

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



PERFIL NUTRICIONAL DE HOJAS Y VAINAS DE
TRES ESPECIES LEGUMINOSAS DEL GENERO
Leucaena: SU APROVECHAMIENTO EN LA
NUTRICION DE ORGANISMOS ACUATICOS

TESIS
QUE PRESENTA:
ING. CARLOS LUNA GUZMAN

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
RECURSOS ALIMENTICIOS Y
PRODUCCION ACUICOLA

MONTERREY, N. L.

NOVIEMBRE DE 1997

TM
Z5320
FCB
1997
L8



1020129216

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



PERFIL NUTRICIONAL DE HOJAS Y VAINAS DE TRES ESPECIES
LEGUMINOSAS DEL GÉNERO *Leucaena*: SU APROVECHAMIENTO
EN LA NUTRICIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS

TESIS
QUE PRESENTA

ING. CARLOS LUNA GUZMÁN

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON LA ESPECIALIDAD EN
RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

MONTERREY, N. L. NOVIEMBRE DE 1998

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



PERFIL NUTRICIONAL DE HOJAS Y VAINAS DE TRES ESPECIES
LEGUMINOSAS DEL GÉNERO *Leucaena*: SU APROVECHAMIENTO
EN LA NUTRICIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS

DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH
Presidente
DRA. LETICIA A. HÁUAD MARROQUÍN
Directora

Dirección de tesis

Ph. D. ROQUE G. RAMÍREZ LOZANO
Ph. D. ROQUE G. RAMÍREZ LOZANO

Director: DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH P.
CoDirector: DRA. LETICIA A. HÁUAD MARROQUÍN
Director externo: Ph. D. ROQUE G. RAMÍREZ LOZANO

DR. ROBERTO MENDOZA ALFARO
Vicepresidente

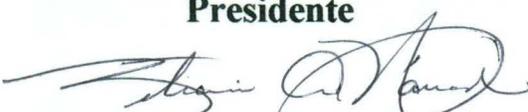
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PERFIL NUTRICIONAL DE HOJAS Y VAINAS DE TRES ESPECIES
LEGUMINOSAS DEL GÉNERO *Leucaena*: SU APROVECHAMIENTO
EN LA NUTRICIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS

Comisión de tesis:


DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH

Presidente


DRA. LETICIA HÁUAD MARROQUÍN

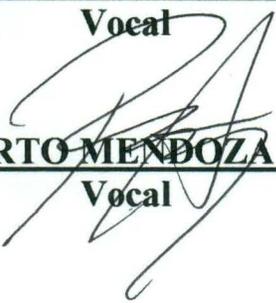
Secretario


Ph. D. ROQUE GONZALO RAMÍREZ LOZANO

Vocal


DR. MOHAMMAD H. BADI ZABEH

Vocal


DR. ROBERTO MENDOZA ALFARO

Vocal

REDEDICATORIAS

A mis Padres:
Sra. Crescencia Guzmán de Luna y Sr. José E. Luna Martínez., por su comprensión y el inmenso amor que siempre han sabido dar.

A mi Esposa
M^a Mercedes Domínguez, por su amor, apoyo y paciencia.

A mis Hijos:
José Carlos
Mariel Cristina
por dar razón a mi vida y por ser el motivo principal en mi lucha de superación personal.

A mis Hermanos:
Olivo
Ana María
Layo
Juany
Enrique
Martha y
Angélica, por su cariño, gracias al cual formamos una hermosa familia.

RECONOCIMIENTOS

Hago constar mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología **CONACYT** para la realización de esta investigación y por el apoyo financiero otorgado al proyecto: Estudio ecológico, químico y nutricional del género *Leucaena* : importancia económica y manejo para conservación de suelos y del medio ambiente. Convenio 4707- N 9406 bajo la dirección de la Dra. Leticia A. Háud

También manifiesto mi reconocimiento, al Gobierno del Estado de Sonora, quien a través de la Dirección General del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora **CESUES**, hizo posible con su apoyo financiero, mi estancia en la **UANL**.

Sea expresado aquí también, mi reconocimiento a los responsables de los distintos Departamentos y laboratorios de la Ciencias Biológicas, Unidad B , **UANL**:

Informática "B" con Meche"

Centro de Cómputo de la Maestría en Recursos Alimenticios y Producción Acuícola

Unidad Metabólica y Lab.de Alimentos Fac. de Medicina Veterinaria de la Unidad Mederos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab y a la Dra. Leticia A. Háud Marroquín, por su atinada dirección y asesoría otorgada en las diferentes etapas de esta investigación y por permitirme formar parte del proyecto *Leucaena* spp. sin su colaboración entusiasta no hubiese sido posible la conclusión del presente trabajo, gracias.

Al Ph. D. Roque Gonzalo Ramírez Lozano, por su valiosa participación en la asesoría y desarrollo del presente trabajo así como en los distintos análisis aplicados a las muestras.

A la familia Pesina Maldonado, por su apoyo moral, con especial gratitud a Gumaro, por su apoyo técnico.

Con enorme agradecimiento al Q. Raúl Rojas Agraz, del Centro de trabajo, Plásticos Especializados de Monterrey (PLEMSA) por trasmitirme sus conocimientos de fotografía y sobre todo su apoyo moral.

Manifiesto mi agradecimiento al IE Ricardo Preciado Ruiz por su valiosa ayuda en el manejo de archivos e impresión de este trabajo.

Finalmente doy las gracias a la Dirección de la Unidad Académica Navojoa y a todos los compañeros del CESUES por sus sugerencias y comentarios.

ÍNDICE

	Pag.
DEDICATORIA	iii
RECONOCIMIENTOS	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. IMPORTANCIA	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Descripción del género	3
3.2. Clasificación taxonómica de <i>Leucaena</i>	3
3.3. Descripción botánica de las especies	3
3.3.1. <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	3
3.3.2. <i>Leucaena greggii</i> S. Wats	5
3.3.3. <i>Leucaena pulverulenta</i> (Schlecht) Benth.	6
3.4. Aspecto ecológico del género <i>Leucaena</i>	7
3.5. Producción forragera	8
3.6. Características nutricionales de <i>Leucaena</i>	12
3.6.1 Valor nutritivo	12
3.6.2 Digestibilidad <i>in vivo</i>	12
3.6.3 Digestibilidad <i>in vitro</i>	14
3.6.4 Aspecto químico (toxicidad)	14
3.6.5 Destoxificación de <i>Leucaena</i>	17
3.7. Aplicaciones en acuicultura	19
3.7.1 Uso de harina de <i>Leucaena</i> en acuicultura	20
3.7.2 Contenido alimenticio y digestibilidad de <i>Leucaena</i> en organismos acuáticos	21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1 Area de estudio	27
4.2 Selección de especies vegetales comprendidas en el estudio	31
4.3 Tipo de muestreo y análisis estadístico	31
4.4 Preparación del material vegetal	31
4.4.1. Secado de hojas y frutos	31
4.4.2. Elaboración de harinas	32
4.5. Análisis químico	32
4.5.1. Determinación de humedad	32
4.5.2. Análisis proximal	33
4.5.2.1. Cuatificación de proteína	33
4.5.2.2. Determinación del extracto etéreo	33
4.5.2.3. Determinación de fibra cruda	34
4.5.2.4. Determinación de cenizas	34
4.6. Perfil de Van Soest: Determinación de paredes celulares, fibra neutro detergente	34
4.6.1.-Determinación del contenido celular (método de Van Soest)	35
4.6.2.- Determinación de fibra detergente ácido (FDA)	35

