

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Adición de Concentrado Foliar de Alfalfa (*Medicago Sativa*) en Alimentos de Bajo Contenido Proteico.**

**Por:**

**Guisela Verónica Ramírez Ortiz**

**T É S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Octubre 2009.**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Adición de Concentrado Foliar de Alfalfa (*Medicago Sativa*) en Alimentos de Bajo Contenido Proteico.

TESIS:

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador, como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Guisela Verónica Ramírez Ortiz

APROBADA:



MC. Oscar Noé Reboloso Padilla  
Asesor Principal



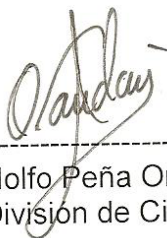
Ph. D. Jesus M. Fuentes Rodríguez  
Vocal



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara  
Vocal



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez  
Vocal



Ing. José Rodolfo Peña Oranday  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Octubre 2009.

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE  
CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme regalado la vida, por darme la familia más hermosa y por permitirme lograr uno de los objetivos más importantes de mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (MI ALMA TERRA MATER) y al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos por abrirme sus puertas para mi formación profesional.

A **mi Familia**, por el amor, apoyo y confianza que siempre me han brindado en todos los años de mi vida, y por que lo único que siempre les ha importado es mi felicidad y superación, les estaré eternamente agradecida.

Al **M.C. Oscar Noe Reboloso Padilla**, por su excelente disposición y apoyo en la realización del presente trabajo, por los conocimientos, consejos y amistad que me brindo durante toda mi estancia en la universidad.

Al **Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez**, por sus valiosas aportaciones y sugerencias para la realización del presente trabajo.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara**, por su apoyo y colaboración en la realización del presente trabajo.

Al Ing. **Luís Rodríguez Gutiérrez**, por su disposición y conocimientos brindados en la elaboración del trabajo de tesis.

A **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo**, por su apoyo, amistad y colaboración durante la realización del trabajo de laboratorio.

A **T.L.C. Maria de Jesús Sánchez V. Y Laura Aguirre Gámez**; por su amistad, apoyo y conocimientos que me brindaron durante la estancia en la universidad.

A mis amigas, **Magali, Guadalupe, Brenda; Edith**, por enseñarme el verdadero valor de la amistad y que a pesar del tiempo y la distancia la llevo y llevare en mi corazón,

A laboratorio de alfalfa a cargo del **T.A. Antonio D. Flores** quien colaboro en la obtención del concentrado de alfalfa.

A mis **Maestros**, especialmente a los del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, por contribuir fuertemente en mi educación.

A mis compañeros, de generación de la carrera de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos

## **DEDICATORIAS**

***A mi madre:***

*Sra. Agustina Ortiz*

*Por ser un padre, una madre y mi mejor amiga, por saber escucharme en todos los momentos de tristeza y alegría y hacerme sentirme mejor cuando todo parece estar mal, por tu inmenso amor que siempre me demostraste, y por haber creído siempre en mí y desear con todas tus fuerzas, mi superación personal. Te amo.*

*A mi **Padre** Efrén Ramírez Romero,+ por que no importa donde estés, si te conocí o no, lo importante es que nunca hubieras dudado ni un minuto por impulsar mis sueños y por llegar hacerlos realidad.*

*A mis **hermanos:** Cecilia, Margarita, Rafaela, Adolfo, Alejandro, Patricia, Teresa, Alfonso, Isa, Efrén, Román, Higinio, Rubén, y Diego; Por su cariño, amistad y confianza incondicional que siempre me brindaron, ya que a pesar de la distancia nunca me olvidaron.*

*A mis **sobrinos**, por el amor que siempre me han demostrado, por las alegrías que me han hecho pasar y por los detalles que siempre han tenido hacia mí.*

*A mis **cuñados y cañadas**; por el apoyo y amistad que siempre me mostraron desde que se convirtieron parte de mi familia.*

*A mis amigas, a quienes llevaré siempre en mi corazón como mi mayor tesoro, por demostrarme lo que es la verdadera amistad.*

*De manera muy especial, a mi novio; **ing. Orlando Vázquez**, por su amor, comprensión, confianza y apoyo incondicional en todos esos momentos difíciles y por tantos momentos agradables que pasamos juntos.*

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	ii
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	v
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
2.1. Alfalfa (Medicago sativa).....	6
2.1.1. Importancia económica y distribución.....	7
2.2. Concentrado proteico de hojas verdes.....	7
2.3. Concentrado proteico de alfalfa.....	8
2.4. Obtención del concentrado de alfalfa.....	9
2.4.1. Proceso industrial del concentrado proteico.....	10
2.4.2. Proceso artesanal de la obtención del concentrado.....	12
2.5. Composición nutricional del concentrado.....	13
2.5.1. Composición en proteínas.....	13
2.5.2. Lípidos.....	15
2.5.2.1. Ácidos grasos.....	15
2.5.2.2. Pigmentos.....	16
2.5.2.3. Esteroles.....	16
2.5.3. Carbohidratos.....	16

2.5.4. Fibras.....	17
2.5.5. Vitaminas.....	17
2.5.6. Elementos minerales.....	18
2.5.7. Tóxicos y factores antinutricionales.....	20
2.5.7.1. Metales pesados y residuos de pesticidas.....	20
2.5.7.2. Componentes naturales antinutricionales.....	20
2.6. Aplicación en la alimentación humana.....	21
2.7. Alimentos enriquecidos y fortificados.....	23
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1. Localización del sitio experimental.....	25
3.2. Metodología para la obtención del concentrado de alfalfa.....	26
3.3. Elaboración de puré.....	28
3.4. Elaboración de nachos.....	28
3.5. Análisis químico.....	29
3.6. Análisis estadístico.....	29
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>30</b>
4.1. Análisis químico de nachos enriquecidos con concentrado de alfalfa.....	30
4.2. Análisis químico de puré fortificado con concentrado proteico de alfalfa.....	33
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>38</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>42</b>

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición del extracto foliar de alfalfa .....	13
Cuadro 2. Composición de aminoácidos en diferentes alimentos.....	14
Cuadro 3. Función de los principales componentes vitamínicos contenidos en el concentrado de alfalfa.....	17
Cuadro 4. Funciones y proporciones de elementos minerales contenidos en 100 gr. de extracto foliar de alfalfa.....	18
Cuadro 5. Comparación de medias de tukey en nachos.....	31
Cuadro 6. Comparación de medias de tukey en puré.....	34
Cuadro 7. Composición química de nachos con concentrado proteico de alfalfa.....	43
Cuadro 8. Composición química de puré con concentrado proteico de alfalfa.....	44
Cuadro 9. Análisis de varianza de nachos.....	45
Cuadro 10. Análisis de varianza de puré.....	46

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Presentación esquemática del tratamiento inicial de la alfalfa para la obtención del concentrado proteico.....	10
Figura 2. Lavado de la alfalfa.....	26
Figura 3. Triturado de la alfalfa.....	26
Figura 4. Prensado de la pasta de alfalfa.....	27
Figura 5. Calentamiento y obtención del concentrado.....	27
Figura 6. Concentrado.....	27
Figura 7. Composición química de nachos.....	32
Figura 8. Composición química del puré.....	35



## RESUMEN

Se sabe que en México las botanas fritas son consumidas en buena medida por los infantes, es por esto, que en el presente trabajo se desarrollaron productos, de consumo popular, enriquecidos y fortificados con proteína vegetal extraída de la alfalfa (*medicago sativa*) en forma de concentrado, Se elaboro nachos y puré, para posteriormente evaluar la composición química y valor nutritivo.

Para la elaboración de los productos se incorporo niveles de 5, 7.5 y 10% de concentrado proteico de alfalfa, estas cantidades se sustituyeron respecto a la cantidad de harina de maíz en los nachos y en el segundo producto se le adicionaron las mismas cantidades respecto a la cantidad del puré. En ambos casos se preparó un producto control, sin adición de concentrado.

Los nachos enriquecidos presentaron un incremento de proteína de hasta 39% para tratamiento 2 (5% de concentrado), 55.9% para tratamiento 3 (7.5% de concentrado), 72.8% para el tratamiento 4 (10% de concentrado), estos datos respecto al tratamiento 1 (testigo). Para el puré fortificado se presento un aumento del 19.18% y 37.12% de proteína con respecto al tratamiento 2 (5% de concentrado), comparando este tratamiento con el testigo se encontró un incremento de proteína del 99%.

En los dos productos se encontró una diferencia altamente significativa en proteína, Por consiguiente el puré fortificado y los nachos enriquecidos con el concentrado de alfalfa, incrementó el contenido de este nutrimento, El mejor tratamiento obtenido fue el 4 con adición del 10% de concentrado, elevando el potencial nutritivo para la población consumidora, por lo cual se debe de utilizar el concentrado de alfalfa en alimentos que tengan bajo contenido de proteína, esto para disminuir la desnutrición.

**Palabras Claves:** Extracto de Alfalfa, Alimentos Fortificados, Alimentos Enriquecidos, concentrado proteico, alfalfa (*Medicago Sativa*)

## I. INTRODUCCION

La desnutrición es uno de los problemas que sigue afectando a los niños mexicanos particularmente en áreas rurales (UNICEF, 2002) disminuyendo su desarrollo físico, mental y social, esto debido básicamente a que el costo de las proteínas convencionales son altos y su consumo es muy reducido.

