Se elaboró un perfil de la leche de cabra, en donde se evaluó el sabor, color, olor y la textura de las distintas muestras de leche. Los panelistas calificaron la intensidad de los distintos descriptores de cada parámetro utilizando una escala de 0 a 10, donde “0” era un atributo no percibido y “10” la máxima intensidad. Además se añadió una pregunta para que los panelistas indicaran cual de las leches preferían y la razón de su elección, sin embargo, es importante notar que los resultados de la prueba de preferencia no son representativos debido a que se uso un número relativamente bajo de panelistas y éstos no fueron consumidores potenciales de leche de cabra. La boleta de evaluación sensorial se encuentra en el Apéndice.

Para este análisis las cabras se ordeñaron en Baja Verapaz, la leche se almacenó a temperatura de refrigeración, y se llevó a la Universidad del Valle de Guatemala (UVG). La leche se filtró con una manta y se pasteurizó a 65°C por 30 minutos utilizando ollas. Posteriormente se le proporcionó a 16 panelistas semi-entrenados en el Laboratorio de Análisis Sensorial. Este análisis sólo se realizó el día 11 del estudio.

## **B. Métodos de análisis**

- 1. Determinación del contenido de proteína, materia grasa y sólidos no grasos en leche de cabra utilizando el analizador automático de leche “Ekomilk”**
  - i. Encender el equipo.
  - ii. Realizar una limpieza de la pajilla del analizador al sumergirla en un vasito con agua destilada. Para ello presionar el botón “Mode”, buscar la opción “Cleaning” utilizando las flechas y oprimir el botón “OK” dos veces.
  - iii. Ajustar el analizador para realizar mediciones de leche de cabra al oprimir el botón “Mode”, utilizar las flechas para buscar la opción “Sheep Milk” y oprimir el botón “OK”.

- iv. Calentar las muestras de leche (más de 30mL) a una temperatura de 20°C.
- v. Agregar la leche en los vasitos del equipo.
- vi. Sumergir la pajilla del analizador en el vasito y ajustarlo.
- vii. Realizar la lectura de la leche al presionar el botón "OK".
- viii. Al finalizar la medición, se mostrarán los distintos datos en la pantalla.

**2. Determinación de proteína en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 954.01. Proteína (cruda) en alimentos para animales: Método de Kjeldahl. Se utilizará  $N \times 6.25$  para las dietas de chaya y de maralfalfa deshidratadas. (AOAC, 2006)

**3. Determinación de humedad en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 934.01. Método gravimétrico en alimentos para animales: pérdida durante el secado (humedad) a 95°-100°C o materia seca durante el secado al horno a 95°-100°C. (AOAC, 2006)

**4. Determinación de cenizas en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 942.05. Cenizas en alimentos para animales. (AOAC, 2006)

**5. Determinación de carbohidratos en dietas.** Se determinará por diferencia.

**6. Determinación de grasa en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 2003.06. Grasa Cruda en alimentos para animales, cereales de grano y forrajes. Método de Extracción-Sumersión Hexano/Soxtec/Randall. (AOAC, 2006)

**7. Determinación de fibra cruda en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 962.09. Fibra cruda en alimentos para animales (AOAC, 2006)

**8. Determinación de fibra detergente ácido en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 973.18. Fibra (ácido detergente) y lignina ( $H_2SO_4$ ) en alimentos para animales. (AOAC, 2006)

**9. Determinación de fibra detergente neutro en dietas.** Método oficial de la AOAC No. 2002.04. Fibra neutro detergente tratada con amilasa en alimentos para animales: Utilizando reflujo en beakers o crisoles. (AOAC, 2006).

## VI. RESULTADOS

### A. Formulación y desarrollo de las dietas

Tabla No. 5. Proporción de melaza-agua (%), chaya (%), maralfalfa (%) y urea (%) en las distintas dietas (T1, T2, T3) y formulaciones (F1, F2, F3, F4).

| Formulación      | F1     | F2     | F3     | F4     |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Dieta T1</b>  |        |        |        |        |
| Melaza-Agua      | 0%     | 5%     | 10%    | 15%    |
| Chaya            | 50%    | 38%    | 36%    | 34%    |
| Urea             | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     |
| <b>Dieta T2</b>  |        |        |        |        |
| Melaza-Agua      | 0%     | 5%     | 10%    | 15%    |
| Chaya-Maralfalfa | 25-25% | 19-19% | 18-18% | 17-17% |
| Urea             | 0%     | 0.5%   | 0.5%   | 0.5%   |
| <b>Dieta T3</b>  |        |        |        |        |
| Melaza-Agua      | 0%     | 5%     | 10%    | 15%    |
| Maralfalfa       | 50%    | 38%    | 36%    | 34%    |
| Urea             | 0%     | 1.0%   | 1.0%   | 1.0%   |

Tabla No. 6. Contenido de proteína (%) y humedad (%) en las distintas dietas (T1, T2, T3) y formulaciones (F1, F2, F3, F4).

| Formulación     | F1                    | F2                     | F3   | F4                    |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------|-----------------------|
| <b>Dieta T1</b> |                       |                        |      |                       |
| Proteína (%)    | 16.9±0.5 <sup>a</sup> | 15.7±0.3 <sup>a</sup>  | S.M. | 14.2±0.2 <sup>a</sup> |
| Humedad (%)     | 6.5±0.2 <sup>d</sup>  | 7.9±0.4 <sup>d</sup>   | S.M. | 10.9±0.4 <sup>d</sup> |
| <b>Dieta T2</b> |                       |                        |      |                       |
| Proteína (%)    | 14.8±0.2 <sup>b</sup> | 15.4±0.1 <sup>a</sup>  | S.M. | 13.4±0.1 <sup>a</sup> |
| Humedad (%)     | 7.1±0.3 <sup>e</sup>  | 8.07±0.04 <sup>d</sup> | S.M. | 11.5±0.0 <sup>d</sup> |
| <b>Dieta T3</b> |                       |                        |      |                       |
| Proteína (%)    | 13.1±0.5 <sup>c</sup> | 15.7±0.5 <sup>a</sup>  | S.M. | 13.6±0.5 <sup>a</sup> |
| Humedad (%)     | 7.2±0.1 <sup>e</sup>  | 9.0±0.3 <sup>d</sup>   | S.M. | 11.6±0.1 <sup>d</sup> |

a-c – Promedios del contenido de proteína (%) en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey, P<0.05)

d-e – Promedios del contenido de humedad (%) en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey, P<0.05)

S.M.=Sin muestreo

Tabla No. 7. Análisis de Varianza del contenido de proteína (%) y humedad (%) en las distintas formulaciones.

| Efecto            | Dietas T1, T2, T3               |                       |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                   | <b>Formulación 1</b>            |                       |
| <b>Parámetros</b> | <b>Probabilidad<sup>a</sup></b> | <b>Interpretación</b> |
| Proteína (%)      | 0.00                            | Significativo         |
| Humedad (%)       | 0.01                            | Significativo         |
|                   | <b>Formulación 2</b>            |                       |
| <b>Parámetros</b> | <b>Probabilidad<sup>a</sup></b> | <b>Interpretación</b> |
| Proteína (%)      | 0.72                            | No hay efecto         |
| Humedad (%)       | 0.08                            | No hay efecto         |
|                   | <b>Formulación 4</b>            |                       |
| <b>Parámetros</b> | <b>Probabilidad<sup>a</sup></b> | <b>Interpretación</b> |
| Proteína (%)      | 0.17                            | No hay efecto         |
| Humedad (%)       | 0.07                            | No hay efecto         |

a – Probabilidad significativa con  $p < 0.05$

**1. Definición de la fórmula final.** Además de la chaya y la maralfalfa se utilizaron otros ingredientes que contribuyeron a la elaboración de concentrados balanceados para cabras lecheras. A continuación se muestra el listado final de ingredientes para cada dieta, que corresponde a la Formulación F4.

#### Ingredientes:

- **Dieta T1:** Chaya, afrecho, palmiste, melaza, sal, agua y Pecutrín.
- **Dieta T2:** Afrecho, chaya, maralfalfa, palmiste, melaza, sal, agua, Pecutrín y urea.
- **Dieta T3:** Maralfalfa, afrecho, palmiste, melaza, sal, agua, Pecutrín y urea.

#### B. Determinación de la composición química de los concentrados

Tabla No. 8. Análisis proximal de las distintas dietas (T1, T2, T3) de la Formulación F4.

| Parámetro    | T1                    | T2                    | T3                    |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Proteína (%) | 14.2±0.2 <sup>a</sup> | 13.4±0.1 <sup>a</sup> | 13.6±0.5 <sup>a</sup> |
| Humedad (%)  | 10.9±0.4 <sup>a</sup> | 11.5±0.0 <sup>a</sup> | 11.6±0.1 <sup>a</sup> |
| Grasa (%)    | 2.8±0.1 <sup>a</sup>  | 2.2±0.06 <sup>b</sup> | 1.6±0.1 <sup>c</sup>  |

Continuación Tabla No. 8. Análisis proximal de las distintas dietas (T1, T2, T3) de la Formulación F4.

| Parámetro                   | T1                    | T2                    | T3                    |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Cenizas (%)                 | 10.0±0.2 <sup>a</sup> | 10.0±0.1 <sup>a</sup> | 11.3±0.2 <sup>b</sup> |
| Fibra cruda (%)             | 9.7±1.4 <sup>a</sup>  | 14.5±0.2 <sup>b</sup> | 16.6±0.4 <sup>b</sup> |
| Carbohidratos (%)           | 52.3±0.4 <sup>a</sup> | 48.6±0.2 <sup>b</sup> | 45.2±1.2 <sup>c</sup> |
| Fibra detergente ácido (%)  | 18.2±1.1 <sup>a</sup> | 19.3±0.6 <sup>a</sup> | 23.1±0.3 <sup>b</sup> |
| Fibra detergente neutro (%) | 28.4±2.6 <sup>a</sup> | 37.7±0.1 <sup>b</sup> | 43.5±1.2 <sup>b</sup> |

a-c – Promedios en la misma fila con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey, P<0.05)

Tabla No. 9. Análisis de Varianza del análisis proximal de las distintas dietas (T1, T2, T3) de la Formulación F4.

| Efecto                      | Dietas (T1, T2, T3)       |                |
|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| Parámetros                  | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Proteína (%)                | 0.17                      | No hay efecto  |
| Humedad (%)                 | 0.07                      | No hay efecto  |
| Grasa (%)                   | 0.00                      | Significativo  |
| Cenizas (%)                 | 0.00                      | Significativo  |
| Fibra cruda (%)             | 0.01                      | Significativo  |
| Carbohidratos (%)           | 0.00                      | Significativo  |
| Fibra detergente ácido (%)  | 0.01                      | Significativo  |
| Fibra detergente neutro (%) | 0.01                      | Significativo  |

a – Probabilidad significativa con p<0.05

### C. Evaluación del consumo de alimento

Tabla No. 10. Consumo de alimento (g/tiempo de comida) de las dietas (T1, T2, T3) en distintos tiempos de comida.

| Tiempo (tiempo de comida) | Consumo de alimento (g)  |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                           | Valor promedio ± σ       |                          |                          |
|                           | T1                       | T2                       | T3                       |
| 1 <sup>b</sup>            | 21 ± 18 <sup>e</sup>     | 41 ± 29 <sup>e</sup>     | 30 ± 16 <sup>e</sup>     |
| 2 <sup>b</sup>            | 95 ± 26 <sup>efg</sup>   | 267 ± 219 <sup>efg</sup> | 28 ± 26 <sup>efg</sup>   |
| 3 <sup>b</sup>            | 66 ± 68 <sup>ef</sup>    | 123 ± 103 <sup>ef</sup>  | 49 ± 66 <sup>ef</sup>    |
| 4 <sup>c</sup>            | 215 ± 92 <sup>efh</sup>  | 232 ± 245 <sup>efh</sup> | 223 ± 148 <sup>efh</sup> |
| 5 <sup>c</sup>            | 217 ± 197 <sup>efh</sup> | 290 ± 256 <sup>efh</sup> | 137 ± 109 <sup>efh</sup> |
| 10 <sup>d</sup>           | 333 ± 102 <sup>fgh</sup> | 348 ± 231 <sup>fgh</sup> | 231 ± 153 <sup>fgh</sup> |
| 11 <sup>d</sup>           | 365 ± 153 <sup>fgh</sup> | 352 ± 198 <sup>fgh</sup> | 228 ± 161 <sup>fgh</sup> |
| 20 <sup>d</sup>           | 360 ± 182 <sup>gh</sup>  | 442 ± 44 <sup>fgh</sup>  | 415 ± 117 <sup>fgh</sup> |

Continuación Tabla No. 10. Consumo de alimento (g/tiempo de comida) de las dietas (T1, T2, T3) en distintos tiempos de comida.

| Tiempo<br>(tiempo de<br>comida) | Consumo de alimento (g)       |                            |                            |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                 | Valor promedio $\pm$ $\sigma$ |                            |                            |
|                                 | T1                            | T2                         | T3                         |
| 21 <sup>d</sup>                 | 442 $\pm$ 44 <sup>h</sup>     | 415 $\pm$ 117 <sup>h</sup> | 389 $\pm$ 126 <sup>h</sup> |
| 25 <sup>d</sup>                 | 460 $\pm$ 17 <sup>h</sup>     | 476 $\pm$ 29 <sup>h</sup>  | 440 $\pm$ 46 <sup>h</sup>  |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo (durante 2 horas al día).

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

e-h – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey, P<0.05)

Tabla No. 11. Análisis de Varianza del consumo de alimento (g/tiempo de comida) en relación al tiempo de experimentación (tiempo de comida) y a las dietas (T1, T2, T3).

| Consumo de alimento (g/tiempo de comida) |                           |                |
|--|---------------------------|----------------|
| Efecto                                   | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Tiempo                                   | <0.0001                   | Significativa  |
| Dieta                                    | 0.47                      | No hay efecto  |
| Interacción                              | 0.94                      | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con p<0.05

Tabla No. 12. Consumo de alimento (g/tiempo de comida) en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y a la formulación (F2, F3, F4).\*

| Formulación | Consumo de alimento (g)       |                            |                            |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|             | Valor promedio $\pm$ $\sigma$ |                            |                            |
|             | T1                            | T2                         | T3                         |
| F2          | 66 $\pm$ 68 <sup>a</sup>      | 123 $\pm$ 103 <sup>a</sup> | 49 $\pm$ 66 <sup>a</sup>   |
| F3          | 217 $\pm$ 197 <sup>b</sup>    | 290 $\pm$ 256 <sup>b</sup> | 137 $\pm$ 109 <sup>b</sup> |
| F4          | 365 $\pm$ 153 <sup>c</sup>    | 352 $\pm$ 198 <sup>c</sup> | 228 $\pm$ 161 <sup>c</sup> |

a-c – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey, P<0.05)

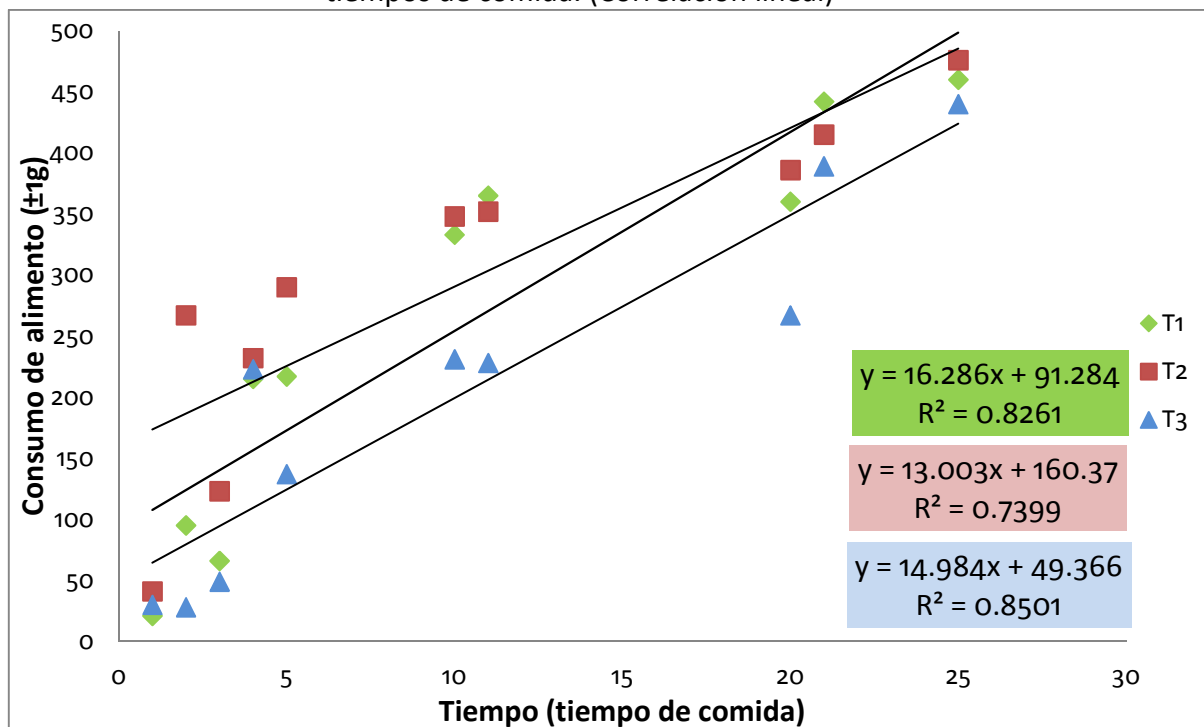
\*Nota: Para realizar este análisis se comparó el consumo de las distintas formulaciones en los tiempos de comida 3 (Formulación F2), 5 (Formulación F3) y 11 (Formulación F4) del estudio, que correspondían a los tiempos de comida de la mañana de los días 2, 3 y 5.

Tabla No. 13. Análisis de Varianza del consumo de alimento (g/tiempo de comida) en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y la formulación (F2, F3, F4).

| Consumo de alimento (g/tiempo de comida) |                           |                |
|--|---------------------------|----------------|
| Efecto                                   | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Formulación (F2, F3, F4)                 | 0.00                      | Significativa  |
| Dietas (T1, T2, T3)                      | 0.58                      | No hay efecto  |
| Interacción                              | 0.78                      | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con P<0.05

Gráfica No. 1. Consumo de alimento para cada dieta (T1, T2, T3) en distintos tiempos de comida. (Correlación lineal)



#### D. Determinación del rendimiento de la leche de cabra

Tabla No. 14. Rendimiento de leche de cabra (en volumen) en relación a las dietas (T1, T2, T3) consumidas en distintos días.

| Tiempo (días)                    | Rendimiento en volumen (mL)   |                              |                              |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                  | Valor promedio $\pm$ $\sigma$ |                              |                              |
|                                  | T1                            | T2                           | T3                           |
| 1 <sup>a</sup>                   | 1500 $\pm$ 331 <sup>e</sup>   | 1542 $\pm$ 144 <sup>e</sup>  | 1542 $\pm$ 191 <sup>e</sup>  |
| 3 <sup>c</sup>                   | 667 $\pm$ 289 <sup>f</sup>    | 542 $\pm$ 382 <sup>f</sup>   | 583 $\pm$ 382 <sup>f</sup>   |
| 6 <sup>d</sup>                   | 1042 $\pm$ 191 <sup>g</sup>   | 1042 $\pm$ 260 <sup>g</sup>  | 875 $\pm$ 696 <sup>g</sup>   |
| 11 <sup>d</sup>                  | 1125 $\pm$ 250 <sup>g</sup>   | 1125 $\pm$ 331 <sup>g</sup>  | 958 $\pm$ 641 <sup>g</sup>   |
| 14 <sup>d</sup>                  | 1208 $\pm$ 289 <sup>eg</sup>  | 1208 $\pm$ 289 <sup>eg</sup> | 1167 $\pm$ 688 <sup>eg</sup> |
| 1 <sup>a</sup> (grupo control**) | 1528 $\pm$ 205                |                              |                              |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo (durante 2 horas al día).

