

2001-A/2007B

395460895

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE ALCALOIDES
DE DOS ENSILADOS DEL FORRAJE DE *Lupinus* (*L. albus* y *L. exaltatus*)
CULTIVADO EN JALISCO”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

MARGARITA DEL ROCIO ROMERO VERDIN

Las Agujas, Zapopan, Jal., Junio de 2009



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Coordinación de Titulación y Carrera de Licenciatura en Biología

1430/ C. C. BIOLOGÍA

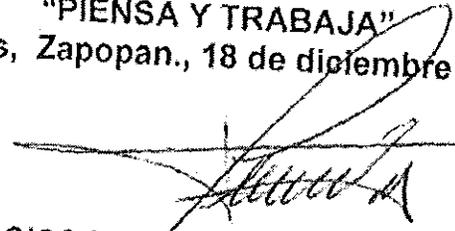
C. MARGARITA DEL ROCIO ROMERO VERDIN
PRESENTE

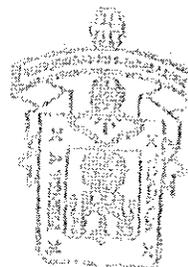
Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de: Tesis e informes opción Tesis con el título: "Caracterización fisicoquímica y contenido de alcaloides de dos ensilados de forraje de Lupinus (*L. albus* y *L. exaltatus*) cultivados en Jalisco" para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director / a de dicho trabajo el/la: Dra. Ma de Lourdes Isaac Virgen y como asesor/es a el/la: M.C. Jose María Herrera Velasco y M.C. Pedro Macedonio García López.

Sin más por el momento, le envío un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
Las Agujas, Zapopan., 18 de diciembre del 2008.


DR. FRANCISCO MARTÍN HUERTA MARTÍNEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA


M en C. GLORIA PARADA BARRERA
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dr. Fco. Martín Huerta Martínez.
 Presidente del Comité de Titulación.
 Licenciatura en Biología.
 CUCBA.
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad TESIS, opción ___ con el título: "Caracterización Fisicoquímica y contenido de alcaloides de dos ensilados de forraje de Lupinus (*L. Albus* y *L. Exaltatus*) cultivado en Jalisco" que realizó el/la pasante Margarita del Rocío Romero Verdín con número de código 395460895 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco 17 de diciembre de 2008

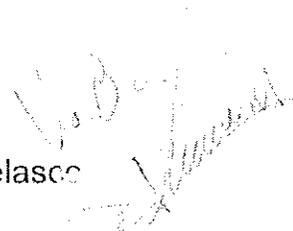
Firma
 Dra. María de Lourdes Isaac Virgen
 Director/a del trabajo,

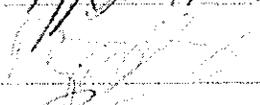


firma
 M. en C. José María Herrera Velasco
 Asesor



firma
 M. en C. Pedro Macedonio García López
 Asesor

| Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación | Firma de aprobado | Fecha de aprobación |
|--|---|---------------------|
| Dr. Jacinto Bañuelos Pineda |  | 17/12/08 |
| Dr. Ramón Rodríguez Macías |  | 17/12/08 |
| Dr. Juan Francisco Zamora Natera |  | 17/12/08 |
| Supl. Dr. Mario Alberto Ruiz López |  | 17/12/08 |

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| INDICE DE CONTENIDO | I |
| INDICE DE GRAFICAS | ii |
| INDICE DE FIGURAS | iii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 2 |
| 2.1 Leguminosas | 2 |
| 2.2 Género <i>Lupinus</i> | 3 |
| 2.2.1 Características nutritivas del Genero <i>Lupinus</i> | 4 |
| 2.3 <i>Lupinus</i> en México | 5 |
| 2.4 Valor nutricional del forraje de <i>Lupinus exaltatus</i> Zucc | 6 |
| 2.5 Métodos de conservación de Forrajes | 7 |
| 2.6 Henificación | 7 |
| 2.7 Henolaje | 7 |
| 2.8 Ensilaje | 8 |
| III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| IV. JUSTIFICACION | 13 |
| V. HIPOTESIS | 14 |
| VI. OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 6.1 Objetivos Particulares | 14 |
| VII. MATERIALES Y MÉTODOS | 15 |
| VIII. RESULTADOS | 17 |
| IX. DISCUSION | 28 |
| X. CONCLUSIONES | 34 |
| XI. BIBLIOGRAFIA | 35 |

INDICE DE GRAFICAS

| Gráfica | | Página |
|---------|--|--------|
| 1 | Contenido de materia seca en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 18 |
| 2 | Contenido de Proteína cruda en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 19 |
| 3 | Contenido de Fibra Detergente Neutra en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 20 |
| 4 | Contenido de Fibra Detergente Ácida en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 21 |
| 5 | Contenido de pH en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 22 |
| 6 | Contenido de Acido Láctico en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 23 |
| 7 | Contenido de Nitrógeno Amoniacal en microsilos a diferentes días de fermentación (n=3) | 24 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadros | | Página |
|---------|--|--------|
| 1 | Composición química de los forrajes de <i>L.albus</i> y <i>L. exaltatus</i> ensilado solos o combinados con rastrojo de maíz a 20 días de fermentación. | 25 |
| 2 | Parámetros fermentativos y NH ₃ -N del forraje ensilado de <i>L. exaltatus</i> y <i>L. albus</i> solo o combinado con rastrojo de maíz a 20 días de fermentación. | 26 |
| 3 | Contenido porcentual de los alcaloides totales en los ensilados de <i>L. exaltatus</i> y <i>L. albus</i> solos o combinados con rastrojo de maíz a tiempo cero y al final del periodo experimental | 27 |

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de forraje de alta calidad en la alimentación animal ha permitido incrementar la eficiencia de producción de carne y leche a menor costo. El silo de maíz es uno de los forrajes más utilizados en los sistemas de producción animal debido a: altos rendimientos/ha, elevado valor energético, buena palatabilidad, además de su fácil elaboración y manejo.

No obstante, existen leguminosas con potencial forrajero que pueden ser utilizadas para la alimentación de rumiantes mediante su proceso de ensilaje. En este sentido, los lupinos domesticados y silvestres representan una alternativa como potencial forrajero por su composición nutrimental. Sin embargo, el uso de los lupinos silvestres requiere tratamientos físicos y químicos para poder ser utilizados en la alimentación animal.

II. ANTECEDENTES

2.1 Leguminosas

Las leguminosas son un grupo de plantas que pueden ser aprovechadas como alimento por el hombre o por los animales. Las leguminosas se cultivan en todo el mundo, desde los trópicos hasta las zonas áridas y aportan el 20% del total de las proteínas. Se utilizan algunas de ellas en la alimentación humana en todas las clases sociales y resultan importantes para los pueblos pobres donde la disponibilidad de proteína animal es deficiente (Sangronis y col. 2004).

Existen más de 1300 especies de leguminosas, pero solo 20 a 30 son parte de la dieta humana (McRae y col. 1993), por lo que existe un número considerable de especies que pueden ser destinadas a la alimentación animal. Entre las ventajas del consumo de las leguminosas esta su alto contenido de proteína, especialmente la soya con un valor promedio de 40%, y el lupino con alrededor de 30 a 40%, las demás especies, presentan valores que fluctúan entre 20 y 25%. Sin embargo, también se encuentran una serie de compuestos, conocidos como antinutrientes, que en general dificultan la asimilación por los organismos vivos, ya que pueden causar efectos fisiológicos indeseables y en algunos casos pueden llegar a ser tóxicos (Muzquiz, 2008).

Entre las especies de leguminosas, la soya *Glycine max* (L.). Merr, ocupa el primer lugar en el mundo en la superficie sembrada, y el quinto lugar entre todas las especies cultivadas, además de esta leguminosa destacan el frijol *Phaseolus vulgaris* L. y el cacahuate (maní) *Arachis hypogaea* L., que ocupan el noveno y décimo lugar, respectivamente. Otras especies de leguminosas de

importancia son la arveja *Pisum sativum* L., chícharo *Lathyrus sativus* L., garbanzo *Cicer arietinum* L., haba *Vicia faba* L., lenteja *Lens culinaris* Medik., el lupino australiano *Lupinus angustifolius* L., y el lupino blanco *Lupinus albus* L. http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/introleg.htm

2.2 Género *Lupinus*

Los lupinos se encuentran ampliamente distribuidos a nivel mundial, diversas especies se han cultivado y utilizado regionalmente en la alimentación humana y animal durante siglos debido a su valor nutritivo y a la resistencia de la planta a condiciones extremas, sin embargo su cultivo no ha sido completamente difundido (Watkin, 1984).

Los lupinos son plantas dicotiledóneas anuales, pertenecientes al Género: *Lupinus* Familia: *Fabaceae* (alt. *Leguminosae*) Subfamilia: *Faboideae* Tribu: *Genisteae*, también ubicados en *Papilionaceae* (Wiersema, J. H. 2008).

En el naturaleza se han descrito más de 400 especies de lupinos, de las cuales 12 se encuentran en Europa y África y más de 300 se localizan en América (Planchuelo, 1994). Sin embargo, sólo cuatro de ellas son cultivadas en forma comercial, tres especies son nativas de la región del mediterráneo; *Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus luteus* y el *Lupinus mutabilis* Sweet que es de origen Sudamericano. Estas especies originalmente existieron en forma amarga (alto contenido de alcaloides), pero a través de la selección o el mejoramiento genético se obtuvieron lupinos denominados dulces (bajo

contenido de alcaloides), no obstante, estas variedades son más susceptibles al ataque de plagas y a herbívoros (López-Bellido y Fuentes, 1986).