Las botanas han sido uno de los “alimentos” más aceptados internacionalmente como aperitivos y su consumo se ha incrementado en los últimos años. Estas presentan un alto contenido de carbohidratos, grasas y bajo valor nutritivo ya que proporcionan menos del 2% de proteínas, por lo que entran en el concepto de alimentos no nutritivos. Actualmente, la tendencia de la industria es producir alimentos de mejor calidad nutricional, ofreciendo al consumidor productos que satisfagan sus necesidades y que al mismo tiempo beneficien su salud, esto debido a que no ha sido posible eliminar el hábito, de comer alimentos no nutritivos especialmente en los niños, generalmente la fortificación y el enriquecimiento se realizan en alimentos a los que se puede agregar valor con poco costo adicional, como los panificados, cereales para desayunos, lácteos, galletas y pastas.

Por lo anterior se están buscando nuevas fuentes de proteínas que permitan aumentar el abasto y poner a disposición de los pueblos de baja capacidad económica, alimentos proteicos de alta calidad y bajo costo. Es por esto que se han propuesto materiales de origen vegetal, que por su contenido de proteínas y vitaminas, pueden contribuir a aminorar este problema de nutrición y alimentación.

En los últimos años se han investigado a las leguminosas como fuente de proteína, las cuales han resultado ser económicamente más accesibles. *Medicago sativa* es una planta que pertenece a la familia de las leguminosa es cultivada en los estados de Chihuahua, Guanajuato, Morelos, Puebla, Hidalgo, Oaxaca aunque no es exclusiva de éstos lugares, ya que también crece en otras regiones

del país y del mundo; sin embargo, hasta el momento se encuentra subutilizada como forraje para la alimentación de animales.

En la actualidad los concentrados se están usando para combatir la desnutrición en lugares donde hay escasez de recursos económicos y socioculturales. Por lo cual se han creado asociaciones para promover la utilización de los extractos foliares en la nutrición, que buscan extraer los componentes más nutritivos de un vegetal verde en este caso la alfalfa, para después utilizarlo como alimento para el hombre, incorporándolo a productos alimenticios que contengan un bajo valor nutritivo.

## 1.1 Antecedentes

La alfalfa fue introducida en Europa hacia el año 470 a.C. llevaba entonces el nombre de *Medica herba*, que más tarde se transformara en *medicago*. En aquel entonces el cuerpo científico mencionaba su utilización como alimento para animales, hacia los años 1400-1200 a.C. La alfalfa provenía de las altas mesetas del Cáucaso de Irán y de Turquía (Mauriés, 1994).

La alfalfa aparece en Francia durante el siglo XVI, pero tendrá que esperar hasta el siglo XVII para conocer su apogeo y un gran desarrollo, cuando se demostró que remplazaba provechosamente el sistema de barbecho y enriquecía la tierra de nitrógeno (Mauriés, 1994).

En los años 1975 a 1980, algunos responsables del grupo de cooperación agrícola, France Luzerne, especializados en forrajes deshidratados, se dan cuenta que una de sus fabricaciones, un concentrado de hojas de alfalfa, podría convenir al consumo humano, mediante algunas modificaciones en el proceso de extracción. El principio de éste concentrado reside en termo coagulación de sus proteínas, el producto obtenido presenta una proporción en celulosa reducida al 1-2%, es rico en proteínas (50 a 60 %), en vitaminas, en pigmentos de caroteno (Gastineau, 1981).

En 1993, crean la asociación para la promoción de extractos foliares en la nutrición (APEF), con la meta de estudiar, establecer, permitir y desarrollar ésta primicia, la cual consiste en extraer los componentes mas nutritivos (proteínas, vitaminas y oligoelementos) de la alfalfa y llevarles bajo una forma concentrada y seca, perfectamente digestible, como un suplemento que se sumaría a las raciones de base de las personas mal nutridas.

Varias pruebas de consumo, de extractos foliares de alfalfa, como suplemento nutricional en el caso de personas mal nutridas (niños de 6 meses a 6 años, mujeres embarazadas y/o lactantes, ancianos), se han realizado con éxito en Rumania, China y Nicaragua. Los primeros resultados obtenidos, resaltan la capacidad nutricional de éstos concentrados.

## **1.2 Justificación**

En México, la desnutrición en menores de cinco años continúa siendo un grave problema, ocupando el segundo lugar como mayor consumidor de botanas y refrescos a nivel mundial y por otro lado, el 90 % de los niños menores de cinco años que viven en comunidades rurales están desnutridos.

Por lo cual se buscan alimentos alternativos disponibles, que puedan presentar una opción para disminuir los efectos de una mala nutrición. Ante esta situación, se han encontrado estudios encaminados hacia las proteínas vegetales de hojas verdes, es por esto, que en el presente trabajo se desarrollan productos tipo botana enriquecida y fortificada con proteína vegetal extraída de la alfalfa, en forma de concentrado.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar y analizar el contenido de proteína en productos alimenticios adicionando concentrado proteico extraído de la alfalfa (*Medicago sativa*).

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Establecer la concentración óptima entre 5, 7.5 y 10 % de concentrado de alfalfa para fortificar y enriquecer los alimentos.
2. Elaborar alimentos proteicos de alta calidad para mejorar la alimentación de la población.

### **1.4 Hipótesis**

La incorporación de concentrado proteico de alfalfa en alimentos, aumenta considerablemente el contenido de proteína en dichos productos.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Alfalfa (*Medicago Sativa*)

La alfalfa cuyo nombre científico es *Medicago Sativa*, tiene su área de origen en Asia menor y sur del Caúcaso, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán, donde la nombraban, “alfalfa: el mejor de los forrajes.” Aparece en Francia durante el siglo XVI, pero es hasta el siglo XVII donde hay gran desarrollo. Hoy en día, la alfalfa es la planta forrajera más cultivada en el mundo, (Mauriés, 1994). Ha sido utilizada por el humano a lo largo del tiempo por creer que tiene efectos medicinales sobre algunas enfermedades como los del aparato digestivo, respiratorio, reproductor y urinario.

Es una planta que pertenece a la familia de las leguminosas, es una planta perenne, que tiene un ciclo vital de entre cinco y doce años, dependiendo de la variedad utilizada, el manejo, así como el clima, pudiendo realizarse de 8 a 12 cortes por año (dependiendo de la frecuencia de riegos), 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, es un cultivo forrajero por excelencia y se ha usado para ello desde que inicio su cultivo.

La planta llega a alcanzar una altura de un metro, su raíz principal es muy desarrollada (hasta 5 cm. de longitud) con numerosas raíces secundaria, posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos. Estos son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas que son trifoliadas, aunque las primeras hojas son unifoliadas, los márgenes son lisos con los bordes superiores ligeramente dentados. Sus flores varían en el color ya que pueden ser azules o púrpuras con pétalos de hasta un centímetro.

La alfalfa toma los elementos inorgánicos que necesita del aire, 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 hidrogeno del agua (Martínez, 1979).

### **2.1.1 Importancia Económica y Distribución**

Su cultivo es muy extendido en los países de clima templado. Donde la ganadería intensiva es la que ha demandado de forma regular este alimento, cuya finalidad es abastecer a la industria de piensos. La importancia de su cultivo va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas (C, D, E, y K) y minerales así como su contribución al paisaje y conservación de la fauna, es un cultivo forrajero por excelencia y se ha usado para ello desde que inicio su cultivo (Martínez, 1979).

La alfalfa es la leguminosa que produce más proteínas brutas por hectárea: 2000- 3000 Kg. es decir 3 veces más que un cultivo de soya, 2 veces más que el guisante y 4 veces más que el trigo. Pero por su gran proporción en fibras poco digestibles, la alfalfa no puede entrar en las formulas de alimentos compuestos en el caso de algunos animales de “alto rendimiento” y es por eso que se desarrolló un concentrado proteico originado de la alfalfa, antes de la deshidratación clásica.

### **2.2 Concentrado Proteico de Hojas Verdes**

El concentrado es obtenido de diferentes vegetales de hoja verde comestibles, este representa un complemento alimenticio que contribuye de manera muy eficaz a un mejoramiento de la salud de las poblaciones pobres, restableciendo su equilibrio alimentario. La calidad de los nutrientes varía según el vegetal con que sea hecho el extracto. El extracto foliar natural de macro y micro nutrientes es un alimento de alto valor nutritivo hecho de hojas verdes frescas de color oscuro y comestibles, ejemplo: el ayote, chayote, berro, alfalfa, mostaza,



fríjol, hojas de zanahoria, remolacha, rábano, espinaca, acelga, tamarindo, jocote, guayaba, quelite, entre otras (Kennedy, 1993).

Como es tan rica en beta-caroteno, hierro y proteína de muy buena calidad, el concentrado de hoja es muy eficaz en combatir la desnutrición, particularmente la anemia y la deficiencia de la vitamina A, que son tan fáciles de encontrar en los niños y mujeres embarazadas de la mayoría de los países (Abely, 1995).

### **2.3 Concentrado Proteico de Alfalfa**

El concentrado de alfalfa es un alimento sumamente nutritivo, que se realiza separando la fibra y los antinutrientes solubles de las proteínas, vitaminas y minerales, este reside en la coagulación de las proteínas que se encuentran en el jugo de las hojas y es provocado por altas temperaturas. Es más rico en vitamina A, hierro y proteína de muy buena calidad, que cualquier otro alimento que tenemos. La falta de estos nutritivos es la causa de los problemas de salud más serios y más comunes en el mundo hoy.

Para obtener la pulpa, es necesario abrir las células fibrosas de la hojas, cuando estas 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).

Al producir el concentrado no se pierde nada ya que la fibra residual que se ha separado es un alimento excelente para los animales. El líquido que sobra es rico en nitrógeno y potasio, y es buen fertilizante.

