

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN PRODUCTOS  
ENRIQUECIDOS CON CONCENTRADO FOLIAR DE ALFALFA  
(*Medicago sativa L. var. Moapa*)

POR:

PAULA LIDIA SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TÉSIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA., MÉXICO.

JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN PRODUCTOS  
ENRIQUECIDOS CON CONCENTRADO FOLIAR DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.  
var. Moapa)

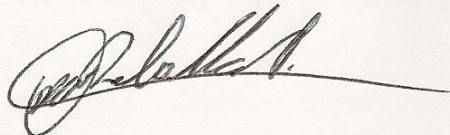
POR:

PAULA LIDIA SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

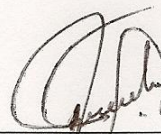
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA:



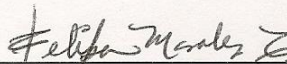
M.C. OSCAR NOÉ REBOLLOSO PADILLA  
ASESOR



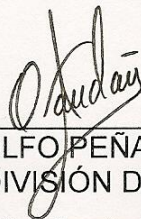
Ph. D. JESUS M. FUENTES RODRÍGUEZ  
VOCAL



LIC. LAURA OLIVIA FUENTES LARA  
VOCAL



M.C. FELIPA MORALES LUNA  
VOCAL



ING. JOSÉ RODOLFO PEÑA ORANDAY  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Junio de 2009

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



COORDINACIÓN DE  
CIENCIA ANIMAL

## *Agradecimientos*

*A DIOS, por darme la vida, por permitirme lograr mis sueños y que broten en mí los deseos de superación.*

*A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (MI ALMA TERRA MATER) por recibirme y darme la oportunidad de vivir, aprender y crecer en ella, no sólo académicamente sino como ser humano.*

*A todos los maestros que colaboraron en mi formación académica.*

*Al M.C. Oscar Noé Rebollosa Padilla, por su amistad, confianza y apoyo brindado para realizar este trabajo.*

*Al laboratorio de Nutrición y Alimentos de la UAAAN a cargo del T.A. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel por todo su apoyo, amistad y colaboración en el proceso de análisis químico.*

*Al laboratorio de Alfalfa del Departamento de Producción Animal de la UAAAN a cargo del T.A. Antonio D. Flores D. quien colaboró en la obtención del concentrado de alfalfa.*

## *Dedicatoria*

*A mis padres: Francisco Sánchez Luján y Margarita Hernández Ramírez por darme la vida y la educación que ellos creyeron mejor para mí, por la confianza y apoyo incondicional, ya que sin el hubiera sido difícil lograr los objetivos trazados hasta este momento de mi vida.*

*A mis hermanos Francisco Javier, Jorge Albino, Félix, Sergio y Cíndy Yesenia, por recordarme que siempre estamos unidos aún en la distancia compartiendo y apoyándonos en los buenos y malos momentos.*

*A Sergio Adrián por su amor, comprensión y apoyo incondicional en la realización de este trabajo y en cada día de nuestra vida.*

*A mi hijo Addaí Zadkiel García Sánchez, porque me ha enseñado a ver la vida de manera diferente y a valorar cada instante que la naturaleza nos brinda.*

*A mis compañeros de la generación CIV de la carrera de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos y amigos que en algún momento estuvieron cerca de mí para apoyarnos y compartir momentos en el transcurso de esta carrera y estancia en la Universidad.*

# Índice

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria .....	iv
Índice de Cuadros .....	vi
Índice de Figuras.....	vii
<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. Justificación .....	3
1.3. Hipótesis .....	3
<b>II. Revisión de Literatura.....</b>	<b>4</b>
2.1 El cultivo de alfalfa.....	4
2.2 El concentrado foliar de alfalfa.....	5
<b>III. Materiales y Métodos .....</b>	<b>15</b>
3.1 Ubicación .....	15
3.2 Preparación del Concentrado de alfalfa.....	16
3.3 Preparación de galletas .....	17
3.4 Preparación de Fritos.....	17
3.5 Análisis químicos .....	17
3.6 Análisis estadístico .....	18
<b>IV. Resultados y Discusión .....</b>	<b>19</b>
4.1. Análisis químico del concentrado de alfalfa .....	19
4.2. Análisis químico de las galletas con concentrado de alfalfa .....	20
4.3. Análisis químico de los fritos con concentrado de alfalfa.....	22
4.4 Análisis de minerales en las muestras.....	24
<b>V. Conclusiones.....</b>	<b>30</b>
<b>VI. Literatura Citada .....</b>	<b>31</b>
<b>VII. Anexo .....</b>	<b>34</b>

## Índice de Cuadros

2.1. Composición química de la alfalfa, en diferentes etapas de desarrollo .....	5
2.2. Composición química de la alfalfa en hojas y tallo .....	5
2.3. Composición nutricional de 100 gramos de concentrado de alfalfa .....	10
2.4. Composición química del concentrado foliar de alfalfa en 100 g.....	11
2.5. Composición de las proteínas y los aminoácidos en (g/%) .....	12
2.6. Contenido de minerales en una porción de 100 g de extracto foliar.....	14
4.1. Composición química del concentrado de alfalfa .....	19
4.2. Comparación de medias de Tukey .....	20
4.3. Prueba de medias de Tukey en fritos con concentrado de alfalfa .....	23
4.4. Contenido de minerales en muestras de concentrado de alfalfa .....	25
4.5. Comparación de medias Tukey de minerales en galletas .....	26
4.6. Comparación de medias Tukey de los minerales en fritos .....	28
7.1. Composición química de las galletas con concentrado de alfalfa (%).....	34
7.2. Análisis de varianza de las galletas con concentrado de alfalfa .....	35
7.3. Contenido de minerales en galletas .....	36
7.4. Análisis de varianza de minerales en galletas con concentrado de alfalfa ....	37
7.5. Composición química de los fritos con concentrado de alfalfa (%) .....	38
7.6. Análisis de varianza de los fritos con concentrado de alfalfa .....	39
7.7. Contenido promedio de minerales en fritos .....	40
7.8. Análisis de varianza de minerales en fritos con concentrado de alfalfa .....	41

## Índice de Figuras

3.1. Proceso de producción del concentrado de alfalfa.....	16
4.1. Composición química promedio de las galletas .....	22
4.2. Composición química promedio de los fritos .....	24
4.3. Contenido de minerales en muestras de concentrado de alfalfa.....	25
4.4. Contenido de minerales en galletas con concentrado de alfalfa .....	27
4.5. Contenido de minerales en fritos con concentrado de alfalfa .....	29

## Resumen

Se determinaron los valores de la composición química de productos enriquecidos (galletas y fritos) con concentrado proteico foliar de alfalfa (*Medicago sativa* L. var. Moapa), en base a los procedimientos descritos por la AOAC (1980), se trabajo con tres tratamientos y un testigo en ambos casos, en los que se sustituyo para cada tratamiento la cantidad correspondiente al 5, 10 y 15 % de concentrado proteico foliar de alfalfa con respecto a la cantidad de harina utilizada, teniendo al testigo (producto sin concentrado de alfalfa) como referencia. Los resultados muestran que hay un aumento positivo y estadísticamente significativo principalmente en proteína y minerales como el Ca, Fe y Cu, permitiendo concluir que la dosis óptima a utilizar es de 15 % debido a que aumenta en un 83.9 % el contenido de proteína en las galletas y 86 % en los fritos, comparados con las muestras testigo, lo que hace de ellos un producto mejor que los tradicionales, se recomienda utilizar el concentrado de alfalfa en alimentos con déficit de proteína e implementar su uso en los lugares en los que a los habitantes les es difícil obtener alimentos ricos en proteína.

Palabras clave: Concentrado proteico, Proteína foliar, Extracto foliar, *Medicago sativa*.



# I. Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) pertenece a la familia de las leguminosas, es una planta perenne (dura de 2 a 6 años dependiendo de la variedad y el manejo, pudiendo realizarse de 8 a 12 cortes por año (dependiendo de la frecuencia de riegos y el clima), es de clima templado, aunque puede cultivarse en regiones semiáridas, subhúmedas y húmedas. Requiere de suelos bien aireados y profundos, este cultivo requiere un mínimo de 300 a 500 mm y un óptimo de 500 a 1000 mm de precipitaciones anuales de agua.

Los principales estados productores de alfalfa en México son: Hidalgo, Chihuahua, Guanajuato, Durango, Sonora, Coahuila, San Luis Potosí y Puebla.

La alfalfa como forraje en verde es una excelente forma de utilización por su buena calidad y digestibilidad, en cambio la alfalfa deshidratada incrementa la calidad del forraje, la economía en el transporte y almacenamiento, permaneciendo sus características nutritivas casi intactas.

La importancia de este cultivo radica en que es fuente natural de minerales, proteína, fibra, vitaminas C, D, E y K. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo, limita y reduce la erosión protege de ciertas plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación.

El concentrado proteico es considerado aquel cuyo contenido en proteína es menor del 65 % obtenido mediante la separación mecánica del jugo proteico de la fibra de la planta. La proteína que compone al concentrado proteico debe ser igual a la que se encontraba en la fuente orgánica inicial, sin haber sufrido procesos de degradación o hidrólisis no deseables.

La alfalfa ha sido utilizada por el humano a lo largo del tiempo principalmente como complemento alimenticio, casi siempre por creer que tiene efecto medicinal sobre algunas enfermedades como los del aparato digestivo, respiratorio y reproductor; así como del sistema urinario y nervioso, algunos estudios reportan que los suplementos de alfalfa pueden reducir los niveles de colesterol y glucosa. Por lo tanto con esta investigación se pretende evaluar el aprovechamiento nutricional que pueden tener los alimentos enriquecidos con alfalfa.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar la composición química y establecer la dosis óptima en productos enriquecidos con concentrado de alfalfa.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la cantidad de proteína que posee el concentrado de alfalfa utilizado para enriquecer los alimentos.
- Determinar la dosis óptima entre las cantidades 5, 10 y 15 % de concentrado proteico de alfalfa utilizado en el enriquecimiento de alimentos para el humano.
- Evaluar el contenido proteico aportado por los alimentos enriquecidos con concentrado de alfalfa.