La concentración de alcaloides en los lupinos dulces es de 0.01 a 0.09% y en las especies amargas de 1 a 4% (Gladstone, 1976).

Los lupinos se destinan principalmente a la alimentación de rumiantes, especialmente bovinos, ya sea como forraje verde o en grano el cual es utilizado en la dieta como suplemento proteico. El lupino también se utiliza en la nutrición humana, aprovechando sus altos contenidos de proteína y aceite, y en menor medida es empleado como abono verde, ya que incrementa los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, contribuyendo a mejorar la estructura del suelo. http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/lupino.htm

2.2.1 Características nutritivas del genero *Lupinus*

La importancia nutricional en los lupinos es el alto contenido proteico de las semillas, los análisis químicos muestran que contienen del 36 a 50%, valores similares e incluso mejores que en la soya (Petterson y Mackintosh, 1994) y tiene entre 10 y 25% de lípidos (Gross y col. 1988, Matthews, 1989). La mayoría de los ácidos grasos presentes en las semillas son de tipo insaturado, predominando el ácido oleico y el ácido linoleico (William y Mc Gibbon, 1980).

La composición proximal promedio de las semillas de *Lupinus albus* (blanco) va en los rangos de humedad de 10.0 a 12.0%, carbohidratos 25.0 a 27.0%, proteína 35.0 a 37.0%, grasa 12.0 a 14.0%, fibra 10.0 a 12.0% y ceniza de 2.5 a 3.0%. En tanto la composición promedio de la semilla de *Lupinus angostifolius* (australiano) tiene un rango de humedad del 12.0 a 13.0%, carbohidratos de

35.0 a 40.0%, proteína cruda de 32.0 a 34.0%, grasa cruda de 5.0 a 6.0%, fibra cruda de 14.0 a 15.0% y cenizas de 2.5 a 3.0%.

La utilización de los lupinos en la alimentación se ha limitado por la presencia de alcaloides quinolizidínicos, compuestos heterocíclicos resultantes del metabolismo secundario que se sintetizan a partir de la lisina (Schutte, 1969, Wink, 2003). En las plantas tienen como función actuar como defensa contra herbívoros, insectos, bacterias, hongos y otras especies de plantas (Wink, 1998, Wink, 1992, Wink y col. 1995).

2. 3 *Lupinus* en México

Actualmente, se han sido identificadas 100 especies de lupinos silvestres en México distribuidas en la mayor parte del territorio nacional. La mayoría de estas especies se encuentra en la Sierra Madre Occidental, y el estado de Jalisco cuenta con más de 12 especies nativas; *L. aschenbornii*, *L. elegans*, *L. exaltatus*, *L. leptocarpus*, *L. madrensis*, *L. mexicanus*, *L. montanus*, *L.reflexus*, *L. rotundiflorus*, *L. simulans*, *L. splendens*, *L. stipulatus*, en su mayoría se localizan en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transversal (Ruiz y col. 2000). Los municipios donde se han encontrado son: Tapalpa y Chiquilstlan, Mezquitic, Tequila, Mascota, Autlán, San Martín de Bolaños, Mazamitla, Cuquio, Jocotepec, Tonila, Talpa, Ciudad Guzmán, Ojuelos, Lagos de Moreno, Yahualica, Atemajac de Brizuela, Venustiano Carranza y Tala (McVaugh, 1987, Bañuelos et al. 2006).

El Lupinus exaltatus Zucc, es la especie silvestre más abundante en el estado de Jalisco y se localiza en bosques de pino-encino, y comúnmente se

encuentra como maleza en el campo o en cultivos, al borde de caminos, entre los 1,800-2,000 msnm. Su época de floración es en agosto y enero (McVaugh, 1987).

Investigaciones en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias han permitido conocer las características químicas de las semillas de *L. exaltatus* las cuales presentan un contenido de proteínas promedio de 38.4%, con una digestibilidad del 70.0%, sin embargo contienen altos niveles de alcaloides, 2.1% (Ruíz y col. 2006).

El perfil de alcaloides de las semillas de *L. exaltatus* incluye lupanina, α isolupanina, 3β -hidroxilupanina, afilina, dehidro-oxoesparteína, en el extracto alcaloideo los principales alcaloides de *L. exaltatus* fue Lupanina, 3-OH-lupanina y esparteína en una concentración de 5.8, 1.5 y 0.03 mg/g de muestra respectivamente (Bañuelos, 2006).

2.4 Valor nutricional del forraje de *Lupinus exaltatus* Zucc

El potencial forrajero de *Lupinus exaltatus* Zucc, evidenciado por los análisis de laboratorio muestran que el follaje tiene en promedio de proteína de 23.5 %, fibra total 26.5 %, fibra detergente neutro (FDN) 55.3 %, fibra detergente ácido (FDA) 34.8%, digestibilidad de la materia orgánica de 60.0 % y alcaloides de 1.08%. La planta completa tiene valores similares al follaje. Las vainas revelaron menor valor en proteínas (8.5 %) y de digestibilidad proteica (26.02%), mayor contenido de fibra cruda (52.4%), FDN (84.1%), FDA (76.5 %), y alcaloides (0.78 %). Ruíz y col. 2006, señalan que el follaje de *Lupinus exaltatus* es buena fuente de proteínas, por lo que sugieren que la planta

representa una alternativa potencial para ser utilizada como forraje en dietas de rumiantes una vez disminuido o eliminado los alcaloides por métodos físicos o químicos.

2.5 Métodos de conservación de forrajes

Existen diferentes técnicas de conservación de los forrajes como la henificación, el henolaje y el ensilaje, que evitan su deterioro y les permite aprovechar sus propiedades nutritivas cuando el alimento se escasea (Bruno y col., 1997).

2.6 Henificación

La henificación es un método de conservación de forraje en seco, que se obtiene por la evaporación del agua contenida en los tejidos de la planta. El heno se caracteriza por poseer un bajo contenido de humedad, menos del 15%, que le permite almacenarse sin peligro de fermentaciones y desarrollo de hongos.

La henificación es la técnica de conservación de forraje de leguminosas más utilizada en los últimos años, esta técnica está siendo complementada y en algunos casos reemplazada, por el henolaje o ensilajes, debido a la mayor disponibilidad de maquinarias (Romero, 2004).

2.7 Henolaje

El henolaje o empaquetado de rollos húmedos es una técnica de conservación que consiste en cortar el forraje y someterlo a un pre-marchitado durante cierto

tiempo hasta lograr un contenido de materia seca de aproximadamente del 50%.

El pre-oreo (marchitado) tiene como objeto aumentar la concentración de azúcares, para lograr un buen proceso fermentativo. Una vez que se ha alcanzado el nivel deseado de materia seca, se procede al enrollado del pasto y es cubierto automáticamente con un film de polietileno.

Una vez iniciados los procesos de fermentación, junto con los de respiración del material cortado, el oxígeno se consume rápidamente y se origina un ambiente de anaerobiosis, en el cual se desarrollan las bacterias lácticas. Estas fermentan los azúcares de la planta y los transforman en ácido láctico, con lo que disminuyen el pH hasta valores de 4 a 4.5 (Iza, 1992).

2.8 Ensilaje

El ensilaje es una técnica de conservación de forraje en húmedo, a diferencia de la henificación donde la conservación del material se produce a partir de una deshidratación (Bertoia y col. 1993). La conservación del forraje mediante la fermentación ácida constituye una modalidad muy recomendable, particularmente donde las condiciones climáticas impiden la adecuada elaboración del heno y en las condiciones que el forraje o leguminosas se producen en determinadas épocas del año, los excedentes pueden ser almacenados en forma de ensilaje. El ensilaje proporciona un alimento succulento para los rumiantes durante la época de sequía (Reaves y Henderson, 1969, citado por Cárdenas M. 2004.). El ensilado es un alimento obtenido de la preservación anaerobia de los recursos forrajeros por acidificación láctica. El

ensilaje es el proceso o método de conservación del material con mínimas pérdidas de los nutrimentos (Shimada y Castellanos 1984).

La fermentación del ensilaje se puede dividir en 4 fases:

- a) **Fase aerobia:** en esta fase se presenta una respiración el material de la planta debido al oxígeno que permanece al momento de ensilar entre las partículas y el cual es reducido en pocas horas por los organismos aerobios y facultativos como levaduras y enterobacterias, las enzimas carbohidrasas y proteasas están activas a pH de 6.5 a 6.0, que es el rango del pH del forraje fresco, en estas condiciones se metabolizan los azúcares y el oxígeno, generando CO₂, agua y calor, esta fase dura unas cuantas horas (Kunkle y Chambliss 1999, Stefanie y col. 1999).
- b) **Fase de fermentación:** Se inicia cuando el oxígeno en el ensilaje se ha agotado y las bacterias anaerobias presentes en el ensilado fermentan carbohidratos produciendo ácidos orgánicos como acético, láctico y otros, si las condiciones son apropiadas la fermentación será ácido láctica y las bacterias responsables de esta fermentación se convierten en la población predominante en esta fase, debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos en menor proporción, el pH descenderá a 3.8 a 5.0. En este momento, el contenido de ácido láctico puede llegar a representar el 6% o más de la materia seca del silo. Ésta fase durará de días a varias semanas. Cuanto más rápido se complete la fermentación, mayor cantidad de nutrientes se logrará retener en el silo. (Stefanie y col. 1999).