Los extractos foliares consumidos en bajas proporciones, (6 a 10g por día), corrigen eficazmente las carencias debidas a una mal nutrición, mejoran la salud de las personas y el desarrollo de los niños; permiten al igual, evitar algunas

enfermedades originadas por una mal nutrición, como la anemia, las diarreas, las infecciones respiratorias y la ceguera (provocada por la carencia de vitamina A (Devadas, 1978).

Éste concepto nuevo de suplemento nutricional, parece cada vez mas susceptible de traer una solución eficaz y permanente en lo que se refiere al desequilibrio alimenticio de las familias o de las poblaciones en alto riesgo, gracias a su gran riqueza, sobretodo en lisina, triptófano, hierro, calcio y vitaminas.

Además constituye una alternativa frente a la poca presencia de alimentos de origen animal o de frutas y verduras, frecuentemente ausentes en la alimentación de las poblaciones con escasas fuentes económicas (Gastineau, 1981).

El extracto de alfalfa, cuyo valor nutritivo en 100 gramos permite al individuo obtener 306 calorías, 53.8 gramos de proteínas, 839 miligramos de calcio, 44.5 gramos de hierro; mientras que un individuo que requeriría de dichos nutrientes tendría que consumir 240 gramos de carne; lo cual hace que el extracto eleve el nivel nutricional de quienes lo consumen, reduciendo el costo de la alimentación (Fuentes, 1996).

#### **2.4. Obtención del Concentrado de Alfalfa**

Antes de iniciar con el proceso de obtención del concentrado proteico, debe de tomarse en cuenta que la parte de la planta que se utiliza para extraer el concentrado es la hoja tal y como se muestra en la figura 1, ya que es donde se obtiene la mayor cantidad de la proteína mientras que en el tallo se encuentra la fibra.

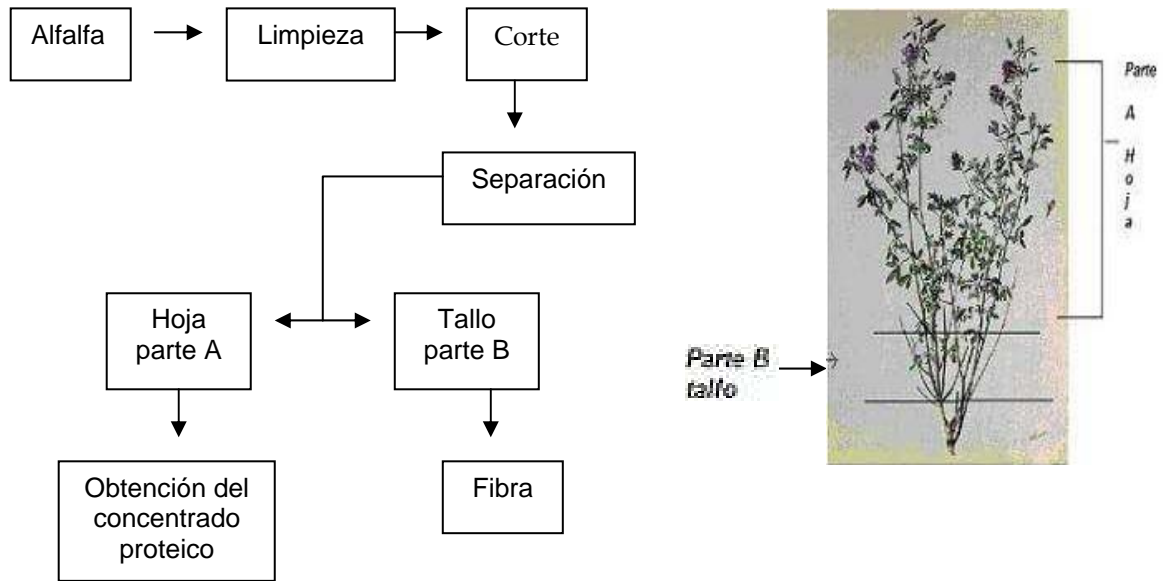


Figura. 1. Presentación esquemática del tratamiento inicial de la alfalfa para la obtención del concentrado proteico. Fuente: Parada E.1975.

#### 2.4.1. Proceso Industrial del Concentrado Proteico

Después de la cosecha, inmediatamente se realiza un tratamiento de selección y un lavado a la planta.

#### Molienda y Prensado de la Alfalfa

Se muele y prensa la alfalfa para separar la más grande porción de elementos nutritivos de las fibras no digestibles. Los elementos nutricionales, compuestos principalmente de proteínas cloro plásticas y citoplásmicas, de pigmentos y de vitaminas, se concentran y recogen en el jugo verde.

El producto derivado, de ése jugo verde, constituido por las partes celulósicas de los tallos y de las hojas, se seca y se utiliza para los animales; conteniendo todavía un gran número de elementos nutricionales.

## **Termocoagulación de las Proteínas**

El jugo verde, ajustado a un pH de 8.5, con el fin de frenar la acción de los fenoles oxidados y mejorar la estructura del “coágulo” (pasta húmeda de color verde conteniendo la mayor parte de nutrientes), se calienta y se lleva a una temperatura entre 85 y 90° C con inyecciones de vapor. Al calentarlo de ésta forma, la mayor parte de las proteínas y con ellas: los pigmentos, las vitaminas liposolubles, los lípidos y minerales, se coagulan.

## **Separación del “Coágulo”**

Un sistema de centrifugación separa el “coágulo” del resto del líquido (suero marrón). Este “coágulo” contiene más del 50% de la materia nitrogenada total, el 80% son proteínas puras acompañadas de algunos aminoácidos libres o péptidos. La termo coagulación permite la extracción del 8% de la materia seca y entre el 20 y el 25% de las proteínas totales de origen.

## **Secado y Almacenamiento**

El “coágulo” convertido en una pasta, después de ser separado por centrifugación de la mayor parte del suero marrón, se seca sobre una capa fluida. Hasta ésta etapa, la fabricación del concentrado es la misma que sea destinada al consumo animal o humano. Después el PX1 (nombre comercial del concentrado destinado a la alimentación animal) se granula y se almacena, esperando su expedición. Para el consumo humano, el producto llamado extracto foliar, se desmenuza, conteniendo más o menos un 8% de humedad.

## **Utilización del Producto Derivado**

El suero marrón conteniendo todavía entre el 13 y el 15 % de la materia seca de origen se mezcla con los residuos fibrosos. El conjunto se seca gracias a un tambor rotativo, con flujos de aire de alta temperatura. El producto obtenido se machaca, granula y se almacena antes de su comercialización; éste contiene

entre 16 y 20 % de proteínas, 20 y 30 % de celulosa y 100 a 150 mg de caroteno por kg. Para la rentabilidad de ésta industria, la valorización de los dos productos (extractos proteicos y productos derivados, representado respectivamente el 8% y el 92% de la materia seca de origen), es indispensable.

#### **2.4.2 Proceso Artesanal de la Obtención del Concentrado**

Paralelamente al proceso industrial, existe una manera artesanal de fabricación que utiliza métodos muy sencillos y realizables en los países subdesarrollados. Empleados en varios países del tercer mundo, éste proceso se basa también en la termo coagulación de las proteínas.

- Se lava la alfalfa en agua pura, justo después de su cosecha.
- Se machaca (con un mortero) y se exprime con ayuda de medios sencillos y poco costosos.
- Se hierva algunos minutos el jugo verde que contiene las proteínas.
- La nata (proteínas coaguladas) se convierte en crema y se exprime (para eliminar el agua).
- La pasta húmeda obtenida es el concentrado y puede consumirse directamente, o puede secarse y conservarse.

Comparativamente, la cantidad de proteínas recogidas artesanalmente es ligeramente inferior a la cantidad de proteínas industrialmente (5% más o menos), la fabricación artesanal es obviamente menos eficaz. El extracto proteico industrial es también más seco, sin embargo, la fabricación artesanal tiene la ventaja de poder establecerse de manera muy sencilla, en pueblitos donde las superficies cultivadas y las fuentes de agua son suficientes (APEF, SOYNICA 2007).

## 2.5 Composición Nutricional del Concentrado

El concentrado de hojas de alfalfa es un alimento interesante desde un punto de vista nutricional ya que contiene una cantidad muy alta en proteínas, vitaminas y oligoelementos, como se logra observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Composición del extracto foliar de alfalfa en 100 g

Composición	Proporción (%)
Humedad	8
Materias nitrogenadas totales N x 6.25	entre 50 y 60
Materias grasas	entre 9 y 10
Glúcidos	6
fibras	< 2
Materias minerales	entre 13 y 14
Vitaminas	0.09

Fuente Zanin, 1998,

### 2.5.1 Composición en Proteínas.

Las proteínas que aporta la alimentación al organismo son indispensables para asegurar la renovación de los aminoácidos necesarios para llevar a cabo la síntesis de las proteínas estructurales (componente de las células) y funcionales de las células del organismo (enzimas, hormonas, hemoglobina). Se necesitan diariamente para desarrollar y reparar los músculos, para mantener sanas las células cerebrales. La organización mundial de la salud recomienda un valor de 0.8 gramos de proteínas por kilogramo de peso al día, pero en el caso de niños, mujeres embarazadas y en lactancia estas necesidades aumentan.