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

e-g – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey,  $P < 0.05$ )

\*\*Nota: En este estudio como grupo control se utilizaron los resultados de todas las cabras ordeñadas el día 1 (antes de realizar el cambio de dieta).

Tabla No. 15. Análisis de Varianza del rendimiento de leche (en volumen) de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días).

| Rendimiento en volumen (mL) |                           |                |
|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| Efecto                      | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Tiempo                      | <0.0001                   | Significativa  |
| Dieta                       | 0.95                      | No hay efecto  |
| Interacción                 | 0.99                      | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con  $P < 0.05$

Gráfica No. 2. Rendimiento de leche de cabra (en volumen) en distintos días.

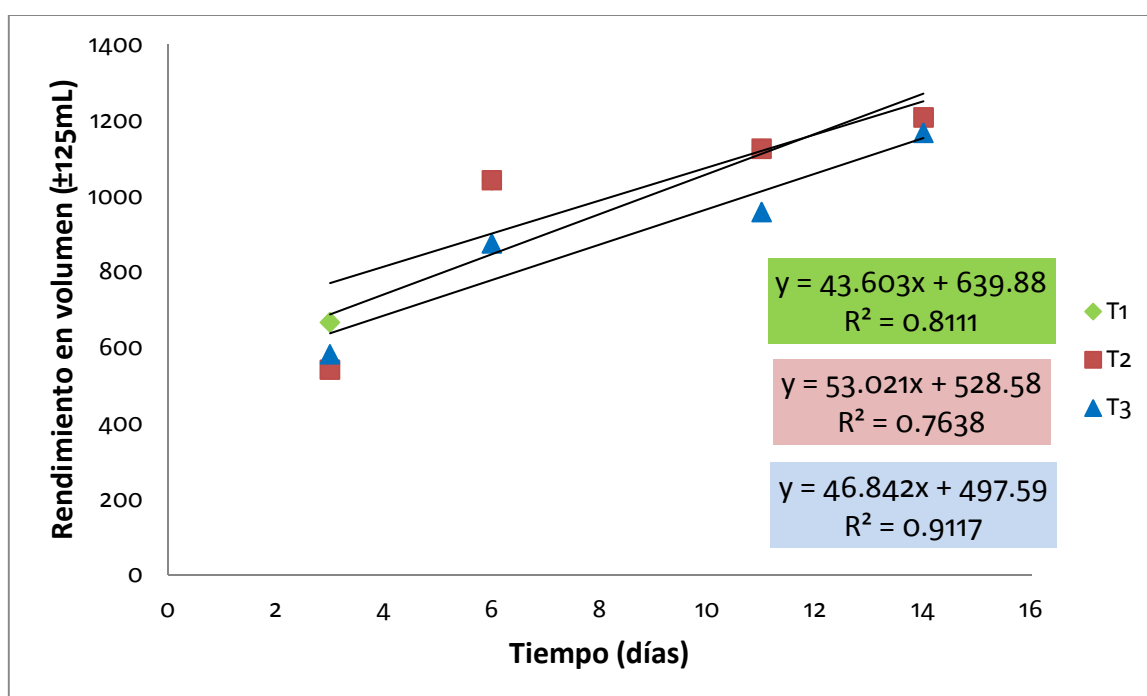


Tabla No. 16. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación a las dietas (T1, T2, T3) consumidas en distintos días.

| Tiempo (días)  | Rendimiento en peso (g)     |                             |                             |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                | Valor promedio $\pm \sigma$ |                             |                             |
|                | T1                          | T2                          | T3                          |
| 1 <sup>a</sup> | 944 $\pm$ 76 <sup>e</sup>   | 1061 $\pm$ 55 <sup>e</sup>  | 1118 $\pm$ 105 <sup>e</sup> |
| 3 <sup>c</sup> | 409 $\pm$ 151 <sup>f</sup>  | 382 $\pm$ 197 <sup>f</sup>  | 388 $\pm$ 224 <sup>f</sup>  |
| 6 <sup>d</sup> | 486 $\pm$ 95 <sup>fg</sup>  | 556 $\pm$ 167 <sup>fg</sup> | 584 $\pm$ 447 <sup>fg</sup> |

Continuación Tabla No. 16. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación a las dietas (T1, T2, T3) consumidas en distintos días.

| Tiempo (días)                    | Rendimiento en peso (g)     |                            |                            |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                  | Valor promedio $\pm \sigma$ |                            |                            |
|                                  | T1                          | T2                         | T3                         |
| 11 <sup>d</sup>                  | 750 $\pm$ 128 <sup>g</sup>  | 702 $\pm$ 203 <sup>g</sup> | 646 $\pm$ 397 <sup>g</sup> |
| 14 <sup>d</sup>                  | 769 $\pm$ 205 <sup>g</sup>  | 802 $\pm$ 198 <sup>g</sup> | 673 $\pm$ 476 <sup>g</sup> |
| 1 <sup>a</sup> (grupo control**) | 1041 $\pm$ 104              |                            |                            |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo (durante 2 horas al día).

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

e-g – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey,  $P < 0.05$ )

\*\*Nota: En este estudio como grupo control se utilizaron los resultados de todas las cabras ordeñadas el día 1 (antes de realizar el cambio de dieta).

Tabla No. 17. Análisis de Varianza del rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días).

| Rendimiento en peso (g) |                           |                |
|-------------------------|---------------------------|----------------|
| Efecto                  | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Tiempo                  | <0.0001                   | Significativa  |
| Dieta                   | 0.99                      | No hay efecto  |
| Interacción             | 0.71                      | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con  $P < 0.05$

Tabla No. 18. Modelos matemáticos obtenidos de la correlación lineal entre el tiempo de experimentación ( $t$ =días) y el rendimiento en peso ( $P$ =g) para cada dieta.

| Dieta | Ecuación lineal        | R <sup>2</sup> |
|-------|------------------------|----------------|
| T1    | $P = 36.212t + 295.78$ | 0.9499         |
| T2    | $P = 36.13t + 307.48$  | 0.9649         |
| T3    | $P = 23.548t + 372.68$ | 0.8176         |

Tabla No. 19. Día en que se habría alcanzado el rendimiento en peso promedio del grupo control (día 1) para cada dieta.

| Rendimiento en peso promedio (g) | Tiempo (días) |    |    |
|----------------------------------|---------------|----|----|
|                                  | T1            | T2 | T3 |
| 1041                             | 21            | 20 | 28 |

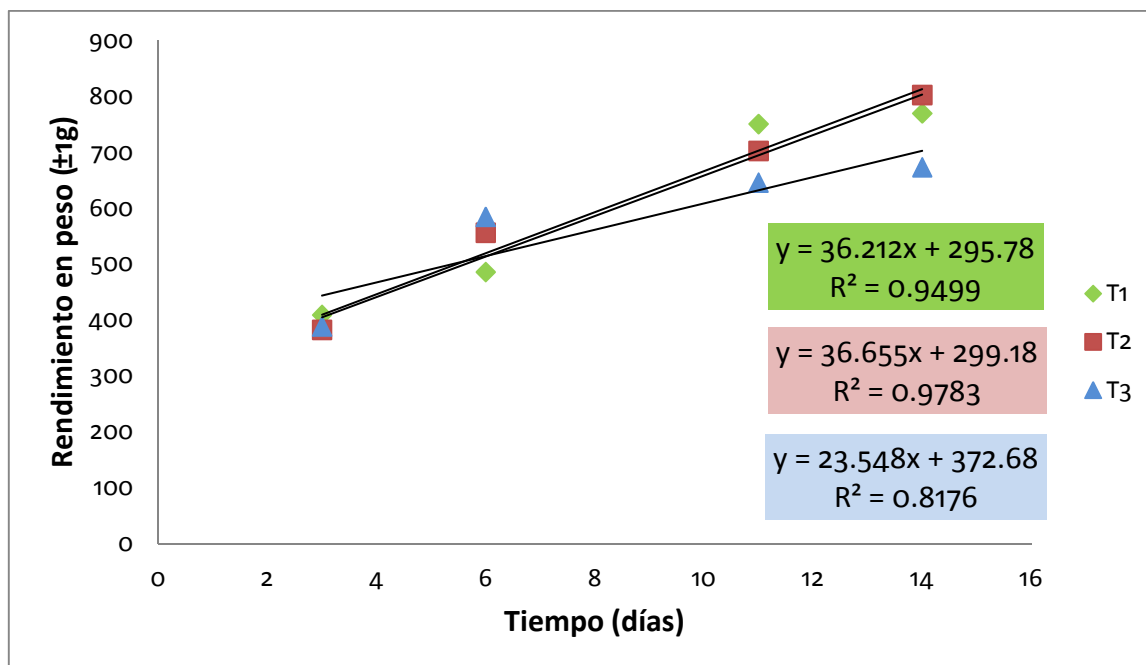
Tabla No. 20. Modelos matemáticos obtenidos de la correlación entre consumo de alimento ( $A=g/\text{tiempo de comida}$ ) y el rendimiento en peso ( $P=g$ ) para cada dieta.

| Dieta | Ecuación lineal        | $R^2$  |
|-------|------------------------|--------|
| T1    | $P = 1.5748A + 64.884$ | 0.7519 |
| T2    | $P = 1.7713A - 24.12$  | 0.9745 |
| T3    | $P = 0.8055A - 339.03$ | 0.4059 |

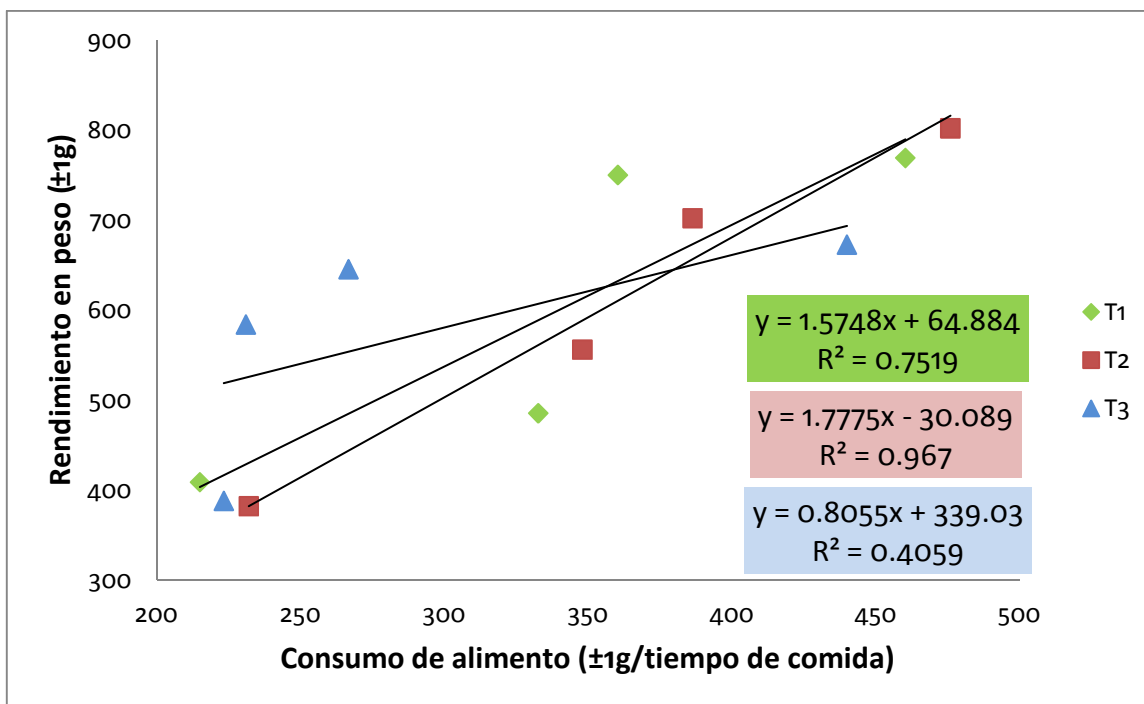
Tabla No. 21. Alimento que deben de consumir las cabras por tiempo de comida para alcanzar el rendimiento en peso promedio del grupo control (día 1).

| Rendimiento en peso promedio (g) | Consumo de alimento (g/tiempo de comida) |     |     |
|----------------------------------|--|-----|-----|
|                                  | T1                                       | T2  | T3  |
| 1041                             | 620                                      | 601 | 871 |

Gráfica No. 3. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en distintos días. (Relación lineal)



Gráfica No. 4. Rendimiento de leche de cabra (en peso) en relación al alimento consumido en el último tiempo de comida del día antes del ordeño. (Relación lineal)



## E. Determinación de la composición química de la leche de cabra

Tabla No. 22. Contenido de proteína en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas.

| Tiempo (días)                    | Proteína (%)                |                            |                            |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                  | Valor promedio $\pm \sigma$ |                            |                            |
|                                  | T1                          | T2                         | T3                         |
| 1 <sup>a</sup>                   | 3.1 $\pm$ 0.6 <sup>e</sup>  | 3.2 $\pm$ 0.2 <sup>e</sup> | 3.7 $\pm$ 1.0 <sup>e</sup> |
| 3 <sup>c</sup>                   | 3.4 $\pm$ 0.2 <sup>e</sup>  | 3.1 $\pm$ 0.3 <sup>e</sup> | 3.8 $\pm$ 1.1 <sup>e</sup> |
| 6 <sup>d</sup>                   | 3.3 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup>  | 3.3 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup> | 4.7 $\pm$ 2.8 <sup>e</sup> |
| 11 <sup>d</sup>                  | 3.2 $\pm$ 0.6 <sup>e</sup>  | 3.1 $\pm$ 0.3 <sup>e</sup> | 4.3 $\pm$ 2.3 <sup>e</sup> |
| 14 <sup>d</sup>                  | 3.2 $\pm$ 0.6 <sup>e</sup>  | 3.1 $\pm$ 0.2 <sup>e</sup> | 4.2 $\pm$ 1.9 <sup>e</sup> |
| 1 <sup>a</sup> (grupo control**) | 3.3 $\pm$ 0.6               |                            |                            |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo (durante 2 horas al día).

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

e – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey,  $P < 0.05$ )

\*\*Nota: En este estudio como grupo control se utilizaron los resultados de todas las cabras ordeñadas el día 1 (antes de realizar el cambio de dieta).

Tabla No. 23. Análisis de Varianza del contenido de proteína de la leche de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días).

| Proteína (%) |                           |                |
|--------------|---------------------------|----------------|
| Efecto       | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Tiempo       | 0.52                      | No hay efecto  |
| Dieta        | 0.47                      | No hay efecto  |
| Interacción  | 0.76                      | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con  $P < 0.05$

Gráfica No. 5. Relación entre el rendimiento de leche de cabra en peso y el contenido de proteína de la leche.

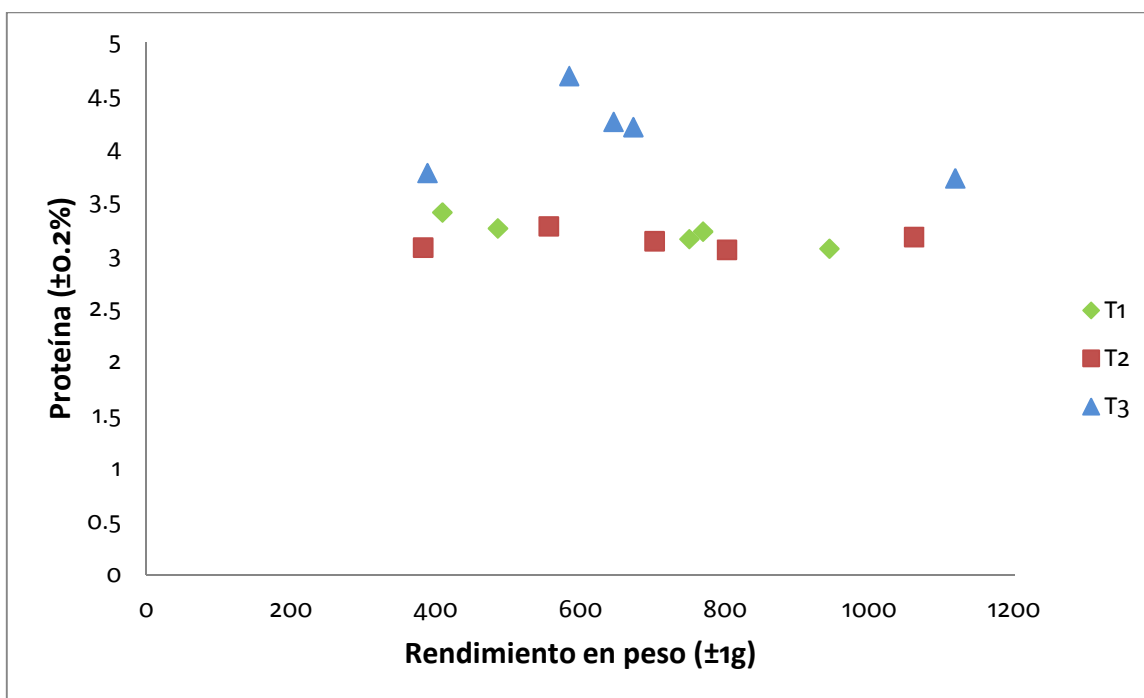


Tabla No. 24. Contenido de sólidos no grasos en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas.

| Tiempo (días)  | Sólidos no grasos (%)       |                            |                            |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                | Valor promedio $\pm \sigma$ |                            |                            |
|                | T1                          | T2                         | T3                         |
| 1 <sup>a</sup> | 8.0 $\pm$ 0.7 <sup>e</sup>  | 8.1 $\pm$ 0.2 <sup>e</sup> | 8.8 $\pm$ 1.2 <sup>e</sup> |
| 3 <sup>c</sup> | 8.4 $\pm$ 0.3 <sup>e</sup>  | 7.9 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup> | 8.8 $\pm$ 1.3 <sup>e</sup> |
| 6 <sup>d</sup> | 8.2 $\pm$ 0.6 <sup>e</sup>  | 8.2 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup> | 9.9 $\pm$ 3.3 <sup>e</sup> |

Continuación Tabla No. 24. Contenido de sólidos no grasos en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas.

| Tiempo (días)                    | Sólidos no grasos (%)       |                            |                            |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                  | Valor promedio $\pm \sigma$ |                            |                            |
|                                  | T1                          | T2                         | T3                         |
| 11 <sup>d</sup>                  | 8.1 $\pm$ 0.8 <sup>e</sup>  | 8.0 $\pm$ 0.4 <sup>e</sup> | 9.4 $\pm$ 2.7 <sup>e</sup> |
| 14 <sup>d</sup>                  | 8.2 $\pm$ 0.7 <sup>e</sup>  | 7.9 $\pm$ 0.2 <sup>e</sup> | 9.3 $\pm$ 2.3 <sup>e</sup> |
| 1 <sup>a</sup> (grupo control**) | 8.3 $\pm$ 0.8               |                            |                            |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo (durante 2 horas al día).