## **1.2. Justificación**

Debido a la importancia que tiene la proteína en la dieta humana y sabiendo que se cuenta con un nivel alto de desnutrición en el país, sobretodo en niños, se opta por hacer un estudio de la dosis óptima y el nivel nutritivo que es capaz de aportar el concentrado de alfalfa en la nutrición del humano, se pretende aportar los resultados para inducir a las personas a que incluyan la alfalfa en su dieta diaria.

## **1.3. Hipótesis**

La adición de concentrado de alfalfa en los alimentos, aumenta de manera significativa la composición química de los mismos.

## II. Revisión de Literatura

### 2.1 El cultivo de alfalfa

La alfalfa es el cultivo forrajero por excelencia y ha sido usado para ello desde la época en que se inició su cultivo. Hoy en día se encuentran dos subespecies: la forma común de alfalfa de flores púrpuras *M. sativa* subsp. *sativa*, y la alfalfa de flores amarillas *M. sativa* subespecie *falcata* que es rizomatosa y resistente al frío y a la sequía. En los casos en que la distribución de las dos subespecies se sobrepone aparecen formas híbridas antiguamente identificadas como *M. media* o *M. varia*, pero ahora conocidas como *M. sativa* subsp. *Varia* (FAO, 2007).

Los tallos son delgados, erectos y muy turgentes, están cubiertos de una vellosidad blanquecina y tiene hojas compuestas de márgenes lisos y bordes ligeramente dentados, las flores varían en el color, pueden ser de color azul o púrpura con pétalos de hasta 1cm, agrupadas en racimos de unos 4 cm de longitud, la raíz principal es muy larga de 2 a 5 m, pivotante, robusta y con numerosas raíces secundarias, el fruto en legumbre mide de 4 a 7 mm de diámetro, sin espinas, en forma de espiral formando una vuelta y media o hasta tres vueltas y media, contiene entre 2 y 6 semillas (Infoagro, 2007).

La alfalfa toma los elementos inorgánicos que necesita del aire, del agua, y de la tierra, transformándolos en elementos orgánicos vivos. Toma el nitrógeno y el carbón del aire; nitrógeno y sales minerales de la tierra en la cual crece; y oxígeno e hidrógeno del agua (Christopher, 2007).

La alfalfa es la que tiene mayor valor nutritivo, debido a que produce aproximadamente una cantidad doble de proteína digestible que el trébol, conteniendo de 18 a 20 % de proteína, como se observa en el Cuadro 2.1, según Cantú (1986).

Cuadro 2.1. Composición química de la alfalfa, en diferentes etapas de desarrollo

Estado del forraje	Proteína %	Fibra %	E. L. N. %	Extracto Etéreo %	Cenizas %
Suculento	32.44	15.42	39.50	1.57	11.07
Prebotón	26.48	21.93	39.14	1.81	11.55
Plena flor	15.84	35.44	39.54	1.40	7.79
1/10	17.88	33.96	37.77	1.54	8.84

Fuente: Cantú (1986)

El cultivo de la alfalfa proporciona elevados niveles de proteína, minerales y vitaminas de calidad, su valor energético también es alto, lo que está relacionado con el valor nitrogenado del forraje como se muestra en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Composición química de la alfalfa en hojas y tallo

%	HOJAS	TALLO
Proteína bruta	24	10.7
Extracto Etéreo	3.1	1.3
Extracto no nitrogenado	45.8	37.3
Fibra bruta	16.4	44.4
Cenizas	10.7	6.3

Fuente: Infoagro (2007)

## 2.2 El concentrado foliar de alfalfa

El concentrado de hojas es un alimento muy nutritivo que se hace separando de manera mecánica la fibra y los antinutrientes solubles de la proteína, vitaminas y minerales de ciertas hojas verdes. Es rico en beta-caroteno, hierro, y proteína de muy buena calidad. La fibra que se ha separado es un alimento excelente para los animales, debido a que contiene muchos de los nutrientes y al romperse las fibras de los tallos es digerido más fácilmente. El líquido que sobra es rico en nitrógeno y

potasio, y es buen fertilizante para las plantas, también se ha usado para producir etanol y bio-gas para cocinar (FAO, 2007).

La tecnología del concentrado de hoja ofrece una manera sencilla de eliminar la mayor parte del agua y fibra de las hojas verdes. Esto puede hacer que las hojas verdes sean más agradables como alimento. Aunque el concentrado de hojas no reemplazará los granos, sí ofrece una fuente innovadora de alimentos para la dieta humana (Kennedy, 1993).

El principio del concentrado reside en la termocoagulación o precipitación de las proteínas provocada por la alta temperatura. El producto obtenido presenta una proporción en celulosa reducida del 1 al 2 %, es rico en proteína (50 a 60 %), en oligoelementos, en vitaminas, en xantofilas y en pigmentos de caroteno (Gastineau, 1981).

Para obtener la pulpa, es necesario abrir las células fibrosas de las hojas, cuando éstas están rotas el contenido de nutrientes de las células pueden pasar al jugo. Cuando las hojas se marchitan, la presión dentro de las células se reduce y aumenta la cantidad de fuerza necesaria para romper la célula. El rendimiento del concentrado de hojas baja 4-15 % en cuatro horas y 50 % en nueve horas. Aun en circunstancias ideales, es imposible romper todas las células pero algunas técnicas son más eficaces que otras, de acuerdo a Kennedy (1993).

El concentrado se separa del jugo de la hoja coagulando la proteína que es como se combinan otros nutrientes en el cuajo. Aunque el concentrado se forma cuando el jugo llega a 65°C es muy importante seguir calentando el jugo hasta el punto de ebullición para la pasteurización y la formación de un coagulo más firme que es mucho más fácil de separar del jugo. La manera más eficaz para coagular la proteína del jugo de la hoja es calentarlo rápidamente. Si se calienta despacio disminuye el rendimiento, causando que el concentrado sea suave y de textura fina. No es necesario mantener el jugo hirviendo, debido a que se pierden algunas vitaminas además de aumentar el costo del combustible, sin dar ningún beneficio.

Después de prensar el coagulo, debe parecer migas y contener un 60 % de humedad (Kennedy, 1993).

En 1943, en la India se combino el extracto foliar con ingredientes de la comida tradicional, la cual tuvo buena aceptación. Guha, (1960) participó en el primer estudio de alimentación humana con extracto de hojas, durante el hambre en Bengala.

Waterlow, (1962) trabajo en Jamaica con 21 niños desnutridos, todos varones entre las edades de 5 y 26 meses, todas las dietas suministradas fueron mezclas líquidas de extracto foliar y leche. El extracto foliar fue procesado en Rothamsted, Inglaterra. La absorción del nitrógeno del extracto foliar tuvo un promedio del 79.8 % mientras la de la leche marcó en el 88.7 %. La retención fue del 31.6 % en el extracto mientras la de la leche del 34.1 %. Respecto a la ingesta de la misma cantidad de proteínas, el aumento de peso con la mezcla del extracto foliar y leche fue tan bueno como la ingesta de sólo leche. Se concluyó que el extracto foliar sería un suplemento valioso para niños con poco consumo de leche.

Fox y Waterlow (1966) usaron extracto foliar y leche en el tratamiento de niños jamaíquinos desnutridos. Realizaron estudios de equilibrio de nitrógeno en donde la absorción de nitrógeno de la leche fue del 84.8 % y la retención fue el 32.0 %. El concentrado foliar indicó el 79.0 % de absorción con una retención del 28.0 %. El consumo del concentrado por disolvente no mejoró los resultados. Concluyendo que el uso del extracto foliar es prometedor cuando reemplace hasta la mitad de las proteínas de la leche en la alimentación. El extracto foliar es un excelente suplemento de leche en el tratamiento de la desnutrición (Olatunbosun y colaboradores, 1972).

Doraiswamy y colaboradores (1969) en el Instituto Central de Investigaciones de la Tecnología de Alimentos en Mysore, realizaron un estudio con duración de 6 meses. El grupo de concentrado foliar tuvo más del doble del aumento de peso que

el grupo control y mejores resultados que los demás grupos. El grupo de extracto foliar además mostró el mejoramiento más alto en su estado nutricional general. No hubo reacciones adversas al extracto, ni problemas asociados con aceptarlo, en efecto, a los niños les gustaban mucho los platillos que se elaboraban con él. Se encontró también que cuando la dieta tradicional, rica también en hierro, se suplementó con el extracto, hubo un aumento significativo en las concentraciones de la hemoglobina (Soynica, 2007).

En 1985 Dewey, realizó un estudio como parte de un programa de alimentación en el ejido Saltillo de Mexicali para estudiar el cambio del estado nutricional en niñas y niños con una ingesta de extracto foliar húmedo de alfalfa además de su alimentación normal durante un periodo de 19 semanas. No hubo grupo de control. Se encontró un aumento significativo en peso para la edad de los niños y un incremento leve en talla. La adición de extracto foliar a una dieta adecuada en proteínas dio como resultado la disminución del 16 % de desnutrición de primer grado en este grupo de niños.

Mathur, (1986) realizó un estudio de ocho meses llevado a cabo con niños de, entre 4 y 9 años de edad previamente desparasitados, en Ellora, Estado de Maharastra, India. El índice de hemoglobina se midió en los niños al inicio y al finalizar la investigación. Observándose que los niños que estaban anémicos al inicio del estudio superaron sus niveles de hemoglobina al fin del estudio, marcando cero anemia. Pero, en el grupo de control no se curaron todos, a pesar de que la dieta del grupo contenía la cantidad diaria recomendada de hierro. El extracto foliar obviamente proporcionó otros nutrientes, incluso betacarotenos, que son provechosos en aumentar el índice de hemoglobina en la sangre.

Se han reportado proteínas foliares de alfalfa con un perfil de aminoácidos, superior al de la proteína del maíz y con mayor contenido de lisina que la proteína de soya. La mayor cantidad de proteínas en alfalfa se encuentra en las hojas. La proteína foliar consiste de enzimas y algunas proteínas estructurales, constituyendo



entre 70 y 80 % del nitrógeno total. La proteína citoplásmica, libre de clorofila, es soluble en agua, es de mayor digestibilidad y posee un alto valor nutricional, mientras que, la fracción cloroplástica que constituye del 30 al 50 % de la proteína es insoluble en agua, de menor digestibilidad y valor nutritivo. La pared celular de las hojas contiene alrededor de un 10 % de proteínas (Urribarrí y colaboradores, 2004).