Los extractos foliares de alfalfa contienen entre 50 y 60 por ciento de materia nitrogenada total. Más o menos 80 por ciento de las proteínas son proteínas verdaderas, el resto esta constituido de aminoácidos libres, péptidos, bases nitrogenadas y de algunas huellas de nitratos. Se distinguen 3 categorías de aminoácidos:

- Los aminoácidos “no esenciales” (AANE) sintetizados directamente por el organismo humano.
- Los aminoácidos “semi esenciales” (AASE) sintetizados por el organismo humano únicamente cuando la cantidad de su precursor es suficiente. Se trata de la cisteína y de la tirosina.
- Aminoácidos “esenciales” (AAE) Se cuenta un número de 8 y no pueden ser sintetizados en el organismo humano, teniendo que ser aportados por la alimentación, sino se corre el riesgo de carencias graves (retraso en el crecimiento, problemas musculares, anemia, baja resistencia a las infecciones).

Todos los aminoácidos esenciales se encuentran presentes en el concentrado de hojas de forma similar a las proteínas de cereales y las de origen animal, como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de aminoácidos en diferentes alimentos (g/%)

<b>Aminoácidos</b>	<b>Huevo #</b>	<b>Trigo #</b>	<b>EFA #</b>
Glicina	3.4	4.1	4.8 - 6.3
Alanina	5.6	3.4	5.9 - 7.1
Valina	5.6	4.4	5.8 - 6.7
Leucina	8.1	6.9	8.5 -10.6
Isoleucina	4.8	3.5	4.3 - 6.7
Metionina	3.4	1.6	1.5 - 2.6
Cistenina	2.7	2.4	0.6 - 3.0
Fenilalanina	6.5	5.0	5.8 - 4.0
Triptófano	1.7	1.2	1.6 - 3.4
Prolina	3.5	10.0	4.4 - 5.7
Serina	7.3	5.2	4.1 - 5.6
Treonina	5.1	3.0	4.6 - 5.8
Tirosina	4.1	3.2	3.7 - 5.2
Ácido aspártico	10.5	5.0	9.3 -10.7
Ácido glutámico	12.4	31.0	10.6 -12.5
Lisina	6.7	2.7	5.6 - 7.4
Arginina	6.1	5.1	4.4 - 4.6
Histidina	2.5	2.3	1.8 - 2.5

Fuente: APEF Y SOYNICA 2007.

La ración proteica mejor adaptada al metabolismo humano se compone de 2/3 de leguminosas, de cereales completos, de frutas oleaginoso, huevos y productos a base de leche, y en menor cantidad (1/3) de pescados y carne (le Goff, 1997).

## 2.5.2 Lípidos

El extracto de alfalfa contiene más o menos 8-12 por ciento de lípidos bajo la forma de ácidos grasos, de glicéridos, pigmentos, esteroides y de "quinones" liposolubles. Los lípidos son muy importantes para el organismo por que participan a la elaboración de hormonas y son también indispensables para la absorción de algunas prostaglandinas, vitaminas, liposolubles (A, D y E y K) de origen alimenticio (Douillard, 1981, le Goff, 1997)

### 2.5.2.1 Ácidos Grasos

En el organismo se distinguen varias clases de ácidos grasos.

**Ácidos grasos saturados.** Entre sus carbonos existen enlaces sencillos, y el resto de valencias están saturadas con hidrogeno, son de origen animal. Estos juegan un papel fundamental en la estructura de los miembros de las células del el sistema nervioso central membranoso.

En el concentrado de alfalfa se encuentran principalmente el ácido palmítico y el ácido esteárico representando respectivamente un 25 por ciento y 5 por ciento de los ácidos grasos totales.

**Ácidos grasos insaturados.** Son aquellos que entre sus carbonos existen enlaces dobles, son de origen vegetal y son líquidos a temperatura ambiente.

- Los mono insaturados: como el ácido oleico. Este tiene un papel muy beneficioso en los factores de coagulación y en la prevención de enfermedades cardiovasculares. En el extracto foliar, constituye 8% de la totalidad de los lípidos.



- Los poli-insaturados: que facilitan las reacciones metabólicas, estos son los ácidos linoleico y linolenico, deben imperativamente estar presentes en la alimentación porque no pueden ser sintetizados por el organismo. (le Goff, 1997).

### **2.5.2.2 Pigmentos**

Los principales pigmentos encontrados son las clorofilas (=1%) dando el color verde al extracto proteico y los “carotenoides” (2 a 3 g/Kg.). Entre éstos últimos se encuentran esencialmente el beta- caroteno o pro vitamina A (0.5 a 1 g/Kg.), y xantofilas luteína (600mg) zeaxantina (200mg) violaxantina y neoxantina (200mg) (Abely 1995).

### **2.5.2.3 Esteroles**

Los esteroles son poco abundantes, se encuentra principalmente el colesterol y el betasitostérol, éste último presente en las placas cloroplásticas.

### **2.5.3 Carbohidratos**

También denominados glucidos y azucares, deben su nombre a estar formados por carbono, hidrogeno y oxigeno. Las funciones que cumplen en los seres vivos son: como material energético, como almacén de energía, entran en la composición del material genético que controla la herencia.

En el extracto foliar, los glúcidos existen bajo 2 formas: azúcares simples (glucosa 0.8%). Azúcares complejos: sacarosa (0.3%) y “staquinonas” (0.1%) “glucosanas” (3.2%) “pentosanas” (2%) “galactosa” (2.7%) maltosa” (0.1%). Éstos azúcares representan mas o menos 6% de los componentes del extracto foliar (Documento interno *France Luzerne*).

## 2.5.4 Fibras

El extracto foliar de alfalfa contiene menos de 2% de fibras bajo la forma de celulosa, hemicelulosa, azúcares. Ésta tasa baja de fibras permite la concentración de componentes útiles (vitaminas, minerales...).

## 2.5.5 Vitaminas

La alfalfa constituye una fuente importante de B-caroteno (precursor de la vitamina. A) pero también de otras vitaminas como las vitaminas E, K, B9. Cada uno de estos elementos asegura funciones específicas y muy importantes dentro del organismo (cuadro 3).

Cuadro 3 Función de los principales componentes vitamínicos contenidos en el concentrado de alfalfa.

Vitaminas	Función	Requerimiento Diario
Beta-caroteno o pro-vitamina A	-Síntesis del pigmento retiniano. -Actividad celular (permeabilidad, tonicidad) -Actividad antioxidante. -Actividad anti infecciosa. -Ayuda a la función de desintoxicación del hígado.	niño 1-3 años: 400ug 4-9 años: 600ug adolescentes: 800ug Adultos: 800-1300 ug
vitamina E	-Anti-oxidante -Fecundidad -Reduce necesidad de oxígeno -Nutrición de los tejidos musculares y cutáneos -Se opone a la destrucción de los glóbulos rojos	1-3 años: 5mg 4-9 años: 7mg adolescentes: 10mg adultos: 12mg
vitamina K	-Anti-hemorrágico (activa la síntesis por el hígado de los factores de coagulación)	1-3 años: 15ug 4-9 años: 25ug adolescentes: 35ug adultos: 35-55ug
vitamina B9 ó ácido fólico	-Complementario de la vitamina B12. -Síntesis de la hemoglobina	1-3 años: 100ug 4-9 años: 200ug adolescentes: 300ug adultos: 300-500ug

Fuente APEF, SOYNICA (2007)

## 2.5.6 Elementos Minerales

Los minerales son indispensables para nuestro organismo en pequeñas cantidades las cuales dependen de la edad y de la etapa de desarrollo de la persona, las funciones de cada uno de estos se encuentran en la estructura ósea y dental, regulación del balance hídrico, de la presión osmótica, excitabilidad nerviosa, contracción muscular, transporte, sistema inmunológico y crecimiento celular. Por lo cual los minerales se necesitan continuamente para el mantenimiento del organismo, como se observa en el cuadro 4.

La alfalfa es una buena fuente de macrominerales (azufre, calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloro) que son cuantitativamente los mas importantes, cuyas necesidades diarias son mayores a los 100mg, su función se basa en la constitución del hueso, y regulación de los líquidos del cuerpo, también cuenta con microminerales (zinc, cobre, hierro) necesarios en pequeñas cantidades, sus funciones están relacionadas con las reacciones bioquímicas, además protege contra enfermedades. SOYNICA (2007).

Los elementos minerales contenidos en el extracto foliar representan un promedio de 13 a 14 porciento de la materia seca, son principalmente solubles en el agua y pueden ser parcialmente eliminados por lavado en ácido (pH 3-4)

Cuadro 4. Funciones y proporciones de elementos minerales contenidos en 100 gramos de extracto foliar de alfalfa.