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

e – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey,  $P < 0.05$ )

\*\*Nota: En este estudio como grupo control se utilizaron los resultados de todas las cabras ordeñadas el día 1 (antes de realizar el cambio de dieta).

Tabla No. 25. Análisis de Varianza del contenido de sólidos no grasos de la leche de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días).

| Sólidos no grasos (%) |                           |                |
|-----------------------|---------------------------|----------------|
| Efecto                | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Tiempo                | 0.52                      | No hay efecto  |
| Dieta                 | 0.48                      | No hay efecto  |
| Interacción           | 0.77                      | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con  $P < 0.05$

Gráfica No. 6. Relación entre el rendimiento de leche de cabra en peso y el contenido de sólidos no grasos de la leche.

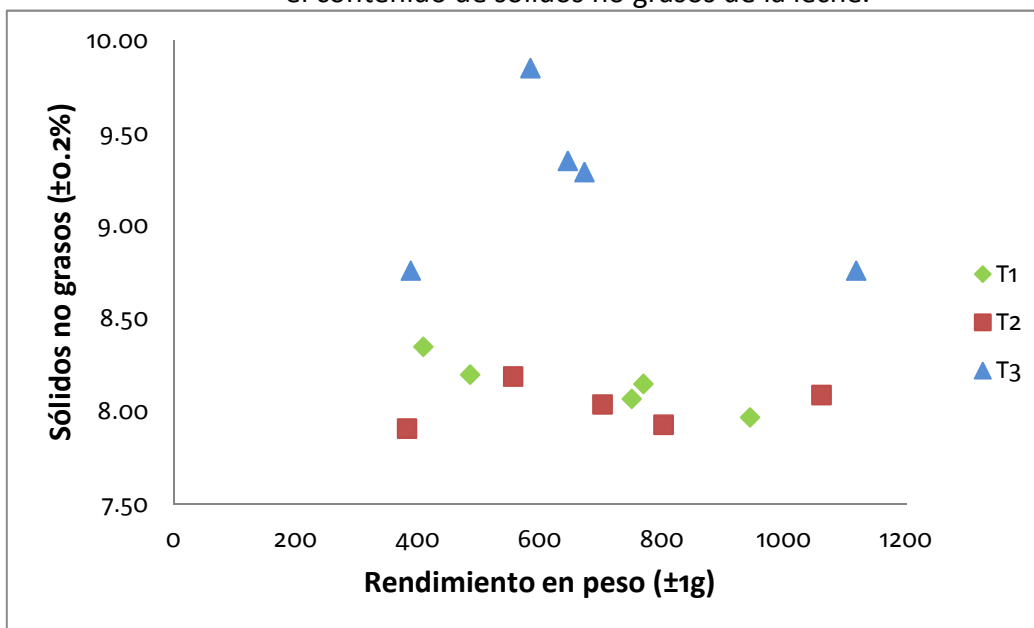


Tabla No. 26. Contenido de grasa en la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas.

| Tiempo (días)                    | Grasa (%)                   |                             |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                  | Valor promedio $\pm \sigma$ |                             |                             |
|                                  | T1                          | T2                          | T3                          |
| 1 <sup>a</sup>                   | 2.2 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup>  | 2.5 $\pm$ 0.6 <sup>e</sup>  | 3.0 $\pm$ 0.3 <sup>e</sup>  |
| 3 <sup>c</sup>                   | 3.6 $\pm$ 0.7 <sup>f</sup>  | 5.0 $\pm$ 3.2 <sup>f</sup>  | 5.0 $\pm$ 1.4 <sup>f</sup>  |
| 6 <sup>d</sup>                   | 2.7 $\pm$ 0.7 <sup>ef</sup> | 3.6 $\pm$ 1.4 <sup>ef</sup> | 5.0 $\pm$ 3.4 <sup>ef</sup> |
| 11 <sup>d</sup>                  | 2.9 $\pm$ 0.6 <sup>ef</sup> | 2.9 $\pm$ 0.5 <sup>ef</sup> | 4.4 $\pm$ 1.8 <sup>ef</sup> |
| 14 <sup>d</sup>                  | 2.7 $\pm$ 0.1 <sup>ef</sup> | 3.3 $\pm$ 0.6 <sup>ef</sup> | 4.6 $\pm$ 1.2 <sup>ef</sup> |
| 1 <sup>a</sup> (grupo control**) | 2.6 $\pm$ 0.5               |                             |                             |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo (durante 2 horas al día).

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo (durante 1 hora al día).

e-f – Promedios en la misma columna con letras en común no son significativamente diferentes (Tukey,  $P < 0.05$ )

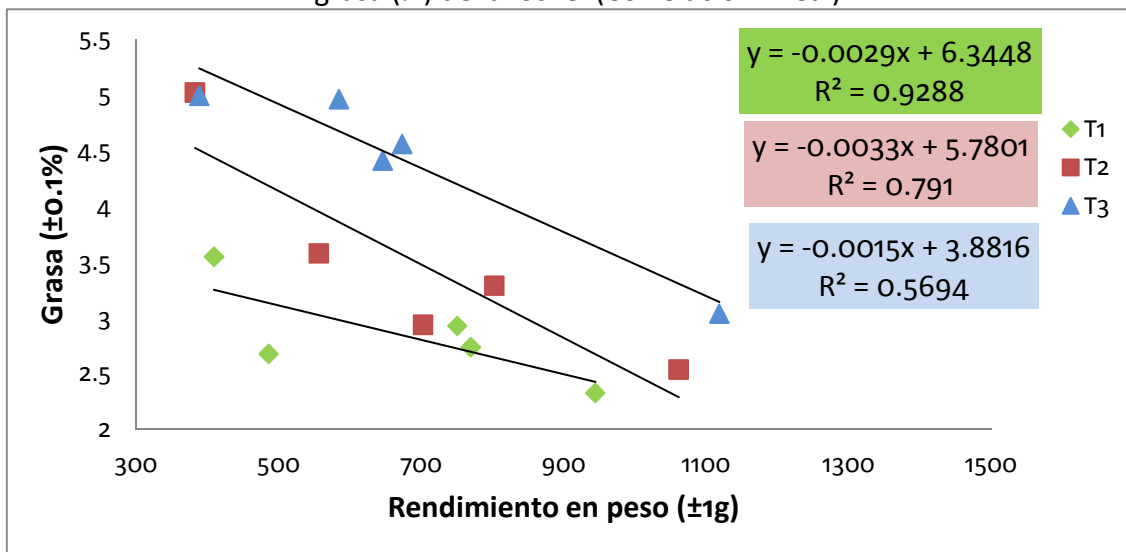
\*\*Nota: En este estudio como grupo control se utilizaron los resultados de todas las cabras ordeñadas el día 1 (antes de realizar el cambio de dieta).

Tabla No. 27. Análisis de Varianza del contenido de grasa de la leche de cabra en relación a las dietas (T1, T2 y T3) y al tiempo de experimentación (días).

| Grasa (%)   |                           |                |
|-------------|---------------------------|----------------|
| Efecto      | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
| Tiempo      | 0.02                      | Significativo  |
| Dieta       | 0.21                      | No hay efecto  |
| Interacción | 0.91                      | No hay efecto  |

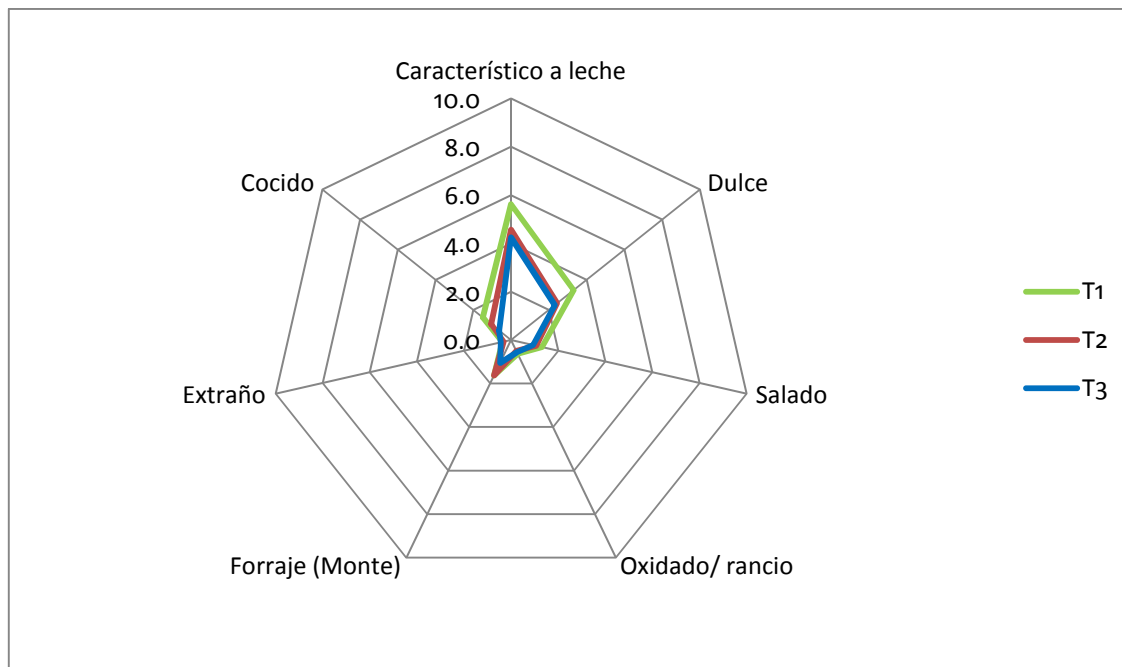
a – Probabilidad significativa con  $P < 0.05$

Gráfica No. 7. Relación entre el rendimiento de leche de cabra en peso y el contenido de grasa (%) de la leche. (Correlación lineal)

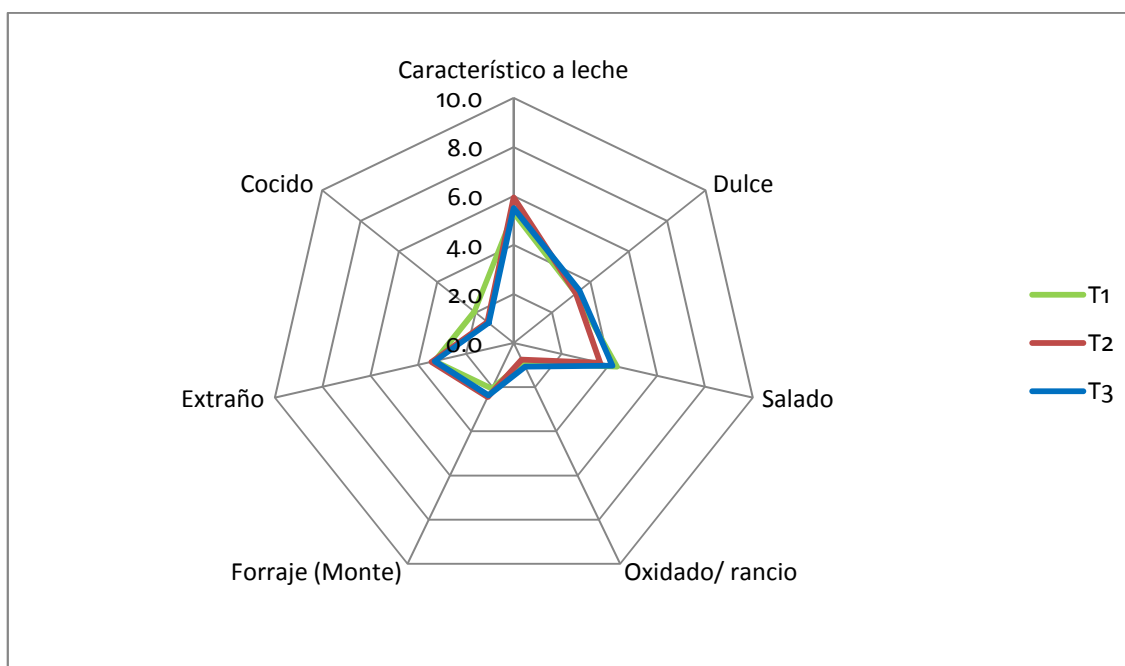


## F. Análisis sensorial de la leche de cabra

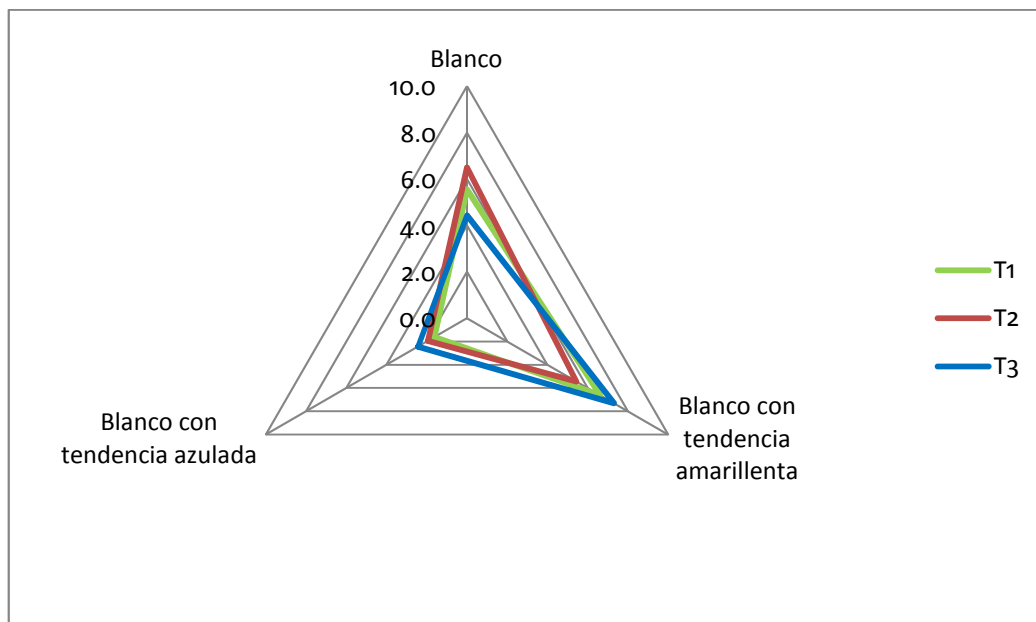
Gráfica No. 8. Perfil de olor de la leche de cabra.



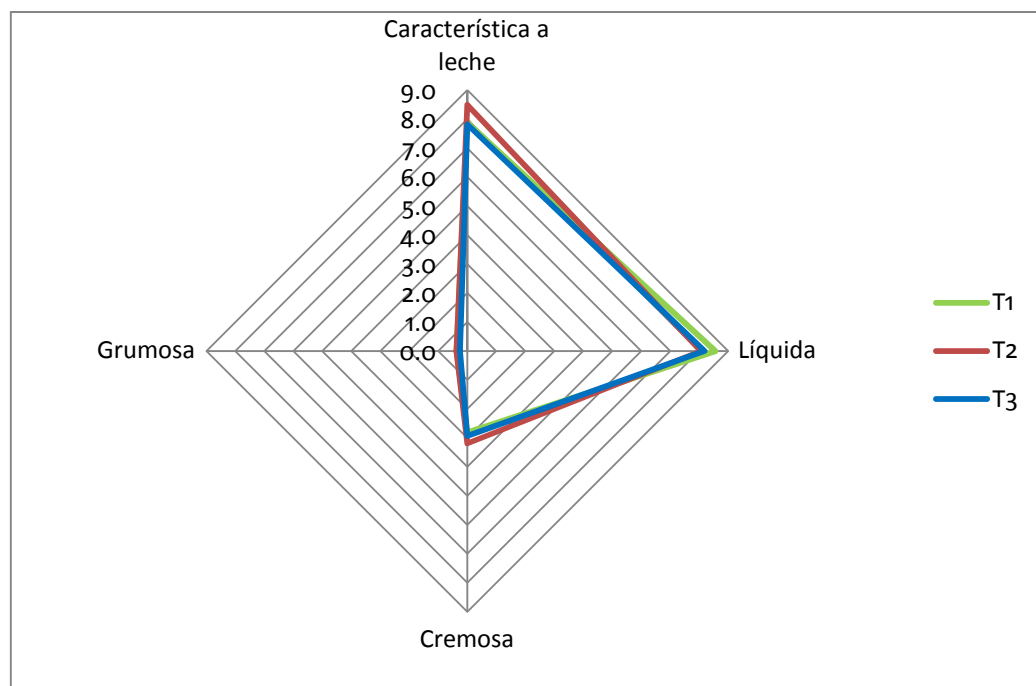
Gráfica No. 9. Perfil de sabor de la leche de cabra.



Gráfica No. 10. Perfil de color de la leche de cabra.



Gráfica No. 11. Perfil de textura de la leche de cabra.



Gráfica No. 12. Muestra de leche de cabra preferida por los panelistas.