4.6.1.- Estimación de hemicelulosa	36
4.6.4.- Determinación de lignina por el método detergente ácido (ADL)	36
4.7. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína	36
4.8. Cuantificación de taninos condensados por el método de la vainillina en ácido, modificado por Burns (1971)	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
5.1. Análisis bromatológico	38
5.1.1. Harina de hojas	38
5.1.2. Harina de frutos inmaduros	39
5.1.3.- Harina de frutos maduros (semillas)	40
5.2.- perfil de Van Soest	41
5.2.1. Harina de hojas	41
5.2.2. Harina de frutos inmaduros	43
5.2.3. Harina de frutos maduros	44
5.3. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína	45
5.3.1. Harina de hojas	45
5.3.2. Harina de frutos inmaduros	45
5.3.3. Harina de frutos maduros	46
5.4. Taninos	46
5.4.1. Harina de hojas	46
5.4.2. Harina de frutos inmaduros	47
5.4.3. Harina de frutos maduros	47
VI. CONCLUSIONES	48
VII. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
1. Análisis bromatológico de harina de hojas de tres especies de <i>Leucaena</i> . Valores promedio % (en base seca) \pm desviación estándar.	38
2. Análisis bromatológico de harina de frutos inmaduros de tres especies de <i>Leucaena</i> . Muestreada en tres localidades del Estado de Nuevo León, México. (Valores promedio en base seca).	40
3. Análisis bromatológico de harina de frutos maduros de tres especies de <i>Leucaena</i>	41
4. Análisis del perfil de Van Soest de harina de hojas de tres especies de <i>Leucaena</i> . (Valores porcentuales y en base seca).	42
5. Análisis del perfil de Van Soest de harina de frutos inmaduros, de tres especies de <i>Leucaena</i> , colectados en tres localidades del Estado de Nuevo León, México.	43
6. Análisis del perfil de Van Soest de harina de frutos maduros de tres especies de <i>Leucaena</i> , colectadas en tres zonas ecológicas del Estado de Nuevo León, México.	44
7. Análisis de digestibilidad <i>in-vitro</i> de la proteína de tres especies de <i>Leucaena</i> , provenientes de cuatro localidades de Nuevo León, México	45
8. Cuantificación de taninos en harina de hojas, harina de frutos inmaduros y maduros, de tres especies de <i>Leucaena</i> .	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Características de hojas, flores y frutos de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	4
Figura 2. Estado de floración de <i>Leucaena greggii</i> S. Wats.	5
Figura 3. Aspecto general de <i>Leucaena pulverulenta</i> (Schlecht) benth.	6
Figura 4. Localización del sitio de colecta de hojas, frutos inmaduros y maduros de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	27
Figura 5. Sitio de colecta de hojas de <i>Leucaena leucocephala</i> variedad k8	28
Figura 6. Sitios de colecta de hojas, frutos inmaduros y maduros de <i>Leucaena greggii</i> S. Wats.	29
Figura 7 Sitio de colecta de hojas, frutos inmaduros y maduros de <i>Leucaena pulverulenta</i> (Schlecht) benth.	30

RESUMEN

Las investigaciones realizadas en el área de los alimentos, se orientan hacia la búsqueda de nuevas fuentes protéicas de mayor disponibilidad y con una buena aceptabilidad por parte de los animales, a fin de ofrecer productos con una adecuada relación entre costo y calidad. Los alimentos de organismos acuáticos formulados a partir de harinas de pescado de alto costo y de calidad variable se encuentran en igual situación, por lo que la búsqueda de substitutos protéicos con alto valor nutritivo, palatibilidad y digestibilidad de origen vegetal es importante. La familia de las leguminosas entre las se encuentra el género *Leucaena* representa una fuente importante de proteínas, se considera su análisis nutricional como fuente alterna de proteínas en organismos acuáticos.

En este trabajo se analizan tres especies de *Leucaena*; factores nutricionales de hojas y vainas con diferente madurez colectados en zonas ecológicas distintas del Estado de Nuevo León. Las hojas, se agrupan en dos categorías: frutos inmaduros y frutos maduros; se sometieron a un análisis bromatológico siguiendo las normas establecidas por la AOAC (1990), se determinó la proteína (Kjeldahl), la grasa (soxleth), cenizas taninos condensados (Burns, 1971), los carbohidratos estructurales: FDN, FDA, celulosa, lignina y hemicelulosa (Van Soest, 1967), la digestibilidad *in vitro* se evaluó por el método de Tilley y Terry, (1968). Con relación al perfil nutritivo, del El mayor porcentaje proteico se encontró en el grupo de harinas de hojas de *L. Leucocephala* variedad k8 con un valor de $28.3 \% \pm 0.15$ y la menor en *L. greggii* con 16.9 ± 0.28 al aplicar una prueba de rango múltiple estas harinas mostraron diferencias significativas ($p < 0.01$), en la harina de hojas de *L. pulverulenta* se encontró una buena relación proteína fibra, respectivamente 25.3 ± 0.36 contra 9.9 ± 0.03 , superada en estos dos aspectos por la harina de frutos maduros de esta misma especie, 8.8% y 38.3% de proteína, este último valor correspondió al menor porcentaje proteico de todas las harinas analizadas, con relación al perfil de Van Soest en la harina de hojas de *L. Leucocephala* se encontró el mayor contenido celular 76.0 ± 0.28 , por lo tanto los menores contenidos en FDN y FDA y resto de carbohidratos y en los frutos inmaduros de *L. greggii* las cantidades de FDA, FDN, lignina, celulosa y cenizas permanecieron por debajo del resto de las harinas analizadas, no así, en contenido celular que fue mayor 62.7 ± 1.15 . La mayor digestibilidad se encontró en frutos inmaduros de *L. pulverulenta* 91.8 ± 1.18 , seguida por *L. leucocephala* 80.8 ± 0.21 Las mayores concentraciones de taninos condensados se encontraron en frutos inmaduros de *L. greggii* y *L. leucocephala* respectivamente con 6.47 ± 0.23 y 5.79 ± 0.02 , libres de ellos la harina de frutos maduros e inmaduros de *L. pulverulenta* y en hojas de *Leucaena* variedad k8, se detectó en una concentración de sólo 0.64 ± 0.00 ; un análisis de varianza para ese compuesto entre los diferentes grupos de harinas, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre la harina de hojas de *L. leucocephala* y *L. greggii*, pero si entre estas y *L. leucocephala* k8, así como en *L. pulverulenta*, el grupo de harinas de frutos inmaduros todas presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$) para este compuesto. De acuerdo con estos resultados podemos considerar a *Leucaena* como una buena fuente para su posible utilización en alimentos balanceados para organismos acuáticos.

I.- INTRODUCCIÓN

En el mundo se encuentran clasificadas alrededor de 18,000 especies de leguminosas, sólo en México existen 1,707; distribuidas en 134 géneros (Sousa, 1993), de las cuales una docena son utilizadas en alimentación humana (CFTRI., 1977). La mayoría son plantas silvestres, que se desarrollan en condiciones geográficas y climáticas diversas, junto con los cereales las leguminosas constituyen el principal producto alimenticio de bajo costo con un elevado valor proteico de 8 a 13 % y 15 a 40 % respectivamente (Badui, 1990). En México, Centro y Sudamérica se registran un consumo per cápita promedio de 50 a 100 g de leguminosas (Dutra de Oliveira, 1973).