El contenido de proteína foliar en seco es elevado, pero depende del método de extracción, el perfil de aminoácidos está relacionado con el vegetal de donde se extrae, aún cuando su balance es muy constante independientemente de su origen. El perfil de aminoácidos es muy parecido entre plantas y las diferencias relativas en el vegetal, se deben a la presencia de otros elementos los cuales se eliminan durante el proceso de concentración de la proteína. El valor biológico de la proteína está entre la harina de soya y la leche. Su costo de producción es alto similar al de la producción de harinas animales, pero es más costoso que el de las harinas de oleaginosas, lo que limita su uso a nivel comercial (Martínez y colaboradores).

El concentrado foliar de alfalfa es rico en proteína, minerales y vitaminas, como se muestra en el Cuadro 2.3, por lo que se considera una alternativa para emplearlo como suplemento alimenticio en niños con problemas de desnutrición como es el caso de las comunidades rurales, (Fuentes, 1996).

Cuadro2.3. Composición nutricional de 100 gramos de concentrado de alfalfa

COMPOSICIÓN	%
Humedad	55.0 g
Proteína	27.6 g
Vitamina A	39.0 mg
Vitamina E	12.0 mg
Vitamina k	0.45 mg
Tiamina (B <sub>1</sub> )	0.20 mg
Riboflavina (B <sub>2</sub> )	0.25 mg
Niacina (B <sub>3</sub> )	10.9 mg
Acido Ascórbico	1.0 mg
Piridoxina (B <sub>6</sub> )	0.45 mg
Acido Pantoténico (B <sub>5</sub> )	2.0 mg
Biotina	22.0 µg
Acido Fólico (B <sub>9</sub> )	0.25 mg
Calcio	839 mg
Fósforo	272 mg
Magnesio	173 mg
Fierro	44.5 mg
Potasio	321mg
Zinc	4.1 mg
Cobre	1.0 mg
Manganeso	3.0 mg
Yodo	10.0 µg

Fuente: Fuentes, 1996

El concentrado foliar de alfalfa es interesante a nivel nutritivo debido a que posee una alta cantidad de proteínas, como se observa en el Cuadro 2.4, la Organización Mundial de la Salud recomienda un valor de 0,8 g de proteínas por kilogramo de peso al día, claro que en etapas como el crecimiento, el embarazo y la lactancia, estas necesidades aumentan.

Cuadro 2.4. Composición química del concentrado foliar de alfalfa en 100 g

Composición	Proporción (%)
Humedad	8
Materias nitrogenadas totales N x 6.25	50 – 60
Materias grasas	9 -10
Glúcidos	6
Fibras	< 2
Minerales	13 – 14
Vitaminas	0.09

Fuente: Zanin, 1998

Las proteínas están compuestas por aminoácidos, los cuales se clasifican en: aminoácidos esenciales que son los que no se producen o sintetizan en el organismo del individuo y deben ser obtenidos a través de los alimentos: histidina (solo en la niñez), isoleucina, fenilalanina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina.

Los aminoácidos no esenciales, son metabolizados en el organismo a partir de otros aminoácidos: la tirosina y la cisteína, ac. aspártico, glutámico, alanina, asparagina, cisteína, glutamina, prolina, arginina serina y tirosina.

En función de la cantidad de aminoácidos esenciales, se establece la calidad de los distintos tipos de proteínas. Las proteínas que contienen cantidades suficientes de los aminoácidos esenciales son proteínas de alto valor biológico y, cuando falta un aminoácido esencial, el valor biológico de esa proteína disminuye. Todos los aminoácidos esenciales se encuentran presentes en el concentrado de hojas, de forma similar a las proteínas de origen animal, por ejemplo el huevo, como se muestra en el cuadro 2.5

Cuadro 2.5. Composición de las proteínas y los aminoácidos (g/%)

<b>Aminoácidos</b>	<b>Huevo</b>	<b>Trigo</b>	<b>Extracto foliar</b>
Acido aspártico	10.5	5	9.3 - 10.7
Acido glutámico	12.4	31	10.6 - 12.5
Alanina	5.6	3.4	5.9 - 7.1
Arginina	6.1	5.1	4.4 - 4.6
Cistenina	2.7	2.4	0.6 - 3.0
Fenilalanina*	6.5	5	5.8 - 7.0
Glicina	3.4	4.1	4.8 - 6.3
Histidina**	2.5	2.3	1.8 - 2.5
Isoleucina*	4.8	3.5	4.3 - 6.7
Leucina*	8.1	6.9	8.5 - 10.6
Lisina*	6.7	2.7	5.6 - 7.4
Metionina*	3.4	1.6	1.5 - 2.6
Prolina	3.5	10	4.4 - 5.7
Serina	7.3	5.2	4.1 - 5.7
Treonina*	5.1	3	4.6 - 5.8
Triptofano*	1.7	1.2	1.6 - 3.4
Tyrosina*	4.1	3.2	3.7 - 5.2
Valina*	5.6	4.4	5.8 - 6.7

Fuente: APEF, SOYNICA (2007)

\* Aminoácidos esenciales

\*\*Aminoácido esencial solo en la niñez

Los minerales son indispensables para nuestro organismo en pequeñas cantidades, las cuales dependen de la edad y etapa de desarrollo en que se encuentra el individuo, las funciones son estructura ósea y dental, regulación del balance hídrico, ácido-base y de la presión osmótica, excitabilidad nerviosa, contracción muscular, transporte, sistema inmunológico y crecimiento celular.

Los elementos esenciales son los que tienen una función demostrada y aceptada universalmente, se caracterizan en función de los requerimientos dietéticos: los macroelementos son los minerales cuantitativamente más importantes en el organismo humano, cuyas necesidades diarias son superior a los 100 mg diarios, son: el azufre, calcio, fósforo, magnesio y los electrolitos: sodio, potasio y cloro, la función de estos elementos es la constitución del hueso, regulación de los líquidos del cuerpo y secreciones digestivas.

Los elementos traza o microelementos necesarios en pequeña cantidad, en los que se encuentra el hierro, el cobre, el yodo, el flúor, el zinc, el manganeso y el selenio. Sus funciones están relacionadas con las reacciones bioquímicas, nos protegen contra enfermedades, ayudan a reducir la fatiga y lograr un mejor estado físico y mental. Una vez completado el desarrollo, nuestro organismo, está sometido a un constante recambio, por lo tanto los minerales se necesitan continuamente para el mantenimiento del organismo, como se presenta en el Cuadro 2.6.

Cuadro 2.6. Contenido de minerales en una porción de 100 g de extracto foliar

Mineral	Función	Requerimiento Diario	Cont. / 100gr
Calcio (Ca)	Formación y crecimiento de huesos y dientes, catalizador de enzimas, coagulación de la sangre.	Niños de 1-9 años: 600-700 mg Adultos: 900 mg Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes: 1200 mg	320 mg
Fósforo (P)	Formación y crecimiento de huesos y dientes y de la membrana celular, metabolismo de lípidos, catalizador (fosforilación). Obtención y transmisión de energía y material genético.	Niños de 1- 9 años: 500-600 mg Adultos: 800 mg Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes: 1000 mg	70 mg
Potasio (K)	Principal catión intracelular, ayuda en la regulación del balance ácido-básico, interviene en el mantenimiento de la presión osmótica y la transmisión de los impulsos nerviosos	1000 – 2000 mg	70 mg
Sodio (Na)	Principal catión extracelular, antagonista y complementario para el K, mantiene el equilibrio acido-base.	3000 – 5000 mg	0.5 mg
Magnesio (Mg)	Formación y crecimiento de huesos y músculos. Activar ATP en el ciclo energético, activar numerosas enzimas	Niños de 1- 9 años: 120-180g Adultos: 340-420 mg Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes: 330–480 mg	13 mg
Hierro (Fe)	Síntesis de hemoglobina, transporta oxígeno al músculo (mioglobina), ión esencial para la respiración, anti-infeccioso	Niños de 1- 9 años: 10 mg Adultos: 10-18 mg Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes: 10-18 mg	7 mg
Zinc (Zn)	Formación y crecimiento de piel, huesos, uñas y pelo, diversidad catalítica, forma parte de enzimas.	Niños de 1- 9 años: 10 mg Adultos y Adolescentes: 12-19 mg	200µg

Fuente: APEF, SOYNICA (2007)

## III. Materiales y Métodos

### 3.1 Ubicación

El presente trabajo consistió en realizar la obtención y análisis químico del concentrado foliar de alfalfa (*Medicago sativa* L. Var. Moapa) y de los productos enriquecidos con el concentrado (galletas y fritos); la obtención del extracto se llevo a cabo en el Laboratorio de alfalfa del Departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, obteniendo las plantas de alfalfa, del área de producción en la UAAAN, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, donde la temperatura media anual es de 19.8 °C con una Latitud de 25° 21', una Longitud de 101° 02' y 1743 msnm.

#### **Equipo**

Molino para triturar

Gato hidráulico para prensar

Estufa con circulación de aire caliente

Balanza analítica

Balanza semianalítica

Macro Kjeldhal

Matraces Kjeldhal

Extractor Soxleth

Espectrofotómetro

#### **Material vegetativo**

Cultivo de alfalfa (planta)

Harina de maíz

Harina de trigo

### 3.2 Preparación del Concentrado de alfalfa

Para la obtención del extracto se siguieron los siguientes pasos:

- Obtención de la alfalfa fresca variedad Moapa.
- Se lavó la alfalfa para eliminar tierra e impurezas.
- Se molió para obtener una pasta
- Se preno con la ayuda de un gato hidráulico de 20 toneladas con el fin de extraer el jugo que contiene las proteínas.
- Se calentó el jugo a una temperatura promedio de 89°C para coagular la proteína.
- El coagulado se colocó sobre una manta para exprimirlo y retirar el exceso de agua.
- El extracto obtenido se secó en la estufa a 55°C por 18 horas.

El proceso de extracción del concentrado de alfalfa se muestra en la figura 3.1, el cual está en trámite de obtener la patente a nombre de la UAAAN por J. M. Fuentes R. y Ma. E. Murillo S. (Profesores-Investigadores de la UAAAN).