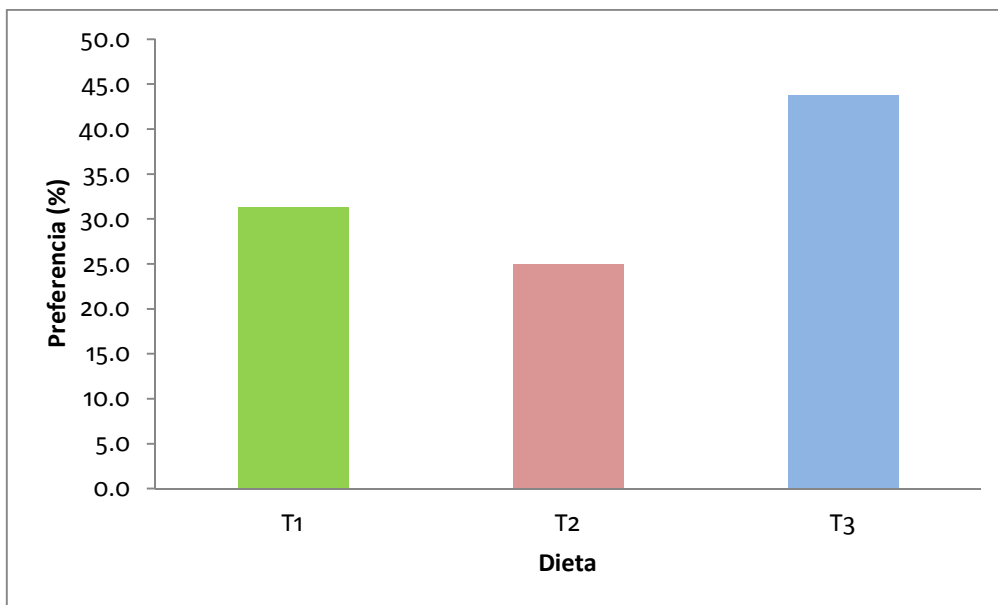


Tabla No. 28. Análisis de significancia estadística de la prueba de preferencia de las muestras de leche de cabra.

| Dieta | Frecuencia | Preferencia (%) | Probabilidad <sup>a</sup> | Interpretación |
|-------|------------|-----------------|---------------------------|----------------|
| T1    | 5          | 31              | >0.815                    | No hay efecto  |
| T2    | 4          | 25              | >0.815                    | No hay efecto  |
| T3    | 7          | 44              | >0.815                    | No hay efecto  |

a – Probabilidad significativa con  $P < 0.05$  utilizando la prueba binomial de dos extremos para  $n=16$  panelistas.

Tabla No. 29. Razones de la preferencia de cada muestra de leche de cabra.

| Comentarios  | Frecuencia |    |    |
|--|------------|----|----|
|  | T1         | T2 | T3 |
| Sabor menos extraño y/o más familiar a leche de vaca | 2          | 2  | 1  |
| Sabor menos intenso                                  | 1          | 1  | 3  |
| Mejor sabor  | 1          | 1  | 3  |
| Textura menos cremosa y más líquida                  | 2          | 2  | 1  |
| Olor agradable                                       | 2          | 0  | 0  |

## VII. DISCUSIÓN

En Guatemala, los concentrados para animales son producidos principalmente a partir de los mismos granos básicos de la nutrición humana, por lo que existe una competencia entre humanos y animales por estos recursos. Al ser el país con mayor desnutrición en América Latina es necesario garantizar el abastecimiento de granos básicos y de alimentos con mejor composición nutricional como lo es la leche de cabra. Además las cabras al ser animales rumiantes pueden utilizar y digerir mejor los componentes de plantas como la Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*), por lo que debería de considerarse la incorporación de plantas autóctonas en la alimentación animal.

Por las razones mencionadas en el párrafo anterior, en este estudio se evaluó el efecto de la chaya sobre la producción, composición, valor nutritivo y características organolépticas de la leche de cabra. Para ello se desarrollaron tres concentrados con distintas proporciones de chaya y maralfalfa (*Pennisetum sp.*) deshidratadas, que cumplieran con los requerimientos diarios para cabras productoras de leche. No obstante, los concentrados se formularon principalmente con el fin de satisfacer el requerimiento de proteína para cabras lecheras establecido por el National Research Council (NRC). (Giménez, 1994)

### A. Formulación y desarrollo de dietas

En el diseño de las formulaciones para cada dieta se evitó el uso de granos y legumbres básicos de la alimentación humana con el fin de evitar la competencia entre humanos y animales por estos recursos. Por consiguiente se decidió utilizar subproductos de la industria de alimentos, como lo son el afrecho de trigo y la harina de palmiste blanca (desgrasada con hexano), para complementar las dietas de chaya y maralfalfa. Además se le agregó a las dietas sal y una mezcla de minerales y vitaminas comercial (Pecutrín®).

En un principio se deseaba desarrollar dietas, cuyos componentes mayoritarios y principales fuentes de proteína fueran el forraje de chaya y/o el pasto maralfalfa deshidratados. Por consiguiente, en la primera formulación (Formulación F1) realizada la chaya y la maralfalfa conformaban un 50% de cada dieta. No obstante, estas dietas presentaron una alta variabilidad en el contenido de proteína, y por ende fue necesario disminuir la proporción chaya-maralfalfa a un 38% y además añadirle 0.5% y 1% de urea a las dietas T2 y T3, respectivamente.

Las dietas T2 y T3 contenían maralfalfa deshidratada, que fue la que causó problemas durante la formulación de las dietas, ya que su contenido de proteína que varió entre 8.82% hasta 18.89% (Ver Apéndice, Tabla No. 52). La maralfalfa utilizada en este estudio se cosechó al alcanzar una altura entre 1.0 y 1.5 metros, y tenía entre 5 y 7 semanas de crecimiento. La literatura indica que el contenido de nitrógeno total (NT) en el pasto maralfalfa es muy sensible al efecto de las frecuencias de corte y se recomienda cosecharlo a las seis semanas de crecimiento para optimizar el valor nutricional del pasto y evitar que el contenido de nitrógeno disminuya bastante. (Clavero *et al.*, 2009) Además varios agricultores en Guatemala que han utilizado el pasto maralfalfa indican que este pasto en las primeras cosechas presenta valores altos de proteína, similares a los encontrados en la literatura, sin embargo, después de unos años disminuye el contenido de proteína y no se logra mejorar ni con una buena fertilización.

La alta variabilidad en el contenido de proteína de las dietas T2 y T3 se solucionó añadiéndole urea. El uso de urea como fuente de nitrógeno no proteico es una práctica común en la elaboración de concentrados para rumiantes para mejorar la calidad del alimento e incrementar el rendimiento de leche, sin embargo, el porcentaje de urea no debe superar el 1% en masa en base seca de la dieta total para evitar que los animales se intoxiquen (COGUANOR, 1988; Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2011). Además para obtener una mejor dispersión de la urea en las dietas se mezcló con 5% de melaza-agua antes de añadirla a la mezcla seca de ingredientes.

Después de realizar las modificaciones se obtuvo dietas (Formulación F2) con un contenido de proteína entre 15.42% y 15.68% (Ver Tabla No. 6), por lo que se alcanzó el valor recomendado de proteína para cabras lecheras establecido por el NRC (Giménez, 1994) y además no hubo un efecto significativo de las dietas sobre el nivel de proteína. Como se verá más adelante éstas no fueron las formulaciones finales utilizadas, debido a que no fueron aceptadas por las cabras.

Para lograr que las cabras consumieran el alimento fue necesario incrementar la proporción de melaza-agua a un 15% (Formulación F4), lo que disminuyó la cantidad total de chaya y maralfalfa a un 34% y también provocó una caída en el contenido de proteína entre 13.35% y 14.17% (Ver Tabla No. 6), por lo que las dietas no cumplieron con el requerimiento de proteína para cabras lecheras. No obstante, se decidió utilizar esta formulación, debido a que el déficit de proteína se puede compensar con un mayor consumo de alimento. Las cabras fueron alimentadas los primeros 3 tiempos de comida del estudio con las dietas de la formulación F2, los siguientes 2 tiempos de comida con las de la formulación F3 y el resto del estudio con las de la formulación F4.

La adición de una alta proporción de melaza-agua a las dietas dificultó el proceso de mezclado, ya que fue necesario pasar la mezcla por un tamiz para reducir la formulación de grumos. La proporción de melaza-agua en las dietas podría reducirse bastante utilizando tecnologías de procesamiento alternas, como lo son el peletizado y el ensilaje, que a la vez tienen muchas otras ventajas. El peletizado disminuye la producción de finos, reduce la separación de ingredientes, mejora la palatabilidad de las dietas, aumenta la digestibilidad de los almidones y proteínas, e incrementa la vida de anaquel de los alimentos. (Revollo, 2003) Asimismo el ensilaje mejora la palatabilidad de los alimentos y reduce la presencia de sustancias tóxicas como los glucósidos cianogénicos presentes en la hoja de chaya. (Chedly *et al.*, 1999) No obstante, para implementar estas tecnologías se requiere una mayor inversión. En el proceso de peletizado se necesitan

recursos para la compra, instalación y operación del peletizador. En el caso del ensilaje se necesitan silos adecuadamente contruidos para llevar a cabo el proceso de fermentación e instalaciones para reducir la humedad de los materiales a valores entre 50% y 75%. (Chedly *et al.*, 1999)

Con lo que respecta a la preparación de cada dieta, se puede mencionar que las dietas a base de forraje de chaya son un poco más complicadas de elaborar que las de pasto maralfalfa. En primer lugar, el corte de forraje de chaya no se puede realizar de forma mecánica, lo que dificultaría su explotación a nivel industrial. Además durante el corte de los forrajes es difícil controlar que todas las muestras tengan la misma proporción de hoja, tallo y tronco. Para poder utilizar el forraje en la elaboración de concentrados para animales es importante que las muestras sean lo más homogéneas posibles para evitar que el nivel de proteína varíe demasiado, debido a que la hoja tiene un mayor contenido de proteína (26.66%) y tanto el tronco como el tallo presentan valores mucho más bajos (8.64% y 8.27%, respectivamente) (Ver Apéndice, Tabla No. 51). Por esta razón, durante el corte del forraje se especificó que las muestras tuvieran aproximadamente un largo de 50cm en base al tronco principal. No obstante, ya en la práctica por cuestiones de tiempo es muy difícil realizar los cortes de esta forma y también este proceso no garantiza que la proporción de los componentes sea homogénea, ya que todos los árboles de chaya son distintos. En el caso de la maralfalfa, se presentaron altas variaciones en el contenido de proteína, lo que dificultó la elaboración de las dietas al tenerles que agregar urea para estandarizarlas.

En este estudio, también se volvió más complicada la elaboración de las dietas a base de chaya, debido a que las plantaciones de chaya en Baja Verapaz todavía no habían crecido lo suficiente para poder utilizarlas y fue necesario obtenerla de los campos de Proesur en Escuintla. Este factor añadido a que el estudio fue realizado en invierno dificultó que el forraje de chaya fuera procesado como se había planeado (picado entero y secado al sol). En cambio, fue necesario separar las hojas del resto para evitar

que se degradaran y se secaron usando el secador de bandejas del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. El resto se trasladó en base húmeda a Baja Verapaz, se picó utilizando una picadora de forraje y se secó al sol. Después se molió todo utilizando un molino de martillos y se mezclaron las dos partes para obtener el forraje de chaya deshidratado. Por el contrario, el pasto maralfalfa sí se obtuvo de las plantaciones en Baja Verapaz, se picó utilizando una picadora de forraje y se secó al sol.

La ventaja principal de la chaya desde el punto de vista agronómico es que crece en diferentes climas, altitudes y características del terreno. Además no requiere de condiciones y cuidados especializados para su desarrollo. (Peregrine, 1983) La chaya al igual que otros forrajes y pastos se recorta cada cierto tiempo y vuelve a crecer, a diferencia de las siembras de granos y leguminosas que se tienen que volver a sembrar después de cada cosecha. Esto elimina la necesidad de realizar grandes inversiones para la limpieza de los terrenos y posterior siembra de los cultivos.

Con el fin de optimizar el valor nutricional y el rendimiento del forraje de chaya y del pasto maralfalfa en la elaboración de alimentos para cabras es necesario que se lleven a cabo más estudios agronómicos. Entre los estudios que se podrían realizar con relación al forraje de chaya están la determinación del intervalo adecuado de corte, el efecto de la altura de siembra sobre el contenido de proteína y producción de biomasa, entre otros. En el caso del pasto maralfalfa se debe de evaluar si en realidad sucede lo que opinan algunos agricultores de Guatemala, al decir que este pasto va perdiendo su calidad proteica después de unos años de haberse cultivado.

## **B. Determinación de la composición química de los concentrados**

Se realizaron análisis químicos de las dietas de la última formulación (F4) para determinar su composición y caracterizarlas. Para lograrlo se llevaron a cabo análisis de

proteína, grasas, humedad, cenizas, carbohidratos fibra cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido por métodos de la AOAC. (AOAC, 2006) En las Tablas No. 8 y 9 se presentan los resultados para todos estos parámetros y su respectivo análisis de varianza.

Según el NRC las cabras lecheras para su mantenimiento y producción de leche con 3% de grasa necesitan mínimo 15% de proteína. (Giménez, 1994) Todas las dietas de la formulación F4 presentaron valores ligeramente menores al recomendado por el NRC y además las dietas no tuvieron un efecto significativo sobre los distintos valores obtenidos. El bajo contenido de proteína se atribuyó principalmente al incremento de melaza-agua en las dietas para lograr que las cabras consumieran el alimento.

El contenido de cenizas en las dietas presentó diferencias significativas y fue mayor para la dieta que contenía sólo maralfalfa (T3), posiblemente por las cenizas contenidas en este pasto y/o por la adición de urea. El contenido de cenizas en los alimentos para animales no indica nada sobre su calidad mineral, y es necesario realizar análisis para evaluar minerales específicos como el calcio, fósforo, potasio, entre otros. (Smallstock in Development, 2011)

En Guatemala no existe una norma COGUANOR que especifique la elaboración de concentrados para cabras, sin embargo, la norma COGUANOR 34 172 que es para ganado bovino, se puede utilizar de referencia para algunos parámetros químicos, como la humedad, grasa y fibra cruda. El contenido de humedad de las dietas varió entre 10.85% y 11.61%, y sí cumple con la norma COGUANOR 34 172, que indica que los concentrados para vacas lecheras pueden tener como máximo 16.0% de humedad. Además las distintas dietas no tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de humedad de los alimentos. Es importante que se cumpla con este parámetro para evitar el deterioro microbiológico, el crecimiento de microorganismos patógenos, el

desarrollo de micotoxinas, para prolongar de la vida de útil del alimento y reducir el índice de enfermedades debido al consumo de alimentos contaminados.

Según la norma COGUANOR 34 172 los concentrados para vacas lecheras deben de contener mínimo 2.0% de grasa. En las dietas que tenían chaya (T1 y T2) sí se logró superar el valor indicado, pero el contenido de grasa en la dieta con 34% de maralfalfa (T3) fue un poco más bajo. El porcentaje de grasa fue significativamente diferentes entre cada una de las dietas, por consiguiente las distintas proporciones de chaya-maralfalfa sí tienen un efecto sobre el contenido de grasa del alimento final. Las grasas junto con los carbohidratos son fuentes de energía para las cabras y una carencia de energía puede disminuir la producción de leche y hasta afectar la salud del animal. (Giménez, 1994) Además las grasas en las dietas contribuyen a la absorción de vitaminas liposolubles y pueden minimizar las partículas finas en las mezclas. (Machen, 2011) En este caso, para aumentar el contenido de grasa de las dietas se podría añadir directamente grasas y/o aceites, sustituir parcial o totalmente la harina de palmiste blanca (desgrasada por métodos químicos) con harina de palmiste negra (desgrasa por métodos físicos) o añadir otras materias primas con un contenido de grasa superior. Antes de realizar cualquier modificación es importante verificar que no se vea afectado negativamente el contenido de proteína y que no se incremente demasiado el porcentaje de grasa, lo que podría disminuir la vida útil del alimento (oxidación y rancidez) y provocar un rechazo del alimento por parte de las cabras. Además las dietas no deben contener más del 5% de grasa, ya que altos niveles pueden reducir la ingesta voluntaria de alimento o causar problemas gastrointestinales. (Machen, 2011)

Como se mencionó anteriormente es importante que los concentrados para cabras contengan suficiente cantidad de energía, que es aportada en parte por los carbohidratos. En las dietas elaboradas se observó una diferencia significativa en el contenido de carbohidratos entre las tres dietas, conteniendo más carbohidratos las

dietas con una mayor proporción de chaya. Por esta razón, se puede concluir que las dietas con chaya proporcionan más energía que las dietas con maralfalfa.

Las cabras lactantes deben ingerir una cantidad adecuada de fibra dietética para prevenir la reducción de grasa en la leche. Por esta razón, en el estudio realizado por Lu *et al.* (2005) se determinó que los alimentos para cabras lactantes de alta producción deben de tener 18-20% de fibra detergente ácido (FDA) o 41% de fibra detergente neutro (FDN). No obstante, un alto contenido de fibra en los alimentos puede afectar negativamente el consumo voluntario de alimento al incrementar el tiempo de alimentación, rumia y masticación.

En este caso, se observó que al incrementar la proporción de maralfalfa en las dietas, se obtuvo valores más altos de FDA y FDN, presentándose diferencias significativas en cada parámetro evaluado. La FDN proporciona saciedad y está inversamente relacionado con la ingesta de alimento, por consiguiente se prefieren los alimentos con bajo contenido de FDN. (McGuire, 2010) El contenido de FDN en la dieta que contenía 34% de chaya (T1) fue bastante bajo en comparación con el valor recomendado por el estudio. En base a estos resultados, se podría deducir que la ingesta de este alimento tendería a ser mayor que en las dietas con maralfalfa (T2 y T3), pero las cabras producirían leche con un menor contenido de grasa.

Los valores de FDA están relacionados inversamente con la digestibilidad de los alimentos. Mientras más alto sea el valor de FDA en una dieta, menos energía proporcionará. Las dos dietas que tenían chaya (T1 y T2) presentaron los valores más bajos de FDA y cumplieron con lo establecido por el estudio. Por el contrario, el contenido de FDA en la dieta T3 (34% de maralfalfa) superó el valor recomendado, y por ende se puede concluir que mientras más maralfalfa contenga un alimento, menos energía proporcionará.

El contenido de fibra cruda varió significativamente en las dietas, presentando valores entre 9.74% y 16.59%. Las dietas que contenían maralfalfa (Dietas T2 y T3) obtuvieron los valores más altos de fibra cruda, sin embargo, todas cumplieron con lo especificado por la norma COGUANOR 34 172, que indica que los concentrados para vacas lecheras no deben tener más de 17.0% de fibra cruda. El análisis de fibra cruda ya no se utiliza como parámetro para la elaboración de alimentos para rumiantes, debido a que se ha sustituido por el análisis de FDA y FDN. (Wright *et al.*, 2008)

### **C. Evaluación del consumo de alimento**

Para evaluar el efecto de la chaya y la maralfalfa sobre la palatabilidad de las dietas se determinó el consumo de alimento (g/tiempo de comida) en distintos tiempos de comida. Todos los días se le proporcionó a cada cabra 1 kg de alimento dividido en dos partes iguales, que equivalía a un poco más del 2% del peso vivo de una cabra, el cual era el valor especificado por el National Research Council para cabras de aproximadamente 90 libras de peso vivo. (Giménez, 1994) En la Tabla No. 11 se observa que la diferencia entre el consumo de alimento para las tres dietas en relación al tiempo de experimentación sí es estadísticamente significativa. Además en la Gráfica No. 1 se puede observar una correlación lineal creciente entre el consumo de alimento y el tiempo de experimentación para las tres dietas, con valores altos para  $R^2$  ( $T_1=0.8261$ ,  $T_2=0.7399$ ,  $T_3=0.8501$ ). Esto comprueba que las cabras necesitan un tiempo de adaptación al proporcionarles estas dietas.