- c) **Fase estable:** La mayoría de los microorganismos disminuyen lentamente, solo algunos tipos de *Lactobacillus* toleran el ácido así como algunas proteasas y carbohidrasas.
- d) **Fase de putrefacción:** Esta fase inicia cuando el ensilado queda expuesto al aire y se puede dividir en dos pasos, el inicio caracterizado por la degradación de los ácidos orgánicos, por las levaduras y ocasionalmente, por bacterias acéticas provocando la elevación del pH la cual da inicio al segundo paso donde se presenta elevación de temperatura y la actividad de Bacilli y otros organismos aeróbicos facultativos como hongos y enterobacterias. En esta parte puede haber pérdidas de 1.5 a 4.5% de materia seca por día en las partes del silo afectadas (Stefanie y col. 1999).

El potencial forrajero que representa *L. exaltatus* hace necesario determinar el efecto del ensilamiento sobre la composición fisicoquímica y el contenido de alcaloides totales de los ensilados del forraje de *Lupinus* (*L. albus* y *L. exaltatus*) cultivados en el estado de Jalisco con la finalidad de que puedan ser aprovechados en la alimentación de rumiantes.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente existe una crisis de alimentos a nivel mundial, que se estima permanecerá durante los próximos 10 años, la cual se atribuye principalmente a tres factores: el cambio climático, el aumento de la demanda de alimentos y “las agresiones especulativas” en los mercados globales, en especial la de Estados Unidos de Norteamérica relacionada en parte con el derrumbe del dólar en el mundo, que ha desencadenado la “fuga de divisas” hacia activos más rentables, como los alimentos. Ante esta situación se podría agravar la pobreza de 100 millones de personas (Kahwagi, 2008). Ante la reciente crisis mundial de alimentos debido a la carestía y escasez de alimentos principalmente cereales, oleaginosas y otros productos de primera necesidad se hace necesario utilizar fuentes alternativas de alimentos para los animales que no compitan con la alimentación de la población y apoyen al problema alimentario.

Uno de los problemas fundamentales en la ganadería es la drástica disminución de la disponibilidad y calidad de los pastos y forrajes durante la época de sequía o de invierno. Una alternativa para mantener el nivel de producción de los animales es la de conservar el excedente de los forrajes (Cárdenas y col. 2004).

Lupinus exaltatus Zucc, leguminosa que se encuentra ampliamente distribuida en forma nativa en algunas regiones del Estado de Jalisco, representa un potencial forrajero debido a su composición nutricional, sin embargo para su utilización en la alimentación de rumiantes requiere eliminar o disminuir sus niveles de alcaloides quinolizidínicos mediante tratamientos físicos o químicos,

por lo que es importante evaluar el efecto del proceso de ensilado en la composición nutricional y los niveles de alcaloides totales con la finalidad de utilizar el forraje de *L. exaltus* Zucc., como alimento para el ganado de manera sustentable.

IV. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se hace necesario evitar la dependencia de las importaciones de los insumos alimenticios que se han encarecido y que el país no los produce en cantidades suficientes, por lo que es imprescindible utilizar y optimizar los recursos naturales regionales.

Los forrajes de leguminosas conservados mediante el ensilaje, nos permiten disponer de recursos alimenticios de buena calidad para producir carne y/o leche en épocas de escases de alimento para el ganado.

En el estado de Jalisco existen una diversidad de leguminosas que tienen un potencial forrajero para la alimentación de rumiantes, entre ellas se encuentran la parota (*Enterolobium cyclocarpum*), el tepame (*Acacia pennatula*), los tréboles, la leucaena (*Leucaena leucocephala*), el mezquite (*Prosopis juliflora*), Huizache (*Acacia farnesiana*) y los *Lupinus* ssp. Sin embargo los *Lupinus* a pesar de que cuenta con buen porcentaje de nutrientes no se aprovechan debido a su alto contenido de alcaloides.

Por lo tanto es importante realizar investigaciones para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales en forma sustentable. El estudio del ensilaje del forraje de Lupinos nos proporcionará conocimientos para comprender el efecto de la aplicación una tecnología sencilla, que nos permita la utilización de una alternativa forrajera para la ganadería.

Lupinus exaltatus Zucc. Es una valiosa fuente de proteínas ampliamente distribuida en el estado de Jalisco, que representa una alternativa potencial para ser utilizada como forraje en dietas de rumiantes mediante el ensilaje.

V. HIPÓTESIS

El proceso del ensilado conserva la composición fisicoquímica nutricional y disminuye el contenido de alcaloides totales en el forraje de *Lupinus* (*L. albus* y *L. exaltatus*) cultivado en el estado de Jalisco.

VI. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar fisicoquímicamente y determinar el contenido de alcaloides en los forrajes y ensilados de *Lupinus albus* y *Lupinus exaltatus* Zucc. cultivados en Jalisco, como una alternativa potencial sustentable para ser utilizadas como fuente de forraje en dietas de rumiantes.

6.1 Objetivos Particulares

- 1.- Elaborar silos del forraje de *Lupinus albus* y *Lupinus exaltatus* Zucc. solos o combinados con rastrojo de maíz a escala de laboratorio.
- 2.- Caracterizar fisicoquímicamente los microsilos de *Lupinus albus* y *Lupinus exaltatus* Zucc.
- 3.- Determinar el efecto del proceso del ensilado en el contenido de los alcaloides totales.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo forraje de las plantas de *Lupinus exaltatus* y *Lupinus albus* a partir de parcelas experimentales sembradas en el Centro de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Las plantas completas se cortaron a una altura de 5 cm de la superficie del suelo, en un estado fenológico en que la planta se encontraba en floración y aparición de las primeras vainas. El forraje de la planta completa se picó a mano a un tamaño de partícula entre 1.5 y 3 cm. Para la elaboración de microsilos se utilizaron frascos de plástico (pet) de 1 litro de capacidad, en la que se adaptó una válvula bunsen en la tapa del recipiente de rosca. Los tratamientos consistieron en los microsilos del forraje de *Lupinus exaltatus* ó *Lupinus albus* solos y combinados con rastrojo de maíz en una proporción de 100:0, 75:25 y 50:50 respectivamente, a la mezcla se les adicionó el 10% de melaza y se empleó un inoculo microbiano de *Lactobacillus plantarum* y *Pediococcus pentosaceus* a razón de 100,000 UFC/ g de ensilaje. Los microsilos fueron almacenados a temperatura ambiente y se abrieron a los 0, 6, 12 y 20 días de fermentación.

Análisis de Laboratorio: Muestras por triplicado de la planta de lupinos y microsilos a diferentes tiempos de fermentación, fueron analizados en fresco, cada uno, para materia seca, pH, ácido láctico y nitrógeno amoniacal (NH₃-N) de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC. Las muestras deshidratadas, de la planta y microsilos de lupinos, se molieron a un tamaño de partícula de 1 mm y se analizaron para proteína cruda de acuerdo al método Kjeldahl de la AOAC 1990, fibra detergente neutro (NDF) y fibra detergente ácido (ADF) de acuerdo a Robertson and Van Soest, 1981, y alcaloides totales de acuerdo al método descrito por Wysocka y Przybyl, 1994.

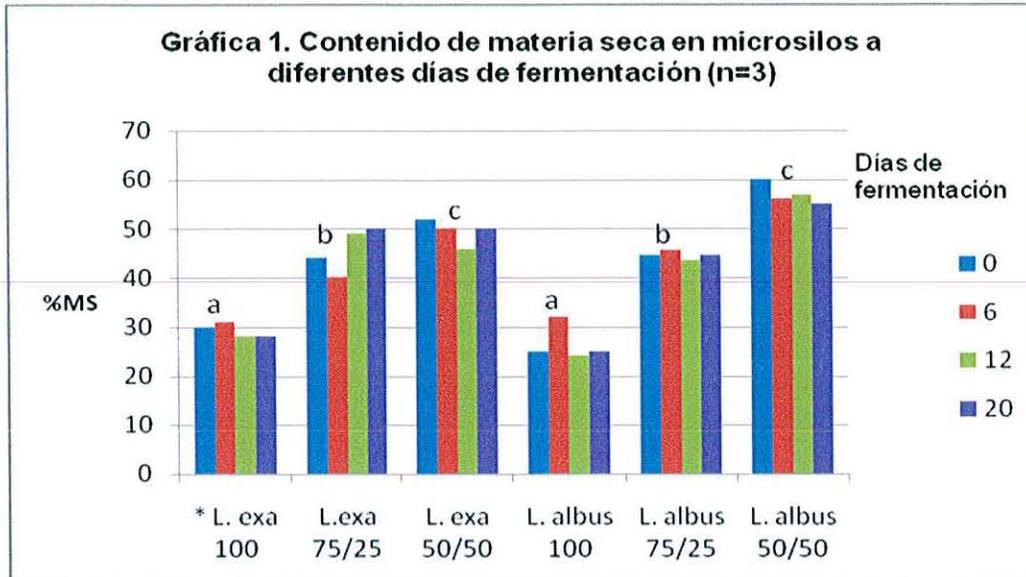
Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, y para cada determinación fisicoquímica, una Prueba de Rangos Múltiples con un nivel de confianza del 95%, empleando el paquete de cómputo STATGRAPHICS.