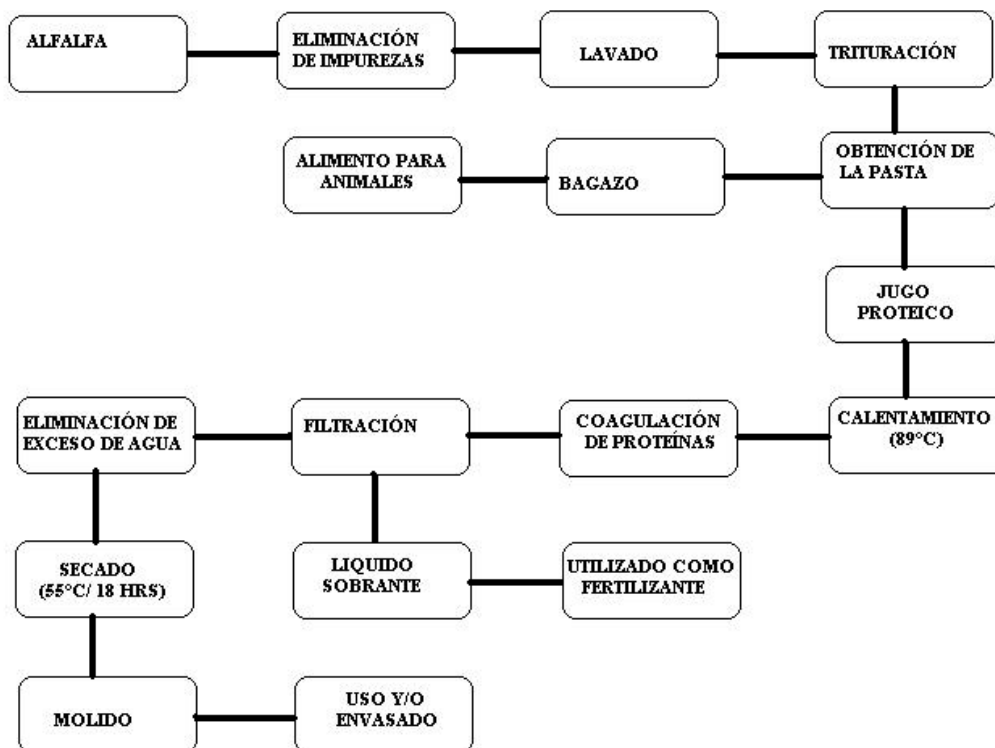


Figura 3.1. Proceso de producción del concentrado de alfalfa.



### **3.3 Preparación de galletas**

Se elaboraron galletas de pasta seca con la receta tradicional (58.08 % de harina de trigo, 32.25 % de margarina, 9.67 % de azúcar, horno precalentado a 180°C) sustituyendo el 5, 10 y 15 % de concentrado de alfalfa respecto a la cantidad de harina utilizada en cada tratamiento, teniendo un testigo como referencia.

### **3.4 Preparación de Fritos**

Se elaboraron las frituras mezclando el 39.83 % de harina de maíz, 59.75 % de agua, 0.42 % de sal y se frieron durante 3 minutos en aceite caliente, se realizaron 3 tratamientos en los que se sustituyo para cada tratamiento la cantidad correspondiente al 5, 10 y 15 % de concentrado de alfalfa con respecto a la cantidad de harina utilizada, teniendo un testigo como referencia.

### **3.5 Análisis químicos**

El Análisis químico (materia seca, cenizas, proteína y extracto etéreo) de las muestras del concentrado y de los alimentos enriquecidos como son: galletas de pasta seca y fritos de maíz con extracto de alfalfa se determinaron en el Laboratorio de Nutrición y Alimentos de la UAAAN, realizados según la AOAC (1980). Se prepararon seis muestras para cada testigo y tratamientos.

La cantidad de humedad se obtuvo al colocar las muestras de los tratamientos que comprenden: galletas y fritos enriquecidos con concentrado de alfalfa, los cuales se colocaron en charolas de aluminio, se introdujeron en una estufa con circulación de aire caliente a temperatura constante de 55 °C durante 18 horas, revisando que el secado fuera uniforme.

Para obtener la muestra del concentrado, las galletas y fritos (en testigos y tratamientos 1, 2 y 3), después del secado, se utilizó un mortero de porcelana para triturarlas, esto con el fin de evitar la alteración de los componentes originales y obtener resultados más certeros; posteriormente las muestras se colocaron en frascos de vidrio para evitar absorción de humedad y posibles alteraciones por contaminación entre muestras o de forma externa.

El análisis de los minerales se llevó a cabo por absorción atómica mediante un espectrofotómetro que ejecuta mediciones de absorbancia, % transmitancia y concentración dentro del rango de longitud de onda de 325 a 1100 nanómetros (nm), con una ranura espectral 8 nm, utilizando la muestra preparada directa y en algunos casos diluida.

### **3.6 Análisis estadístico**

El análisis estadístico utilizado fue un diseño experimental completamente al azar, se trabajó con tres tratamientos y un testigo, con seis repeticiones cada uno obteniendo el análisis de varianza mediante el programa de análisis estadísticos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey a aquellos tratamientos que presentaron significancias según Steel y Torrie (1980).

## IV. Resultados y Discusión

### 4.1. Análisis químico del concentrado de alfalfa

Se obtuvieron dos muestras de concentrado diferentes de los cuales se tomaron tres muestras de cada uno, realizando el análisis químico respectivo obteniendo diferentes resultados, los cuales coinciden con los datos que refiere Zanin (1998) sobre el concentrado de alfalfa y difieren con respecto a los datos de Fuentes (1995) , como se observa en el Cuadro 4.1.

El concentrado de alfalfa coincide con los niveles de materia seca y extracto etéreo que maneja la FAO (2007) en los datos del concentrado proteico foliar de alfalfa de Estados Unidos.

El contenido de proteína coincide con lo que se reporta en Soynica (2007) pero no coincide con lo referido en grasa (9-10 %), la variación de proteína y grasa según Zanin (1998) es debida a la variedad y la etapa fenológica en que se encontraba la planta al momento del corte.

En el análisis de varianza realizado a los resultados del concentrado de alfalfa se encontró que no existe diferencia ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos en cuanto a materia seca, proteína y cenizas, y con diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) al contenido de extracto etéreo.

Cuadro 4.1. Composición química del concentrado de alfalfa

Compuesto	Muestra 1 %	Muestra 2 %	Promedio %
Materia Seca	96.781 <sup>a</sup>	97.065 <sup>a</sup>	96.923
Cenizas	5.242 <sup>a</sup>	5.123 <sup>a</sup>	5.183
Proteína	60.913 <sup>a</sup>	59.110 <sup>a</sup>	60.012
Extracto Etéreo	5.971 <sup>b</sup>	6.965 <sup>a</sup>	6.468

<sup>ab</sup> Literales diferentes en columnas indican diferencia ( $P < 0,05$ )

## 4.2. Análisis químico de las galletas con concentrado de alfalfa

El análisis de varianza que se realizó a los diferentes tratamientos es una prueba que permite medir la variación de las respuestas numéricas y determinar si existe diferencia estadística entre los valores de las diferentes variables.

En el análisis de varianza realizado a los resultados de las galletas con concentrado de alfalfa se encontró que había diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) en proteína y diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en materia seca, extracto etéreo y cenizas.

Debido a que en análisis de varianza se encontraron diferencias entre tratamientos, se realizó la prueba de medias de Tukey, según Steel y Torrie (1980), en donde se encontró que los cuatro tratamientos, es decir, los tres tratamientos y el testigo no fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) en cuanto a materia seca, cenizas y extracto etéreo, en cambio en proteína el mejor tratamiento fue el tratamiento 4 (galletas con 15 % de concentrado de alfalfa), es altamente significativo ( $P < 0.01$ ) comparado con el tratamiento 3 (galletas con 10 % de concentrado de alfalfa), y éste con el tratamiento 2 (galletas con 5 % de concentrado de alfalfa). Entre el tratamiento 1 (testigo) y el tratamiento 2 (galletas con 5 % de concentrado de alfalfa) no tienen diferencia ( $P < 0.05$ ), como se observa en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de Tukey

<b>GALLETAS (%)</b>				
Muestra	Materia Seca Total	Cenizas	Proteína	Extracto Etéreo
Trat. 1	97.306 <sup>a</sup>	0.732 <sup>a</sup>	7.076 <sup>c</sup>	26.079 <sup>a</sup>
Trat. 2	96.774 <sup>a</sup>	0.951 <sup>a</sup>	9.450 <sup>bc</sup>	24.327 <sup>a</sup>
Trat. 3	98.210 <sup>a</sup>	1.066 <sup>a</sup>	10.101 <sup>b</sup>	26.855 <sup>a</sup>
Trat. 4	98.246 <sup>a</sup>	1.246 <sup>a</sup>	13.014 <sup>a</sup>	26.993 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en columnas indican diferencia ( $P < 0,05$ )

En el tratamiento 2 (galletas con el 5 % de concentrado de alfalfa) la composición en cuanto a cenizas, aumento de manera positiva en un 29.9 % de cenizas y en el 33.5 % de proteína comparado con los datos obtenidos por el testigo.

Los análisis para el tratamiento 3 (galletas con el 10 % de concentrado de alfalfa) dan como resultado el aumento del 12.09 % en cenizas y el 6.88 % de proteína comparado con el tratamiento 2, mientras que si se compara con el tratamiento 1 (testigo), el aumento en cenizas es de 45.62 % y el 42.75 % de proteína.

Los análisis para el tratamiento 4 (galletas con el 15 % de concentrado de alfalfa) indican que existe un incremento del 16.88 % en cenizas y el 28.83 % de proteína comparado con el tratamiento 3, mientras que si se compara con el testigo, el aumento en cenizas es de 70.21 % y el 83.9% de proteína.

Los resultados de la prueba de medias se confirman en la siguiente grafica (fig. 4.1) donde se muestran las diferencias entre tratamientos, se observa que el tratamiento 4 (galletas con 15 % de concentrado de alfalfa) obtuvo el mayor contenido de proteína y cenizas, consecutivamente le siguen los tratamientos 3, 2 y en menor proporción el tratamiento 1 (testigo).