En lo que respecta a la alimentación de animales acuáticos, la investigación ha sido orientada a la reducción de costos, buscando para ello fuentes alternas de proteínas que puedan emplearse en la elaboración de dietas. Las leguminosas ofrecen una alternativa adecuada para ser utilizadas en la alimentación de organismos acuáticos, ya que los suplementos proteicos vegetales son más accesibles, (Akiyama, 1993).

El nivel de nutrientes de las harinas marinas supera al de las harinas vegetales, con frecuencia estas últimas presentan factores antinutricionales como inhibidores de tripsina, gossipol o ácido erúsico, fitatos de fósforo y altos niveles de fibra no digestible, por lo que se tratan a fin de suprimir estos factores indeseables ya sea por temperatura y otras técnicas., la suplementación de aminoácidos cristalinos, aceites de pescado ó de origen vegetal y minerales, solucionan en gran parte estas diferencias, permitiendo con ello incrementar el uso de proteínas vegetales (Chamberlain, 1994). Tomando en cuenta las características agronómicas de algunas especies leñosas forrajeras; en particular a las leguminosas, capaces de cubrir las necesidades de mantenimiento y producción de animales, el valor nutritivo de sus diferentes componentes (hojas, tallos y vainas) han sido tema de estudio para numerosos autores (Chadhaker, 1982, Foroughbakhch y Háuad, 1989; Ramírez *et al*, 1997). De todas las leguminosas destacan las especies del género *Leucaena*, entre ellas a *L. pulverulenta*, *L. greggii* y *L. leucocephala*. Esta última es la especie más estudiada, conocida en el mundo con diferentes denominaciones : guaje, guaje manso, frijol guaje, guaje de Castilla, guas, guass, guaxin, uaxim, tamarindo silvestre (en Belice), ipil-ipil (en Filipinas), Lamtoro (en Indonesia), ku-babul (en India) de acuerdo con Hughes, (1993). En algunos estados de Centro y Sudamérica (Shelton y Brewbaker, 1994) y en México se emplea en la alimentación de rumiantes de manera general y en los estados de Chiapas y Oaxaca sus semillas son ofrecidas en el mercado para consumo humano (Brewbaker, 1985; Foroughbakhch y Háuad, 1989). Además de su alto valor nutricional, es usada como leña, madera para construcción, cabe destacar que es una especie fijadora de nitrógeno, y en consecuencia mejoradora de suelos por lo que se usa en cultivos mixtos, como soporte en el cultivo de plantas trepadoras como la vainilla, o bien son usadas como barreras de protección contra el viento y fuego. Todas estas características ubican a las especies del género *Leucaena* en un sitio de alta importancia agronómica, ecológica y económica.

II.-IMPORTANCIA

Los altos costos y la fluctuación de la calidad de la harina de pescado ha sido el factor más determinante para iniciar la búsqueda de nuevas fuentes proteicas alternas para ser utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados para la nutrición animal (Olvera, *et al.*, 1990).

En la alimentación de los sistemas de cultivos acuícolas, surge la necesidad de fuentes nutricionales alternas (proteicas principalmente) las cuales podrán sustituir en gran parte a la harina de pescado, proteínas accesibles en costo y aptas para el consumo animal, a fin de abatir los costos de producción de alimentos. El uso de plantas convencionales como las oleaginosas como la soya, cacahuete, semilla de algodón y recientemente el enorme interés sobre fuentes no convencionales tales como macrófitas acuáticas, subproductos agrícolas y de pollería, el uso de organismos invertebrados, aislados e hidrolizados protéicos, un mínimo uso de concentrados protéicos vegetales y hojas de leguminosas tales como *Leucaena*, de las cuales se aprovechan hojas, tallos y semillas.

El género *Leucaena* representa una prometedora fuente de proteína en dietas alimenticias, no obstante, los numerosos estudios sobre el aprovechamiento de éstas plantas en la nutrición de no rumiantes son escasos; y más aún, en la alimentación de organismos acuáticos. La parte comestible de *Leucaena* (hojas, tallos tiernos y semillas) es químicamente similar a la de alfalfa; se le clasifica dentro de las mejores fuentes proteicas y por su composición de aminoácidos se agrupa entre los mejores suplementos alimenticios de acuerdo con Lovell (1989) y Peñaflorida, (1989).

En lo que respecta a la alimentación de organismos acuáticos con *Leucaena*, es importante determinar no sólo los efectos positivos nutricionales de diferentes componentes, sino también, los efectos de ciertos aminoácidos tóxicos considerados como efectos negativos en la alimentación de animales en general.

III.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. - Descripción del género

Brewbaker y Sorensson (1992), clasifican el género *Leucaena* dentro de la tribu mimoseae, en la familia de las leguminosas, es un género pequeño de dieciséis especies. Anteriormente más de cincuenta especies fueron descritas, después de una revisión exhaustiva realizada por Britton y Rose en 1928 (citados por Hughes, 1993) se confirma la existencia de 17 especies el cual más tarde se redujo a doce especies en el género *Leucaena* (Brewbaker, 1985^a). Plantas caducifolias de tipo arbustivo y arbóreo, carecen de espinas, y por sus características nutricionales, potencial forrajero, belleza estética, así como protectoras del suelo tanto mecánicamente (deslave) como en su constitución química (fertilizante) y se sitúan en un sitio privilegiado (NFTA, 1989).

3.2. - Clasificación taxonómica de *Leucaena*:

De acuerdo con Robles, (1990) las especies se clasifican:

Reino: Vegetal

División: Embriophyta

Subdivisión: Fanerógama

Clase: Angiospermae

subclase: Dicotiledoneae

Orden: Rosales

Tribu: Mimoseae

Familia: Leguminosae o Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Género: *Leucaena*

Especies: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Leucaena pulverulenta (Schlecht) Benth.

Leucaena greggii S. Wats.

3.3. - Descripción botánica de las especies

3.3.1. - *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Comprende dos subespecies: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subespecie *leucocephala* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subespecie *glabrata*, (Hughes, 1993). Con esta última, se han realizado mejoras genéticas a fin de incrementar características tales como resistencia al ataque por insectos, heladas, mejoramiento en su contenido nutricional, a través de estas cruza se produjo *L. leucocephala* variedad k8. Se adapta mejor en suelos bien establecidos y drenados, a poca altitud y menor precipitación pluvial.

De acuerdo con Brewbaker (1985^a), *L. leucocephala* presenta un color verde, olor semejante al ajo y de sabor amargo, de 1 a 18 m de altura, tallo ramificado, liso o levemente corrugado, copa redondeada con una área foliar menor de 5 m de diámetro. Hojas de 20 cm de largo, con 14 pinas 6.67 cm, con 13 pares de foliolos (Guerra, 1996). Con un sistema

radicular profundo y raíz pivotante de 2 a 3 metros suficiente para extraer agua del subsuelo lo que le permite resistir largos periodos de sequía, inflorescencia en cabezuela de color crema a blanco, de forma redondeada de 1.5 a 2 mm, estambres de 10 mm y con antera pilosa (Figura 1).