El consumo de concentrado disminuyó demasiado los primeros días de experimentación, que fue el período durante el cual las cabras consumieron las dietas con mayor proporción de chaya-maralfalfa y menor cantidad de melaza-agua. Esta caída en el consumo de alimento se atribuyó principalmente a la alta cantidad de partículas finas que se desprendían de las distintas dietas. La literatura indica que las cabras tienden a rechazar los concentrados elaborados a partir de materias primas que

favorecen la formación de finos y que contienen partículas de tamaño muy pequeño (<1mm). (Jimeno, V., Rebollar, P.G. y Castro, T., 2003) Durante la molienda la chaya y la maralfalfa desprendieron partículas muy finas, que no se lograron compactar efectivamente con la cantidad de melaza utilizada inicialmente. Por esta razón, se decidió incrementar el contenido de melaza-agua en las dietas de un 5% (Formulación F2) hasta un 15% (Formulación F4). Esta acción disminuyó bastante las partículas finas y mejoró la palatabilidad de las dietas. En la Tabla No. 13 se puede observar que la diferencia entre el consumo de alimento y el contenido de melaza-agua (formulación) en las tres dietas sí fue estadísticamente significativa y positiva, por lo que fueron adecuadas las modificaciones realizadas. La disminución en el consumo de alimento también se atribuyó al cambio repentino de dieta que sufrieron las cabras. La literatura indica que las cabras reducen el consumo con la administración de un nuevo forraje o concentrado, es por ello que se recomienda realizar los cambios de dietas de forma lenta y progresiva. (Jimeno *et al.*, 2003)

Las distintas dietas proporcionadas (T1, T2, T3) no presentaron un efecto significativo sobre el consumo de alimento (Ver Tabla No. 11). Este resultado se pudo haber dado por la proporción de chaya-maralfalfa en las dietas, que no era suficiente para notar una diferencia significativa sobre el consumo, ya que la mayor parte de las dietas era constante. Además este resultado indica que las dietas de chaya y/o maralfalfa son igualmente aceptadas estadísticamente por las cabras y que no se ve afectada su palatabilidad por la adición de estos compuestos. A pesar de que no hubo diferencia significativa en el consumo de las distintas dietas, en la práctica sí se observó un menor consumo de la dieta T3 en los distintos tiempos de comida muestreados. La dieta T3 contenía sólo maralfalfa y como se observa en la Tabla No. 8 era la dieta con mayor contenido de FDN, lo que pudo haber incrementado el tiempo de alimentación, rumia y masticación y por ende afectado negativamente la ingesta voluntaria de alimento. (Lu *et al.*, 2005)

Para evitar que las cabras rechacen el concentrado se recomienda el uso de una malla con agujeros de mayor apertura durante la molienda para disminuir la formación de finos, sin embargo, el alimento no debe de contener partículas muy grandes para evitar el consumo selectivo de alimento y una disminución en la ingesta voluntaria de alimento. (Jimeno *et al.*, 2003; Lu *et al.*, 2005) Asimismo se recomienda la adición de mayor proporción de melaza-agua para disminuir las partículas finas y aumentar la palatabilidad de éstas, y realizar los cambios de dieta lenta y progresivamente.

#### **D. Determinación del rendimiento de leche**

El efecto de la chaya y la maralfalfa sobre la producción de leche se determinó al medir el rendimiento de leche, en peso y en volumen, de cada cabra en distintos días. En las Tablas No. 15 y 17 se observa que las distintas dietas no tuvieron un efecto significativo sobre la producción (en peso y en volumen) de la leche de cabra, debido seguramente a que la mayor parte de las dietas era constante. Por el contrario, el rendimiento en peso y en volumen al ingerir las tres dietas varió significativamente en relación al tiempo de experimentación. El rendimiento de leche de cada día muestreado se comparó con el rendimiento obtenido en el ordeño antes de iniciar la alimentación de las cabras con las respectivas dietas, que se tomó como el grupo control (Día 1).

En todas las dietas los rendimientos en peso de la leche obtenidos a lo largo del estudio (Días 3, 6, 11 y 14) variaron significativamente con respecto al grupo control y siempre fueron menores (Ver Tabla No. 16). No obstante, en la Gráfica No. 3 se puede observar una relación lineal positiva entre el rendimiento y el tiempo de experimentación con valores altos para  $R^2$  ( $T_1=0.9499$ ,  $T_2=0.9649$ ,  $T_3=0.8176$ ), sugiriendo que de haber realizado el estudio por más días se habría logrado alcanzar o superar la producción de leche en peso para todas las dietas. Utilizando el valor promedio del rendimiento en peso de los tres grupos en el día 1, que es de  $1041 \pm 104$ g de leche por cabra y los modelos matemáticos de la regresión lineal para cada dieta, se

puede deducir que habría sido posible alcanzar la producción del grupo control en un período de 21 días para la dieta T1 (34% chaya), de 20 días para la dieta T2 (17% chaya y 17% maralfalfa) y de 28 días para la dieta T3 (34% maralfalfa). A pesar de que las distintas dietas no tuvieron un efecto significativo sobre la producción, los resultados muestran que la tasa de incremento en la producción es mayor para las dietas con chaya T1 y T2, que para la dieta que contenía sólo maralfalfa (T3).

En el caso del rendimiento de leche en volumen (Ver Tabla No. 14), las muestras obtenidas en los distintos días variaron significativamente en relación al grupo control ( $1528 \pm 205$  mL), con excepción del último día muestreado (Día 14). Estos resultados indican que el rendimiento en volumen del grupo control sí se logró alcanzar en el último día de experimentación, a diferencia de lo ocurrido con el rendimiento de leche en peso. Para fines de estudio se prefiere el dato de rendimiento en peso, ya que es más confiable que el de volumen, debido a que la formación de espuma dificultó la lectura del volumen de la leche y también este valor depende de la densidad de cada muestra de leche.

Es importante notar que las cabras utilizadas en este estudio se encontraban entre el sexto y séptimo mes de lactancia. La literatura indica que la producción de leche se incrementa hasta los primeros 50 a 80 días después del parto y luego disminuye progresivamente hasta el final de la lactancia, que normalmente dura entre 8 y 10 meses. (Salvador *et al.*, 2007) En este estudio, el estado de lactancia en el que se encontraban las cabras pudo haber influido en la menor producción de leche, por lo que se recomienda realizar pruebas con cabras que tengan pocos meses de paridas y/o contar con un grupo control durante todo el estudio.

Anteriormente se observó que el consumo de alimentos, al igual que el rendimiento en peso, se incrementó conforme pasaba el tiempo de experimentación. Por esta razón, se evaluó si el aumento en el rendimiento en peso se debía en sí a un mayor consumo

de alimento por parte de las cabras. En la Gráfica No. 4 se puede observar que existe una relación lineal entre el consumo de alimento y la producción de leche. Es por ello que se puede asumir que el incremento en la producción de leche a través de los días, en realidad se debió a una mayor ingesta de alimento al irse adaptando las cabras a la nueva dieta. Utilizando los modelos obtenidos por la regresión lineal para cada dieta se podría decir que para alcanzar la producción promedio de  $1041 \pm 104$ g de leche del grupo control (día 1) sería necesario darle a las cabras más alimento por tiempo de comida. Las cabras alimentadas con las dietas que tenían chaya (T1 y T2) tendrían que ingerir 620g y 601g, respectivamente. Mientras que al alimentarlas con la dieta de maralfalfa (T3) necesitarían consumir 871g por tiempo de comida. Debido al alto contenido de FDN en la dieta T3 sería difícil lograr que las cabras consumieran esta cantidad de alimento y por ende sería casi imposible igualar la producción del grupo control. En este caso, se muestra otra vez una menor eficiencia en la producción de leche de cabra al ingerir la dieta T3, lo que puede estar relacionado al alto contenido de FDN y FDA en el alimento.

La necesidad de proporcionarles a las cabras más alimento para alcanzar la producción del grupo control, puede deberse al bajo contenido de proteína en las dietas. Al reformular las dietas se había considerado esta situación, pero se decidió utilizar la formulación F4, ya que el déficit de proteína podría ser compensado con una mayor ingesta de alimento. En la práctica por fines económicos es importante tratar de cumplir con el requerimiento proteico para no tener que proporcionarles a las cabras una mayor cantidad de alimento, ya que esto incrementaría los costos de alimentación.

## **E. Determinación de la composición química de la leche de cabra**

La composición química de la leche se determinó para evaluar el efecto de la incorporación de chaya y maralfalfa en las dietas sobre este parámetro. Para ello se analizó el contenido de proteína, grasa y sólidos no grasos usando el analizador de leche automático "Ekomilk".

El nivel de proteína en la leche de cabra en el día 1 (grupo control) era de  $3.3 \pm 0.6\%$ , que es un resultado ligeramente superior al valor promedio reportado por la literatura, que es de  $3.2\%$ . (Ministerio de Salud Pública del Perú, 2009) Este parámetro no varió significativamente en relación a las dietas proporcionadas o al tiempo de experimentación (Ver Tabla No. 23), por consiguiente se puede afirmar que la alimentación de cabras con estas dietas mantiene la calidad proteica de la leche. En las Gráfica No. 5 se puede observar que el nivel de proteína, en relación a la producción de leche, fue relativamente constante para cada grupo. Esto difiere con la literatura que indica que el contenido de proteína aumenta a medida que disminuye el rendimiento lácteo. (Salvador *et al.*, 2007)

El mismo comportamiento se pudo observar con el contenido de sólidos no grasos (SNG) en la leche de cabra. En el día 1 (grupo control) la concentración de SNG era de  $8.3 \pm 0.8\%$  y este parámetro no varió significativamente al alimentar a las cabras con las distintas dietas en todo el tiempo de experimentación (Ver Tabla No. 25). Esto indica que la incorporación de chaya y/o maralfalfa a las dietas no tiene efecto significativo sobre el nivel de SNG de la leche. Además en la Gráfica No. 6 se puede ver que el nivel de SNG no varió significativamente en relación a la producción de leche.

Por último, el contenido de grasa de la leche del grupo control (Día 1) era de  $2.6 \pm 0.5\%$ , valor que se encuentra por debajo del valor promedio reportado en la literatura para la leche de cabra, que es de  $3.8\%$ . (Ministerio de Salud Pública del Perú, 2009) En este caso, se esperaba que el grupo de cabras alimentadas con la dieta T3 (sólo maralfalfa) produjera leche con mayor contenido de grasa debido a su concentración de fibra, sin embargo, el nivel de grasa no se vio afectado significativamente por el consumo de las distintas dietas. Por el contrario, el tiempo de experimentación sí tuvo un efecto significativo sobre este parámetro (Ver Tabla No. 27), que se debió principalmente a una mayor producción de leche al irse adaptando las cabras al alimento. En las Gráficas No. 7

se puede observar que existe una relación lineal inversa (T1:  $R^2=0.9288$ ; T2:  $R^2=0.791$ ; T3:  $R^2=0.5694$ ) entre el nivel de grasa en la leche y el rendimiento. Por lo tanto, los resultados obtenidos sí concuerdan con la información encontrada en la literatura, que indica que la grasa en la leche disminuye al incrementarse la producción. (Salvador *et al.*, 2007) A pesar de que no hubo diferencia significativa entre la grasa de la leche del día 1 (grupo control) y la del último día de experimentación (Día 14), es importante verificar que el nivel de grasa no disminuya aún más al alimentar a las cabras por un período mayor a 14 días, como consecuencia de un incremento en el rendimiento de leche.

En lo que respecta a la composición química de la leche, se puede concluir que la incorporación de chaya y/o maralfalfa a las dietas mantiene la calidad nutricional de la leche. En el futuro, se recomienda realizar análisis específicos de los nutrientes de la leche como el fraccionamiento de lípidos, análisis de vitaminas y de minerales, ya que las cabras podrían producir leche con características funcionales al ser alimentadas con estas dietas. En los últimos años, se ha visto que los rumiantes que son alimentados con pastos en vez de concentrados, tienden a producir leche con menor contenido de grasa, con altos niveles de ácido linoleico conjugado (CLA), de ácidos grasos omega 3 y de micronutrientes, por lo que es más saludable. (Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. y Le Frileux, Y., 2007; Ross, K. y Amanor-Boadu, V., 2006)

## **F. Evaluación sensorial de la leche de cabra**

Algunos alimentos para cabras pueden afectar las características sensoriales de la leche de cabra. Por esta razón, en este estudio se realizó un análisis sensorial para evaluar el efecto de la incorporación de chaya y/o maralfalfa a las dietas sobre las características organolépticas de la leche. Con la ayuda de 16 panelistas semi-entrenados se realizó un perfil de la leche de cabra, en donde se evaluó el sabor, color, olor y textura de las distintas muestras de leche (T1, T2, T3). En esta prueba los

panelistas calificaron la intensidad de los descriptores de cada parámetro utilizando una escala de 0 a 10, donde “0” era un atributo no percibido y “10” la máxima intensidad. Además los panelistas indicaron su muestra de leche preferida y la razón de su elección, sin embargo, es importante notar que los resultados de preferencia no son representativos, debido a que se uso un número relativamente bajo de panelistas y éstos no fueron consumidores potenciales de leche de cabra.

En el perfil del olor de la leche de cabra (Gráfica No. 8) se obtuvieron resultados muy similares para las tres muestras y los panelistas indicaron que el descriptor de olor más percibido fue el de “característico a leche”. Además indicaron que la intensidad de los descriptores de olor “dulce”, “salado”, “a forraje (monte)” y “cocido” fue muy leve, y no percibieron olores “extraños” y a “oxidado/rancio”. En base a estos resultados, se puede afirmar que las dietas no afectaron negativamente el olor de la leche.

De la misma manera, el perfil de sabor de la leche de cabra (Gráfica No. 9) fue similar para las tres muestras y el atributo más percibido fue el de “característico a leche”. Además los panelistas percibieron en menor intensidad sabores “extraños”, a “forraje (monte)”, “salados” y “dulces”. Es normal que la leche tenga un sabor ligeramente dulce debido a su contenido de lactosa. En algunos casos la leche puede presentar un sabor salado por la alta concentración de cloruros, esto ocurre en cabras que se encuentran al final del período de lactancia o tienen mastitis. (Universidad de Zulia, 2003) Las cabras utilizadas en este estudio no tenían mastitis, pero sí se encontraban al final del período de lactancia. Los panelistas sintieron sabores extraños y a forraje, lo que indica que las distintas dietas proporcionadas influyen en el sabor de la leche de cabra.

En las Gráficas No. 10 y 11 se presentan los resultados obtenidos en el perfil de color y de textura, respectivamente. Ambos perfiles demuestran que la textura y el color de la leche de cabra fueron bastante parecidos para las tres muestras de leche. Los panelistas indicaron que la leche tenía un color blanco-amarillenta, que es normal en leches

enteras debido al alto contenido de grasa. Asimismo indicaron que la textura de la leche era “característica a leche”, “líquida” y en menor intensidad “cremosa”, lo que se debe a su contenido de grasa. De estos resultados se puede afirmar que las dietas proporcionadas no influyeron en el color y en la textura de la leche de cabra.

Los resultados obtenidos en la prueba de preferencia no fueron significativos (Ver Tabla No. 28), a pesar de que los panelistas indicaron que la leche preferida era la muestra T3 (sólo maralfalfa). Los comentarios de los panelistas para justificar su elección se encuentran en la Tabla No. 29, y a partir de estos se puede concluir que la preferencia hacia cualquier muestra se debió principalmente a que tenía un mejor sabor, más familiar al de la leche de vaca (menos extraño) y menos intenso; un olor más agradable y una textura más líquida y menos cremosa.

Es importante aclarar que los panelistas que realizaron esta prueba no eran consumidores potenciales de leche de cabra y la mayoría nunca la habían probado antes. Por esta razón, los resultados de preferencia podrían ser totalmente diferentes al realizar el análisis con consumidores. En este estudio, no fue posible realizar una prueba dirigida a consumidores, debido a que la leche diaria producida por cada grupo de cabras no era suficiente para poder realizar este tipo de pruebas. Además en Guatemala, los consumidores de leche de cabra están acostumbrados a tomarla directamente al pie de la cabra, ya que prefieren tomarla caliente, con espuma y sin pasteurizar por la creencia de que este proceso destruye los nutrientes de la leche. Para realizar las pruebas sensoriales se ordeñaron las cabras, se mezclaron las leches de un mismo grupo y se pasteurizaron por razones de inocuidad. Este proceso puede provocar que a la hora de realizar una prueba de preferencia con los consumidores de leche de cabra, sus decisiones se vean influenciadas por la presentación de la leche y no por las características reales de ésta.

En este estudio sólo se compararon las muestras de leche obtenidas de las cabras alimentadas con las distintas dietas. Por consiguiente, no se puede saber con certeza si hay una influencia real en las características organolépticas de la leche por la inclusión de estos componentes a la dieta de las cabras o si los atributos percibidos son normales en este tipo de leche. En un futuro análisis sensorial de leche de cabra se recomienda proporcionarle a los panelistas una muestra control, que sea obtenida de cabras alimentadas con concentrados comerciales.