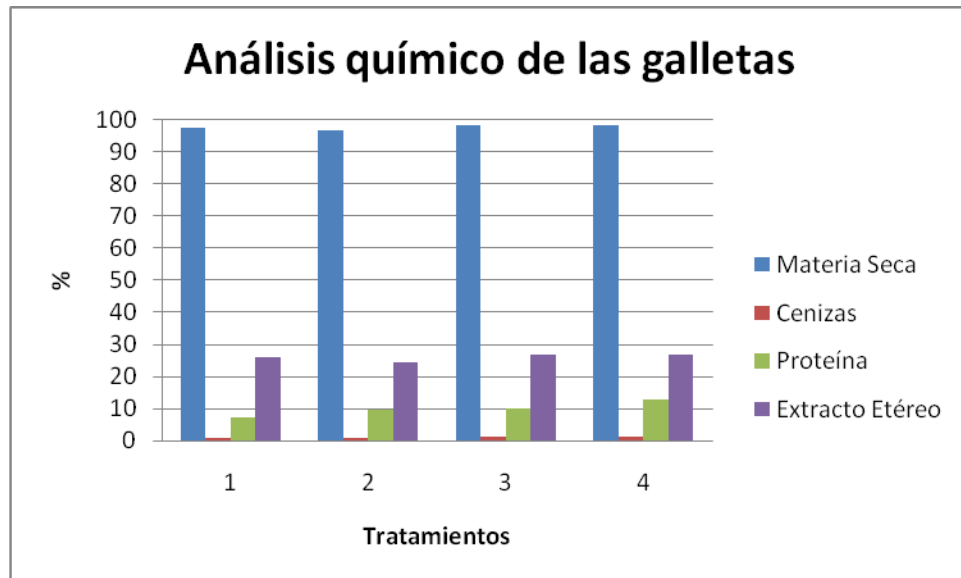


Figura 4.1. Composición química promedio de las galletas

#### 4.3. Análisis químico de los fritos con concentrado de alfalfa

Se realizó el análisis de varianza a los resultados de los fritos con concentrado de alfalfa, se encontró que había diferencia estadística entre los tratamientos en proteína materia seca, extracto etéreo y cenizas.

Debido a que en análisis de varianza se encontraron diferencias entre tratamientos, se realizó la comparación de medias (Cuadro 4.3) a través de la prueba de medias de Tukey, según Steel y Torrie (1980), en donde se encontró que los tres tratamientos y el testigo no tienen diferencia ( $P < 0.05$ ) entre ellos en cuanto a cenizas y extracto etéreo. En materia seca el tratamiento altamente significativo ( $P < 0.01$ ) fue el tratamiento 3 (galletas con 15 % de concentrado de alfalfa). En proteína el tratamiento altamente significativo ( $P < 0.01$ ) fue el Tratamiento 4, seguido del tratamiento 3 y el tratamiento 2 que solo fueron significativos ( $P < 0.05$ ) entre ellos y el testigo fue el que tenía menor cantidad.

Cuadro 4.3. Prueba de medias de Tukey en fritos con concentrado de alfalfa

<b>FRITOS (Prom. %)</b>				
Muestra	Materia Seca Total	Cenizas	Proteína	Extracto Etéreo
Trat. 1	96.967 <sup>a</sup>	1.680 <sup>a</sup>	6.756 <sup>c</sup>	28.474 <sup>a</sup>
Trat. 2	66.850 <sup>a</sup>	2.256 <sup>a</sup>	8.297 <sup>bc</sup>	31.295 <sup>a</sup>
Trat. 3	98.092 <sup>b</sup>	1.979 <sup>a</sup>	10.659 <sup>ab</sup>	31.313 <sup>a</sup>
Trat. 4	96.802 <sup>a</sup>	1.801 <sup>a</sup>	12.576 <sup>a</sup>	30.255 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en columnas indican diferencia (P<0,05)

La composición en cuanto a cenizas, aumento en el tratamiento 2 (fritos con el 5 % de concentrado de alfalfa) en un 34.28 % y en 22.81 % de proteína comparado con la cantidad en el tratamiento 1 (testigo).

Los análisis para el tratamiento 3 (fritos con el 10 % de concentrado de alfalfa) dan como resultado la disminución en un 12.26 % en cenizas y el aumento del 28.46 % de proteína comparado con el tratamiento 2, mientras que si se compara con el testigo (tratamiento 1), el aumento en cenizas es de 17.79 % y el 57.76 % de proteína.

Los análisis para el tratamiento 4 (fritos con el 15 % de concentrado de alfalfa) reflejan que existe una disminución del 9.0 % en cenizas y el aumento del 17.98 % de proteína comparado con el tratamiento 3, mientras que si se compara con el tratamiento 1, el contenido de cenizas aumenta en un 7.2 % e incrementa en un 86 % de proteína, lo que lo convierte en el mejor tratamiento para el propósito de incremento de proteína en los alimentos.

Los datos obtenidos en los análisis químicos de los fritos se compararon con los datos referidos por tres marcas reconocidas del producto y se encontró que el concentrado foliar le aumenta el contenido de proteína, además de aportar minerales; por lo que si a los niños les gusta comer frituras es mejor prepararlos en casa y agregarles concentrado de alfalfa, así son más nutritivos.

En la siguiente grafica (fig. 4.2.) se muestran las diferencias entre tratamientos, en donde se observa que el tratamiento 4 (fritos con 15 % de concentrado de alfalfa) fue el mejor en contenido de proteína, en cantidad de cenizas el mejor fue el tratamiento 2 (fritos con 5 % de concentrado de alfalfa), aunque estadísticamente no tuvo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), en extracto etéreo el mejor fue el tratamiento 1 (testigo) ya que tuvo el menor contenido de grasa, estadísticamente no hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre ellos.

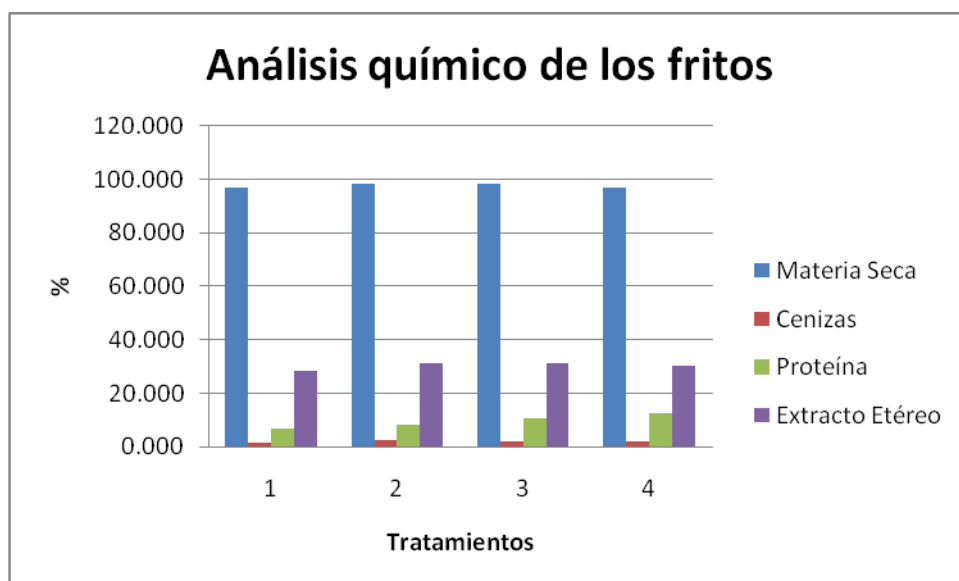


Figura 4.2. Composición química promedio de los fritos

#### 4.4 Análisis de minerales en las muestras

Los datos obtenidos en el análisis de minerales del concentrado de alfalfa se muestran en el Cuadro 4.4, estos datos son mucho más elevados que los datos referidos por Fuentes (1996) y SOYNICA (2007), por lo tanto no coinciden. Estadísticamente las muestras no tuvieron significancia ( $P < 0.05$ ) en Calcio, Zinc, Manganeso, Fosforo y Potasio, y con diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en Hierro, Cobre y Magnesio.



Cuadro 4.4. Contenido de minerales en muestras de concentrado de alfalfa

MINERALES (ppm)								
Muestra	Ca	Fe	Zn	Mn	P	K	Cu	Mg
1	4133.333 <sup>a</sup>	370.333 <sup>b</sup>	85.833 <sup>a</sup>	20.333 <sup>a</sup>	56.600 <sup>a</sup>	3875.000 <sup>a</sup>	1591.667 <sup>a</sup>	13.667 <sup>a</sup>
2	3883.333 <sup>a</sup>	404.500 <sup>a</sup>	87.667 <sup>a</sup>	23.500 <sup>a</sup>	54.533 <sup>a</sup>	4125.000 <sup>a</sup>	1241.667 <sup>b</sup>	11.833 <sup>b</sup>
Prom.	4008.33	387.41	86.75	21.91	55.56	4000.0	1416.66	12.75

<sup>abc</sup> Literales diferentes en columnas indican diferencia (P<0,05)

En la figura 4.3 se observan las variaciones obtenidas en el análisis de minerales del concentrado de alfalfa; en Calcio y Potasio fueron cantidades más altas, no uniformes. El Hierro, Zinc, Manganeso, Fosforo y Magnesio se obtuvieron en cantidades menores pero similares entre ellas.