Figura 1. Características de hojas, flores y frutos de *Leucaena leucocephala*

Figura 2. Estado de floración de *Leucaena greignii*.

Su estado fenológico está muy ligado a las condiciones climáticas. Para Nuevo León, México, *L. leucocephala* presenta hojas en crecimiento en primavera, hojas maduras en

verano, inicia la floración en invierno y finaliza en primavera, con presencia de vainas verdes en invierno y primavera, vainas maduras de color café en verano y otoño, se disponen en racimos de 15 a 60 vainas, aplanadas de 6 a 26 cm de largo por 1.5 a 2 cm de ancho con 8 a 10 semillas dicotiledóneas que miden de 6 a 10 mm.

3.3.2. - *Leucaena greggii* S. Wats

La sistemática del género *Leucaena* fue revisada por Brewbaker (1985^b), donde el taxon de *L. greggii* es tratado como especie dudosa ya que presenta características similares a *L. leucocephala* (Lam.) de Wit, y *L. retusa* (Benth.), en la forma de las pinas y el color de flores y las vainas.

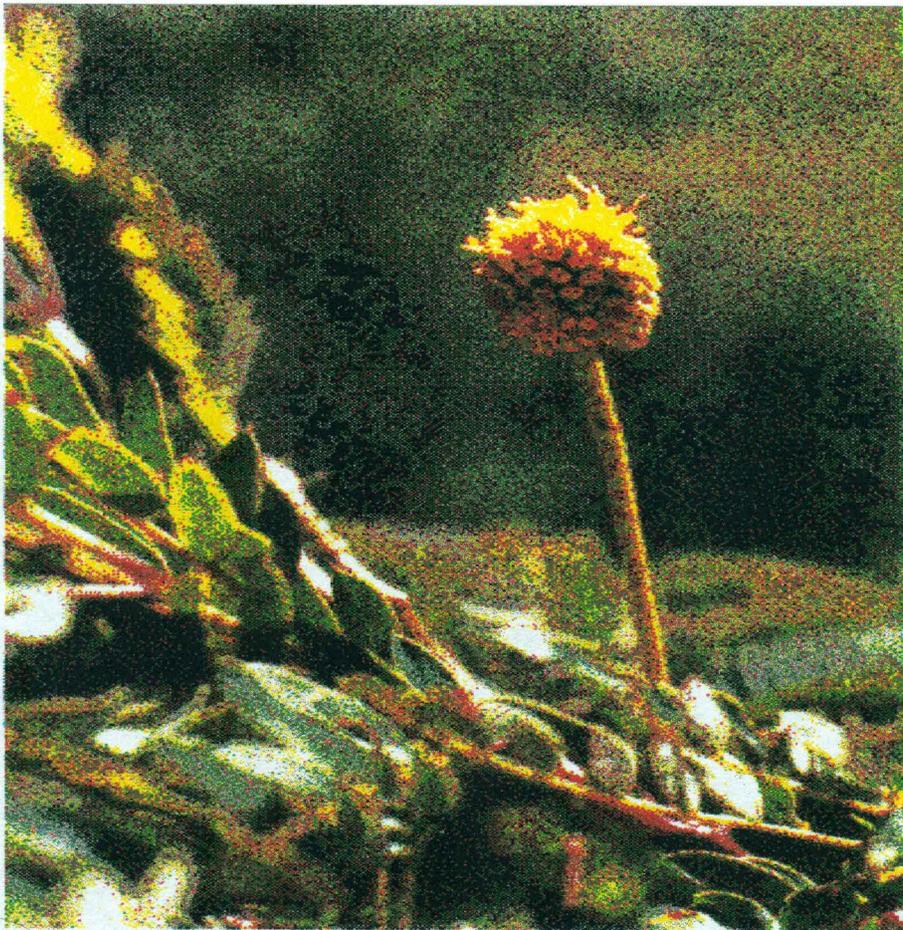


Figura 2. Estado de floración de *Leucaena greggii*.

Las flores *Leucaena greggii* se encuentran en una apretada cabezuela de donde nacen las vainas, estas flores son de color amarillo intenso.(Fig. 2).

Otro factor que confunde es el encontrarse distribuida en la región comprendida entre *L. retusa*, *L. pulverulenta* (Schlecht) Benth., y *L. leucocephala*. *L. greggii*, esta última está adaptada a tierras altas, de difícil acceso, en suelos deslavados esta especie es más resistente a las heladas que otras especies del mismo género (Brewbaker y Sorensson, 1992).

3.3.3. - *Leucaena pulverulenta* (Schlecht) Benth.

También se le conoce como *Acacia pulverulenta*, en el estado de Tamaulipas, se le identifica como "quiebra – hachas," llega a crecer 18 metros, con un diámetro basal mayor de 50 cm con una corteza pardusca, con algunas hendiduras en posición vertical, las hojas son de color verdoso, de 15 a 30 cm de longitud, con 10 a 20 pares de pinas, con 15 a 30 pares de folíolos de 3 a 6 mm (Brewbaker y Sorensson, 1992).

De acuerdo con Hughes, (1993) son altamente sincrónicos florece de junio a septiembre,

las flores son abiertas y chicas, de color blanco en un número de 50 a 75 (Figura 3). *Leucaena pulverulenta* produce vainas en el mes de noviembre, el tamaño de estas 11.25 cm, 1.3 - 1.8 cm de ancho.



Figura 3. Vista general de *Leucaena pulverulenta*

3.4. - Aspecto ecológico del género *Leucaena*

En México, el estudio de la vegetación de zonas áridas y semiáridas es de gran importancia debido a que el 40% del territorio nacional está cubierta por la vegetación xerófila (Velasco, 1991). El conocimiento sobre el mecanismo de dispersión de las plantas y los factores bióticos y abióticos de ecosistemas de zonas áridas se podrá hacer un uso más racional de ellos. En el estado de Nuevo León el 75% de la superficie forestal está cubierta por bosque espinoso y leguminosas que forman importantes asociaciones (Foroughbakhch y Háuad 1989), con características ecológicas, económicas y nutricionales importantes. Entre ellos se encuentra el género *Leucaena*, destacando por su gran número de especies y variedades polimórficas presentando individuos tanto arbóreos como arbustivos, los cuales presentan excelentes características de adaptabilidad y crecimiento, en terrenos arcillosos pocos profundos como en lugares con pendiente pronunciada, con escasa o nula capa arable, así como pedregoso y poco fértiles.

Todas las especies son nativas del Nuevo Mundo y el género se distribuye a partir del sur de los Estados Unidos de norte América (Texas) hasta América del sur (Perú). Se les encuentra desde el nivel del mar hasta 1500 m de elevación, en los climas semiáridos hasta húmedos, pero su mayor diversidad está en los trópicos, especialmente en la parte meridional de México y Guatemala (Hughes, 1993). Este último autor destaca la importancia ecológica de *Leucaena* el cual posee una larga historia sobre el uso de algunas especies por granjeros y comunidades mexicanas y centroamericanas e hizo una sinopsis sobre las características de las especies. La distribución natural de *Leucaena leucocephala*, no es muy claramente definida, esto se complica por los cultivos extensivos que existen y debido a la transportación de semillas. Actualmente se encuentra más ampliamente distribuida en los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y en el noroeste de Belice. Fue introducida por los españoles en sus galeones a otras partes del mundo como Filipinas y posteriormente a otros sitios donde es ahora reconocida como una mala hierba (Shelton y Brewbaker 1994). Es bien conocida la abundancia de subespecies de *L. leucocephala* en Hawaii, Florida, Bahamas y otras islas del Caribe; la subespecie *glabrata*, se le puede colectar en las costas del Pacífico mexicano, en las proximidades al Puerto de Acapulco, Guerrero. y es ampliamente distribuida en el centro, oeste y noroeste de México así como en el estado de Texas. En muchas de estas áreas es cultivada.