VIII. RESULTADOS

Las características sensoriales en cuanto a olor y color de los microsilos del forraje de *Lupinus exaltatus* y *Lupinus albus*, almacenados a 0, 6, 12 y 20 días de fermentación, fueron satisfactorias. En ningún microsililo se observó putrefacción o aparición de hongos.

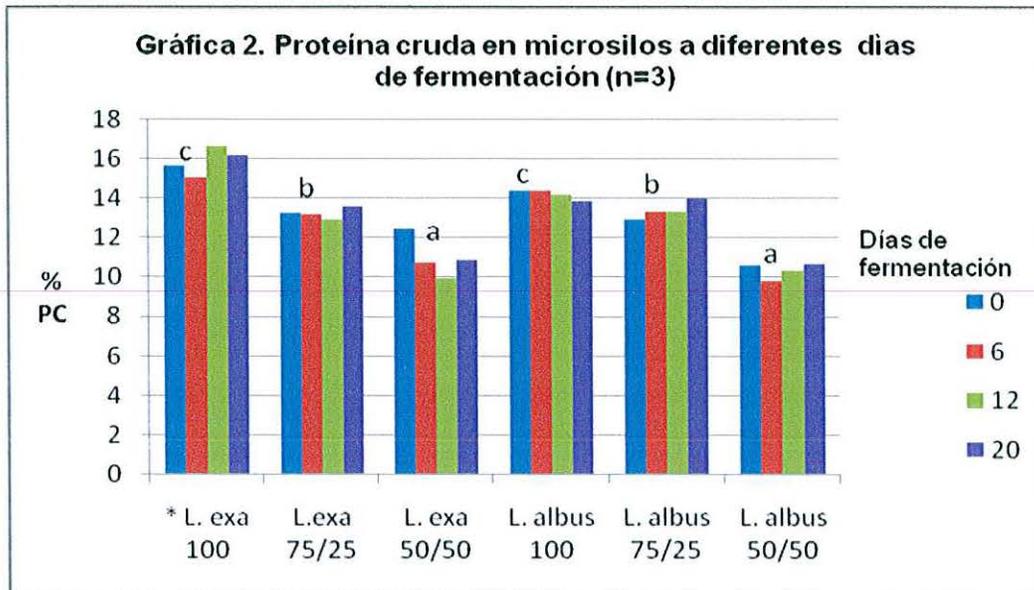
8.1 Análisis de Laboratorio

El contenido de materia seca en los microsilos del forraje de *L. exaltatus* y *L. albus* a través del periodo experimental se muestra en la gráfica 1. En términos generales la materia seca en los microsilos aumentó en forma proporcional a la inclusión del rastrojo de maíz ($P < 0.05$). El contenido porcentual de la materia seca promedio del periodo experimental fue en los microsilos de *L. exaltatus* de 29.25 ± 1.5 , 45.75 ± 4.65 y $49.5 \pm 2.52\%$, en tanto, los microsilos de *L. albus* de 26.5 ± 3.70 , 44.5 ± 0.80 y $57.0 \pm 2.16\%$ en las concentraciones de lupinos/rastrojo de maíz de 100/0, 75/25 y 50/50 respectivamente. No hubo efecto por los días de fermentación en los microsilos de *L. exaltatus*, y *L. albus* en las proporciones 100/0 y 75/25, sin embargo en ambas variedades se observó una disminución de la materia seca al transcurrir el periodo de fermentación en el tratamiento 50/50, ($P < 0.05$).



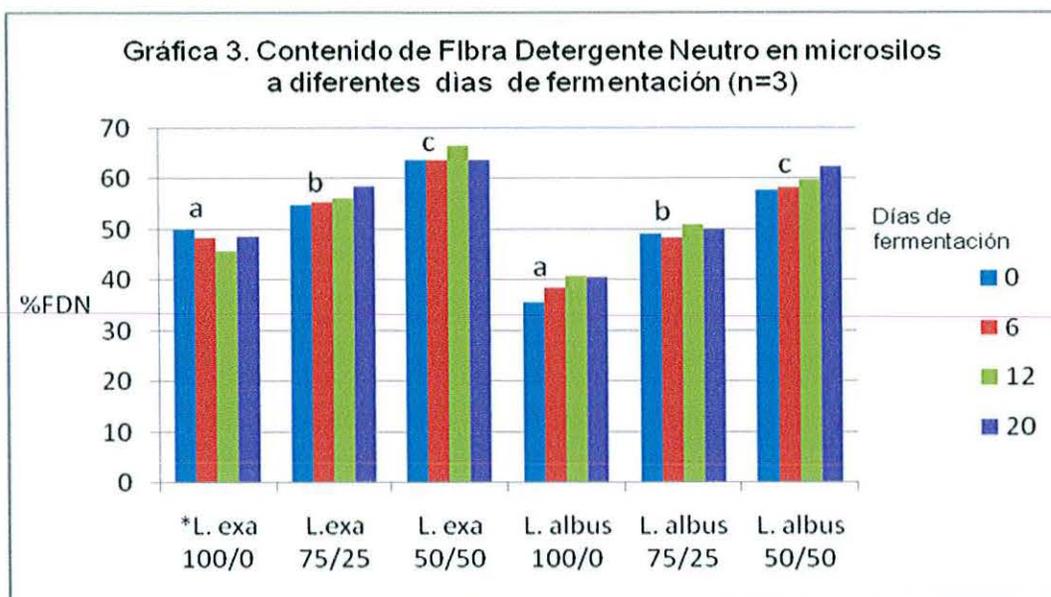
* Proporción *Lupinus*/rastrojo de maíz en los microsilos: 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50 = 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos del forraje de *L. exaltatus* o *L. albus*.

La proteína cruda en la planta de *L. exaltatus* fue de 15.86%, y en *L. albus* de 14.38%. El contenido de proteína cruda en los microsilos, preparados con ambos forrajes de lupinos, disminuyó conforme aumentó la proporción de rastrojo de maíz ($P < 0.05$), (gráfica 2). El contenido porcentual de proteína cruda promedio del periodo experimental para *L. exaltatus* fue de 15.92 ± 0.68 , 13.27 ± 0.62 y $11.01 \pm 1.06\%$ y para *L. albus* de 14.23 ± 0.23 , 13.41 ± 0.45 y $10.38 \pm 0.38\%$ en las proporciones de 100/0, 75/25 y 50/50 respectivamente. La proteína cruda en los microsilos de *L. exaltatus* tendió a disminuir al sexto día de fermentación, sin embargo a los 12 y 20 días no se observó este efecto ($P > 0.05$). No apareció cambio significativo en la proteína cruda en los microsilos de *L. albus* por el nivel de inclusión del rastrojo de maíz ($P > 0.05$) quitar. No hubo efecto significativo en el contenido de proteína cruda en los microsilos *L. albus* debido al tiempo de fermentación ($P > 0.05$). (Gráfica 2).



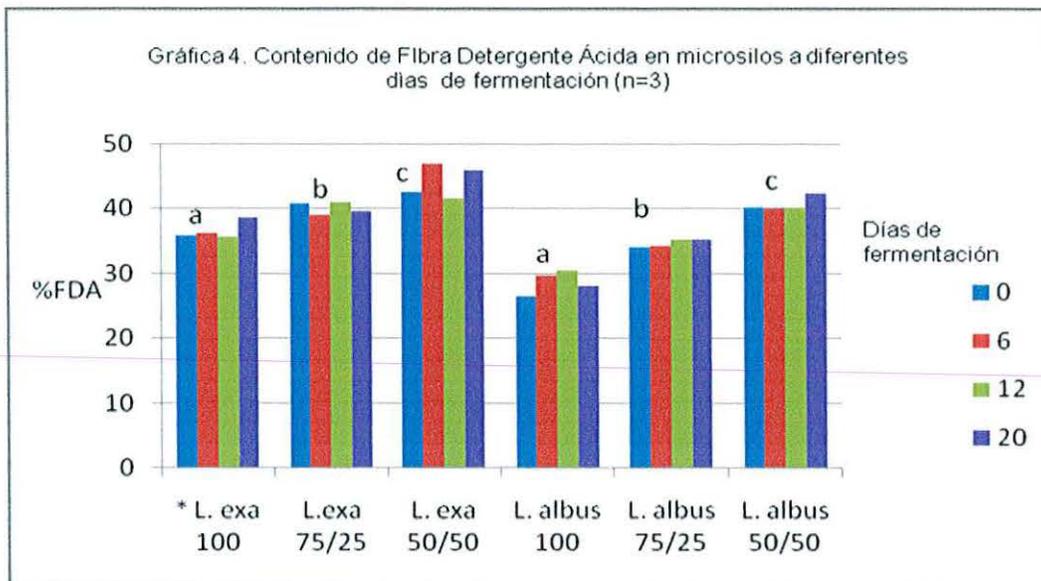
* Proporción *Lupinus*/rastrojo de maíz. Microsilo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos.

La fibra detergente neutro (FDN) en la planta en la fase R 5-6 de *L. albus* fue de 24.94%, y en *L. exaltatus* de 36.34%. Los valores de la FDN se incrementaron conforme aumentó la proporción de rastrojo de maíz en los microsilos de ambos forrajes ($P < 0.05$). El contenido porcentual de la fibra detergente neutro promedio para *L. exaltatus* fue de 48.12 ± 1.76 , 56.31 ± 1.58 y $64.50 \pm 1.33\%$ y para *L. albus* de 38.90 ± 2.43 , 49.60 ± 1.06 y $59.55 \pm 2.10\%$, en las proporciones de 100/0, 75/25 y 50/50 de *Lupinus*/rastrojo de maíz respectivamente. La FDN en los microsilos de *L. albus* tendió a aumentar a los 12 y 20 días de fermentación ($P < 0.05$). La FDN en *L. exaltatus* 75/25 y 50/50 aumentó después de los 12 días de fermentación ($P < 0.05$), (Gráfica 3).