Minerales	Función	Necesidades diarias	Cont. / 100g
Calcio (Ca)	-Formación y crecimiento (hueso y dientes), -Catalizador de enzimas y coagulación de la sangre.	Niños: 1-9 años: 600 a 700mg Adultos: 900mg Adolescentes, ancianos y madres lactantes: 1200mg.	320mg
Fósforo (P) -	-Formación y crecimiento de hueso y dientes y de la membrana celular -Metabolismo de las grasas -Obtención y transmisión de energía y material genético.	Niños 500-600mg Adultos: 800mg Adolescentes, ancianos y madres lactantes 1000g	70mg

Potasio (K)	-Principal catión intercelular -Interviene en el equilibrio ácido-básico -Papel en la conducción de los impulsos nerviosa.	1000 a 2000mg	70mg
Sodio (Na) -	-Principal catión extra celular -Papel antagonista y complementario de el K -Mantiene el equilibrio ácido-base.	3000 a 5000mg	0.5mg
Magnesio (Mg)	-Formación y crecimiento de huesos, músculos. -Papel energético activa la ATP. -Activa varias enzimas	Niños: 120 a 180mg. Adultos: 2- 330 a 420mg Adolescentes, ancianos y madres lactantes 330 a 480	13mg
Hierro (Fe)	-Síntesis de la hemoglobina -Transporta oxígeno al músculo (mioglobina), -Ión esencial para la respiración.	Niño:10mg Adultos:10 a 11mg Adolescentes ancianos y madres lactantes:10 a 18mg	7mg
Zinc (Zn)	-Formación y crecimiento de piel, hueso, uñas y pelo, -Catalizador polivalente, -Forma parte de enzimas	Niños:10mg Adultos:12 a 19mg	200ug
Manganeso (Mn)	-Oxido-reductor energético -Antioxidante, anti alérgico -Anti infeccioso -Mineralización de los huesos	Niños:1 a 2mg Adolescentes, ancianos y madres lactantes: 4mg	600ug
Cobre (Cu) -	-Respiración celular -Síntesis de la hemoglobina y de la vitamina C -Desinfectante -Anti inflamatorio	Niños:1 a 1.5mg Adultos: 2 a 3mg Adolescentes, ancianos y madres lactantes: 2 a 3mg	78ug
Cobalto (Co)	-Control de la síntesis de la vitamina B12 -Anti espasmódico y sedativo -neurovegetativo	2ug	10ug
Selenio (Se)	-Anti oxidante -Anti inflamatorio -Estimula la inmunidad	Niños: 20 a30ug Adultos: 55 a 75ug Adolescentes ancianos y madres lactantes: 55 a 75ug	0.5 a 1ug

Fuente: APEF, SOYNICA (2007).

## 2.5.7 Tóxicos y Factores Antinutricionales

Los análisis de los factores antinutricionales son el tema de un programa de estudios realizados por *france luzerne* con los consejos del centro de análisis y de valorización industrial de los substratos.

### 2.5.7.1 Metales Pesados y Residuos de Pesticidas

Ninguno de los resultados de análisis efectuados sobre los extractos foliares de alfalfa de *france luzerne* ha sobrepasado los límites de detección existentes para los componentes tóxicos como metales pesados, residuos de pesticidas. La fabricación de extracto foliar se efectúa con la alfalfa que ha recibido un solo tratamiento químico al máximo (herbicidas y a veces pero raramente, insecticidas antes del periodo vegetación).

Los únicos componentes antinutrientes susceptibles de estar presentes están sintetizados naturalmente por la planta: saponinas, polifenoles de origen proteico sobre los productos no calentados. Pues en el proceso de fabricación del extracto foliar se calienta a 90°C.

### 2.5.7.2 Componentes Naturales Antinutricionales

Algunos componentes producidos naturalmente por la planta pueden presentar efectos negativos en el caso de un consumo diario importante. Ahora bien, las raciones de extracto foliar distribuidos a los animales (6 a 8g/día /Kg de peso, y las raciones aconsejadas para el hombre (0.6g/día /Kg para los niños y 0.15-0.3g/día /Kg de peso para adultos), son muy bajas. (Bourdon *et al* 1980).

**Saponinas.** Estudios animales indican que estos componentes bloquean la absorción del colesterol y previenen la formación de placas arteroescleróticas, y pueden potencialmente causar daño a las células rojas de la sangre. Algunas saponinas frenan algunas veces el crecimiento de los animales jóvenes, esto se observo en el caso de las ratas y las aves pero no en los puercos. En el extracto

foliar, la tasa de saponina no sobrepasa el 1% (0.7 a 0.9 por 100g del producto bruto) y varia pero poco según el origen genético de la alfalfa.

**Polifenoles.** Los polifenoles son componentes químicos muy reactivos que pueden estar presentes en el origen de varios efectos no deseados (Abely 1995). Como son en la disminución de la absorción del hierro, disminución de la digestibilidad de las proteínas.

## **2.6 Aplicación en Alimentación Humana**

La utilización de los extractos foliares, puede ser una alternativa para el déficit de proteínas. Desde los años 60, los científicos ingleses Waterlow y Pirie emitieron ésta idea utilizando en países subdesarrollados, diversos extractos foliares de origen locales de hojas verdes. Guha, (1960) participo 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.

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).

Las verduras oscuras tienen mucha de las vitaminas y minerales que necesita el cuerpo humano para su desarrollo, de ahí que el régimen alimenticio en México, se consuman algunas verduras, tales como, acelgas, espinacas o quelites, pero son muy pocas las personas que consumen suficientes hojas verdes para conservar o mejorar la salud. En la actualidad se tiene la oportunidad de obtener el concentrado de alfalfa, lo que permite separar una buena cantidad de proteínas, vitaminas y minerales que se encuentran en las hojas. El valor nutricional de un kilogramo de concentrado es equivalente a 8 ó 10 kg de hojas frescas, por lo que se recomienda que sea mediante este proceso el consumo de la alfalfa para mejorar la salud y el desarrollo de los niños.

Además de su alto valor proteico que contiene el extracto tiene una alta respuesta de aceptación del organismo, es fácil de cultivar y de procesar para utilizarlo como alimento humano en los más variados platillos, ya que combinada con otros productos puede consumirse en presentaciones que la hacen agradable y preferida, entre los usos que se le puede dar al concentrado están: La elaboración de tortillas, pasteles, sopas, botanas, empanadas, hamburguesas, bebidas, entre otros.

## 2.7 Alimentos Enriquecidos y Fortificados

Los productos así denominados han sido modificados en su composición original mediante la incorporación de nutrientes esenciales con el fin de satisfacer necesidades particulares de alimentación de determinados grupos de población, escogiendo un alimento de consumo masivo. Añadir nutrientes a alimentos es una práctica que se origina a principios del siglo XIX, cuando el químico francés Boussingault recomendó añadir yodina a la sal de mesa para prevenir el bocio en Suramérica. En 1918, en Dinamarca, se fortificó la margarina con vitamina A concentrada y en 1931 en EEUU se enriqueció leche entera con vitamina D. En cuanto a los cereales, la fortificación de cereales de desayuno empezó en 1941 (Álvarez, Vidal. 2003).

Las empresas utilizan, el enriquecimiento y fortificación como una estrategia diferenciativa para elaborar alimentos que puedan ser percibidos como productos de mayor valor. Entre los alimentos enriquecidos y fortificados de mayor consumo se encuentran los productos lácteos, el azúcar, la sal, productos panificados, pastas, galletas y los condimentos. Los productos lácteos, igual que los cereales y derivados, son unos de los principales vehículos para ser fortificados con calcio, hierro, cinc y otros micronutrientes. La leche líquida de vaca, en muchos países, se consume de forma generalizada entre la población infantil, uno de los principales grupos de riesgo. Las fórmulas infantiles son básicamente leche modificada de vaca y adicionadas con distintos nutrientes, las leches chocolatadas también resultan un atractivo vehículo de fortificación. En cuanto al azúcar, constituye una alternativa más que puede ser considerada como vehículo de fortificación para el hierro y el cinc, así como para otros nutrientes como la vitamina A.

Por otro lado, la fortificación de la sal con yodo ha demostrado ser una estrategia efectiva para combatir su deficiencia en todo el mundo, razón por la que resultaría ser un vehículo apropiado para ser utilizado en la fortificación con otros micronutrientes como el hierro y el zinc.



Generalmente se fortifican y enriquecen alimentos que pueden ser más rentables con poco costo adicional, no se acostumbra a fortificar productos cárnicos y derivados, helados, bebidas fermentadas, bebidas alcohólicas y aguas minerales.

El enriquecimiento es el proceso en el cual se adicionan los micronutrientes que ha perdido o disminuido el alimento y que de forma natural los contiene, estas pérdidas son generadas por el proceso de transformación industrial. Por ejemplo, tenemos la vitaminización de la leche para recuperar las pérdidas por el proceso de pasteurización.

Los productos denominados fortificados, son aquellos que han sido modificados en su composición original mediante la adición de nutrientes esenciales ya que el alimento no lo contenía en forma natural, esto con el fin de satisfacer las necesidades particulares de la alimentación.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del sitio experimental

En el presente trabajo se realizó la obtención del concentrado proteico, así como se elaboraron y analizaron productos (nachos y puré) enriquecidos y fortificados con el concentrado.

La obtención del extracto se realizó en el laboratorio de alfalfa del Departamento de producción animal, la elaboración de los productos en el laboratorio de lácteos y el análisis químico de los productos en el laboratorio de nutrición animal, estos pertenecientes a la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la planta de alfalfa (*Medicago sativa*) de la variedad Moapa, se adquirió dentro de las instalaciones de la misma Universidad, localizada en Buenavista Saltillo Coahuila México, ubicada sobre las coordenadas 25° 21' Latitud Norte, y 101° 02' Longitud Oeste, con una altura de 1743 metros, sobre el nivel del mar, con una temperatura de 19.8°C.

#### **Materiales**

Material Biológico (papa, alfalfa, harina de maíz).

Material general de laboratorio (vidrio).

Material de plástico.

#### **Equipos**

Molino eléctrico

Prensa hidráulica

Kjeldhal

Soxleth

Estufa de secado, marca J.M Ortiz, temperatura de 100 a 103 °C.

Mufla, marca Thermolyne, modelo 1500, temperatura de 300- 600°C.

Aparato de reflujo, marca labconco.

Balanza Explorer, OHAUS capacidad máxima 210 gr.

### 3.2 Metodología para la Obtención del Concentrado de Alfalfa

Para la extracción del concentrado proteico se realizaron los siguientes pasos

**Corte y lavado de la alfalfa:** Se hace aproximadamente al 20 por ciento de la floración o menos. Se limpia para quitar malas hierbas y se lava para eliminar tierra e impurezas.



Figura 2. Lavado de la alfalfa.

**Molido (triturado) de la alfalfa:** Se realizo en un molino eléctrico provistos de aspas para triturarla y así obtener una pasta.