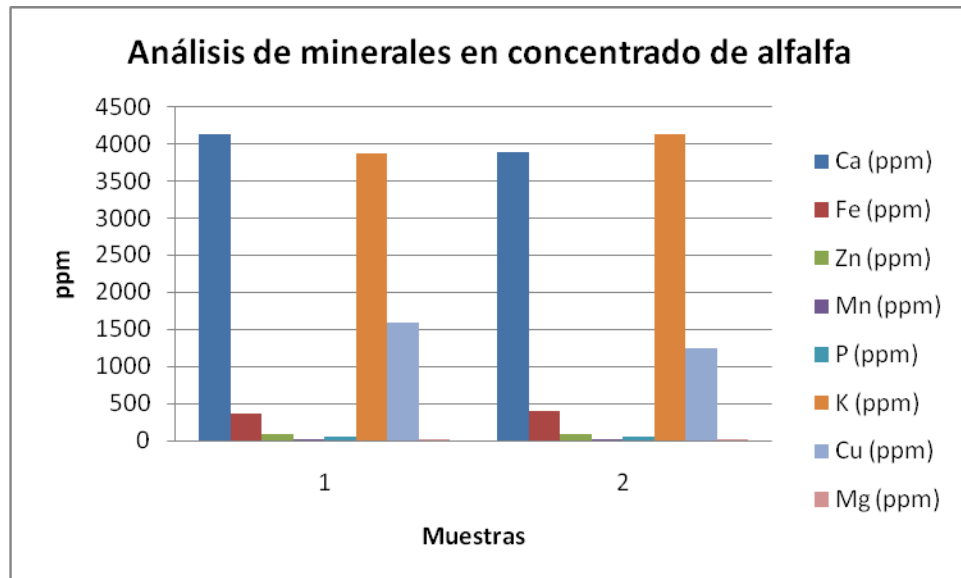


Figura 4.3. Contenido de minerales en muestras de concentrado de alfalfa

En los resultados de los análisis de minerales de las muestras de galletas con concentrado de alfalfa, el contenido de calcio para el testigo (galletas sin concentrado de alfalfa) es alta en 3 repeticiones, y en los tratamientos 1, 2 y 3 se elevó la cantidad de potasio y calcio pero no en una cantidad uniforme, sino dispereja, esto es debido a la etapa fenológica en la que se encontraba el cultivo en el momento en que fue cortada para la obtención del concentrado, esto según Zanin (1998).

Al encontrarse significancia entre tratamientos en el ANVA, se procedió a realizar la prueba de Tukey según Steel y Torrie (1980); en donde se encontró que el tratamiento 4 (galletas con 15 % de concentrado de alfalfa) es altamente significativo ( $P<0.01$ ) en Hierro, Zinc, Manganeso y Magnesio y no hay diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en Fósforo, Potasio y Cobre, el tratamiento 3 (galletas con 10 % de concentrado de alfalfa) es altamente significativo ( $P<0.01$ ) en calcio, como se ve en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Comparación de medias Tukey de minerales en galletas

Minerales Galletas								
Tratamiento	Ca	Fe	Zn	Mn	P	K	Cu	Mg
T1	92.333 <sup>NS</sup>	35.000 <sup>b</sup>	9.250 <sup>b</sup>	1.583 <sup>b</sup>	21.150 <sup>a</sup>	591.666 <sup>a</sup>	91.666 <sup>a</sup>	2.166 <sup>c</sup>
T2	212.500 <sup>ab</sup>	55.333 <sup>ab</sup>	11.000 <sup>ab</sup>	2.083 <sup>ab</sup>	22.200 <sup>a</sup>	308.333 <sup>a</sup>	104.166 <sup>a</sup>	2.750 <sup>bc</sup>
T3	662.500 <sup>a</sup>	64.916 <sup>ab</sup>	14.500 <sup>ab</sup>	2.916 <sup>ab</sup>	24.050 <sup>a</sup>	437.500 <sup>a</sup>	145.833 <sup>a</sup>	3.166 <sup>ab</sup>
T4	470.833 <sup>ab</sup>	73.500 <sup>a</sup>	17.833 <sup>a</sup>	3.583 <sup>a</sup>	23.866 <sup>a</sup>	783.333 <sup>a</sup>	175.000 <sup>a</sup>	3.750 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en columnas indican diferencia ( $P<0,05$ )

Las comparaciones entre tratamientos fueron en Calcio, Hierro, Zinc, Manganeso y Magnesio, ya que fueron los datos que marcaron diferencia significativa entre ellos.

El contenido de Calcio aumento en el tratamiento 2 (galletas con el 5 % de concentrado de alfalfa) en 130 % de Calcio, 58 % de Hierro, 18.9 % de Zinc 31.5 % de Manganeso y 26.9 % de Magnesio comparado con la cantidad obtenida en el tratamiento 1 (testigo).

Los análisis para el tratamiento 3 (galletas con el 10 % de concentrado de alfalfa) dan como resultado el incremento del 211 % de Calcio, el 17.3 % de Hierro, 31.8 de Zinc, el 40 % de Manganeso y 15.1 % de Magnesio comparado con el tratamiento 2, si se compara con el testigo (tratamiento 1), el aumento de Calcio es de 43 %, 85.4% de Hierro, 56.7 % de Zinc, 84.2 % de Manganeso, y 46.1 % de Magnesio.

Los análisis para el tratamiento 4 (galletas con el 15 % de concentrado de alfalfa) reflejan que existe una disminución del 28.9 % en Calcio, incrementa solo el 13.2 % de Hierro, 22.9 % de Zinc, 22.8 % de Manganeso y 18.4 % de Magnesio comparado con el tratamiento 3, en cambio, si se compara con el tratamiento 1(sin concentrado de alfalfa), el contenido de Calcio aumenta en un 178 %, 69.5 % de Hierro, 78 % de Zinc, 96 % de Manganeso, y 57.5 % de Magnesio.,

En la fig 4.4 se presentan las variaciones de Potasio, Calcio y Cobre que se obtuvieron en el análisis químico de las galletas con concentrado de alfalfa.

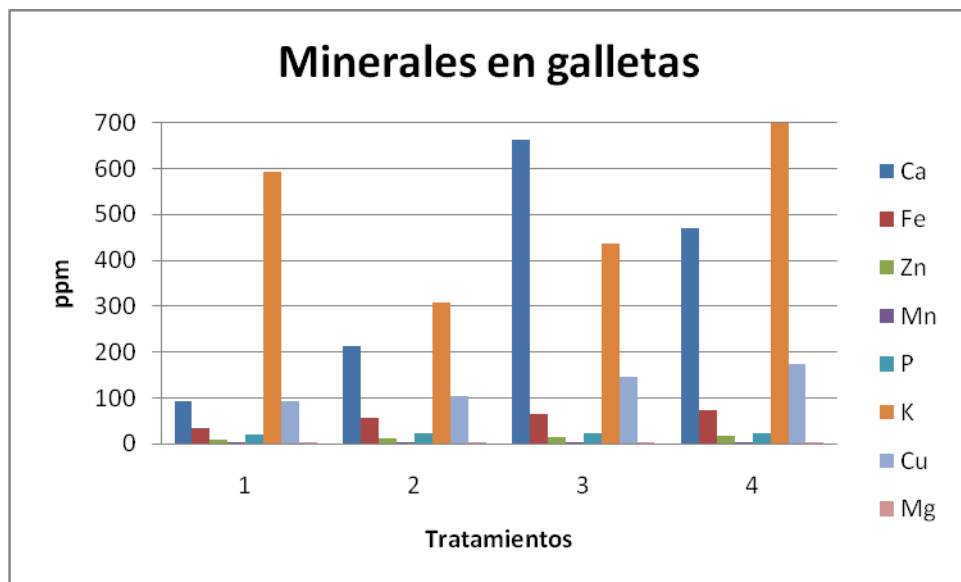


Figura 4.4. Contenido de minerales en galletas con concentrado de alfalfa

La cantidad de potasio en los fritos es alta en todos los tratamientos, en cambio sí hay una variación positiva en cuanto a la cantidad de calcio contenida en los fritos (a mayor porcentaje de concentrado de alfalfa, mayor cantidad de calcio).

Al realizarse el ANVA de minerales en fritos con concentrado de alfalfa se encontró significancia entre los tratamientos, se procedió a realizar la prueba de Tukey según Steel y Torrie (1980); en donde se encontró que no hay diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre todos los tratamientos en Zinc, Manganeso, Fosforo y

Potasio, el tratamiento 3 es altamente significativo ( $P < 0.01$ ) en Magnesio, el tratamiento 4 fue altamente significativo ( $P < 0.01$ ) en Cobre, en Calcio no hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos 1, 2 y 3; en cuanto a fierro no tuvieron diferencia significativa los tratamientos 3 y 4, como se observa en el cuadro 4.6.

Cuadro 4.6. Comparación de medias Tukey de los minerales en fritos

Minerales Fritos								
Tratamiento	Ca	Fe	Zn	Mn	P	K	Cu	Mg
T1	708.333 <sup>a</sup>	35.583 <sup>b</sup>	27.416 <sup>a</sup>	1.166 <sup>a</sup>	29.983 <sup>a</sup>	875.000 <sup>a</sup>	66.666 <sup>b</sup>	5.250 <sup>b</sup>
T2	812.500 <sup>a</sup>	58.250 <sup>ab</sup>	21.333 <sup>a</sup>	1.083 <sup>a</sup>	30.516 <sup>a</sup>	1141.666 <sup>a</sup>	137.500 <sup>ab</sup>	6.250 <sup>ab</sup>
T3	1075.000 <sup>a</sup>	80.083 <sup>a</sup>	25.833 <sup>a</sup>	2.166 <sup>a</sup>	35.150 <sup>a</sup>	1512.500 <sup>a</sup>	141.666 <sup>ab</sup>	8.083 <sup>a</sup>
T4	145.833 <sup>b</sup>	90.500 <sup>a</sup>	32.083 <sup>a</sup>	2.500 <sup>a</sup>	31.833 <sup>a</sup>	1266.666 <sup>a</sup>	162.500 <sup>a</sup>	7.333 <sup>ab</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en columnas indican diferencia ( $P < 0,05$ )

Las comparaciones entre tratamientos fueron en Calcio, Fierro, Cobre y Magnesio, ya que fueron los datos que marcaron diferencia significativa entre ellos.

La composición aumento en el tratamiento 2 (fritos con el 5 % de concentrado de alfalfa) en 385 % de Calcio, 63.7 % de Fierro, 106.2 % de cobre y 19 % de Magnesio comparado con la cantidad obtenida en el tratamiento 1 (testigo).

Los análisis para el tratamiento 3 (fritos con el 10 % de concentrado de alfalfa) dan como resultado el aumento del 14.7 % de Calcio, el 37.4 % de Fierro, el 3 % de Cobre y 29.3 % de Magnesio comparado con el tratamiento 2, mientras que si se compara con el testigo (tratamiento 1), el Calcio aumenta en 457.1 %, 125 % de Fierro, el 112.4 % de Cobre y 53.9 % de Magnesio.