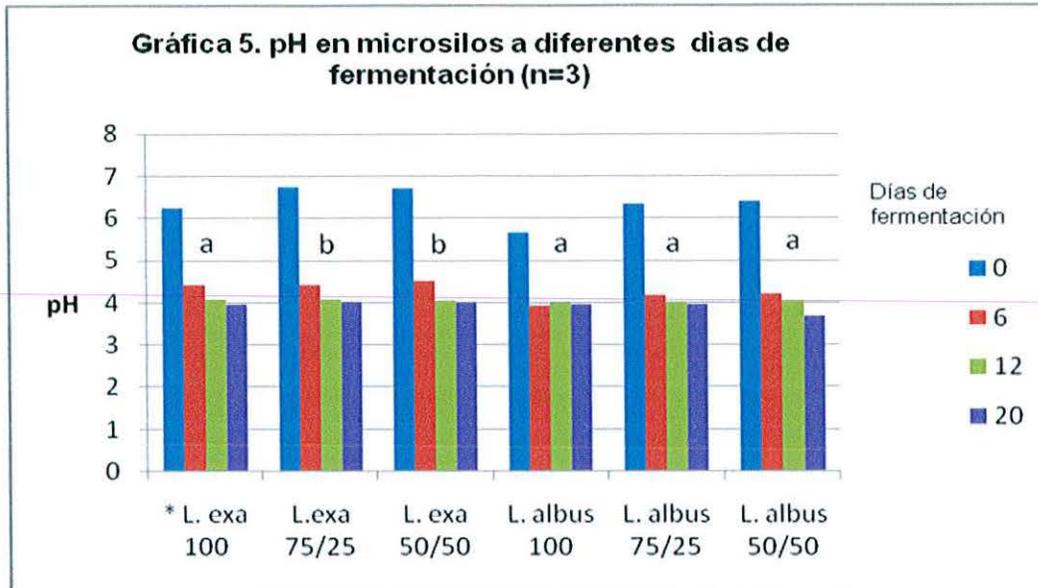
* Proporción *Lupinus*/rastrajo de maíz. Microsilo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos.

La FDA, en la planta de *L. albus* fue de 21.4% y en *L. exaltatus* de 32.17%. El contenido de la fibra detergente ácida en los microsilos de ambos forrajes aumento en forma proporcional a la adición del rastrojo de maíz ($P < 0.05$). Los microsilos de *L. exaltatus*, a igual relación de *Lupinus*/rastrajo de maíz, presentaron mayor FDA que los microsilos de *L. albus*. El contenido porcentual de la fibra detergente ácida promedio para *L. exaltatus* fue de 36.50 ± 1.41 , 40.01 ± 0.88 y $44.21 \pm 2.58\%$ y para *L. albus* fue de 28.64 ± 1.70 , 34.64 ± 0.62 y $40.59 \pm 1.09\%$ en la proporción de 100/0, 75/25 y 50/50 de *Lupinus*/rastrajo de maíz respectivamente. La FDA en los microsilos de *L. exaltatus* y *L. albus* fueron mayores al día 20 de fermentación ($P < 0.05$) (Gráfica 4).



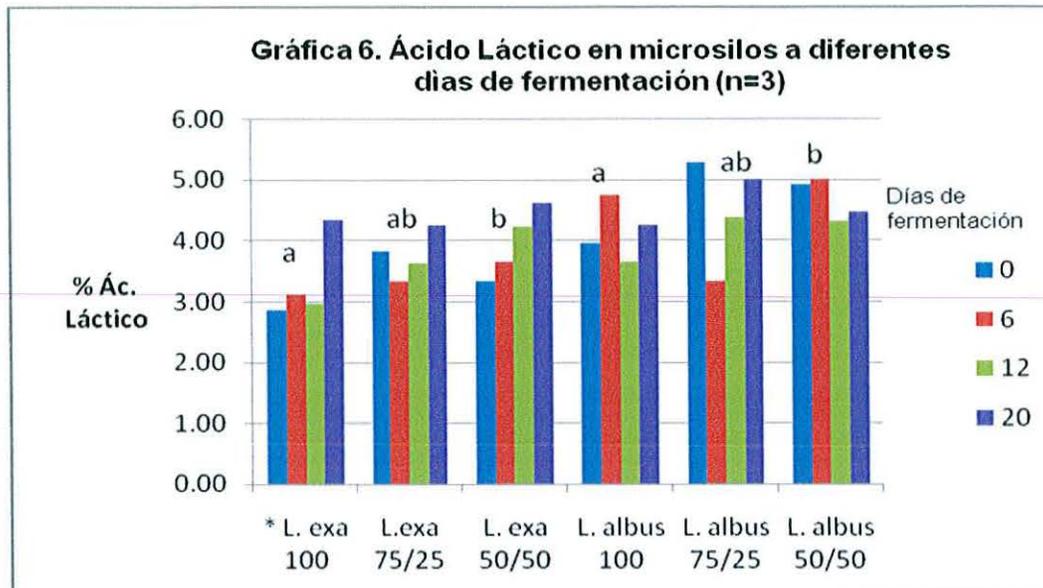
* Proporción *Lupinus*/rastrero de maíz. Microsilo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrero de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrero de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos.

El pH en los microsilos de *L. exaltatus* y *L. albus*, en todas las relaciones *Lupinus*/rastrero de maíz, presentó niveles aceptables que se observaron a partir del día 6 de fermentados ($P < 0.05$). El tratamiento 100/0 de los microsilos de *L. exaltatus* presentó mejor condición de pH ($P < 0.05$). En los microsilos de *L. albus* no se presentó efecto por el tratamiento ($P > 0.05$). Los valores promedio de pH para *L. exaltatus* fueron de 4.67 ± 1.07 , 4.81 ± 1.30 y $4.37 \pm 0.85\%$ y para *L. albus* de 4.62 ± 1.15 , 4.62 ± 1.15 y 4.58 ± 1.24 en las proporciones de 100/0, 75/25 y 50/50 de *Lupinus*/rastrero de maíz respectivamente (Gráfica 5).



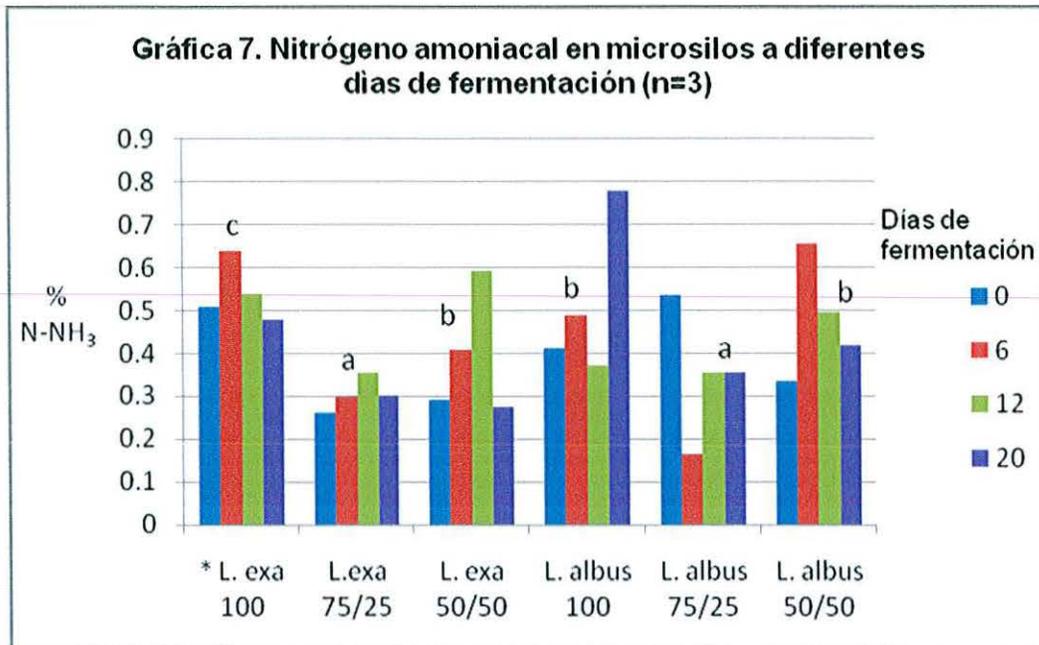
* Proporción *Lupinus*/rastrajo de maíz. Microsilo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos.

Los microsilos de *L. albus* presentaron mayores concentraciones de ácido láctico que los de *L. exaltatus*. La concentración de ácido láctico en los microsilos de *L. exaltatus* 100/0 fue menor que en el tratamiento 50/50, y en *L. albus* 100/0 la concentración del ácido láctico fué menor que el tratamiento 50/50 ($P < 0.05$). Los microsilos de *L. albus* 50/50 presentaron disminución en el contenido de ácido láctico al final del periodo experimental. El contenido porcentual de ácido láctico promedio para *L. exaltatus* fue de 3.33 ± 0.68 , 3.76 ± 0.38 y $3.96 \pm 0.58\%$ y para *L. albus* de 4.15 ± 0.47 , 4.51 ± 0.69 y $4.69 \pm 0.34\%$ en las proporciones de 100/0, 75/25 y 50/50 de Lupinos/rastrajo de maíz respectivamente. En el efecto del tratamiento y de los días de fermentación sobre el contenido de ácido láctico se observa a etapas muy tempranas de fermentación ($P > 0.05$) quitar. (Gráfica 6).