## VIII. CONCLUSIONES

1. En este estudio se comprobó el potencial de la chaya como alimento para cabras lecheras, sin embargo, es importante el desarrollo de más estudios agronómicos y tecnológicos para complementar estos resultados y así optimizar el uso de este recurso.
2. El contenido de proteína y humedad no fue significativamente diferente en las tres dietas, los valores de grasa y carbohidratos fueron mayores en las dietas con chaya y los demás parámetros (cenizas, fibra cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro) fueron superiores en las dietas con maralfalfa.
3. El consumo de alimento no varió significativamente en relación a las distintas dietas proporcionadas y además se fue incrementando con el tiempo de experimentación, lo que sugiere que las cabras necesitan un período de adaptación al nuevo alimento.
4. El rendimiento de leche no varió significativamente por el consumo de las distintas dietas, pero el tiempo de experimentación sí tuvo un efecto significativo sobre este factor, debido principalmente a la variación en el consumo de alimento durante el estudio.
5. La composición química de la leche al alimentar a las cabras con las distintas dietas no varió significativamente, por lo tanto la calidad nutritiva de este alimento se logró mantener.
6. Las tres dietas tuvieron un efecto similar sobre el perfil sensorial de la leche de cabra y se comprobó que tanto la chaya como la maralfalfa afectan el sabor de la leche de cabra.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Realizar el estudio por un período mayor a 14 días, con cabras que tengan pocos meses de paridas y contar con un grupo control durante todo el estudio, para lograr un mejor análisis del efecto de las dietas elaboradas sobre la producción, valor nutritivo, composición y características sensoriales de la leche de cabra.
2. Utilizar tecnologías de procesamiento alternas, como lo son el peletizado y el ensilaje, para mejorar el valor nutricional y la palatabilidad de los alimentos para cabras.
3. Llevar a cabo más estudios agronómicos de la chaya y maralfalfa para optimizar su valor nutricional y su rendimiento.
4. Se recomienda realizar un análisis sensorial dirigido a consumidores para evaluar la aceptabilidad y preferencia de la leche de cabra al alimentarlas con las distintas dietas.
5. Llevar a cabo análisis específicos de los nutrientes de la leche, como el fraccionamiento de lípidos, análisis de vitaminas y de minerales, para determinar si los alimentos para cabras a base de chaya y maralfalfa contribuyen a la producción de leche con características funcionales.
6. Realizar un análisis financiero para evaluar si la alimentación de cabras con estas dietas es rentable, para seleccionar la mejor alternativa de procesamiento y la mejor combinación de ingredientes.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Ramírez, J.; Santos-Ricalde, R.; Pech-Martínez, V. y Montes-Pérez, R. 2000. *Utilización de la hoja de Chaya (Cnidoscolus chayamansa) y de Huaxín (Leucaena leucocephala) en la alimentación de aves criollas*. Revista Biomédica Universidad Autónoma de Yucatán. Vol. 11, No. 1: 17 – 24.
- AOAC International. 2006. *Official methods of analysis of AOAC International*. 18<sup>th</sup> Edition. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Castro, A. 2011. *Los minerales en la producción caprina*. Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica (MAG). Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual/animal/cabra\\_minerales.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/animal/cabra_minerales.html) (Visitado el 9 de octubre del 2011)
- Chacón, A. 2005. *Aspectos nutricionales de la leche de cabra (Capra hircus) y sus variaciones en el proceso agroindustrial*. Agronomía Mesoamericana 16 (2): 239 – 252.
- Chedly, K. y Lee, S. 1999. *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. “Estudio 6.0 – Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos.” FAO, Roma, 2001. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s08.htm> (Visitado el 15 de octubre del 2011)
- Cifuentes, R. y Bressani, R. 2010. *Efecto de la humedad del suelo y la fertilización con NPK sobre la producción de biomasa y composición química de hojas de Chaya (Cnidoscolus aconitifolius ssp. Aconitifolius) en Guatemala*. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala, No. 22: 8 – 21.
- Clavero, T y Razz, R. 2009. *Valor nutritivo del pasto maralfalfa (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum) en condiciones de defoliación*. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), No. 26: 78-87.
- COGUANOR. 1988. *NGO 34 172 Alimentos concentrados para animales. Alimentos bovinos. Especificaciones*. Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía, Guatemala. pág. 4

- Correa, H. J. 2005. *Pasto maralfalfa: Mitos y realidades*. Disponible en: <http://www.agro.unalmed.edu.co/departamentos/panimal/docs/Maralfalfa.pdf> (Visitado el 14 de octubre del 2011)
- FAOSTAT. 2007. *FAOSTAT Live Animals Data*. Food and Agricultural Organization, Rome. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor> (Visitado el 26 de abril del 2011).
- Giménez, D.M. 1994. *Nutrient Requirements of Sheep and Goats*. Alabama A&M and Auburn Universities. 8 págs. Disponible en: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0812/ANR-0812.pdf> (Visitado el 20 de abril del 2011)
- Haenlein, G.F.W. 2004. *Goat milk in human nutrition*. *Small Ruminant Research* 51: 155 – 163.
- Instituto Nacional de Salud. 2009. *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Octava edición. Ministerio de Salud, Lima. 64 págs. Disponible en: <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf> (Visitado el 15 de abril del 2011)
- Jimeno, V., Rebollar, P.G. y Castro, T. 2003. *Nutrición y alimentación del caprino de leche en sistemas intensivos de explotación*. XIX Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España. págs. 155-178. Disponible en: [http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP\\_VIII.pdf](http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP_VIII.pdf) (Visitado el 10 de agosto del 2011)
- Juárez, F.M. 2001. *Análisis de la Hoja de Chaya para desarrollar el producto "Hoja de Chaya enlatada en salmuera"*. Trabajo de Graduación Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 111 págs.
- Kumar, A., Singh K.K., Das, M.M. y Pathak, S. 2010a. *Effect of replacement of concentrate mixture with chaya (Cnidocolus aconitifolius) fodder meal on feed intake and digestibility of nutrients in growing goats*. *Indian Journal of Animal Sciences* 80 (9): 910-912.
- Kumar, A.; Alzahal, O.; Singh, K.K. y McBride, B.W. 2010b. *In vitro nutritional evaluation of chaya (Cnidocolus aconitifolius) for use as livestock feed*. *Indian Journal of Animal Sciences* 80 (10): 1008-10.

- Latham, M.C. 2002. *Nutrición humana en el mundo de desarrollo*. Colección FAO: Alimentación y nutrición No. 29, Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/W0073S/w0073s00.htm#Contents> (Visitado el 22 de febrero del 2011)
- Lu, C.D.; Kawas, J.R. y Mahgoub, O.G. 2005. *Fiber digestion and utilization in goats*. Small Ruminant Research 60: 45 – 52.
- Machen, R. 2011. *Goat Nutrition – Energy*. Small Ruminant Series. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A&M University System. Disponible en: <http://animalscience.tamu.edu/images/pdf/sheep-goats/ASWeb078-goatenergy.pdf> (Visitado el 14 de octubre del 2011)
- MAGA. 2011a. *Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos de Guatemala: Primer Borrador*. Recursos Zoogenéticos de Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 54 págs. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/O11/a1250f/annexes/CountryReports/Guatemala.pdf> (Visitado el 2 de marzo del 2011)
- MAGA. 2011b. *Situación actual de maíz blanco en Guatemala*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Dirección de planeamiento. 17 págs. Disponible en: [http://www2.maga.gob.gt/portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/2010/Nueva%20idea/maiz/situacion\\_maiz\\_blanco.pdf](http://www2.maga.gob.gt/portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/2010/Nueva%20idea/maiz/situacion_maiz_blanco.pdf) (Visitado el 15 de octubre del 2011)
- McGuire, M. 2010. *Nutrition Feeding Managment. "Nutrition and Feed Terms."* Dairy Cattle Management. University of Idaho and Washington State University, USA. Disponible en: <http://www.avs.uidaho.edu/avs472/Word/Nutrition/Nutrition%20and%20Feed%20Terms.pdf> (Visitado el 15 de octubre del 2011)
- Meneses, A. 2000. *Caracterización agromorfológica y química de 11 selecciones de Chaya (Cnidocolus acostifolius, spp. aconitifolius) doméstica y silvestre*. Trabajo de Graduación, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 80 págs.

- Molina, A. y Cifuentes, R. 2003. *Evaluación de cuatro selecciones de chaya (Cnidoscolus aconitifolius; Euphorbiaceae) y dos niveles de defoliación en cuatro regiones de Guatemala, y aceptabilidad de sus hojas y cogollos en humanos*. Universidad del Valle de Guatemala. Disponible en: <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201999.45.pdf> (Visitado el 26 de abril del 2011)
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. y Le Frileux, Y. 2007. *Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk*. Small Ruminant Research 68: 20-34.
- OML. 2010. *Indicadores Socioeconómicos*. Observatorio del Mercado Laboral. MINTRAB-INTECAP, Guatemala.
- OPS. 2009. *Desnutrición en Guatemala 2009. Situación actual: Perspectivas para el fortalecimiento del sistema de vigilancia nutricional. Conceptos de malnutrición por déficit y situación*. Organización Panamericana de la Salud, Guatemala. 7 págs.
- Park, Y.W. (ed.). 2009. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Wiley-Blackwell, Singapore. 426 págs.
- Peregrini, W.T.H. 1983. *Chaya (Cnidoscolus aconitifolius): A Potential New Vegetable Crop for Brunei*. Tropical Pest Management 29: 39-41.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I. y Chilliard, Y. 2008. *Composition of goat and sheep milk products: An update*. Small Ruminant Research 79 (1): 57-72.
- Revollo, K. 2003. *Material de difusión sobre nutrición y alimentación del cuy (Cavia aperea porcellus) para estudiantes de pregrado y productores. "V. Documento guía para productores"*. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia. 210 págs. Disponible en: <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/37c.pdf> (Visitado el 16 de octubre del 2011)
- Ross, J. y Molina, A. 2002. *The Ethnobotany of Chaya (Cnidoscolus aconitifolius ssp. Aconitifolius Breckton): A Nutritious Maya Vegetable*. Revista Economic Botany 56 (4): 350 – 365.

- Ross, K. y Amanor-Boadu, V. 2006. *Systemic Dynamic Approach to Assessing New Product Introduction: The Case of Functional Foods in the United States*. Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Long Beach, California, July 23-26, 2006. 41 pp. Disponible en: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/21182/1/spo6roo3.pdf> (Visitado el 30 de mayo del 2011)
- Salvador, A. y Martínez, G. 2007. *Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: Revisión bibliográfica*. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. 48 (2): 61 – 76.
- Smallstock in Development. 2011. *Feed Assessment: Chemical Composition of Feeds*. Disponible en: <http://www.smallstock.info/info/feed/chemical.htm#Ash> (Visitado el 15 de octubre del 2011)
- Sosa, D., Larco, C., Falconi, R., Toledo, D. y Suárez, G. 2006. *Digestibilidad de maralfalfa (Pennisetum sp.) en cabras*. Carrera en Ciencias Agropecuarias IASA I, Sangolquí, Ecuador. Boletín Técnico 5, Serie Zoológica 2: 68-76.
- Spell, L. 2010. *Preparación y caracterización química y nutricional de la proteína foliar de la chaya*. Trabajo de Graduación Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 91 págs.
- Unidad Ganadera Regional de Jalisco. 2011. *Uso de melaza/urea como apoyo en la alimentación bovina*. Disponible en: [http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=580](http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=580) (Visitado el 11 de agosto del 2011)
- Universidad de Zulia. 2003. *Introducción al Control de Calidad de la Leche Cruda. Guía Práctica*. Maracaibo, Venezuela. págs. 5 – 7 y 11 – 14. Disponible en: [http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/materialdeapoyoprapruebasdeplataforma\\_1693.pdf](http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/materialdeapoyoprapruebasdeplataforma_1693.pdf)
- Wright, T. y Lackey, R. 2008. *Definitions of Feed Manufacturing and Livestock Nutrition Terms*. Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Ontario, Canada. Disponible en: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/O8-039.pdf> (Visitado el 15 de octubre del 2011)

## XI. APÉNDICE

### A. Comentarios

**1. Comentario personal.** La elaboración de este proyecto fue un gran reto y me ayudó a crecer personal y profesionalmente. Para llevarlo a cabo fue necesario nutrirme de nuevas capacidades y conocimientos. Al mismo tiempo, al ser un proyecto amplio, fue necesario la integración del trabajo de varias personas y una buena organización.

Este proyecto cambió mi forma de pensar con respecto al campo de aplicación de la industria de alimentos. Aprendí que ésta no sólo debe enfocarse en el desarrollo y procesamiento de alimentos para seres humanos, si no que debe de estar presente a lo largo de toda la cadena alimentaria.

**2. Comentario de Rodolfo Estrada (propietario de las cabras).** El trabajo de Tesis realizado por Maricarmen Estrada me sirvió para ir mejorando el sistema de alimentación de las cabras y otros animales, con lo que he logrado disminuir los costos de alimentación y mejorar la salud de los animales. Todavía no he implementado la alimentación de las cabras con las dietas propuestas en su totalidad, sin embargo, ahora las cabras son alimentadas en su mayoría con pastos, chaya y otros forrajes y en menor grado con concentrado. Además el concentrado ahora lo elaboramos nosotros y espero que al establecerse el cultivo de chaya y de los otros forrajes podamos sustituir por completo el uso de maíz, soya y otros recursos básicos de la alimentación humana.

Considero que si logramos hacer rentable el cultivo de estos productos, se mejorará la situación económica y nutricional de los guatemaltecos, ya que habrá menos necesidad

de importar maíz, soya y otros alimentos. Animo a la universidad y a otras instituciones a continuar realizando estudios similares a éste y a abrir un canal de aprendizaje a través de la televisión para que la información llegue a los guatemaltecos.

## B. Fotografías

### 1. Plantaciones de chaya y de maralfalfa

Figura No. 1. Plantación de maralfalfa en la finca “San Francisco” en Baja Verapaz.



Figura No. 2. Plantación de chaya variedad “Estrella” en Proesur, Escuintla.



Figura No. 3. Plantación de chaya variedad “Estrella” en la finca “San Francisco” en Baja Verapaz.



## 2. Corte y recolección de chaya

Figura No. 4. Corte de chaya variedad “Estrella” en Proesur, Escuintla.



Figura No. 5. Recolección de chaya variedad “Estrella” cortada.



Figura No. 6. Chaya variedad “Estrella” cortada.



### 3. Preparación y secado de la chaya

Figura No. 7. Separación de la hoja de chaya de las demás partes del forraje.



Figura No. 8. Secado de la hoja de chaya en secador de bandejas.



### 4. Preparación y secado del pasto maralfalfa

Figura No. 9. Picadora de forraje utilizada para picar el pasto maralfalfa.



Figura No. 10. Secado al sol del pasto maralfalfa picado sobre zarán.



## 5. Elaboración de las dietas de chaya y maralfalfa

Figura No. 11. Mezclado de ingredientes.



Figura No. 12. Mezcla de melaza con concentrado a través de un colador para evitar la formación de grumos.



Figura No. 13. Empaque de dietas en bolsas con el código de la dieta en diferentes colores para facilitar su identificación.



Figura No. 14. Empaque de las bolsas de alimento para todas las cabras para cada tiempo de comida.



## 6. Alimentación de cabras con las diferentes dietas

Figura No. 15. Cabras en el comedero esperando la comida.



Figura No. 16. Alimentación de las cabras de forma individual.



Figura No. 17. Cabras comiendo las distintas dietas.



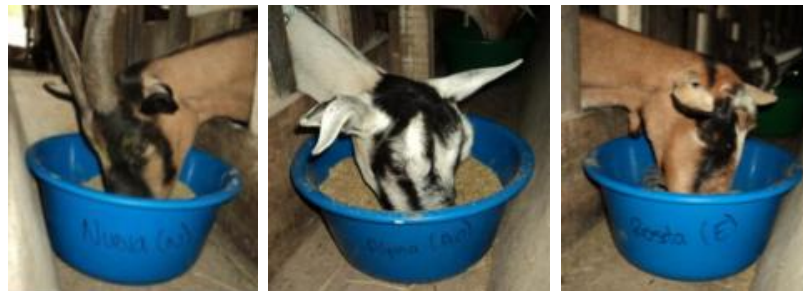
Figura No. 18. Cabras del grupo 1 (verde) comiendo la dieta T1 (sólo chaya).



Figura No. 19. Cabras del grupo 2 (rojo) comiendo la dieta T2 (chaya y maralfalfa).



Figura No. 20. Cabras del grupo 3 (azul) comiendo la dieta T3 (sólo maralfalfa).



## 7. Recolección y análisis de la leche de cabra

Figura No. 21. Ordeño manual de cabras.



Figura No. 22. Pesado de la leche de cabra.



Figura No. 23. Almacenamiento de la leche.



Figura No. 24. Calentamiento de la leche a 20°C.



Figura No. 25. Análisis de la composición química de la leche con el "Ekomilk".



## 8. Análisis sensorial de la leche de cabra

Figura No. 26. Pasteurización de la leche de cabra a 65°C por 30 minutos.



Figura No. 27. Enfriamiento de la leche de cabra después de la pasteurización.



Figura No. 28. Preparación de las muestras para el análisis sensorial.



Figura No. 29. Panelistas semi-entrenados realizando el análisis sensorial.



Figura No. 30. Panelista semi-entrenada escribiendo los resultados en la boleta.

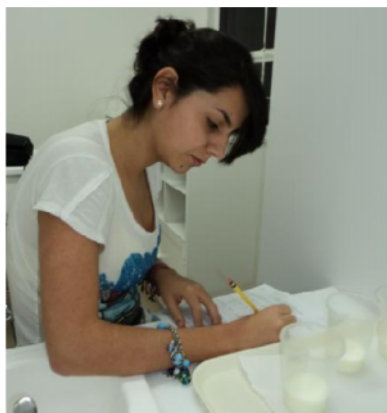


Figura No. 31. Panelista semi-entrenada probando las muestras.



### C. Boleta de evaluación sensorial

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**BOLETA DE EVALUACIÓN  
 PERFIL DE AROMA, SABOR, COLOR Y TEXTURA,  
 Y PRUEBA DE PREFERENCIA  
 DE LECHE DE CABRA PASTEURIZADA**

A continuación se le presentan tres muestras de leche. Pruebe las muestras de izquierda a derecha y califique la intensidad con que se detecta cada uno de los descriptores de aroma, sabor, color y apariencia que se perciben utilizando una escala de 0 a 10, donde 0 será un atributo no percibido y 10 es la máxima intensidad.

**Atributos de olor**

| Código | Característico a leche | Dulce | Salado | Oxidado/rancio | Forraje (Monte) | Extraño | Cocido |
|--------|------------------------|-------|--------|----------------|-----------------|---------|--------|
|        |                        |       |        |                |                 |         |        |
|        |                        |       |        |                |                 |         |        |
|        |                        |       |        |                |                 |         |        |

**Atributos de sabor**

| Código | Característico a leche | Dulce | Salado | Oxidado/rancio | Forraje (Monte) | Extraño | Cocido |
|--------|------------------------|-------|--------|----------------|-----------------|---------|--------|
|        |                        |       |        |                |                 |         |        |
|        |                        |       |        |                |                 |         |        |
|        |                        |       |        |                |                 |         |        |

**Atributos de color**

| Código | Blanco | Blanco con tendencia amarillenta | Blanco con tendencia azulada |
|--------|--------|----------------------------------|------------------------------|
|        |        |                                  |                              |
|        |        |                                  |                              |
|        |        |                                  |                              |

**Atributos de textura**

| Código | Característica a Leche | Líquida | Cremosa | Grumosa |
|--------|------------------------|---------|---------|---------|
|        |                        |         |         |         |
|        |                        |         |         |         |
|        |                        |         |         |         |

Anote si encontró algún otro atributo que se pudiera usar de descriptor en cuanto a:

Olor: \_\_\_\_\_

Sabor: \_\_\_\_\_

Color: \_\_\_\_\_

Textura: \_\_\_\_\_

Después de haber calificado cada atributo, por favor indique cual de las muestras prefiere anotando el código. Luego indique el porqué de su elección.