Los análisis para el tratamiento 4 (fritos con el 15 % de concentrado de alfalfa) reflejan que existe un aumento del 32.3 % en Calcio, incrementa solo el 13 % de Fierro, 14.7 % de Cobre y la disminución de 9.2 % de Magnesio comparado con el tratamiento 3, mientras que si se compara con el tratamiento 1 (fritos sin concentrado de alfalfa), el contenido de Calcio aumenta en un 637% e incrementa el 154 % de

Fierro, de igual manera se incrementa el Cobre en 143 % y solo el 39.6 % de magnesio lo que lo convierte en el mejor tratamiento para el propósito de incremento de proteína en los alimentos.

En la figura 4.5 se observa el comportamiento de las variaciones de los aumentos de los minerales Calcio y Fierro y del electrolito Potasio en los fritos, ya que el Zinc, Manganeso, Fosforo, Cobre y Magnesio se comportaron de manera similar en todos los tratamientos.

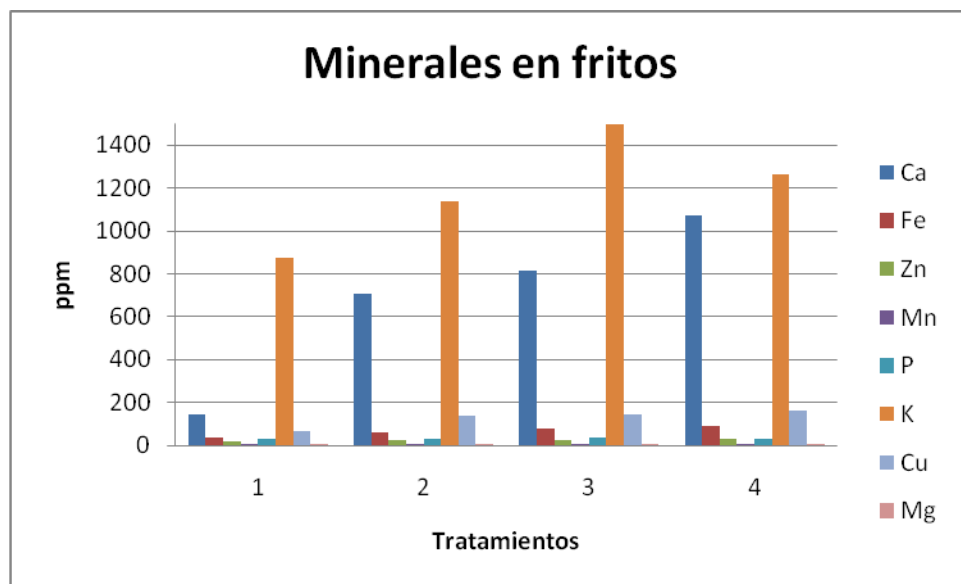


Figura 4.5. Contenido de minerales en fritos con concentrado de alfalfa

Después de evaluar la composición química de las galletas y los fritos enriquecidos con concentrado de alfalfa, en base a los resultados obtenidos, se puede decir que utilizando el concentrado foliar de alfalfa para enriquecer alimentos se aportan nutrientes como proteína de alto valor biológico y minerales de mucha importancia para la formación, crecimiento y renovación de tejidos en humanos para las diferentes etapas de desarrollo.

## V. Conclusiones

Se determinó la composición química de las galletas y los fritos enriquecidos con extracto de alfalfa, en base a los resultados obtenidos, se concluye que utilizando concentrado foliar de alfalfa, aumenta positivamente la cantidad de proteína, calcio y potasio de los productos enriquecidos, por lo que son mucho más nutritivos ya que se compararon con tres productos similares de marcas reconocidas.

Se evaluó el contenido de proteína en el concentrado de alfalfa donde se encontró que tiene un alto porcentaje de proteína, que lo hace más conveniente para utilizarlo en la alimentación del humano y contrarrestar los efectos de la desnutrición principalmente en niños y mujeres embarazadas.

Se evaluó el contenido químico en los fritos y las galletas enriquecidas con concentrado de alfalfa, en base a los resultados se concluyó que la dosis óptima a utilizar es de 15 % debido a que aumenta en un 83.9 % el contenido de proteína en las galletas y 86 % en los fritos, comparados con las muestras testigo, y estadísticamente tienen diferencia altamente significativa principalmente en proteína, lo que la hace mucho mejor que las galletas tradicionales.

Se recomienda utilizar el concentrado foliar de alfalfa en los alimentos deficientes de proteína, de igual manera implementar su uso en los lugares en los que a los habitantes les es difícil obtener alimentos ricos en proteína.

## VI. Literatura Citada

AOAC. (Association of Official Analytical Chemist) Official Methods of Analysis, 1980, Washington D.C. U.S. A.

Becker, 1961, Análisis y Valoración de Piensos y Forrajes, Editorial Acribia Zaragoza. España. pp. 21-27.

Blanco M. A., Moreno C. Ma de los A. y Fernández P. M.; 2000; Composición química de productos alimenticios derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica; ALAN, Vol. 50, No 1, pp. 91-96: Maracaibo, Venezuela.

Cantú B. J. E.; 1985; Apuntes de Cultivos Forrajeros. UAAAN U. L. México. pp. 79-81.

Dewey K., 1985, Changes en Nutritional Status associated with a Feeding Demonstration using alfalfa Leaf Concentrate in a LowIncome Mexican Village. Find Your Feet, Ltd.

Fox, H.C. y Waterlow, J.C. 1966, Nutritive Value of Leaf Protein Concentrates for Children, in "Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Congress of Nutrition", Hamburg, No 3, pp. 160 -178.

Fuentes R. J. M.; 1996; Alfalfa. Alimento Único. Programa de Beneficio a las Comunidades Rurales. Publicación especial. UAAAN. pag. 3

Guha B. C., 1960, Leaf Protein as Human food, The Lancet No.1726, pp 704-705.

Hanson C. H., 1975, Alfalfa Science and Technology, Published by the American Society of Agronomy. pp. 248-252

Kennedy D. y Hoja para la Vida, 1993, El concentrado de hoja verde: Un manual práctico. Pags. 10-22, 111-113.

Martínez M. J. y García S. P.; 2005; Nutrición Humana. Universidad Politécnica de Valencia. Grupo editor alfaomega. España, pp. 160-180 y 260-280.

Martínez P. C. A., Chávez S. Ma. C., Olvera N. M. A. y Abdo Ma. I.; Fuentes alternativas de proteínas vegetales como sustitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura; CIAD A.C.-CONACYT, pp. 290 y 291; México.

Mathur B., 1986, Presentation and Acceptability of Food Preparations containing Leaf Nutrient Concentrate, Doctoral Dissertation, Marathwada University, Urangabad, India

Olatunbosun, D. A. Adadevoh, B. K. & Oke, O.L., 1972, Leaf Protein: A New Protein Source for the Management of Protein Calorie Malnutrition in Nigeria, Nigerian Medical Journal, No. 2, pp 195-199.

Singh, N. 1971, Feeding Trials with Children in "Leaf Protein: its agronomy, preparation, quality and use". Ed. N. W. Pirie, IBP Handbook, No 20 Blackwells, Oxford, pp 131-134.

Steel R. G. D. and Torrie, D. H., 1980, Principales and Procedures of Statistics. Editorial McGraw Hill, U.S.A. PCPRPBIT Version 1.0 Colegio de Posgraduados. Chapingo, Mexico.

Urribarrí C., A. Ferrer O. y Colina A., 2004, Extracción y precipitación de las proteínas solubles del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Mott), Rev. Fac. Agron., Vol. 21, No 3, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. pp. 264-275



Waterlow J. C., 1962, The absorption and retention of Nitrogen from Leaf Protein by Infants Recovering from Malnutrition British Journal of Nutrition, No 16, pp 531-540.

Zanin V, 1998, Un Nuevo Concepto Nutricional Para El Humano: El Extracto Foliar De Alfalfa. Asociación para la promoción de los extractos foliares en nutrición. París, Francia. pp. 10-13, 15-23

Anónimo. 1992. El cultivo de la alfalfa. Consultado en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.asp> (29/marzo/2007)

FAO. 2007. Alfalfa (Medicago sativa). Consultado en: <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/465> (27/marzo/2007)

FAO. 2007. El heno. Consultado en: [www.fao.org/docre/007/x7660s05.htm-36k](http://www.fao.org/docre/007/x7660s05.htm-36k) (4/junio/2007)

Christopher J. R., 2008. Alfalfa El Padre de Todos los Alimentos. Consultado en <http://www.herbsfirst.com/News.html> (12/junio/2008)

Documentos APEF-Soynica. Consultado en: [www.soynica.org.ni/documents/nuevoconcepto-extractofoliar-alfalfa.pdf](http://www.soynica.org.ni/documents/nuevoconcepto-extractofoliar-alfalfa.pdf) (03/octubre/2007)

SIAP-SAGARPA, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 2007. Consultado en <http://www.siap.gob.mx> (2009).