La subespecie *glabrata*, se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm, con una precipitación pluvial de 900 a 1500 mm, de 3-6 meses de sequía sobre suelos calcáreos.

L. leucocephala es más conocida que otras especies del mismo género, se cultiva y desarrolla en áreas donde la temperatura es superior a los 0°C, con una precipitación anual de 700 mm, y una altitud variable desde 0 hasta 500 msnm (Hughes, 1993).

En cuanto *Leucaena greggii* Bendeck y Foroughbakhch, (1988), constataron su distribución ecológica en el noreste de México (Nuevo León y Coahuila.) además estos mismos autores observaron su alta sincronidad en la floración en los meses de abril a agosto y una fructificación de vainas en maduración en los meses de octubre a noviembre.

L. greggii además es la especie con mayor resistencia al frío después de *L. retusa*, y puede soportar las heladas en los meses más fríos del año, con temperaturas mínimas de - 10 °C, lluvias de 350 a 500 mm con una prologada sequía de octubre a mayo. Las especies a menudo se localizan a poca profundidad en suelos desnudos, lavados, de tipo calcáreo.

L. pulverulenta se ha descrito como un árbol común en el noreste de México vive en suelos secos calcáreos, se le puede encontrar a lo largo de la porción este, en la franja húmeda de la Sierra Madre Oriental, frente a Monterrey en el estado de Nuevo León, hasta el sur de Tamaulipas y San Luis Potosí, Veracruz e Hidalgo, México. En los Estados Unidos de Norte América, es comúnmente plantada como un árbol de ornato, no se sabe si es nativa de ese país o si fue introducida en tiempos pasados, donde tuvo una buena adaptación, existen reportes sobre su crecimiento en el valle del Río Grande, de donde cree es nativo (hábitat natural). Se desarrolla en latitudes que van de los 19° a 29 ° latitud norte y con altitudes de 400 hasta los 1800 m.s.n.m. De acuerdo con Hughes, (1993) las temperaturas frías severas dañan a *L. pulverulenta*, pero se ha confirmado su resistencia a las heladas moderadas. Stewart, *et al.*, (1991), citado por Hughes, (1993), constataron que las variedades de *L. pulverulenta* soportan precipitaciones pluviales que van de 700 a 1000 mm con 5 a 6 meses de temporada seca, se ha reportado el crecimiento de *L. pulverulenta* en Honduras, tanto en temporadas húmedas como secas.

L. pulverulenta, crece en suelos poco profundos sobre roca caliza. De acuerdo con Hughes (1993) sus flores y vainas son altamente sincrónicas florece de junio a septiembre y produce vainas en el mes de noviembre. Isley, (1973) citado por Hughes, (1993) la describe como un árbol pequeño, o arbusto grande de lento crecimiento, así mismo este último autor reporta el poder germinativo de *L. pulverulenta* el cual está muy por debajo de *L. leucocephala*, por lo tanto existen pocas comunidades de esta especie en forma de bosques o manchones como una estrategia para la preservación de la especie a lo largo del Río Grande.

3.5. - Producción forrajera

De acuerdo con Felker, (1979) las leguminosas son consideradas como plantas ideales para la producción de alimento y forraje, ya que estas requieren un mínimo de esfuerzo e inversión, crecen bajo condiciones de suelo poco profundo y pobres en nutrientes, algunas plantas de la familia no requieren de ser irrigadas, para la producción de proteína de una alta calidad y poseen la capacidad de fijar el nitrógeno del aire, algunas de las leguminosas estudiadas son: *Prosopis leavilata*, *Leucaena* spp., *Pithecellobium lomatun*, *Parkia filicoidea* y *Acacia albida*.

Tradicionalmente muchos árboles y arbustos han servido como alimento y forraje por lo que en algunos lugares como en Indonesia destaca el uso de *Leucaena* ya que el gobierno impulsó la producción y popularizó el recurso, más este ha permanecido subutilizado (Rangkuti, 1989).

Ezenwa y Alasiri, (1991) reportan a *L. leucocephala* como la especie más estudiada desde el punto de vista agronómico (productor de forraje) y varios autores han demostrado la importancia de esta especie en cuanto a biomasa producida. Guerra, (1996) en un estudio realizado en Nuevo León reporta para esta especie una biomasa variable por estación y área geográfica, siendo mayor en el verano con un rendimiento de 5,858 Kg para el área del Cercado Nuevo León y 5,544 Kg en "el Popote" Linares Nuevo León. De acuerdo con (Shelton, y Brewbaker 1994), la subespecie *glabrata*, se desarrolla bien en la costa del Pacífico mexicano, en las cercas del Puerto de Acapulco Guerrero, se encuentra

ampliamente distribuida en el centro, oeste y noroeste de México y en el estado de Texas y en muchas de éstas áreas es cultivada (Jingbao y Wang 1994) constataron una gran variación en el crecimiento de plantas según las condiciones del suelo, presentando un mejor crecimiento en suelos con pH cercanos al neutro o alcalinos y un reducido crecimiento en suelos ácidos y poco fértiles, pobres en calcio y altos en aluminio. La subespecie glabrata se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm. con una precipitación pluvial de 900 a 1500 mm, de 3-6 meses de sequía con suelos calcáreos.

Costa, *et al.*, (1992) realizaron un estudio bajo condiciones de ambiente tropical en Rondonia, Brasil con la finalidad de valorar el forraje obtenido y el contenido de proteína de *L. leucocephala* bajo una altura de corte 60 y 80 cm dichas alturas fueron consideradas como las mejores para una máxima concentración de proteína y cantidad de forraje; por otra parte Jingbao y Wang (1994), evaluaron a *Leucaena leucocephala*, con un crecimiento de 6 años de edad, registrando una producción de 0.11397 m³/planta, 570 m³/ha, 45,000 Kg./ha/año de forraje fresco este estudio se realizó con una densidad de 500 plantas/ha y una rotación de 3 a 10 años.

Hughes, (1993) destaca la importancia de las semillas especificando la cantidad, producida, por *L. pulverulenta* (32,000 a 52,000) dependiendo de la procedencia. Las vainas de *L. pulverulenta* del estado de Texas son más pequeñas y supuestamente con un menor número de semillas por kilogramo, su poder germinativo se encuentra por debajo de *L. leucocephala*, por otra parte, para la especie *L. greggii* se ha determinado que posee de 2-4 vainas por cabeza floral con 20 a 25 semillas por vaina.

En Linares Nuevo León, México, fueron realizadas una serie de plantaciones con 10 especies y variedades K8, K28, K67, así como el híbrido K743 de *L. leucocephala* con la finalidad de evaluar la respuesta a las condiciones edafo-climáticas extremas del noreste del país, basándose en las diferencias de adaptación y sobrevivencia así como en su crecimiento (Foroughbakhch y Háuad, 1990).