**CÓDIGO** \_\_\_\_\_

**¿POR QUÉ?** \_\_\_\_\_

## D. Datos originales y calculados

### 1. Análisis químicos de las dietas

Tabla No. 30. Composición química de las dietas por muestra.

| Análisis                    | Muestra | Dieta |      |      |
|-----------------------------|---------|-------|------|------|
|                             |         | T1    | T2   | T3   |
| Proteína (%)                | 1       | 14.0  | 13.3 | 13.3 |
|                             | 2       | 14.3  | 13.4 | 14.0 |
| Humedad (%)                 | 1       | 11.1  | 11.5 | 11.5 |
|                             | 2       | 10.6  | 11.5 | 11.7 |
| Grasa (%)                   | 1       | 2.9   | 2.2  | 1.7  |
|                             | 2       | 2.8   | 2.1  | 1.6  |
| Cenizas (%)                 | 1       | 9.8   | 10.0 | 11.3 |
|                             | 2       | 10.1  | 9.9  | 11.5 |
| Carbohidratos (%)           | 1       | 52.0  | 48.4 | 46.0 |
|                             | 2       | 52.6  | 48.7 | 44.4 |
| Fibra cruda (%)             | 1       | 10.7  | 14.6 | 16.3 |
|                             | 2       | 8.8   | 14.3 | 16.9 |
| Fibra detergente neutro (%) | 1       | 26.5  | 37.8 | 42.6 |
|                             | 2       | 30.2  | 37.7 | 44.4 |
| Fibra detergente ácido (%)  | 1       | 17.4  | 19.7 | 22.9 |
|                             | 2       | 19.0  | 18.9 | 23.3 |

Tabla No. 31. Análisis de Varianza de la composición química de las dietas.

| Parámetro    | Fuente          | GDL | Suma de los cuadrados | Media de los cuadrados | F     | Pr > F |
|--------------|-----------------|-----|-----------------------|------------------------|-------|--------|
| Proteína (%) | Modelo          | 2   | 0.702                 | 0.351                  | 3.401 | 0.169  |
|              | Error           | 3   | 0.310                 | 0.103                  |       |        |
|              | Total corregido | 5   | 1.012                 |                        |       |        |
| Humedad (%)  | Modelo          | 2   | 0.668                 | 0.334                  | 7.346 | 0.070  |
|              | Error           | 3   | 0.136                 | 0.045                  |       |        |
|              | Total corregido | 5   | 0.804                 |                        |       |        |

Continuación Tabla No. 31. Análisis de Varianza de la composición química de las dietas.

| Parámetro                   | Fuente          | GDL | Suma de los cuadrados | Media de los cuadrados | F       | Pr > F |
|-----------------------------|-----------------|-----|-----------------------|------------------------|---------|--------|
| Grasa (%)                   | Modelo          | 2   | 1.396                 | 0.698                  | 174.835 | 0.001  |
|                             | Error           | 3   | 0.012                 | 0.004                  |         |        |
|                             | Total corregido | 5   | 1.408                 |                        |         |        |
| Cenizas (%)                 | Modelo          | 2   | 2.736                 | 1.368                  | 71.688  | 0.003  |
|                             | Error           | 3   | 0.057                 | 0.019                  |         |        |
|                             | Total corregido | 5   | 2.793                 |                        |         |        |
| Carbohidratos (%)           | Modelo          | 2   | 50.038                | 25.019                 | 47.885  | 0.005  |
|                             | Error           | 3   | 1.567                 | 0.522                  |         |        |
|                             | Total corregido | 5   | 51.606                |                        |         |        |
| Fibra cruda (%)             | Modelo          | 2   | 49.323                | 24.662                 | 34.021  | 0.009  |
|                             | Error           | 3   | 2.175                 | 0.725                  |         |        |
|                             | Total corregido | 5   | 51.498                |                        |         |        |
| Fibra detergente neutro (%) | Modelo          | 2   | 234.541               | 117.270                | 41.340  | 0.007  |
|                             | Error           | 3   | 8.510                 | 2.837                  |         |        |
|                             | Total corregido | 5   | 243.051               |                        |         |        |
| Fibra detergente ácido (%)  | Modelo          | 2   | 26.404                | 13.202                 | 24.615  | 0.014  |
|                             | Error           | 3   | 1.609                 | 0.536                  |         |        |
|                             | Total corregido | 5   | 28.013                |                        |         |        |

## 2. Evaluación del consumo de alimento

Tabla No. 32. Consumo de alimento por tiempo de comida de todas las muestras de cada dieta.

| Fecha                 | Tiempo (tiempo de comida) | Muestra | Consumo de alimento ( $\pm 1g$ ) |     |    |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|-----|----|
|                       |                           |         | T1                               | T2  | T3 |
| 28-Ago M <sup>b</sup> | 1                         | 1       | 7                                | 15  | 42 |
|                       |                           | 2       | 56                               | 59  | 7  |
|                       |                           | 3       | 48                               | 25  | 18 |
| 28-Ago T <sup>b</sup> | 2                         | 1       | 93                               | 121 | 70 |
|                       |                           | 2       | 435                              | 348 | 19 |
|                       |                           | 3       | 23                               | 56  | 5  |

Continuación Tabla No. 32. Consumo de alimento por tiempo de comida de todas las muestras de cada dieta.

| Fecha                 | Tiempo (tiempo de comida) | Muestra | Consumo de alimento ( $\pm 1g$ ) |     |     |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|-----|-----|
|                       |                           |         | T1                               | T2  | T3  |
| 29-Ago M <sup>b</sup> | 3                         | 1       | 5                                | 139 | 53  |
|                       |                           | 2       | 191                              | 5   | 173 |
|                       |                           | 3       | 17                               | 5   | 125 |
| 29-Ago T <sup>c</sup> | 4                         | 1       | 200                              | 314 | 131 |
|                       |                           | 2       | 493                              | 7   | 196 |
|                       |                           | 3       | 167                              | 391 | 112 |
| 30-Ago M <sup>c</sup> | 5                         | 1       | 5                                | 394 | 251 |
|                       |                           | 2       | 388                              | 0   | 483 |
|                       |                           | 3       | 148                              | 240 | 22  |
| 01-Sep T <sup>d</sup> | 10                        | 1       | 281                              | 450 | 267 |
|                       |                           | 2       | 469                              | 82  | 493 |
|                       |                           | 3       | 168                              | 405 | 120 |
| 02-Sep M <sup>d</sup> | 11                        | 1       | 195                              | 493 | 407 |
|                       |                           | 2       | 438                              | 126 | 493 |
|                       |                           | 3       | 111                              | 411 | 161 |
| 06-Sep T <sup>d</sup> | 20                        | 1       | 153                              | 493 | 435 |
|                       |                           | 2       | 398                              | 286 | 475 |
|                       |                           | 3       | 240                              | 392 | 168 |
| 07-Sep M <sup>d</sup> | 21                        | 1       | 412                              | 493 | 421 |
|                       |                           | 2       | 483                              | 280 | 483 |
|                       |                           | 3       | 424                              | 493 | 249 |
| 09-Sep T <sup>d</sup> | 25                        | 1       | 442                              | 474 | 465 |
|                       |                           | 2       | 442                              | 493 | 493 |
|                       |                           | 3       | 434                              | 489 | 397 |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo.

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo.

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo.

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo.

Tabla No. 33. Análisis de Varianza del consumo de alimento.

| Efectos      | Num GDL | Den GDL | F      | Pr > F   |
|--------------|---------|---------|--------|----------|
| Dieta        | 2       | 60      | 0.761  | 0.471    |
| Tiempo       | 9       | 60      | 16.473 | < 0.0001 |
| Dieta*Tiempo | 18      | 60      | 0.509  | 0.944    |

### 3. Análisis del rendimiento de la leche de cabra.

Tabla No. 34. Rendimiento de la leche de cabra (en peso) por muestra.

| Fecha                   | Tiempo (días) | Muestra | Rendimiento en peso ( $\pm 1g$ ) |      |      |
|-------------------------|---------------|---------|----------------------------------|------|------|
|                         |               |         | T1                               | T2   | T3   |
| 28/08/2011 <sup>a</sup> | 1             | 1       | 1032                             | 1112 | 1077 |
|                         |               | 2       | 895                              | 1002 | 1237 |
|                         |               | 3       | 905                              | 1068 | 1039 |
| 30/08/2011 <sup>c</sup> | 3             | 1       | 312                              | 537  | 345  |
|                         |               | 2       | 583                              | 450  | 631  |
|                         |               | 3       | 332                              | 160  | 189  |
| 02/09/2011 <sup>d</sup> | 6             | 1       | 429                              | 624  | 621  |
|                         |               | 2       | 595                              | 679  | 1012 |
|                         |               | 3       | 433                              | 366  | 120  |
| 07/09/2011 <sup>d</sup> | 11            | 1       | 891                              | 875  | 686  |
|                         |               | 2       | 720                              | 754  | 1021 |
|                         |               | 3       | 640                              | 478  | 230  |
| 10/09/2011 <sup>d</sup> | 14            | 1       | 913                              | 961  | 913  |
|                         |               | 2       | 861                              | 866  | 981  |
|                         |               | 3       | 534                              | 580  | 125  |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo.

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo.

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo.

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo.

Tabla No. 35. Análisis de Varianza del rendimiento de leche de cabra (en peso).

| Efectos      | Num GDL | Den GDL | F      | Pr > F   |
|--------------|---------|---------|--------|----------|
| Dieta        | 2       | 30      | 0.015  | 0.985    |
| Tiempo       | 4       | 30      | 28.553 | < 0.0001 |
| Dieta*Tiempo | 8       | 30      | 0.676  | 0.709    |

Tabla No. 36. Rendimiento de leche de cabra (en volumen) por muestra.

| Fecha                   | Tiempo (días) | Muestra | Rendimiento en volumen ( $\pm 125$ mL) |      |      |
|-------------------------|---------------|---------|--|------|------|
|                         |               |         | T1                                     | T2   | T3   |
| 28/08/2011 <sup>a</sup> | 1             | 1       | 1875                                   | 1625 | 1375 |
|                         |               | 2       | 1250                                   | 1375 | 1750 |
|                         |               | 3       | 1375                                   | 1625 | 1500 |
| 30/08/2011 <sup>c</sup> | 3             | 1       | 500                                    | 875  | 500  |
|                         |               | 2       | 1000                                   | 125  | 1000 |
|                         |               | 3       | 500                                    | 625  | 250  |
| 02/09/2011 <sup>d</sup> | 6             | 1       | 1000                                   | 1250 | 1000 |
|                         |               | 2       | 1250                                   | 750  | 1500 |
|                         |               | 3       | 875                                    | 1125 | 125  |
| 07/09/2011 <sup>d</sup> | 11            | 1       | 891                                    | 875  | 686  |
|                         |               | 2       | 720                                    | 754  | 1021 |
|                         |               | 3       | 640                                    | 478  | 230  |
| 10/09/2011 <sup>d</sup> | 14            | 1       | 913                                    | 961  | 913  |
|                         |               | 2       | 861                                    | 866  | 981  |
|                         |               | 3       | 534                                    | 580  | 125  |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo.

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo.

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo.

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo.

Tabla No. 37. Análisis de Varianza del rendimiento de leche (en volumen) de cabra.

| Efectos      | Num GDL | Den GDL | F      | Pr > F   |
|--------------|---------|---------|--------|----------|
| Dieta        | 2       | 30      | 0.055  | 0.947    |
| Tiempo       | 4       | 30      | 16.284 | < 0.0001 |
| Dieta*Tiempo | 8       | 30      | 0.167  | 0.994    |

#### 4. Composición química de la leche de cabra

Tabla No. 38. Contenido de proteína (%) de la leche de cabra por muestra.

| Fecha                   | Tiempo (días) | Muestra | Proteína ( $\pm 0.2\%$ ) |     |     |
|-------------------------|---------------|---------|--------------------------|-----|-----|
|                         |               |         | T1                       | T2  | T3  |
| 28/08/2011 <sup>a</sup> | 1             | 1       | 2.6                      | 3.4 | 3.3 |
|                         |               | 2       | 2.9                      | 3.0 | 3.1 |
|                         |               | 3       | 3.7                      | 3.1 | 4.8 |
| 30/08/2011 <sup>c</sup> | 3             | 1       | 3.2                      | 3.4 | 3.1 |
|                         |               | 2       | 3.5                      | 2.8 | 3.2 |
|                         |               | 3       | 3.5                      | 3.0 | 5.0 |
| 02/09/2011 <sup>d</sup> | 6             | 1       | 2.8                      | 3.3 | 3.1 |
|                         |               | 2       | 3.3                      | 3.7 | 3.0 |
|                         |               | 3       | 3.7                      | 2.8 | 7.9 |
| 07/09/2011 <sup>d</sup> | 11            | 1       | 2.5                      | 3.2 | 3.2 |
|                         |               | 2       | 3.3                      | 3.4 | 2.7 |
|                         |               | 3       | 3.7                      | 2.8 | 6.9 |
| 10/09/2011 <sup>d</sup> | 14            | 1       | 2.6                      | 3.1 | 3.3 |
|                         |               | 2       | 3.4                      | 3.2 | 3.0 |
|                         |               | 3       | 3.7                      | 2.8 | 6.4 |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo.

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo.

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo.

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo.

Tabla No. 39. Análisis de Varianza del contenido de proteína (%) de la leche de cabra.

| Efectos      | Num GDL | Den GDL | F     | Pr > F |
|--------------|---------|---------|-------|--------|
| Dieta        | 2       | 30      | 0.769 | 0.473  |
| Tiempo       | 4       | 30      | 0.832 | 0.515  |
| Dieta*Tiempo | 8       | 30      | 0.611 | 0.761  |

Tabla No. 40. Contenido de sólidos no grasos (%) de la leche de cabra por muestra.

| Fecha                   | Tiempo (días) | Muestra | SNG ( $\pm 0.2\%$ ) |     |      |
|-------------------------|---------------|---------|---------------------|-----|------|
|                         |               |         | T1                  | T2  | T3   |
| 28/08/2011 <sup>a</sup> | 1             | 1       | 7.4                 | 8.4 | 8.2  |
|                         |               | 2       | 7.8                 | 7.9 | 8.0  |
|                         |               | 3       | 8.7                 | 8.0 | 10.1 |
| 30/08/2011 <sup>c</sup> | 3             | 1       | 8.1                 | 8.4 | 8.0  |
|                         |               | 2       | 8.5                 | 7.5 | 8.1  |
|                         |               | 3       | 8.5                 | 7.9 | 10.2 |
| 02/09/2011 <sup>d</sup> | 6             | 1       | 7.6                 | 8.2 | 8.0  |
|                         |               | 2       | 8.3                 | 8.7 | 7.9  |
|                         |               | 3       | 8.7                 | 7.7 | 13.7 |
| 07/09/2011 <sup>d</sup> | 11            | 1       | 7.2                 | 8.1 | 8.1  |
|                         |               | 2       | 8.2                 | 8.4 | 7.5  |
|                         |               | 3       | 8.8                 | 7.6 | 12.5 |
| 10/09/2011 <sup>d</sup> | 14            | 1       | 7.4                 | 8.0 | 8.2  |
|                         |               | 2       | 8.4                 | 8.1 | 7.8  |
|                         |               | 3       | 8.7                 | 7.7 | 11.9 |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo.

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo.

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo.

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo.

Tabla No. 41. Análisis de Varianza del contenido de sólidos no grasos (%) de la leche de cabra.

| Efectos      | Num GDL | Den GDL | F     | Pr > F |
|--------------|---------|---------|-------|--------|
| Dieta        | 2       | 30      | 0.750 | 0.481  |
| Tiempo       | 4       | 30      | 0.819 | 0.524  |
| Dieta*Tiempo | 8       | 30      | 0.607 | 0.765  |

Tabla No. 42. Contenido de grasa (%) de la leche de cabra por muestra.

| Fecha                   | Tiempo (días) | Muestra | Grasa ( $\pm 0.1\%$ ) |     |     |
|-------------------------|---------------|---------|-----------------------|-----|-----|
|                         |               |         | T1                    | T2  | T3  |
| 28/08/2011 <sup>a</sup> | 1             | 1       | 2.1                   | 2.3 | 3.0 |
|                         |               | 2       | 1.9                   | 2.1 | 2.8 |
|                         |               | 3       | 2.7                   | 3.2 | 3.3 |
| 30/08/2011 <sup>c</sup> | 3             | 1       | 4.2                   | 3.6 | 5.1 |
|                         |               | 2       | 2.9                   | 8.6 | 3.6 |
|                         |               | 3       | 3.6                   | 2.9 | 6.3 |
| 02/09/2011 <sup>d</sup> | 6             | 1       | 2.1                   | 3.4 | 3.3 |
|                         |               | 2       | 2.4                   | 5.0 | 2.8 |
|                         |               | 3       | 3.5                   | 2.4 | 8.8 |
| 07/09/2011 <sup>d</sup> | 11            | 1       | 2.3                   | 3.2 | 4.1 |
|                         |               | 2       | 3.2                   | 3.2 | 2.8 |
|                         |               | 3       | 3.3                   | 2.4 | 6.3 |
| 10/09/2011 <sup>d</sup> | 14            | 1       | 2.6                   | 3.7 | 4.7 |
|                         |               | 2       | 2.8                   | 3.6 | 3.3 |
|                         |               | 3       | 2.9                   | 2.6 | 5.7 |

a – Concentrado, heno, pasto y pastoreo.

b – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 2, heno y pastoreo.

c – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 3, heno y pastoreo.

d – Dietas (T1, T2, T3) de la Formulación 4, heno y pastoreo.