## VII. Anexo

Cuadro 7.1. Composición química de las galletas con concentrado de alfalfa %

Muestra	Materia Seca Total	Cenizas	Proteína	Extracto Etéreo
Trat. 1	94.6264	0.47356	7.9052	29.0848
Trat. 1	95.4134	0.40294	7.7011	29.0090
Trat. 1	95.3074	0.47174	7.5655	28.4934
Trat. 1	99.4702	0.89473	6.6540	22.5866
Trat. 1	99.4411	1.13772	4.7081	24.2846
Trat. 1	99.5803	1.00934	7.9226	23.0163
Trat. 2	94.505	0.6034	9.08278	27.0128
Trat. 2	94.248	0.7016	9.91113	26.3441
Trat. 2	94.326	0.6288	9.01648	26.8200
Trat. 2	99.061	1.1887	8.90786	23.2520
Trat. 2	99.176	1.2838	8.83946	22.5577
Trat. 2	99.325	1.2999	10.94021	22.9795
Trat. 3	97.001	0.84000	10.7878	30.1308
Trat. 3	96.854	0.74056	6.0017	30.5368
Trat. 3	96.832	0.74968	10.2626	30.4968
Trat. 3	99.556	1.48307	12.4652	23.1566
Trat. 3	99.476	1.34245	11.3557	22.4420
Trat. 3	99.540	1.23913	9.7321	24.3675
Trat. 4	96.8696	0.90435	12.5634	31.3937
Trat. 4	96.9765	0.93988	11.4729	30.8687
Trat. 4	96.8809	0.90891	14.0565	31.994
Trat. 4	99.6506	1.58215	15.8965	22.1080
Trat. 4	99.5304	1.49888	11.8022	22.354
Trat. 4	99.5652	1.64442	12.2924	23.238

Cuadro 7.2. Análisis de varianza de las galletas con concentrado de alfalfa

<b>MATERIA SECA</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	9.296875	3.098958	0.7262 *	0.551
ERROR	20	85.343750	4.267188		
TOTAL	23	94.640625			
<b>CENIZAS</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	0.835836	0.278612	2.4411*	0.093
ERROR	20	2.282692	0.114135		
TOTAL	23	3.118528			
<b>PROTEINA</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	107.489014	35.829670	14.3864**	0.000
ERROR	20	49.810303	2.490515		
TOTAL	23	157.299316			
<b>EXTRACTO ETÉREO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	27.017578	9.005859	0.6884*	0.573
ERROR	20	261.641602	13.082080		
TOTAL	23	288.659180			

Cuadro 7.3. Contenido de minerales en galletas

MINERALES (ppm)								
Muestra	Calcio	Fierro	Zinc	Manganeso	Fosforo	Potasio	Cobre	Magnesio
Trat. 1	575	8.5	9	1.5	18.7	650	125	1.5
Trat. 1	500	68	9	1	19.5	575	225	2
Trat. 1	550	11	8.5	1.5	20.5	300	25	2
Trat. 1	9250	42	8	2	22.6	525	25	2
Trat. 1	9225	39.5	12.5	1.5	22.7	950	100	2
Trat. 1	7600	41	8.5	2	23.1	550	50	3.5
Trat. 2	100	32	12.5	1	22.2	200	50	3
Trat. 2	575	34.5	7	2	22	100	125	2.5
Trat. 2	450	104.5	9	1.5	18.6	100	50	2.5
Trat. 2	25	55	15.5	2.5	23.9	500	200	3
Trat. 2	125	53	13	3	22.9	425	150	3
Trat. 2	0	53	9	2.5	23.4	525	50	2.5
Trat. 3	550	58	14.5	2.5	21.1	75	75	3.5
Trat. 3	1100	57.5	13.5	2.5	24.3	100	225	3
Trat. 3	400	62.5	8.5	2.5	22.4	150	75	2.5
Trat. 3	625	71.5	18.5	2.5	25.3	1150	200	3.5
Trat. 3	675	68	12	4.5	24.1	700	125	3
Trat. 3	625	72	20	3	27.1	450	175	3.5
Trat. 4	575	67.5	11	2.5	20.4	200	150	3.5
Trat. 4	150	68.5	11	3	22	1075	150	3.5
Trat. 4	75	65.5	17	2.5	21.6	525	200	4
Trat. 4	650	85	23.5	5	26.5	1425	200	4
Trat. 4	750	79	21	4.5	25.6	700	150	3.5
Trat. 4	625	75.5	23.5	4	27.1	775	200	4

Cuadro 7.4. Análisis de varianza de minerales en las galletas con concentrado de alfalfa

<b>CALCIO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	78789040.000000	26263014.000000	5.1298*	0.009
ERROR	20	102393232.000000	5119661.500000		
TOTAL	23	181182268.000000			
<b>FIERRO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	4929.359375	1643.119751	5.1488 *	0.009
ERROR	20	6382.546875	319.127350		
TOTAL	23	11311.906250			
<b>ZINC</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	261.531250	87.177086	5.4196*	0.007
ERROR	20	321.708496	16.085424		
TOTAL	23	583.239746			
<b>MANGANESO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	14.125000	4.708333	7.6351*	0.002
ERROR	20	12.333328	0.616666		
TOTAL	23	26.458328			
<b>FOSFORO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	34.694336	11.564778	2.3014 *	0.107
ERROR	20	100.502930	5.025146		
TOTAL	23	135.197266			
<b>POTASIO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	754036.500000	251345.500000	2.2495*	0.113
ERROR	20	2234687.500000	111734.375000		
TOTAL	23	2988724.000000			
<b>COBRE</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	26458.343750	8819.448242	2.3716*	0.100
ERROR	20	74375.000000	3718.750000		
TOTAL	23	100833.343750			
<b>MAGNESIO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	8.041656	2.680552	13.6879*	0.000
ERROR	20	3.916672	0.195834		
TOTAL	23	11.958328			

Cuadro 7.5. Composición química de los fritos con concentrado de alfalfa (%)

<b>Muestra</b>	<b>Materia Seca Total</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>
Trat. 1	96.587	1.92308	6.3967	24.1695
Trat. 1	96.691	1.71957	6.3992	25.3690
Trat. 1	96.253	2.00839	7.7050	21.4407
Trat. 1	97.426	1.40676	5.9206	34.2313
Trat. 1	97.580	1.45985	6.4852	33.2500
Trat. 1	97.265	1.56421	7.6303	32.3821
Trat. 2	40.1	2.2356	7.18103	29.9696
Trat. 2	28.8	2.3181	8.14632	30.8108
Trat. 2	43.4	1.8839	9.38180	32.2141
Trat. 2	95.8	2.3918	7.90087	30.7268
Trat. 2	97.7	2.3957	8.85782	31.1384
Trat. 2	95.3	2.3098	8.31373	32.9133
Trat. 3	97.546	1.67933	10.8393	29.404
Trat. 3	97.661	1.54438	10.7073	30.8288
Trat. 3	98.368	1.79668	11.2559	32.8282
Trat. 3	97.618	2.	9.6951	30.8723
Trat. 3	98.987	2.16979	11.3457	31.5723
Trat. 3	98.370	2.31793	10.1092	32.3728
Trat. 4	95.814	2.40747	14.5440	28.5469
Trat. 4	96.515	2.31805	13.9503	28.8377
Trat. 4	96.185	2.46692	14.4846	27.0264
Trat. 4	97.751	1.18668	7.2070	32.4734
Trat. 4	97.489	1.11311	11.9405	31.9088
Trat. 4	97.057	1.31448	13.3272	32.7414

Cuadro 7.6. Análisis de varianza de los fritos con concentrado de alfalfa

<b>MATERIA SECA</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	4162.125000	1387.375000	5.2172**	0.008
ERROR	20	5318.500000	265.924988		
TOTAL	23	9480.625000			

<b>CENIZAS</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	1.125969	0.375323	2.2969*	0.108
ERROR	20	3.268143	0.163407		
TOTAL	23	4.394112			

<b>PROTEÍNA</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	118.538574	39.512859	16.8487**	0.000
ERROR	20	46.903076	2.345154		
TOTAL	23	165.441650			

<b>EXTRACTO ETÉREO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	32.087891	10.695964	1.1175*	0.366
ERROR	20	191.429688	9.571485		
TOTAL	23	223.517578			

Cuadro 7.7. Contenido promedio de minerales en fritos

MINERALES (ppm)								
Muestra	Ca	Fe	Zn	Mn	P	K	Cu	Mg
Trat. 1	200	42	23	0.5	31.1	1800	125	6
Trat. 1	175	40	22.5	0.5	31.6	675	50	6
Trat. 1	150	37	19	1	31.7	1225	25	6.5
Trat. 1	75	32	24	0.5	29.9	775	125	5.5
Trat. 1	275	35	23.5	0.5	31	700	50	5
Trat. 1	0	27.5	16	4	24.6	75	25	2.5
Trat. 2	1100	74.5	33.5	1.5	31.6	1475	125	7
Trat. 2	1125	69	32	2	33.6	1200	200	7
Trat. 2	275	32	13.5	0.5	20.3	250	125	3.5
Trat. 2	550	73.5	29	1.5	35.5	900	150	7
Trat. 2	600	51.5	29.5	0.5	31.3	1475	75	6.5
Trat. 2	600	49	27	0.5	30.8	1550	150	6.5
Trat. 3	600	112.5	41	2	50.9	1500	175	9.5
Trat. 3	775	81.5	24	2	30.8	1225	125	6.5
Trat. 3	925	90.5	30.5	3	31.8	1250	150	6.5
Trat. 3	975	62	0	2.5	31.1	1950	100	8.5
Trat. 3	925	69	29.5	2	32.3	1625	125	8.5
Trat. 3	675	65	30	1.5	34	1525	175	9
Trat. 4	875	106.5	33	3	32.5	1375	225	7
Trat. 4	900	115	35	3.5	31.9	1400	225	7.5
Trat. 4	950	105.5	41	2.5	31.8	1500	125	7
Trat. 4	1375	71.5	24.5	1.5	31.2	2275	100	9
Trat. 4	1375	75.5	26	0.5	31.3	600	150	6.5
Trat. 4	975	69	33	4	32.3	450	150	7



Cuadro 7.8. Análisis de varianza de minerales en fritos con concentrado de alfalfa

<b>CALCIO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	2757604.000000	919201.312500	18.3191**	0.000
ERROR	20	1003542.000000	50177.101563		
TOTAL	23	3761146.000000			
<b>FIERRO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	10702.703125	3567.567627	12.8751**	0.000
ERROR	20	5541.789063	277.089447		
TOTAL	23	16244.492188			
<b>ZINC</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	354.250000	118.083336	1.6331*	0.213
ERROR	20	1446.083984	72.304199		
TOTAL	23	1800.333984			
<b>MANGANESO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	9.114586	3.038195	2.7778 *	0.067
ERROR	20	21.875000	1.093750		
TOTAL	23	30.989586			
<b>FOSFORO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	96.908203	32.302734	1.3381*	0.290
ERROR	20	482.820313	24.141016		
TOTAL	23	579.728516			
<b>POTASIO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	1266744.000000	422248.000000	1.5319*	0.236
ERROR	20	5512600.000000	275630.000000		
TOTAL	23	6779344.000000			
<b>COBRE</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	31354.187500	10451.395508	5.6052*	0.006
ERROR	20	37291.656250	1864.582764		
TOTAL	23	68645.843750			
<b>MAGNESIO</b>					
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
TRAT.	3	27.697998	9.232666	5.8082*	0.005
ERROR	20	31.791626	1.589581		
TOTAL	23	59.489624			