El género *Leucaena* requiere una temperatura diurna que va de 25 a 30°C para un óptimo desarrollo (Brewbaker 1985). Por lo que las bajas temperaturas y la altitud, tienden a afectar el crecimiento en altura de la planta presentándose árboles más pequeños. Jingbao y Wang, (1994), constataron una gran variación en el crecimiento de plantas según las condiciones del suelo, presentando un mejor crecimiento en suelos con pH cercanos al neutro o alcalinos y un reducido crecimiento en suelos ácidos y poco fértiles, pobres en calcio y altos en aluminio, estos mismos autores en concordancia con Shelton and Brewbaker, (1994) afirman que *Leucaena* crece mejor en suelos profundos bien drenados, con pH neutro a alcalino, se desarrolla sobre terrazas coralinas de las islas del pacífico, concluyendo que se desarrolla en una gran variedad de tipos de suelos incluyendo los medianamente ácidos (pH superior a 5.2).

Las poblaciones de *L. leucocephala* que provienen de sitios más elevados del noreste de México, muestran mejor tolerancia a las heladas que las que provienen de sitios bajos, el crecimiento es mayor en los trópicos que en el subtrópico, ya que su mayor crecimiento ocurre en el verano, por lo tanto las mejores oportunidades de desarrollo del género son vía hibridación Brewbaker y Sorensson, (1992). La hibridación de *L. leucocephala* con *L. retusa* produce variedades más resistentes y promisorias, de igual manera *L. leucocephala* con *L. diversifolia* y *L. pallida* producen especies que resisten las bajas temperaturas. Las

dos últimas especies se les encuentra en sitios altos y fríos de México. Otro factor que afecta el crecimiento del género *Leucaena* es la sombra, la capacidad para soportar períodos prolongados de sombra es menor que de otras especies de leguminosas.

El establecimiento de *Leucaena* se hace mediante estacas en áreas reducidas y por medio de semillas en grandes extensiones aunque coloca en igual competencia a la planta con malas hierbas y al ataque de la vida silvestre de su entorno, las semillas se siembran en surcos en una densidad de siembra de 1 a 2 kg/ha, a profundidad de 2 a 3 cm. Se recomienda una distancia entre los surcos de 3 a 10 m para evitar la competencia, especialmente en la zona de la raíz, dada su alta susceptibilidad. Se puede usar trifloran^R (0.5 Kg de ingrediente activo/ha) contra malas hierbas de hoja ancha como un control preventivo, y en casos postemergente, se usa Fusilade^R 2 Kg de ingrediente activo/ha contra zacate, Basagran^R 2 Kg de ingrediente activo/ha para hierbas de hoja ancha. Las semillas pueden recibir tratamiento previo a la siembra la dureza de la cubierta de la semilla evita el paso del agua necesaria para la germinación de la semilla, la cubierta se puede debilitar por diversas técnicas de escarificación mediante baños de agua caliente o hirviendo por un tiempo de 4 segundos o bien por el uso de ácido sulfúrico concentrado por un tiempo de 5 a 10 minutos, además las semillas pueden ser inoculadas.

La fertilización será necesaria para que las plantas crezcan vigorosas, como ocurre en algunos suelos tropicales, lavados por las lluvias. Las especies de *Leucaena* son particularmente susceptibles a deficiencias de fósforo por lo que tiene una fuerte dependencia con Micorrizae vesicular arbuscular (VAM) para extender la capacidad del sistema de raíz y así movilizar los nutrientes como el fósforo. En suelos pobres en fósforo o baja actividad de VAM, bastan 10 kg/ha, también es deficiente a calcio ya que reduce la nodulación. En plantaciones ya establecidas es rara la fertilización.

Con relación a la productividad de forraje en *Leucaena* varía según la fertilidad del suelo y la lluvia, por ejemplo con un período de lluvia, bien distribuido de 1500 mm se logran de 3 a 10 ton de materia seca por/ha/año (Shelton y Brewbaker, 1994). En el subtropical la producción está limitada por la temperatura, su producción es de 1.5 a 10 ton de forraje/ha/año. Lo más recomendable para promover los máximos rendimientos son el corte o el pastoreo a intervalos, en sitios de alta productividad se recomiendan intervalos de 6 a 8 semanas y en los de baja productividad períodos arriba de 10 semanas. En Australia se recomienda no iniciar el pastoreo hasta que la planta alcance su estado adulto y su completo establecimiento; esto requiere de 1 a 3 años dependiendo de las condiciones de crecimiento, sin embargo, un pastoreo ligero se puede dar al primer año cuando las plantas tengan una talla de 1.5 m o más, en especial si las plantas fueron dañadas por malas hierbas y heladas.

La plantación se realiza en hoyos; por ejemplo, en las tierras baldías de la costa oeste de Bengala en suelos fertilizado con NPK, uno o dos meses después de la plantación, se registra la variación estacional del incremento del peso y el diámetro, basados en la producción de la biomasa de los árboles. Los datos obtenidos fueron separados en tres grupos: Los de crecimiento rápido *Sesbania grandiflora* y *Leucaena leucocephala*; de crecimiento medio rápido *Casuarina equisetifolia*, (*Eucaliptus*) *E. treticornis* *Acacia auriculiformis* y *Delonix regia* y los de bajo crecimiento *Albizia lebbek*, *Inga dulcis*, *Azadirachta indica*, *Bauhinia purpurea*, *Peltoforum inermis* y *Gliricidia maculata* y *Gliricidia sepium*. Los mejores diámetros y pesos se registraron en la plantación espaciada

a 2 X 1.5 m la mayor biomasa producida fue en las plantas espaciadas a 1 X 1 m y la menor correspondió al espaciamiento de 2 X 1.5 m, una vez más queda demostrado que *L. leucocephala* es potencialmente apta para ser cultivada.