Tabla No. 43. Análisis de Varianza del contenido de grasa (%) de la leche de cabra.

| Efectos      | Num GDL | Den GDL | F     | Pr > F |
|--------------|---------|---------|-------|--------|
| Dieta        | 2       | 30      | 1.630 | 0.213  |
| Tiempo       | 4       | 30      | 3.391 | 0.021  |
| Dieta*Tiempo | 8       | 30      | 0.412 | 0.905  |

## 5. Análisis sensorial de la leche de cabra

Tabla No. 44. Perfil de olor de la leche de cabra por panelista. (Parte 1)

| Panelista                  | Característico a leche |            |            | Dulce      |            |            | Salado     |            |            | Oxidado/rancio |            |            |
|----------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
|                            | T1                     | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1             | T2         | T3         |
| 1                          | 8                      | 6          | 7          | 5          | 6          | 4          | 6          | 4          | 4          | 2              | 1          | 0          |
| 2                          | 8                      | 8          | 1          | 6          | 3          | 1          | 5          | 6          | 1          | 1              | 1          | 0          |
| 3                          | 4                      | 3          | 2          | 0          | 0          | 0          | 1          | 1          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 4                          | 5                      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 2          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 5                          | 3                      | 0          | 1          | 5          | 0          | 0          | 0          | 1          | 2          | 1              | 0          | 2          |
| 6                          | 2                      | 3          | 3          | 3          | 2          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 7                          | 3                      | 0          | 3          | 1          | 1          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 8                          | 1                      | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 9                          | 5                      | 6          | 4          | 4          | 3          | 2          | 0          | 0          | 0          | 2              | 0          | 0          |
| 10                         | 6                      | 3          | 3          | 3          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 11                         | 9                      | 10         | 10         | 8          | 7          | 6          | 0          | 1          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 12                         | 7                      | 7          | 7          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 13                         | 10                     | 10         | 10         | 2          | 1          | 2          | 0          | 0          | 1          | 3              | 2          | 2          |
| 14                         | 8                      | 6          | 7          | 7          | 6          | 6          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 15                         | 4                      | 9          | 7          | 2          | 6          | 8          | 2          | 1          | 5          | 0              | 3          | 5          |
| 16                         | 7                      | 2          | 2          | 7          | 4          | 5          | 5          | 3          | 2          | 1              | 1          | 0          |
| <b>Media</b>               | <b>5.6</b>             | <b>4.6</b> | <b>4.3</b> | <b>3.3</b> | <b>2.4</b> | <b>2.3</b> | <b>1.3</b> | <b>1.1</b> | <b>0.9</b> | <b>0.6</b>     | <b>0.5</b> | <b>0.6</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>2.7</b>             | <b>3.7</b> | <b>3.3</b> | <b>2.8</b> | <b>2.6</b> | <b>2.6</b> | <b>2.1</b> | <b>1.8</b> | <b>1.6</b> | <b>1.0</b>     | <b>0.9</b> | <b>1.4</b> |

Tabla No. 45. Perfil de olor de la leche de cabra por panelista. (Parte 2)

| Panelista | Forraje (Monte) |    |    | Extraño |    |    | Cocido |    |    |
|-----------|-----------------|----|----|---------|----|----|--------|----|----|
|           | T1              | T2 | T3 | T1      | T2 | T3 | T1     | T2 | T3 |
| 1         | 0               | 0  | 0  | 0       | 0  | 1  | 2      | 4  | 2  |
| 2         | 6               | 7  | 0  | 0       | 0  | 0  | 5      | 5  | 0  |
| 3         | 0               | 0  | 0  | 1       | 1  | 0  | 2      | 0  | 0  |
| 4         | 0               | 4  | 0  | 0       | 0  | 0  | 4      | 0  | 0  |

Continuación Tabla No. 45. Perfil de olor de la leche de cabra por panelista. (Parte 2)

| Panelista                  | Forraje (Monte) |            |            | Extraño    |            |            | Cocido     |            |            |
|----------------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                            | T1              | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         |
| 5                          | 5               | 3          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 6                          | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 7                          | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 8                          | 1               | 1          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 9                          | 3               | 3          | 3          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 10                         | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 11                         | 1               | 1          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0          | 3          | 0          |
| 12                         | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 13                         | 2               | 2          | 1          | 0          | 0          | 0          | 2          | 2          | 2          |
| 14                         | 5               | 3          | 4          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 15                         | 0               | 1          | 3          | 3          | 2          | 4          | 3          | 2          | 5          |
| 16                         | 3               | 1          | 1          | 2          | 1          | 2          | 6          | 1          | 1          |
| <b>Media</b>               | <b>1.6</b>      | <b>1.6</b> | <b>1.1</b> | <b>0.4</b> | <b>0.3</b> | <b>0.4</b> | <b>1.5</b> | <b>1.1</b> | <b>0.6</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>2.1</b>      | <b>2.0</b> | <b>1.3</b> | <b>0.9</b> | <b>0.6</b> | <b>1.1</b> | <b>2.0</b> | <b>1.7</b> | <b>1.4</b> |

Tabla No. 46. Perfil de sabor de la leche de cabra por panelista. (Parte 1)

| Panelista | Característico a leche |    |    | Dulce |    |    | Salado |    |    | Oxidado/rancio |    |    |
|-----------|------------------------|----|----|-------|----|----|--------|----|----|----------------|----|----|
|           | T1                     | T2 | T3 | T1    | T2 | T3 | T1     | T2 | T3 | T1             | T2 | T3 |
| 1         | 5                      | 4  | 4  | 6     | 6  | 5  | 7      | 8  | 7  | 0              | 0  | 1  |
| 2         | 4                      | 6  | 9  | 2     | 3  | 5  | 8      | 6  | 5  | 8              | 4  | 3  |
| 3         | 4                      | 4  | 4  | 0     | 0  | 0  | 1      | 1  | 1  | 0              | 0  | 0  |
| 4         | 8                      | 10 | 10 | 0     | 0  | 5  | 5      | 0  | 0  | 0              | 0  | 0  |
| 5         | 6                      | 5  | 7  | 3     | 2  | 4  | 4      | 7  | 6  | 0              | 2  | 2  |
| 6         | 3                      | 3  | 2  | 2     | 5  | 2  | 7      | 8  | 9  | 0              | 0  | 0  |
| 7         | 4                      | 5  | 7  | 5     | 6  | 6  | 3      | 2  | 3  | 2              | 0  | 0  |
| 8         | 8                      | 8  | 7  | 3     | 3  | 2  | 5      | 5  | 6  | 0              | 0  | 0  |
| 9         | 7                      | 10 | 8  | 3     | 2  | 4  | 4      | 5  | 2  | 1              | 0  | 1  |
| 10        | 3                      | 5  | 2  | 4     | 0  | 5  | 2      | 2  | 0  | 0              | 0  | 0  |
| 11        | 5                      | 6  | 3  | 3     | 4  | 2  | 6      | 3  | 8  | 0              | 0  | 0  |

Continuación Tabla No. 46. Perfil de sabor de la leche de cabra por panelista. (Parte 1)

| Panelista                  | Característico a leche |            |            | Dulce      |            |            | Salado     |            |            | Oxidado/rancio |            |            |
|----------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
|                            | T1                     | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1             | T2         | T3         |
| 12                         | 3                      | 3          | 2          | 0          | 0          | 0          | 4          | 3          | 6          | 0              | 0          | 0          |
| 13                         | 2                      | 3          | 2          | 2          | 2          | 2          | 0          | 0          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 14                         | 7                      | 9          | 9          | 6          | 6          | 6          | 2          | 2          | 0          | 0              | 0          | 0          |
| 15                         | 9                      | 10         | 8          | 7          | 8          | 4          | 3          | 3          | 7          | 2              | 2          | 6          |
| 16                         | 7                      | 4          | 4          | 6          | 5          | 3          | 8          | 3          | 6          | 1              | 4          | 4          |
| <b>Media</b>               | <b>5.3</b>             | <b>5.9</b> | <b>5.5</b> | <b>3.3</b> | <b>3.3</b> | <b>3.4</b> | <b>4.3</b> | <b>3.6</b> | <b>4.1</b> | <b>0.9</b>     | <b>0.8</b> | <b>1.1</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>2.2</b>             | <b>2.6</b> | <b>2.9</b> | <b>2.3</b> | <b>2.6</b> | <b>1.9</b> | <b>2.4</b> | <b>2.6</b> | <b>3.2</b> | <b>2.0</b>     | <b>1.4</b> | <b>1.8</b> |

Tabla No. 47. Perfil de sabor de la leche de cabra por panelista. (Parte 2)

| Panelista                  | Forraje (Monte) |            |            | Extraño    |            |            | Cocido     |            |            |
|----------------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                            | T1              | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         |
| 1                          | 1               | 4          | 3          | 2          | 3          | 4          | 5          | 4          | 3          |
| 2                          | 1               | 1          | 1          | 9          | 5          | 1          | 9          | 5          | 5          |
| 3                          | 0               | 0          | 0          | 1          | 1          | 1          | 1          | 0          | 0          |
| 4                          | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 5                          | 2               | 2          | 3          | 2          | 3          | 1          | 0          | 0          | 0          |
| 6                          | 2               | 2          | 3          | 4          | 5          | 7          | 0          | 0          | 0          |
| 7                          | 3               | 4          | 3          | 6          | 5          | 5          | 0          | 0          | 0          |
| 8                          | 7               | 7          | 8          | 8          | 9          | 8          | 0          | 0          | 1          |
| 9                          | 4               | 6          | 0          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 10                         | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 11                         | 1               | 2          | 2          | 2          | 1          | 4          | 3          | 3          | 0          |
| 12                         | 0               | 0          | 0          | 2          | 4          | 3          | 2          | 1          | 2          |
| 13                         | 4               | 5          | 4          | 8          | 8          | 8          | 4          | 2          | 4          |
| 14                         | 0               | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 15                         | 4               | 4          | 9          | 3          | 2          | 5          | 6          | 5          | 4          |
| 16                         | 4               | 2          | 2          | 6          | 8          | 6          | 3          | 2          | 2          |
| <b>Media</b>               | <b>2.1</b>      | <b>2.4</b> | <b>2.4</b> | <b>3.3</b> | <b>3.4</b> | <b>3.3</b> | <b>2.1</b> | <b>1.4</b> | <b>1.3</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>2.1</b>      | <b>2.3</b> | <b>2.8</b> | <b>3.1</b> | <b>3.0</b> | <b>3.0</b> | <b>2.7</b> | <b>1.9</b> | <b>1.8</b> |

Tabla No. 48. Perfil de color de la leche de cabra por panelista.

| Panelista                      | Blanco     |            |            | Blanco con<br>tendencia amarillenta |            |            | Blanco con<br>tendencia azulada |            |            |
|--------------------------------|------------|------------|------------|-------------------------------------|------------|------------|---------------------------------|------------|------------|
|                                | T1         | T2         | T3         | T1                                  | T2         | T3         | T1                              | T2         | T3         |
| 1                              | 6          | 5          | 4          | 9                                   | 7          | 6          | 0                               | 2          | 5          |
| 2                              | 6          | 8          | 4          | 7                                   | 3          | 8          | 2                               | 3          | 3          |
| 3                              | 8          | 9          | 8          | 5                                   | 4          | 7          | 7                               | 7          | 7          |
| 4                              | 0          | 0          | 0          | 8                                   | 8          | 10         | 0                               | 0          | 0          |
| 5                              | 5          | 9          | 2          | 5                                   | 1          | 7          | 0                               | 0          | 0          |
| 6                              | 7          | 9          | 8          | 10                                  | 8          | 9          | 0                               | 0          | 0          |
| 7                              | 7          | 8          | 6          | 7                                   | 7          | 8          | 0                               | 0          | 0          |
| 8                              | 10         | 10         | 9          | 8                                   | 8          | 7          | 0                               | 0          | 3          |
| 9                              | 7          | 6          | 7          | 3                                   | 3          | 3          | 7                               | 7          | 7          |
| 10                             | 3          | 6          | 0          | 4                                   | 2          | 8          | 0                               | 0          | 0          |
| 11                             | 6          | 7          | 4          | 5                                   | 3          | 6          | 2                               | 2          | 0          |
| 12                             | 7          | 8          | 7          | 7                                   | 5          | 7          | 0                               | 0          | 0          |
| 13                             | 7          | 6          | 2          | 3                                   | 5          | 6          | 1                               | 2          | 3          |
| 14                             | 0          | 0          | 0          | 9                                   | 9          | 9          | 0                               | 0          | 0          |
| 15                             | 5          | 7          | 4          | 8                                   | 7          | 9          | 0                               | 0          | 3          |
| 16                             | 5          | 6          | 6          | 8                                   | 7          | 7          | 7                               | 8          | 8          |
| <b>Media</b>                   | <b>5.6</b> | <b>6.5</b> | <b>4.4</b> | <b>6.6</b>                          | <b>5.4</b> | <b>7.3</b> | <b>1.6</b>                      | <b>1.9</b> | <b>2.4</b> |
| <b>Desviación<br/>estándar</b> | <b>2.7</b> | <b>2.9</b> | <b>3.0</b> | <b>2.2</b>                          | <b>2.5</b> | <b>1.7</b> | <b>2.8</b>                      | <b>2.9</b> | <b>2.9</b> |

Tabla No. 49. Perfil de textura de la leche de cabra por panelista.

| Panelista | Característica<br>a leche |    |    | Líquida |    |    | Cremosa |    |    | Grumosa |    |    |
|-----------|---------------------------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
|           | T1                        | T2 | T3 | T1      | T2 | T3 | T1      | T2 | T3 | T1      | T2 | T3 |
| 1         | 10                        | 9  | 10 | 10      | 10 | 10 | 0       | 1  | 0  | 0       | 0  | 0  |
| 2         | 8                         | 8  | 9  | 10      | 10 | 10 | 0       | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  |
| 3         | 4                         | 3  | 4  | 9       | 8  | 9  | 2       | 2  | 2  | 0       | 0  | 0  |
| 4         | 10                        | 10 | 10 | 10      | 10 | 10 | 0       | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  |
| 5         | 9                         | 9  | 8  | 9       | 9  | 9  | 10      | 6  | 8  | 3       | 3  | 2  |
| 6         | 10                        | 10 | 10 | 10      | 10 | 10 | 2       | 3  | 3  | 0       | 0  | 0  |
| 7         | 7                         | 7  | 7  | 10      | 10 | 10 | 1       | 1  | 1  | 0       | 0  | 0  |

Continuación Tabla No. 49. Perfil de textura de la leche de cabra por panelista.

| Panelista                  | Característica a leche |            |            | Líquida    |            |            | Cremosa    |            |            | Grumosa    |            |            |
|----------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                            | T1                     | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         | T1         | T2         | T3         |
| 8                          | 6                      | 6          | 5          | 9          | 9          | 9          | 8          | 7          | 8          | 3          | 3          | 2          |
| 9                          | 9                      | 9          | 7          | 8          | 8          | 9          | 4          | 4          | 2          | 0          | 0          | 0          |
| 10                         | 6                      | 9          | 5          | 3          | 0          | 0          | 0          | 1          | 3          | 0          | 0          | 0          |
| 11                         | 3                      | 10         | 6          | 6          | 3          | 2          | 1          | 4          | 1          | 0          | 0          | 0          |
| 12                         | 8                      | 9          | 8          | 8          | 9          | 8          | 1          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          |
| 13                         | 10                     | 10         | 10         | 8          | 9          | 9          | 3          | 5          | 2          | 0          | 0          | 0          |
| 14                         | 8                      | 8          | 8          | 10         | 10         | 10         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 15                         | 10                     | 10         | 10         | 8          | 8          | 8          | 9          | 9          | 9          | 0          | 0          | 0          |
| 16                         | 8                      | 9          | 8          | 9          | 6          | 8          | 4          | 8          | 7          | 0          | 0          | 0          |
| <b>Media</b>               | <b>7.9</b>             | <b>8.5</b> | <b>7.8</b> | <b>8.6</b> | <b>8.1</b> | <b>8.2</b> | <b>2.8</b> | <b>3.2</b> | <b>2.9</b> | <b>0.4</b> | <b>0.4</b> | <b>0.3</b> |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>2.2</b>             | <b>1.9</b> | <b>2.0</b> | <b>1.9</b> | <b>2.8</b> | <b>2.9</b> | <b>3.4</b> | <b>3.1</b> | <b>3.2</b> | <b>1.0</b> | <b>1.0</b> | <b>0.7</b> |

Tabla No. 50. Muestra de leche de cabra preferida por panelista y su justificación.

| Panelista | Muestra |    |    | Justificación   |
|-----------|---------|----|----|---|
|           | T1      | T2 | T3 |   |
| 1         | 0       | 1  | 0  | Sabor más dulce y menos extraño, la textura es más líquida.     |
| 2         | 0       | 0  | 1  | Mejor sabor y con menor intensidad que el de la muestra 300.    |
| 3         | 0       | 0  | 1  | Sabor más débil, no sabe tanto a queso.                         |
| 4         | 0       | 0  | 1  | Sabe a leche y el sabor está rico.                              |
| 5         | 0       | 0  | 1  | Era la que menos sabor intenso tenía.                           |
| 6         | 1       | 0  | 0  | Aunque es un poco salada, me gustó el olor y no es tan cremosa. |
| 7         | 1       | 0  | 0  | Tiene mejores características de sabor, color y textura.        |
| 8         | 1       | 0  | 0  | Está menos salada y es la más pasable.                          |
| 9         | 0       | 0  | 1  | Es la que mejor sabor tiene.                                    |
| 10        | 0       | 0  | 1  | Es la menos cremosa.  |

Continuación Tabla No. 50. Muestra de leche de cabra preferida por panelista y su justificación.

| Panelista              | Muestra   |           |           | Justificación  |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|--|
|                        | T1        | T2        | T3        |  |
| 11                     | 0         | 0         | 1         | Por su sabor.  |
| 12                     | 1         | 0         | 0         | Tenía el sabor menos fuerte a pasto y olor agradable.                                    |
| 13                     | 0         | 1         | 0         | Presenta una textura más similar a leche y un sabor, aunque distinto a leche, agradable. |
| 14                     | 0         | 1         | 0         | Es la menos salada y con más características de leche.                                   |
| 15                     | 1         | 0         | 0         | Sabor más familiar a leche de vaca (menos extraño)                                       |
| 16                     | 0         | 1         | 0         | Tiene un sabor menos ácido.  |
| <b>Frecuencia</b>      | <b>5</b>  | <b>4</b>  | <b>7</b>  |  |
| <b>Preferencia (%)</b> | <b>31</b> | <b>25</b> | <b>44</b> |  |

## E. Cálculos para análisis químicos de las dietas

### 1. Humedad: método AOAC 934.01

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca})}{\text{Peso muestra húmeda}} \times 100$$

### 2. Proteína: método AOAC 979.09

$$\% \text{Proteína} = \frac{V \times N \times 0.014 \times \text{factor}}{m} \times 100$$

Donde:

N=Normalidad

V=gasto de HCl 0.1N

m=peso de muestra en gramos

Factor=6.25 (para alimentos para animales)

**3. Grasa: método AOAC 963.15**

$$\%Grasa = \frac{\text{peso de grasa}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

**4. Cenizas: método AOAC 923.03**

$$\%Cenizas = \frac{\text{peso de cenizas}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

**5. Fibra cruda: método AOAC 962.09**

$$\%Fibra\ cruda = \frac{\text{Peso muestra seca} - \text{Peso muestra icinerada}}{\text{Peso muestra inicial}} \times 100$$

**6. Carbohidratos: por diferencia**

$$\%Carbohidratos = 100 - (\%Proteína + \%Grasa + \%Humedad + \%Cenizas + \%Fibra\ cruda)$$

**7. Fibra detergente neutro (FDN): método AOAC 2002.04**

$$\%FDN = \frac{\text{Peso muestra seca} - \text{Peso muestra icinerada}}{\text{Peso muestra inicial}} \times 100$$

### 8. Fibra detergente ácido (FDA): método AOAC 954.01

$$\%FDA = \frac{\text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra inicial}} \times 100$$

## F. Análisis específicos de materia prima

Tabla No. 51. Contenido de proteína en las distintas partes del forraje de chaya.

| Parte del forraje de chaya | Proteína (%) |
|----------------------------|--------------|
| Hoja                       | 26.7±1.3     |
| Tallo                      | 8.3±0.8      |
| Tronco                     | 8.6±0.3      |

Tabla No. 52. Contenido de proteína del pasto maralfalfa en dos cosechas distintas.

| Cosecha | Proteína (%) |
|---------|--------------|
| 1       | 18.9±0.1     |
| 2       | 8.8±0.0      |

Tabla No. 53. Análisis proximal del heno Pensacola.

| Parámetro         | Valor medio ± σ |
|-------------------|-----------------|
| Proteína (%)      | 3.7±0.2         |
| Humedad (%)       | 1.1±0.1         |
| Grasa (%)         | 1.7±0.2         |
| Cenizas (%)       | 9.7±0.1         |
| Fibra cruda (%)   | 36.2±0.5        |
| Carbohidratos (%) | 47.6±0.6        |