* Proporción *Lupinus*/rastrojo de maíz. Microsilo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos.

El contenido de N-amoniaco en los microsilos de *L. exaltatus* y *L. albus* presentaron diferencia significativa por el nivel de inclusión del rastrojo de maíz ($P < 0.05$). La comparación del N-amoniaco en los microsilos de ambos forrajes (*L. exaltatus* y *L. albus*) a igual relación de lupinos/rastrojo de maíz, resulta un contenido de N-amoniaco similar en los microsilos de *L. exaltatus*. Los valores promedio para *L. exaltatus* fueron de 0.54 ± 0.07 , 0.30 ± 0.04 y $0.39 \pm 0.15\%$ y para *L. albus* de 0.51 ± 0.19 , 0.35 ± 0.15 y $0.48 \pm 0.16\%$ en las proporciones de 100/0, 75/25 y 50/50 de lupinos/rastrojo de maíz respectivamente. Se presentó efecto del tiempo de fermentación en los valores del nitrógeno amoniaco en los microsilos de *L. albus* al día 20 de fermentación ($P > 0.05$), (gráfica 7).



* Proporción *Lupinus*/rastrajo de maíz. Microsilo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Literales distintas representan diferencia estadística entre tratamientos.

La materia seca, proteína cruda, la FDN y la FDA de los microsilos preparados con el forraje de *L. exaltatus* y *L. albus*, solos o combinados con rastrojo de maíz a los 20 días de fermentación se presentan en el cuadro 1. La concentración de la materia seca, la FDN y la FDA en los microsilos de ambos forrajes, aumentan conforme se elevan los niveles de rastrojo de maíz, caso contrario sucede con el contenido de la proteína cruda en los microsilos (a mayor contenido de rastrojo de maíz disminuye ($P < 0.05$)). El efecto en el pH, por tipo de forraje de lupinos utilizado en los microsilos no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$). El efecto en el contenido de la materia seca, proteína cruda, FDN y FDA en el forraje utilizado presentó diferencia estadística, ($P < 0.05$).

Cuadro 1. Composición química de los forrajes de *L.albus* y *L. exaltatus* ensilado solos o combinados con rastrojo de maíz a 20 días de fermentación

| | | MS | PC | FDN | FDA |
|------------------|-------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>L./cs</i> | | ----- % DM ----- | | | |
| <i>Lupinus</i> | 100/0 | 28±0.35 ^a | 14.10±0.25 ^b | 55.28±1.25 ^a | 53.12±0.98 ^a |
| <i>exaltatus</i> | 75/25 | 47±2.35 ^b | 13.55±0.57 ^b | 77.06±2.04 ^b | 59.56±1.24 ^a |
| | 50/50 | 49±2.93 ^b | 11.10±0.79 ^a | 86.94±1.98 ^c | 65.82±1.68 ^b |
| <i>Lupinus</i> | 100/0 | 25±1.98 ^a | 15.31±0.18 ^b | 39.38±1.15 ^a | 36.84±0.89 ^a |
| <i>albus</i> | 75/25 | 43±1.08 ^b | 14.20±0.18 ^b | 65.70±2.15 ^b | 52.30±1.38 ^b |
| | 50/50 | 54±1.52 ^c | 10.50±0.88 ^a | 86.80±1.78 ^c | 64.44±2.26 ^c |

L./cs= *Lupinus*/rastrojo de maíz. Silo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Los valores se expresan como la media ± desviación estándar. Literales diferentes por tratamiento presentan diferencia estadística ($P<0.05$).

Los parámetros fermentativos y los niveles del nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) de los forrajes ensilados de *L. exaltatus* y *L. albus* solos o combinados con rastrojo de maíz al final del periodo experimental se muestran en el cuadro 2. El pH de los microsilos de *L. exaltatus* fue mejor (menor) que los microsilos de *L. albus*. El contenido de ácido láctico de los microsilos de *L. exaltatus* fue mejor (mayor) que los microsilos de *L. albus*. El contenido de $\text{NH}_3\text{-N}$ fue mayor en los microsilos de *L. exaltatus* en la relación 100/0 (lupinos/rastrojo de maíz).

El efecto en el contenido del pH, por tipo de forraje de lupinos utilizado en los microsilos no presentó diferencia significativa ($P>0.05$), no obstante, el contenido de ácido láctico y nitrógeno amoniacal en el forraje utilizado presentó

diferencia estadística ($P < 0.05$). El análisis global indica en ácido láctico en *L. albus* $4.03 \pm 0.17\%$ y *L. exaltatus* $4.7 \pm 0.17\%$. Nitrógeno amoniacal en *L. albus* $0.403 \pm 0.02\%$ y *L. exaltatus* $0.520 \pm 0.02\%$.

El efecto en el contenido de nitrógeno amoniacal por el nivel de inclusión del forraje utilizado presentó diferencia estadística ($P < 0.05$), 100/0 de 0.53 ± 0.02 , 75/25 de 0.49 ± 0.02 y 50/50 de 0.36 ± 0.02 .

Cuadro 2. Parámetros fermentativos y $\text{NH}_3\text{-N}$ del forraje ensilado de *L. exaltatus* y *L. albus* solo o combinado con rastrojo de maíz a 20 días de fermentación.

| | | pH | Ácido Láctico | $\text{NH}_3\text{-N}$ |
|------------------|-------|-------------------|-------------------|------------------------|
| <i>L./cs</i> | | ----- % DM ----- | | |
| <i>Lupinus</i> | 100/0 | 4.00 ± 0.09^a | 3.95 ± 0.23^a | 0.62 ± 0.06^c |
| <i>exaltatus</i> | 75/25 | 3.92 ± 0.14^a | 4.76 ± 0.19^b | 0.50 ± 0.08^b |
| | 50/50 | 3.74 ± 0.16^a | 3.65 ± 0.25^a | 0.41 ± 0.04^a |
| <i>Lupinus</i> | 100/0 | 4.84 ± 0.05^a | 2.87 ± 0.10^a | 0.43 ± 0.03^b |
| <i>albus</i> | 75/25 | 5.01 ± 0.05^a | 3.34 ± 0.18^b | 0.49 ± 0.07^c |
| | 50/50 | 5.04 ± 0.07^a | 2.97 ± 0.20^a | 0.32 ± 0.01^a |

L./cs = *Lupinus*/rastrojo de maíz. Silo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50 = 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Los valores se expresan como la media \pm desviación estándar. Literales diferentes por tratamiento presentan diferencia estadística ($P < 0.05$).

Los niveles de alcaloides totales de la planta del *L. exaltatus* al momento del corte fue de 2.2% y en *L. albus* de 0.37%. Al final del periodo experimental se presentó una disminución en el contenido de alcaloides totales del 53.5, 63.1 y

86.36% para los ensilados de *L. exaltatus* y del 35.30, 60.71 y 63.16% para los microsilos de *L.albus* en las proporciones de 100/0, 75/25 y 50/50 (lupinos/rastrojo de maíz) respectivamente. Los alcaloides presentes en los microsilos a los 20 días de fermentación fueron de 0.93, 0.59 y 0.15% en *L. exaltatus* y de 0.22, 0.11 y 0.07% para *L. albus*, a 100/0, 75/25 y 50/50 del forraje de lupinus/rastrojo de maíz respectivamente.

Cuadro 3. Contenido porcentual de los alcaloides totales en los ensilados de *L. exaltatus* y *L. albus* solos o combinados con rastrojo de maíz a tiempo cero y al final del periodo experimental.

| % Alcaloides totales | | | |
|----------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| | <i>L./cs</i> | Tiempo 0 | 20 Días de Fermentación |
| <i>Lupinus</i> | 100/0 | 2.00± 0.09 ^c | 0.93±0.12 ^c |
| <i>exaltatus</i> | 75/25 | 1.6± 0.14 ^b | 0.59±0.07 ^b |
| | 50/50 | 1.1± 0.16 ^a | 0.15±0.03 ^c |
| <i>Lupinus</i> | 100/0 | 0.34± 0.01 ^c | 0.22±0.06 ^b |
| <i>albus</i> | 75/25 | 0.28± 0.01 ^b | 0.11±0.02 ^a |
| | 50/50 | 0.19± 0.07 ^a | 0.07±0.01 ^a |

L./cs= *Lupinus*/rastrojo de maíz. Silo 100/0 = 100% forraje de *Lupinus*, 75/25 = 75% forraje de *Lupinus*, 25% rastrojo de maíz, 50/50= 50% forraje de *Lupinus*, 50% rastrojo de maíz. Los valores se expresan como la media ± desviación estándar. Literales diferentes por tratamiento presentan diferencia estadística (P<0.05).

IX. DISCUSIÓN

El ensilado de materiales de alto valor nutritivo, como el de leguminosas, durante el periodo de escasez proporciona una fuente alimenticia muy beneficiosa para el desarrollo de los animales.