Son muchas las especies que se han estudiado con propósitos diversos, entre ellos la obtención de forrajes de alta calidad, uno de estos estudios fue conducido por Foroughbakhch (1992), quien experimentó con quince especies de plantas de hojas anchas, usadas en México con la finalidad de valorar su potencial como plantas para el aprovechamiento de tierras baldías, plantaciones para la obtención de leña entre las que figuran: *Eucalyptus camandulenses*; *Eucalyptus microtheca*; *Leucaena pulverulenta*; *L. leucocephala*; *L.greggii*; *Parkinsonia culeata*; *Prosopis glandulosa*; *Helietta parvifolia*; *Acacia rigidula*; *Acacia farnesiana*; *Acacia wrightii*; *Pithecellobium dulce*; *Pithecellobium ebano*; *Acacia berlandieri*; *Cordia boissieri*. Para ello fueron sembradas sobre el matorral, en la Planicie Costera del Golfo en el noreste de México. Se midieron y evaluaron varios parámetros sobre crecimiento y biomasa durante los primeros cinco años. Los espacios para todas las especies fueron de 2 x 2 m excepto para *Eucalyptus camaldulensis*, *E. microtheca*, *L. leucocephala*. De acuerdo al propósito múltiple de potencialidad, *L. leucocephala* se encuentra entre las mejores de las 15 especies probadas. Esta tiene gran importancia en la rehabilitación de partes degradadas del matorral, antes que tales áreas presenten condiciones de desertificación irreversible. Otras especies incluidas en el experimento fueron: *L. greggii* y *L. pulverulenta*, *A. berlandieri* y *Cordia boissieri* las dos primeras no presentaron buenas características de adaptación. El incremento de los costos en la alimentación para el desarrollo de las granjas es debido a la pobre explotación de los recursos no convencionales particularmente aquellos con un alto contenido de proteína. (Limcangco, 1989). Las hojas de árboles y arbustos, tallos, pastos algas y otras plantas acuáticas contienen del 20 al 30 % de proteína cruda, 12 a 18 de fibra cruda, 500 a 600 ppm de xantofilas, con excelente poder pigmentante. En base a esta información las harinas de *Casava* y *Leucaena* prevalecen entre las mejores, mostrando un alto potencial pero se ve limitado dado que presentan altos niveles de fibra cruda y la presencia de factores tóxicos, antinutricionales o de inhibidores metabólicos. La supresión de estos factores por técnicas destoxificantes y la extracción de la proteína de las hojas puede constituir un producto de alto valor nutritivo equiparable a la harina de soya. Por esta razón los esfuerzos encaminados al logro de una mayor producción no cesan, tal es el caso de un experimento realizado por Karunyal, (1994) en el cual se sembraron semillas de *Leucaena* en suelos irrigados con agua provenientes de tenerías, ricas en iones Mg, Mn y Fe. En el experimento se midió el área foliar, biomasa producida, concentraciones de clorofila y proteína. Los resultados obtenidos en este experimento en cuanto al porcentaje de agua utilizado, mostraron que los suelos irrigados con 75% o más de estas aguas, matan a las plantas, las cuales requieren de tales metales en concentraciones adecuadas para su desarrollo; Algunos de estos metales participan en concentraciones considerables (macronutrientes) y otros sólo son requeridos en trazas como co-factores enzimáticos (micronutrientes); por lo que en este experimento los resultados mostraron que un aporte de agua de tenería del 25 % complementado con agua de riego cubren los tales requerimientos de agua y metales; con ello se logra una mayor producción en cuanto a biomasa, área foliar, concentración de clorofila y proteína.

3.6. - Características nutricionales de *Leucaena*

3.6.1. - Valor nutritivo.

Brewbaker, (1985); Foroughbakhch y Háuad, (1989) constataron que la planta *Leucaena* ha sido utilizada en la alimentación humana en algunos estados de la República mexicana (Chiapas y Oaxaca) y en forma externa en Centroamérica. Vogt *et al.*, (1986), en un análisis efectuado sobre *Leucaena leucocephala*, constataron que las hojas de *Leucaena* son una buena fuente de ácidos grasos y carotenoides. Foroughbakhch y Háuad, (1989) afirmaron que en México la mayoría de los trabajos publicados sobre el género *Leucaena*, versan sobre la utilización como forraje para rumiantes. Diversos estudios realizados sobre la planta han puesto al descubierto al género *Leucaena* como una rica fuente proteica, vitamina K así como de otros nutrientes; sin embargo, existe escasa o nula información sobre factores bióticos y abióticos que afectan la producción.

Algunos de los estudios son desarrollados de profundizar el conocimiento de las propiedades nutritivas de *Leucaena* entre ellos figura el trabajo realizado por Jingbao y Wang, (1994) en el cual manifiestan que *Leucaena leucocephala* posee riqueza y variedad de nutrientes, y que su inclusión en mezclas de 5 a 15% presentan efectos positivos en la alimentación de aves y cerdos, con excelentes resultados, así mismo, Shelton y Brewbaker, (1994) concuerdan que el género *Leucaena* tiene un elevado valor nutricional, semillas y hojas son usados como vegetales para el consumo humano, por lo tanto el uso de *Leucaena* en diversos organismos incluidos los humanos, estará en función de los avances experimentales que se efectúen. Terhorst, (1990) reporta que *L. leucocephala* tiene una gran variedad de usos potenciales ya descritos por otros autores, pero este autor destaca el uso de las semillas con las que se elabora una especie de pasta denominada lamtoro con la que se mejora la dieta en algunas poblaciones germanas.

3.6.2. - Digestibilidad *in vivo*.

La calidad de la proteína está dada por su perfil y concentración de sus aminoácidos esenciales, la digestibilidad y la biodisponibilidad de la misma son factores que nos permiten evaluar su calidad. Un alimento podrá presentar un elevado coeficiente de digestibilidad, pero esto no necesariamente refleja la digestibilidad de los aminoácidos esenciales, estudios realizados en *Penaeus vannamei* la harina de camarón utilizada tienen una digestibilidad proteica de 74.6 %, sin embargo, los aminoácidos esenciales presentan una digestibilidad mayor que varía de 75.4 a 85.2 %, por ejemplo la lisina, la arginina y la treonina presentaron digestibilidades de 85.7, 88.1 y 83.7 % respectivamente (Akiyama *et al.*, 1993).

Ferraris *et al.*, (1986) determinó la digestibilidad verdadera de caseína y gelatina, harina de pescado, harina de soya desengrasada y harina de hojas de *Leucaena leucocephala* mediante digestibilidad *in vivo* en milkfish *Chanos chanos* (Fosskal), tanto en agua dulce como en agua salada. Las dietas contenían 45% de los ingredientes y 1.3 % de la sustancia indicadora óxido crómico. La amplitud del tiempo entre el inicio de la alimentación y el sacrificio de los peces no afectó significativamente la digestibilidad. La gelatina resultó ser la más digestible, con un valor de 90 a 98 %, la caseína, la harina de soya desengrasada y la harina de pescado resultaron con digestibilidad moderada, 50 a 90 % y el coeficiente de digestibilidad tendió a incrementarse en función de la talla del pez. La harina de *Leucaena*

leucocephala fue la menos digestible, 10 a 40%, las condiciones de alimentación fueron iguales para las mismas tallas, en los diferentes grupos, pero se comportó más acelerado en agua salada que en agua dulce. Existen efectos del agua salada sobre la digestibilidad ya que provoca movilidad de nutrientes, y por lo tanto cambios en el alimento, provocando alteraciones sobre procesos de osmorregulación.

Estudios realizados en otras especies animales por Ravindran, (1992) en el cual se determinó la energía digestible de *Leucaena leucocephala* entre otros nutrimentos comúnmente encontrados, para ello se alimentó durante cuarenta días a ocho cerdos con un peso vivo 32 Kg cada uno, los valores determinados se hicieron en base seca, para el maíz se encontró 3.64 (kcal), sorgo 3.53, cascarilla de arroz número 1 igual 2.40, fibra de arroz número dos 2.09, harina de raíz de mandioca 2.13, harina de copra 2.54, harina de sésamo grasa 2.79, harina de soya 3.16, harina de hojas de mandioca 2.13, harina de hojas de *L. leucocephala* 1.54, desperdicios de pollería 1.92 y harina de pescado 3.01 Kcal/g. Estudios realizados en organismos acuáticos por Nandeeshan *et al.*, (1990) determinaron la digestibilidad de la proteína y grasa de seis ingredientes usados en la alimentación de la carpa *Catla catla* (Ham.). Las fuentes proteicas utilizadas fueron: *Gilircidia maculata*, *Colocasia esculenta*, *Eichhornia crassipes*, *L. leucocephala* y *Oratosquilla nepa*. Fueron evaluadas a 15, 30 y 45 % de inclusión, usando como referencia una dieta basándose en harina de pescado. La mejor digestibilidad de la proteína y grasa fue observada a 15 % de inclusión y se observó que la digestibilidad tiende a bajar a medida que se incrementa el nivel de inclusión. La digestibilidad de la proteína proveniente de *Gilircidia* y *Eichhornia*, fueron bajas comparadas con las otras dietas, a todos los porcentajes de inclusión.