Figura 3. Triturado de la alfalfa

**Prensado:** La pasta de la alfalfa se coloca en una prensa hidráulica para exprimirla completamente, con el fin de extraer el jugo donde se encuentran las proteínas el jugo se dirige a un recipiente vacío y limpio; obsérvese en la figura 4, el residuo (fibra) es utilizado para la alimentación del ganado vacuno, ovino caprino entre otros



Figura 4. Prensado de la pasta de alfalfa.

**Calentamiento:** El líquido es calentado a una temperatura promedio de 89°C para coagular la proteína, este se distingue al formarse grumos grandes de color verde en la superficie quedando un líquido color claro; se cuela y el coagulo se coloca sobre una manta, se exprime para quitar el exceso de agua, obsérvese en la figura 5. Lo que queda en la manta es el concentrado de alfalfa.



Figura 5. Calentamiento y obtención del concentrado

El extracto obtenido se seco en la estufa a 55 °C por 18 horas y se molió hasta quedar una harina.

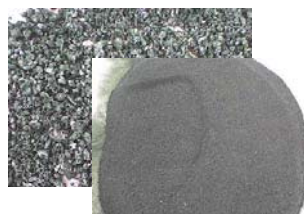


Figura 6. Concentrado

### **3.3 Elaboración de Puré**

Para la elaboración del puré se utilizaron 34 g de margarina, 11 g de caldo de pollo, se pusieron a hervir con 100ml. de leche, una vez que estos productos se incorporaron perfectamente se procedió a mezclarlo con 250 g de papa.

Posteriormente se elaboraron formulaciones por triplicado adicionando 5 (tratamiento 2), 7.5 (tratamiento 3) y 10% (tratamiento 4), de concentrado proteico de alfalfa, respecto a la cantidad del puré, así como un testigo, sin adición de concentrado (tratamiento 1).

### **3.4 Elaboración de Nachos**

Para su elaboración se mezclaron harina, concentrado, como sustituto de la harina en diferentes proporciones, y agua 180 ml. / 100 g de harina para preparar la masa necesaria mediante amasado manual hasta obtenerla manejable, fina y libre de grumos.

Se prepararon tortillas mediante una tortilladora manual, se cocieron sobre un comal de metal, con un tiempo de cocción de 25 seg. por un lado, 35 seg. por el otro lado y nuevamente 10 segundos por el primer lado, una vez terminado el proceso se extendieron y deshidrataron durante 10 horas a temperatura ambiente, para proceder a freír en aceite de maíz por un periodo de 2 minutos y 30 segundos, para posteriormente analizarlos.

Se realizaron 4 tratamientos: T1 sin adición de concentrado, T2 adición de 5% de concentrado, T3 adición, 7.5% de concentrado y T4 adición de 10 % de concentrado.

### **3.5 Análisis Químico**

El contenido de materia seca, cenizas, extracto etéreo, proteína y fibra cruda de los productos enriquecidos (nachos) y fortificados (puré) se determinaron en el laboratorio de nutrición animal de acuerdo a los procedimientos de la AOAC (1990).

### **3.6 Análisis Estadísticos**

El análisis estadístico que se utilizó fue un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos (diferentes concentraciones, tratamiento 1 con 0% de concentrado, tratamiento 2 con 5%, tratamiento 3 con 7.5% y tratamiento 4 con el 10% de concentrado de alfalfa) cada uno de estos se probaron con tres repeticiones.

El análisis de varianza se realizó mediante el programa estadístico desarrollado por el Dr. Emilio Olivares Sáenz (1994 de la facultad de agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León).

Adicionalmente se realizó la prueba de Tukey para las comparaciones de medias de los tratamientos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis Químico de Nachos Enriquecidos con Concentrado Proteico de Alfalfa

Al realizarse las medias de Tukey se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos como se observa en el cuadro 5.

Una vez realizadas el análisis, en materia seca total se observa que los T2 y T3 son similares ( $P < 0.05$ ) entre si, mientras que los T1 y T4 son significativamente diferentes ( $P < 0.01$ ), el tratamiento con mayor cantidad de materia seca fue el 4 con (10 % de concentrado), estos datos son similares a los fritos y galletas referidos por Sánchez (2009).

Los datos obtenidos en proteínas indican que hay diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en todos los tratamientos, observando un aumento en los que contienen concentrado proteico, el mejor tratamiento es el 4 que se encuentra enriquecido con 10 % de concentrado de alfalfa. Comparando los nachos con los fritos y galletas referidos por (Sánchez, 2009) se puede decir que la cantidad de proteína presente en los productos coinciden, por lo cual se confirma que conforme se incrementa la cantidad de concentrado proteico de alfalfa, también se observó un aumento en la cantidad de proteína presente en los nachos.

En cuanto a fibra cruda se percibe, que los T1, T2 y T3 no tienen diferencia significativas ( $P < 0.05$ ) entre si, lo mismo sucede para los T2, T3 y T4, pero se observa que los T1 y T4 si presentan diferencias significativamente ( $P < 0.01$ ) encontrándose mayor cantidad de fibra en el T4. Por lo cual se observa que a mayor cantidad de concentrado de alfalfa, presente en el tratamiento la cantidad de fibra aumenta.

En extracto etéreo se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), entre todos los tratamientos, encontrándose que el tratamiento con mayor cantidad de grasa fue el T1, mientras que el tuvo menor cantidad es el T4 (10% de concentrado), los otros dos tratamientos son menores que el testigo y mayores al T4, por lo que se observa que a mayor cantidad de concentrado de alfalfa, se disminuye la cantidad de extracto etéreo en el alimento. Comparando con datos en fritos referidos por Sánchez (2009) enriquecidos con concentrado de alfalfa, donde no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos y la cantidad de extracto etéreo es mayor, se puede decir que se debe a la elaboración del producto pues el nacho paso por un cocimiento un deshidrato y posteriormente un freído, mientras que el frito después de su elaboración paso directamente al freído absorbiendo mayor cantidad de grasa, esto debido a que la masa es muy porosa.

En cenizas se observa que los T1 y T2 no tiene diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) lo mismo sucede con los T3 y T4, pero observándose diferencia significativa ( $P < 0.01$ ).entre estos dos pares de tratamientos, tal y como se observa en la siguiente tabla.

Cuadro 5. Comparación de medias de Tukey de nachos

Tratamientos	Materia Seca	Proteínas	Fibra Cruda	Extracto etéreo	Cenizas (Minerales)
T1	96.6672 <sup>c</sup>	6.0991 <sup>d</sup>	1.4562 <sup>b</sup>	20.9200 <sup>a</sup>	0.6550 <sup>b</sup>
T2	97.6054 <sup>b</sup>	8.4830 <sup>c</sup>	1.7494 <sup>ab</sup>	18.1507 <sup>b</sup>	0.6560 <sup>b</sup>
T3	97.4710 <sup>b</sup>	9.5093 <sup>b</sup>	1.7040 <sup>ab</sup>	15.0637 <sup>c</sup>	1.0774 <sup>a</sup>
T4	98.2437 <sup>a</sup>	10.5429 <sup>a</sup>	1.8253 <sup>a</sup>	13.6216 <sup>d</sup>	1.1327 <sup>a</sup>

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

Los datos obtenidos del T4 indican un aumento del 1.6% en materia seca total, 72.8% en proteína, 72% de cenizas y 25.3 % de fibra, así como una disminución del 34% en extracto etéreo, esto en comparación con el (testigo).



Comparándolo con el T2 hay un aumento del 24.2% en proteína, 72.6 % en cenizas, y 4.3% en fibra cruda, así como una disminución en extracto etéreo de 24.9%.

Si se compara con el T3 (7.5% de concentrado) se encontró un incremento de 10.86% en proteína, 7% en fibra y 22.7 % en cenizas, así como una disminución del 9.5% en extracto etéreo.

Los resultados de la prueba de medias se pueden observar también en la figura 7 donde se muestran las diferencias entre tratamientos. Como se logra observar, el mejor tratamiento fue el 4 (nachos enriquecidos con 10 % de concentrado) ya que disminuye la cantidad de grasa, y obtuvo mayor cantidad de proteína, fibra cruda, minerales y por lo consiguiente materia seca total, por lo cual es el mejor tratamiento para el propósito de incremento de proteínas.

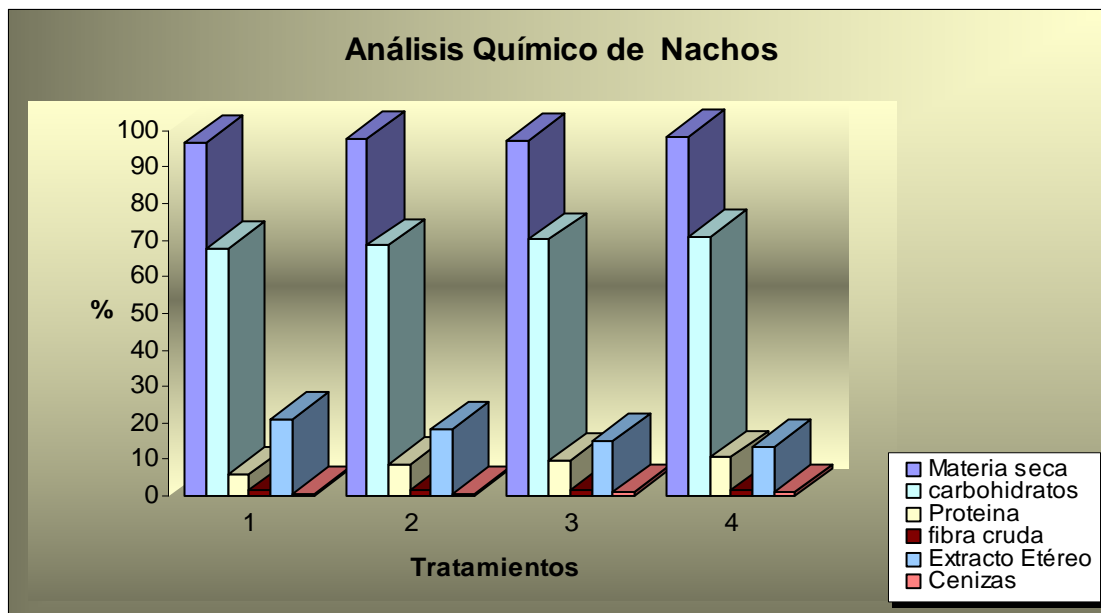


Figura 7. Composición química de nachos.