El contenido de humedad en el ensilaje resulta un indicador importante ya que constituye una fuente de variación del valor nutritivo (concentración de nutrientes) del alimento. En los ensilajes, la humedad y por lo tanto la materia seca, puede dar la pauta del proceso de conservación. En este experimento, la materia seca en los microsilos de lupinos aumentó en forma proporcional a la inclusión del rastrojo de maíz, debido a que el rastrojo de maíz es un material de baja humedad, presentando niveles que van para microsilos de *L. exaltatus* de 31.75 a 49.5% de materia seca en tanto, los microsilos de *L. albus* de 26.5 a 53.0%, valores mayores al mínimo indicado por Woolford (1984) que recomienda conseguir un nivel mínimo de materia seca del 25% en la hierba antes de ensilar. Tyrolva y Vybona (2006) en ensilaje de alfalfa inoculado con bacterias ácido lácticas homo y heterofermentativas, obtuvieron un valor de 31.37% de materia seca, niveles similares se encontraron para microsilos elaborados únicamente con los forrajes de lupinos (100/0) en este experimento. Valores menores encontraron Martins y col. (2005a) en microsilos de *L. albus* inoculados con *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *L. Lactis*, celulasa y hemicelulasa (18.0%), En el mismo año Martins y col. (2005b) reportaron en microsilos de *L. albus* inoculados con *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus faecium* L. y enzima celulasa materia seca de 18.9%. La reducción de humedad del forraje hasta valores de materia

seca superiores al 30% se mostró en la práctica como una forma útil de conseguir una buena calidad de fermentación de los ensilajes. El contenido alto de materia seca encontrado en los ensilajes es importante ya que favorece el consumo de MS en los animales cuando son suplementados con este material. Aumentos en el contenido de materia seca de los ensilajes al agregar aditivos han sido informados por otros autores (Sujatha et al 1986) al poseer estos un mayor contenido que los forrajes. Un alto contenido de materia seca en el ensilaje es deseable debido a la correlación positiva entre este parámetro y el consumo animal (Wangness y Mueller 1981).

El contenido de proteína cruda en los microsilos preparados con ambos forrajes de lupinos (*L. exaltatus* y *L. albus*), disminuyeron conforme aumento la proporción de rastrojo de maíz ($P < 0.05$), lo cual resulta debido al efecto de dilución de este nutriente que se presenta al ir incrementando los niveles de rastrojo de maíz.

Tyrolva y Vybona (2006) en microsilos de *Medicago sativa*, encuentran 25.87% de proteína cruda. Fraser y col., en dos variedades de *L. albus* (v. Nely y Artur) ensiladas e inoculadas con *Lactobacillus plantarum* y abiertos a los 97 días, encontraron un contenido de proteína cruda de 20.9 a 22.9%, Martins y col. (2005a) presentaron un nivel de proteína cruda de 17.7% y Martins y col. (2005b) reportaron 18.9%, valores superiores a los encontrados para los microsilos de lupinos elaborados en esta investigación (10.38 a 15.49%).

Al comparar los contenidos de proteína de otras leguminosas con el ensilaje de lupinos, en este experimento, se nota cierta disminución en su contenido, pero similares con los ensilajes de lupinos reportado por Martins y col. (2005a), así

la soya tiene 20.2% (Tobia, 2004) y la alfalfa 23.4% (Dewhurst et al 2003) lo cual propicia su utilización en sistemas de producción de rumiantes.

La fibra detergente neutro (FDN) está compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice y hace referencia a la pared celular. Colombini y col. (2007) encontraron en el forraje de lupinos blanco valores de FDN de 36.3% y 36.9% en fase temprana y tardía de corte respectivamente, valores menores encontramos en nuestro trabajo con *L. albus* (24.94%) y *L. exaltatus* (36.34%), esta variación pudo resultar de una diferencia en el estado fenológico de las plantas y debido a que el contenido de FDN de un forraje aumenta con la madurez y presenta diferencias importantes entre especies forrajeras. En nuestro trabajo encontramos que los valores de FDN se incrementaron conforme se aumentó la proporción de rastrojo de maíz en los microsilos de ambos forrajes (*L. albus* y *L. exaltatus*). Valores de FDN en microsilos de *L. exaltatus* 100/0 y *L. albus* 75/25 fueron similares a los reportados por Martins y col. (2005a) y Martins y col. (2005b) para microsilos del forraje de *L. albus* (51.5% y 49.2%). Este valor se relaciona con la cantidad de forraje que el animal puede consumir. Las dietas con más de 55% pueden mostrar limitaciones en su consumo voluntario.

La fibra detergente ácida (FDA) se refiere a las partes de la pared celular del forraje, compuesta de celulosa y lignina. Estos valores son importantes porque se relacionan con la capacidad del animal para digerir el forraje. En este experimento se encontró en la planta de *L. albus* valores de FDA de 21.4% y en *L. exaltatus* de 32.17%. Valores superiores encontraron Colombini y col. (2007) en la cosecha de *Lupinus albus* 30.9% para el forraje fresco y 31.0%

para el marchitado. En este trabajo, la FDA en los microsilos tendió a elevarse conforme aumento el nivel de inclusión del rastrojo de maíz en ambos forrajes. La FDA en microsilos de *L. exaltatus* 75/25 y *L. albus* 50/50 fueron similares a los reportados por Martins y col. (2005a), mientras que en los microsilos de *L. exaltatus* 100/0 y *L. albus* 75/25 son más cercanos a los encontrados por Martins y col. (2005b) para microsilos del forraje de *L. albus* (37.9%). Wing Ching y Rojas (2006) en silos elaborados con mani forrajero cosechado a la edad de rebrote de 8 semanas y 12 semanas, encontraron valores de FDA de 38.07 y 37,71% respectivamente, valores similares a los encontrados en *L. exaltatus* 100/0 y *L. albus* 75/25. Valores muy altos de FDA indican un material de baja calidad, pero dietas con contenidos menores a 20-21% de FDA pueden provocar problemas digestivos.

El pH de los ensilajes de lupinos disminuyó rápidamente y se desarrolló un contenido deseable de ácidos grasos volátiles cuando se prepararon en silos de laboratorio, los valores de pH son similares a los reportados por Moss, B. (1996) y Martins y col. (2005).

El pH promedio en los microsilos de lupinos solos y combinados con rastrojo de maíz presento niveles adecuados para una buena conservación del forraje. El mejor pH lo logró *L. exaltatus* 50/50 con 3.74 a los 20 días de fermentación. Martins y col. (2005a) en la hierba de *L. albus* reportaron pH de 5.9 y 4.1 en los microsilos inoculados con LAB y enzimas celulasa y hemicelulasa a 190 días de su elaboración. Martins y col. (2005b) reportaron en ensilajes de *L. albus* sin tratar o tratados con inoculo bacteriano y enzima celulasa o tratados con inoculo y taninos condensados, a 90 días de su elaboración, pH de 4.27, 4.04 y 4.09 respectivamente, no encontraron efecto por los tratamientos. Tobia y col.

(2003) en ensilajes de soya sin deshidratar y con 8% de melaza obtuvieron pH de 4.22 y con el material premarchitado y el mismo nivel de melaza reportaron pH de 4.41. Colombini y col. (2007) reportaron valores de pH de 3.71 y 3.72 en ensilajes de *L. albus* a 145 días de conservación.

La conservación del forraje es una opción útil, fácil de implementar y relativamente económica, que consiste en una fermentación anaeróbica cuyos productos son ácidos orgánicos como láctico, acético y butírico. En un buen ensilaje la producción de ácido láctico debe ser mayor que otros ácidos orgánicos.

En este trabajo, la producción de ácido láctico fue mayor en ensilajes de *L. exaltatus* que para los de *L. albus* solos o combinados en las diferentes proporciones con el rastrojo de maíz (100:0, 75:25 y 50:50). Valores similares fueron reportados en ensilajes de alfalfa por Tyrolova y Vyborna (2006) y Wing Ching y Rojas (2006) en ensilaje de mani. Colombini y col. (2007) alcanzaron mejores niveles de ácido láctico en ensilajes de *L. albus* a 145 días de conservación (10.2 a 11.9%). Los niveles reportados en nuestro trabajo y lo reportado por los otros investigadores nos indican que las fermentaciones se dirigieron a una fermentación láctica, con niveles adecuados, que nos aseguran valores de pH apropiados para una buena conservación de los forrajes de leguminosas.

El nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}\%$) que representa un indicador de proteólisis durante el proceso fermentativo, en los microsilos de ambos forrajes (*L. exaltatus* y *L. albus*) descendió conforme aumento la inclusión de rastrojo de maíz en los ensilajes de lupinos. lo cual se debió probablemente a un efecto de

dilución o a una disminución de la proteólisis durante el proceso de conservación. A igual proporción de lupinos/rastrojo de maíz, el contenido de NH₃-N% resulto mayor en los microsilos de *L. exaltatus*, estos niveles son menores a los encontrados por Colombini y col. (2007) en microsilos de *L. albus* y Wing Ching y Rojas (2006) en ensilaje de mani en los cuales se obtuvieron ensilados de buena calidad fermentativa.

El nivel de alcaloides totales en el forraje de *L. exaltatus* y en el de *L. albus* sufrió una disminución mediante el proceso fermentativo, fenómeno que pudo observarse por la reducción de alcaloides al día 20 de fermentación en todos los grupos experimentales. El ensilaje que presentó mayor efecto en la disminución de alcaloides totales fue el del tratamiento de *L. exaltatus* 50/50 (lupinos/rastrojo de maíz). Es necesario realizar experimentos adicionales para explicar la disminución del contenido de alcaloides por el proceso de fermentación.