## **4.2 Análisis Químico del Puré Fortificado con Concentrado Proteico de Alfalfa**

Se realizó un análisis de varianza a los resultados obtenidos del puré con concentrado de alfalfa, encontrándose diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos. Debido a las diferencias antes mencionadas se procedió a realizar la comparación de medias (cuadro 6) a través de las pruebas de Tukey.

En materia seca total se observa que los tratamientos son significativos, ( $P < 0.01$ ) siendo el más alto el T1 y el que tiene menor cantidad de materia seca es el T4, esto se debe a que la materia seca depende de los demás componentes químicos, por lo cual como se observa (cuadro 6) el único componente que incremento con la adición del concentrado fue la proteína, mientras que los demás componentes disminuyeron, encontrando así menor cantidad de materia seca. Comparando los datos con los referidos por (Sánchez, 2009) se observó que la cantidad de materia seca es menor en el puré que en las galletas y fritos, esto se debe a la gran cantidad de agua presente en este producto.

También se encontró diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en proteínas, pues se observó que a mayor cantidad de concentrado se le adicione al alimento, este aumenta su cantidad de proteína por lo cual el mejor tratamiento es el número 4. En este alimento la cantidad de proteína presente en el T4 es menor, en comparación con los fritos y galletas antes mencionados, esto se debe a que el T1 tiene muy poca cantidad de proteína, y al adicionarle el concentrado la proteína aumento considerablemente, pero no al nivel de los otros productos. Por lo cual se percibe que el mejor tratamiento es el 4 ya que cumple con los requerimientos de aumento de proteína.

La fibra cruda tiene diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la mayoría de los tratamientos, siendo los T1 y T2 similares entre si, mientras que los T3 y T4 son diferentes, en estos la cantidad de fibra, disminuyó debido a que el concentrado que se incorporó al alimento tiene muy poca cantidad de fibra y la cantidad

de fibra que se encontró en los análisis corresponden al puré, por consiguiente entre mas cantidad del concentrado disminuye la cantidad la fibra.

En lo que se refiere al extracto etéreo el T1 (testigo) es significativamente diferente ( $P < 0.01$ ) a los demás tratamientos, mientras que los T2, T3 y T4 son similares, el contenido del extracto etéreo presente en el alimento disminuyó debido a la cantidad de concentrado adicionado a cada uno de los tratamientos, ya que la disminución se observó conforme aumento la cantidad de concentrado, reemplazando así la grasa por proteína, disminuyendo consecutivamente la cantidad de grasa presente de forma natural en el puré, por lo cual los convierte en los mejores tratamientos en lo que a grasa se refiere pues se están buscando alimentos que sean altamente nutritivos y con baja cantidad de grasa.

En cenizas el único tratamiento diferente significativamente ( $P < 0.01$ ) fue el T1, mientras que los T2, T3, y T4 son similares ( $P < 0.05$ ), esto se debe al incremento de proteína presente en los tratamientos.

Los resultados anteriores nos confirman que el mejor es el T4, pues se observó que la incorporación del concentrado proteico de alfalfa aumenta la cantidad de proteína y disminuye la cantidad de grasa en el alimento.

Cuadro 6. Comparación medias de Tukey de puré

Tratamientos	Materia Seca	Proteínas	Fibra Cruda	Extracto etéreo	Cenizas (Minerales)
T1	27.0764 <sup>a</sup>	2.7239 <sup>d</sup>	1.0909 <sup>a</sup>	8.7521 <sup>a</sup>	8.0638 <sup>a</sup>
T2	25.265 <sup>b</sup>	5.4471 <sup>c</sup>	1.1187 <sup>a</sup>	8.3410 <sup>b</sup>	7.2676 <sup>b</sup>
T3	24.0203 <sup>c</sup>	6.4923 <sup>b</sup>	0.9127 <sup>b</sup>	8.2337 <sup>b</sup>	7.2620 <sup>b</sup>
T4	20.587 <sup>d</sup>	7.4693 <sup>a</sup>	0.6172 <sup>c</sup>	8.1133 <sup>b</sup>	7.3071 <sup>b</sup>

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

En el T2 se encontró un aumento del 99% en proteínas y 2.45% en fibra cruda comparado con el T1, el T3 nos indica un incremento del 19.18 % en proteína comparado con el tratamiento 2 y los resultados obtenidos en el tratamiento 4 indican aumento del 15.04 % en proteínas y 0.62 % en cenizas en comparación con el tratamiento 3.

En la figura. 8 se muestran las diferencias presentes en cada uno de los tratamientos, en donde se observa que el T 4 (puré con 10 % de concentrado de alfalfa) fue el mejor ya que aumento el contenido de proteína, y disminuyo la cantidad de extracto etéreo en el alimento, estas diferencias debidas a la incorporación del concentrado proteico de alfalfa.

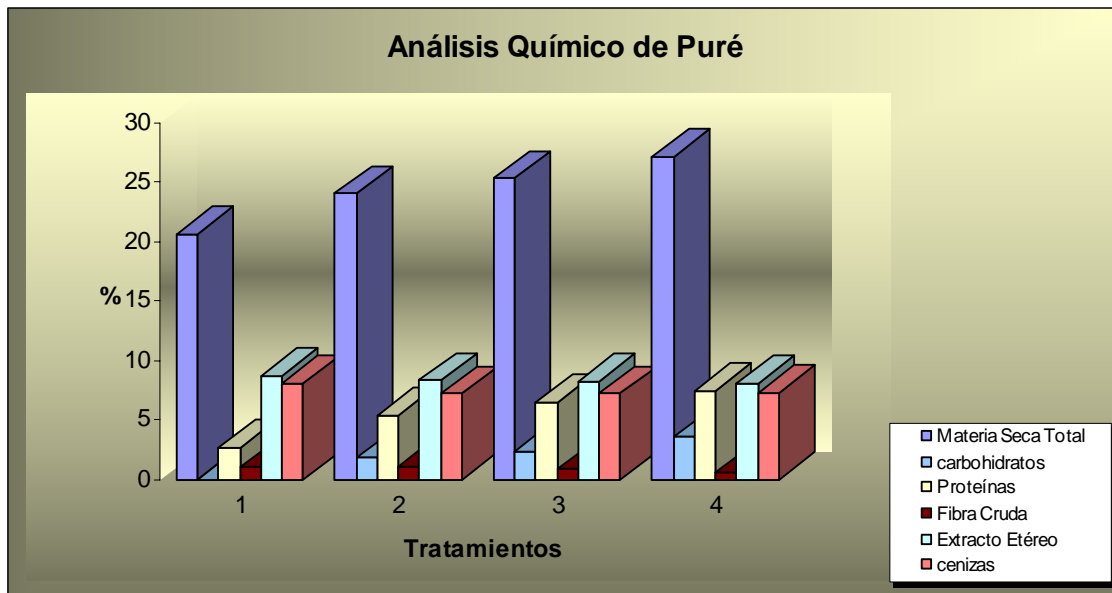


Figura 8. Composición química del puré.

Comparando con los estudios de Shat F. H., Et (1981) en niños mal nutridos, donde se ha comprobado que los extractos foliares originan varios efectos beneficiosos a la salud y en donde se concluyó que el extracto foliar sería un suplemento valioso para niños con poco consumo de leche. Encontramos la importancia de adicionar extracto foliar en alimentos con bajo contenido de proteína ya que no solo se observa un aumento de nutrientes en los productos especialmente en proteínas, si no que también se observan beneficios importantes en la salud del consumidor.

## V. CONCLUSIONES

Se evaluó y analizó la composición química del puré fortificado y nachos 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 de los productos, así como una disminución del extracto etéreo por lo que son alimentos mucho más nutritivos, pudiendo ofrecer al consumidor productos con buenas características nutricionales.

De acuerdo con los resultados anteriores se estableció que la concentración óptima, entre los parámetros de 5, 7.5 y 10% de adición de concentrado de alfalfa en los productos, es el T4 en nachos, obteniéndose un aumento del 72.8 % de proteína, mientras que en puré vemos un aumento de proteína desde el T2, con un incremento del 99%, estos en comparación con el T1. En el análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas principalmente en proteínas. Por lo tanto el T4 es mejor a todos los demás, pues se observó un aumento creciente de proteína, conforme se realizó la adición del concentrado en los alimentos.

Se elaboraron nachos y puré con incorporación del concentrado proteico de alfalfa ofreciendo así la posibilidad de enriquecer y fortificar alimentos con bajo contenido de proteína. Haciéndolos más convenientes para su uso en la alimentación humana y contrarrestar los efectos de la desnutrición principalmente en niños y mujeres embarazadas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Por lo dicho anteriormente se recomienda utilizar el concentrado de alfalfa en los alimentos deficientes en proteína, e implementarlo en las comunidades rurales, donde es difícil obtener alimentos ricos en proteína.

Realizar búsquedas de nuevas plantas y evaluar aquellas que sean posibles su utilización para el consumo humano.

Elaborar un análisis sensorial para observar la aceptación del producto, por su sabor, olor y por la apariencia que presenta el alimento, pues no es común en el mercado.

Se considera necesario recurrir a un proceso educativo que posibilite inclusión del concentrado de alfalfa en la dieta habitual de la población, necesaria para lograr condiciones de nutrición infantil más adecuadas.

## VII. LITERATURA CITADA

AOAC. (Association of Official Analytical Chemist) Official Methods of Analysis, 1990, Washington D.C. U.S. A.

Abely M., 1995 Rapport bibliographique: interets nutritionnels des extraits foliaires dans l'alimentation humaine. Proteínas foliares. Complements nutritionnel chez l'enfant. Centre Hospitalier Universitaire de Reims; pp 86-98

Avilaa, A.; Shamah, T.; Galindo, C.; Rodríguez, G. & Barragan, L., 1998. La desnutrición infantil en el medio rural mexicano. Salud Pública de México, pp. 40:150-159.

Bourdon D., Perez J.M., Henry, Y. Et Calmes R. 1980 Valeur energetique et azotée d'un concentré de protéines de luzerne, le PX1 et utilisation par porc en croissance- finition. Journées Rec., Porcine en France, pp. 227-244.

Devadas R.P. et Murthy N.K., 1978 Biooical utilisation of B-carotene from Amaranth and leaf protein in preschool children. World Review of nutrition and dietetics, pp. 31, 159-161.

Douillards R., 1981 Composés proteíns foliaires etv alimentation, In: Gauthier – Villars ed. Costes, Paris, pp. 69-91.

Fuentes R. J. M; 1996; Alfalfa Alimento Único. Programa de Beneficio a las comunidades rurales. Publicación especial. UAAAN. Coahuila, México, pp 3,4.

GALVEZ, M. A., 1984. Suplementación de alimentos con proteína. Revista de Información Científica y Tecnológica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp. 6: 32-45.

Garr J.R. *et* Pearson G., 1974, Nutritive value of lucerne leaf-protein concentrate and seed.meal as protein supplements to barley diets for growing pigs. Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod., pp 34, 95

Gastineau I. Et de Mathan o., 1981. La préparation industrielle de la protéine verte de la luzerne. C. proteines foliaires alimentation. In: Gauthier-Villars ed. Costes, Paris, pp. 159-182.

Guha B. C., 1960, Leaf Protein as Human food, The Lancet No 1726, pp 104-705.

Kennedy D. y Hoja para la vida, 1993, Manual Practico: "Concentrado de hoja verde. Pp. 11-20, 29-39, 111-113

Le Goff L., 1997 Encyclopédie de l' alimentation biologique et de l'équilibre nutritionnel. Nourrir la vie. Ed. Roger Jollois. pp. 704-705.

Martínez M. 1979 "Catalogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas". Fondo de cultura económica, México D.F. pp. 13, 25-27

Mauries M., 1994 La luzerne aujourd'hui. Ed France agricole, pp 17-131

Olatunbosun D. A., Adadevoh B. K. y 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.

Parada E.1975, "Producción de concentrados proteínicos a partir de hojas". Tesis de maestría, ENCB - IPN México D.F. pp. 54-60

Pirie, G., 1940 Leaf concentrate – Some history Find Your Feet LTD, 1990. pp. 43, 51-55.



Sánchez, H. P., 2009 Evaluación de la composición química en productos enriquecidos con concentrado foliar de alfalfa (*medicago sativa L. var. moapa*) Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila México, pp 20-23.

Shat F.H., Salam sheik A., Farruckh N. Et Rasool A., 1981, A comparison of leaf protein concentrate fortified dishes and milk as supplements for children with nutritionally inadequate diets, Qual. Plant. Plants Fofos Hum. Nutr., pp. 30, 245-258.

Waterlow, J.C., 1962. The absorption and retention of nitrogen from leaf Protein by infants Recovering from malnutrition. British, J. of Nutrition, No 16, pp. 530-540.

Zanin V, 1998, Un Nuevo Concepto Nutricional para el Humano: El Extracto Foliar de Alfalfa. Asociación para la promoción de los extracto foliares en nutrición. Paris, Francia. Pp. 15-28

Zeana, C., Bogdan C. Et Olaru D., 1996 Foliary Alfalfa extract as nutritive adjuvant for elderly. III Congress of the International Association of Gerontology European Region. Climinal section, pp. 115

### **PÁGINAS WEB CONSULTADAS**

Alvarez-Vidal, L. 2.003. Enriquecimiento masivo de minerales y vitaminas en los alimentos. Informes técnicos, disponible en ([www.seguretatintegral.org](http://www.seguretatintegral.org)) consultado en Enero 2009

Anónimo. 1992. El cultivo de la alfalfa; consultada en Agosto 2008. Disponible en: (<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.asp>).

Documentos APEF- Soynica. Un Nuevo Concepto Nutricional para el ser Humano, disponible en; ([www.soynica.org.ni/documents/nuevoconcepto-extractofoliar-alfalfa.pdf](http://www.soynica.org.ni/documents/nuevoconcepto-extractofoliar-alfalfa.pdf)). Consultada en Noviembre 2008.

Evaluación nutricional de extractos foliares de Yuca, Frijol, Batata y Alfalfa; disponible en ([www.sightandlife.org](http://www.sightandlife.org); Datos de la OMS, 1997.). Consultada en Febrero 2009.

Obtención de Concentrados Proteicos a Partir de Alfalfa; disponible en ([www.respyn.uanl.mx/especiales/2005/ee-13-2005/documentos/CNA39.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2005/ee-13-2005/documentos/CNA39.pdf)). Consultada en Septiembre 2008.

# ANEXOS

Cuadro 8. Composición química de nachos con concentrado proteico de alfalfa.

Tratamientos	Materia Seca Total %	Cenizas (Minerales) %	Proteínas %	Extracto Etéreo %	Fibra Cruda %
Tratamiento 1	96.4987	0.6943	6.2150	20.8367	1.5066
	96.5140	0.6316	6.1580	20.9504	1.4058
	96.9888	0.6392	6.0537	20.9729	1.4562
Tratamiento 2	97.5713	0.4947	8.5929	18.2015	1.7368
	97.5908	0.6358	8.5035	18.0605	1.7487
	97.6541	0.8335	8.5349	18.1902	1.7427
Tratamiento 3	97.4338	1.1133	9.5946	15.1418	1.7265
	97.4295	1.0731	9.5284	14.9690	1.5449
	97.5498	1.0458	9.4110	15.0804	1.8407
Tratamiento 4	98.3759	1.0661	10.5512	13.8133	1.9197
	98.1042	1.2423	10.4002	13.8284	1.6234
	98.2509	1.0895	10.6742	13.2232	1.9327

Cuadro 7. Composición química de puré con concentrado proteico de alfalfa.

Tratamientos	Materia Seca Total %	Cenizas (Minerales) %	Proteínas %	Extracto Etéreo %	Fibra Cruda %
Tratamiento 1	20.7598	8.0335	2.9045	8.6311	1.0731
	20.6442	8.1343	2.9964	8.8371	1.1086
	20.3570	8.0236	2.8210	8.7880	1.0909
Tratamiento 2	24.0534	7.3948	5.5471	8.4031	1.1266
	24.0649	7.1404	5.3759	8.3386	1.1108
	23.9426	7.2676	5.2893	8.2812	1.1187
Tratamiento 3	25.5103	7.2313	6.4206	8.2012	0.8896
	25.1624	7.2603	6.6070	8.2661	0.9357
	25.1223	7.2944	6.3459	8.2337	0.9127
Tratamiento 4	27.7544	7.3636	7.4501	8.0896	0.6073
	26.7012	7.2745	7.5595	8.1390	0.6270
	26.7737	7.2831	7.4110	8.1112	0.6172

Cuadro 9. Análisis de varianza de nachos

Materia Seca Total					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	3.781250	1.260417	47.8025	0.000
ERROR	8	0.210938	0.026367		
TOTAL	11	3.992188			

Cenizas					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.610868	0.203623	20.4549	0.001
ERROR	8	0.079638	0.009955		
TOTAL	11	0.690505			

Proteína					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	65.138062	21.712687	3148.1475	0.000
ERROR	20	0.137939	0.006897		
TOTAL	23	65.276001			

Extracto Etéreo					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	95.515137	31.838379	921.6254	0.000
ERROR	8	0.276367	0.034546		
TOTAL	11	95.791504			

Fibra Cruda					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.229588	0.076529	5.5092	0.024
ERROR	8	0.111130	0.013891		
TOTAL	11	0.340717			

Cuadro 10. Análisis de varianza de puré.

Material Seca Total					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	67.408691	22.469564	207.8720	0.000
ERROR	8	0.864746	0.108093		
TOTAL	11	68.273438			

Cenizas					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	1.389771	0.463257	79.3726	0.000
ERROR	8	0.046692	0.005836		
TOTAL	11	1.436462			

Proteínas					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	75.405396	25.135132	735.2509	0.000
ERROR	20	0.683716	0.034186		
TOTAL	23	76.089111			

Extracto Etéreo					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.692749	0.230916	54.3387	0.000
ERROR	8	0.033997	0.004250		
TOTAL	11	0.726746			

Fibra Cruda					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.478671	0.159557	634.3419	0.000
ERROR	8	0.002012	0.000252		
TOTAL	11	0.480683			