X. CONCLUSIONES

1. La adición de rastrojo, melaza e inóculo al forraje de lupinos permite un adecuado ensilado, se refleja en la disminución de pH, aumento de Ácido Láctico, y una proporción adecuada de materia seca.
2. El proceso del ensilado conserva la composición fisicoquímica nutricional y disminuye el contenido de alcaloides totales en el forraje de *L. albus* y *L. exaltatus* cultivados en el estado de Jalisco.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th. Ed. Arlington VA.
- Bañuelos P. J. Ruiz, L.M.A., Soltero Q. R., Castañeda V.H. 2006. Lupinos del Occidente de México. Estudio biológico, bioquímico y toxicológico. Universidad de Guadalajara, Ediciones de la Noche. Guadalajara, Jalisco.
- Bertoia, L., Frugone, M., Amestoy y Sartón. 1993. Ensilaje de maíz. Criadero Morgan. pp.20.
- Bruno, O. A., Romero, L. A., Giordano, J. M., Díaz, M. C. Y Gaggiotti, M. C. 1996. Relevamiento de forrajes conservados en el área central de Santa Fe. EEA INTA Rafaela. Informe Técnico 55. Santa Fe. Argentina. pp 8
- Bruno, Oscar A., Romero Luis A. y Ustarroz Enrique. 1997. Invernada bovina en zonas mixtas. Agro 2 de Córdoba. Capítulo III: 58-92. INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Marcos Juárez.
- Cárdenas Medina José V., Solorio Sánchez Francisco J., Sandoval Castro Carlos A. 2004. Ensilaje de forrajes: Alternativa para la alimentación de Rumiantes en el Trópico. Ediciones de la Universidad Autónoma de México.
- Colombini, S., Odoardi, M., Paoletti, R., Tabacco, E. and Borreani G. 2007. Proceeding 17th Nat. Congr. ASPA, Alghero, Italy. IN Italy Journal Animal Science. 6(supl.1), 286-288.

- Fraser, M., Fychan, R y Jones R. 2005. Comparative yield and Chemical Composition of two varieties of narrow leafed lupin when harvested as whole-crop, moist grain and dry grain. *Animal Feed Science and Technology*. (120) Issue 1-2 pp.43-50.
- Gross, R. von Baer, E. Koch, F. Marquard, R, Trugo, L. y Wink, M. 1988. Chemical composition of a new variety of the Adeal lupin (*L. mutabilis*) whit low-alkaloid content. *J. Food Comp. Anal.* 1:353-361.
- Gladstones, J.S. 1976. Lupinus as plant crops. *Field Crops Abs.* 23:123-148
- Huyghe, C. 1993. Architectural types of white lupinus. *Grain Legumes*. 3: 18-19.
- Iza, G. A. 1992. Empaquetado de rollos. Henolaje. Manual práctico para la realización de henolaje empaquetado. Apuntes. Santa Fe. Argentina. 36 pp.
- Kahwagi G. J. 2008. ONU alerta de crisis mundial de alimentos por subida de precios. *La crónica de hoy*, 14 de Abril de 2008. México D.F.
- Kunkle W. E., Chambliss C. G., Adesogan A. T., and Adjei M. B. 1999. *Silage Harvesting, Storing, and Feeding*. SS-AGR-177. University of Florida. IFAS extension
- López Bellido, L., Fuentes, M. 1986. Lupin crop as an alternative source of protein. *Advances in Agronomy* 40: 239-295.
- Matthews, R.H. 1989. *Legumes. Chemistry, Thechnology and Human Nutrition*. R.H. Matthews, ed. Marcel Dekker, New York. Pp.271-281

- McRae R, Robinson R, Sadler M (1993) Encyclopedia of Food Science. Food Technology and Nutrition. 1st ed. Academic Press. San Diego, California, EEUU. pp. 2718-2730.
- Martins B. A., Falcão C.L., Merry R. and Davies D. 2005a. Effect of Additive Application on the Fermentatio Characteristics and Protein Degradation of Lupinus albus Silage. In. E. van Santen and G.D. Hill (eds). Where Old and New World Lupins Meet. Proceedings of the 11th International Lupin Conference, Guadalajara, Jalisco, Mexico, May 4-5. Pp.206-208.
- Martins B. A., Falcão C.L., Merry R. and Davies D. 2005b. Effect of Condensed Tannin on the Protein Fraction of the Protein Fraction of White Lupin Silage. In. E. van Santen and G.D. Hill (eds). Where Old and New World Lupins Meet. Proceedings of the 11th International Lupin Conference, Guadalajara, Jalisco, Mexico, May 4-5. pp. 214-216.
- McVaugh, R. 1987. Flora Novogaliciana V. -Leguminoseae. A descriptive account of the vascular plants of western México. Ann Arbor the University of Michigan Press. U.S.A.
- Muzquiz, M. 2008. Componentes Nutricionalmente Activos En Leguminosas: Implicaciones En Nutrición Y Salud. Memorias. Primer congreso internacional del frijol. Celaya, Gto. Mex. 21 a 24 de Mayo 2008.
- Petterson, D.S. y Mackintosh, J.B. 1994. The chemical composition of lupin seed grow in Australian. En: Proseedings First Australian Lupin.

Thechnical Symp, Dept. of Agric. Perth, Western Australian. Pp. 39-48.

- Planchuelo, A. M. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. In: Proceedings 7th International Lupin Conference. Neves, J.M. y Beirao da Costa, L. (eds). Evora, Portugal. Pp.65-69.
- Reaves, P.M. y Henderson, H.O. 1969. La vaca lechera, alimentación y crianza. Dairy cattle feeding and management (5a. ed.) UTEHA. México.
- Romero, L.A. 2004. Calidad en forrajes conservados. INTA, CACF, CREA, Claas, 22-25.
- Ruiz López, M. A., Rodríguez Macías, R. y Navarro Pérez, S. 2006. Chemical-Nutritional Evaluation of *Lupinus exaltatus* Zucc, del Nevado de Colima, México, como fuente potencial de forraje. 31.758-761.
- Ruiz Moreno. J.J., Ruiz López, M. A. and Zamora Natera J.F. 2000. The Genus *Lupinus*: Taxonomia and Distribution in Jalisco, Méxco. In. Proc. IXth International Lupin Conference. Klink/Müritz. Germany 20-24 june 1999.
- Sangronis, E., Machado, C., Cava, R. 2004. Propiedades Funcionales de las harinas de las leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajan cajan*) germinadas. *Interciencia*. 29:80-85.
- Schutte, H.1969. En K. Mothes y H Schutte (editores). *Biosynthese der Alkaloide*. VEB. Berlin: 324-342.

- Shimada, A y Castellanos, A. 1984. El ensilaje como estrategia para la alimentación durante la sequia Memorias del Curso de Actualización en Nutrición y Alimentación de Rumiantes. APAINIP.
- Stefanie J., Elfering O., Driehuis F., Gottschal., Spoelstra S. 1999. Silage Fermentation processes and their manipulation. Institute for Animal Science and Health. Lelystad. The Netherlands. p.16.
- Tobia C., Uribe L., Villalobos E., Soto H. y Fierris I. 2003. Aislamiento, selección y caracterización de bacterias ácido lácticas en ensilajes de soya. *Agronomía Costarricense* 27(2) 21-27.
- Tyrolva Y. y Vybona A. 2006. Effect of stage of maturity on leaves porcentaje of alfalfa and the effect of additives on silage characteristics. Proceedings. 12 Th International Symposium forage conservation. Brono, Czech Republic, April 3-5. pp. 232-234.
- USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de Datos en Línea]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland.

URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/index.pl> (15 May 2008)

- Wangness, P.J.; Mueller, L. 1981. Maximun forage for dairy cows. *J. Dairy Sci* 65:1.
- Watkin, W. 1984. Lupin in crop production. *Outlook on Agriculture*. 13(2): 69-76.

- Wiersema, J. H. 2008. Germplasm Resources Information Network (GRIN)-Taxonomy: Economic plants. USDA-Agricultural Research Service, EUA. Internet, <http://www.ars-grin.gov/npgs/tax>.
- William, W y Mc Gibbon, R. 1980. Environmental effect on seed oil gibberellins-like substances in roots and root nodules of *Glycine max*. *Plant and Soil*. 65:19-26.
- Wink, M. 1992. *Insect-Plant Interactions*. E.A. Bernays, E.A. (ed) Vol IV, CRC-Press, Boca Ratón., Florida. Pp.131-166.
- Wink, M. Meißner, C y Witte, L. 1995. Patterns of quinolizidine alkaloids in 56 species of the genus *Lupinus*. *Phytochemistry*, 38(1): 139-153.
- Wink, M. 1998. Chemical ecology of alkaloids. In: Roberts F. M., and M. Wink (eds). *Alkaloids: Biochemistry, Ecology and Medicinal Applications*. Plenum Press, New York, pp: 265-296.
- WingChing .R. y Rojas B.A. 2006. Composición nutricional y características fermentativas del ensilaje de mani forrajero. *Agronomía Costarricense* 30(1) 87-100.
- Woolford, M. K., 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc., 350 pp. Nueva York, EEUU
- Wysocka, W. y Przbyl, A. 1994. Alkaloids from *Lupinus albus* L., and *Lupinus angustifolius* L: an efficient method of extraction. *The Science of legumes* 1: 37-50.

Páginas de Internet

- Leguminosas http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/introleg.htm
- Lupino http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/lupino.htm