Los componentes químicos de los alimentos interfieren en la digestibilidad de los mismos, es así que los taninos por ejemplo influyen sobre la flora bacteriana intestinal y consecuentemente en la digestibilidad de los nutrientes.

Vadiveloo y Fadel, (1992) estimaron la composición química de fracciones de nitrógeno y compuestos fibrosos, compuestos fenólicos, azúcares neutros y ácidos urónicos, además determinaron la degradación ruminal y la fibra detergente neutra en productos de cultivo tales como aceite crudo de palma, aceite de palma crudo seco, pasta de almendra de palma, fibra prensada de palma, vainas de cocoa, paja de arroz y hojas de las leguminosas: (*L. leucocephala* y *Gilircidia sepium*) por medio de un análisis estadístico de una vía y un multifactorial, para comparar y clasificar los alimentos de acuerdo a la composición química y degradabilidad. La lignina fue poco diferenciada de entre los alimentos y poco relacionada a las 48 horas de degradación ruminal los más grandes cambios se presentaron en la paja de arroz y en *Gilircidia sepium*, (los cuales son bajos en lignina y presentan baja degradación ruminal) y vainas de cocoa (altas en lignina y altas en degradación ruminal). El rango de xilosa arabinosa un indicador de la digestión de la celulosa, fue alto en las leguminosas en comparación con los otros productos. El rango de los azúcares rápidamente degradables (arabinosa más glucosa) y los de baja degradabilidad (xilosa más ácidos urónicos) no fueron buenos indicadores de una alta digestión celular. La correlación a las 48 horas de la degradabilidad de la fibra detergente neutra fue sólo de 0.69. (Kathiresan y Ravikumar 1995) estudió la afinidad de las bacterias con los taninos, azúcares y aminoácidos, este estudio, se llevó a cabo en hojas de 9 especies de plantas en las cuales se desarrollan las bacterias. La densidad de bacterias en hojas frescas se presentó más alta que en hojas caídas las cuales se

asocian con la más alta afinidad por los aminoácidos y azúcares y la más baja afinidad a los taninos. Thompson, (1991) describe en las plantas marinas macroalgas los compuestos fenólicos (ácidos cinámicos, flavonoides, taninos y ligninas) los cuales alteran la actividad microbiana, reducen la palatabilidad de los productos, bajando el crecimiento y sobrevivencia de los consumidores. Los compuestos fenólicos disminuyen el proceso de la materia orgánica y mineralización de los nutrientes, también juegan un papel importante en la retención de nutrientes en los ecosistemas.

3.6.3. - Digestibilidad *in vitro* de *Leucaena*

En base a análisis químico, el forraje de *Leucaena* puede ser más bajo en sodio y yodo, pero alto en Beta caroteno. Los taninos en las hojas y especialmente en los tallos, los cuales reducen la digestibilidad de la materia seca y proteína. El valor de la digestibilidad en *Leucaena* se encuentra en un rango de 50 a 71 % y de 58 a 85 g / Kg de 0.75 de peso vivo, por lo que no debe extrañar que la producción basada en *Leucaena* sea excelente, tal como sucede en el sureste de Queensland Australia, en donde el ganado alimentado con *L. setaria* produjo 310 y 430 kg de peso vivo/ha. El pastoreo sobre *L pangola* (*Digitaria decumbesns*) produce ganancias anuales en peso vivo de 273 Kg/cabeza. Lo anterior toma un sentido meramente teórico ya que la digestión involucra la descomposición mecánica, solubilización y absorción de nutrientes y además el perfil nutritivo puede parecer bueno, pero si no ocurre una digestión, absorción o no son utilizados, por lo tanto esto es de poco valor para el animal. La información de la digestibilidad de los ingredientes es esencial para su evaluación, (Akiyama *et al.*, 1993). Por tal razón Yadav y Yadav, (1990) realizaron un experimento en el cual la harina de *Leucaena* fue añadida a una mezcla alimenticia, con un contenido de fibra de trigo de 42 %, 20% de harina guar, 20% de cáscara de arroz, 15% de pasta de cacahuate, 2% de cloruro de sodio y 1% de mezcla mineral, con la finalidad de reemplazar 30, 60, 90 y 100 por ciento de proteína cruda dietaria. Se determinó la pérdida de materia seca, proteína cruda y mimosina. Después de varios períodos de incubación *in vitro* usando licor ruminal de cabras y búfalo. El rango de pérdida de materia seca en la mezcla alimenticia se incrementó significativamente a medida que se incrementó la cantidad de harina de *Leucaena* en el líquido ruminal de cabras y búfalo.

La cantidad de proteína perdida dependió directamente del tiempo de incubación y el % de harina de *Leucaena* incluido. La pérdida de mimosina disminuyo a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión de la harina a cada intervalo de tiempo.

La degradación de la mimosina en cabras y búfalos, es similar a estos resultados.

3.6.4. - Aspecto químico (toxicidad)

Jones y Bunch (1995); Jones y Megarrity (1986) y Vogt *et al.*, (1986) constataron que un alto consumo de hojas de *L. leucocephala* por cabras, merma el apetito, falta de equilibrio, caída del pelo, exceso de salivación, bajos niveles de tirosina, ulceración del esófago y epitelio lingual, atrofia de encías, cataratas y disturbios en su reproducción, en aves retarda la maduración sexual en postlarvas de camarón *Penaeus monodon* causan distorsión de las células - R de las glándulas del intestino medio (ver sección aplicaciones en acuicultura), provocado por el aminoácido 3,4 DHP que se encuentra en hojas donde es

más bajo su contenido (3 a 5 % en peso seco) en las semillas y más elevado en retoños (12% de la materia seca) de acuerdo con Shelton y Brewbaker, 1994. Así mismo Háud y Foroughbakhch, (1991) cuantificaron la concentración de mimosina en diferentes estaciones y componentes de plantas del género *Leucaena*, cultivadas bajo condiciones edafo-climáticas extremas del noreste de México. Estos autores determinaron que la concentración de mimosina, es más alta en el verano en comparación con el invierno, para especies *L. leucocephala*, *L. pulverulenta*, *L. greggii* y *L. diversifolia* y *L. leucocephala* K743. El contenido de mimosina encontrado fue mayor en *L. leucocephala* y la más baja en *L. greggii*, observada al inicio de la floración. En los rumiantes los microorganismos del rumen degradan la mimosina, responsable del cuadro sintomatológico ya descrito por Jones y Megarrity, (1986) esto sólo ocurre dado un alto porcentaje de inclusión de *Leucaena* en la dieta y un largo período de alimentación de los animales.

Estudios realizados en diversas partes del mundo, han puesto en evidencia las cualidades nutricionales del género *Leucaena*, más su uso extensivo ha sido limitado fuertemente por la presencia de mimosina, problema que en Australia ha sido resuelto mediante la inoculación de bacterias ruminales las cuales degradan el aminoácido tóxico y transforman a productos que no dañan a los rumiantes (Jones y Megarrity, 1986).

Tratando de entender los efectos tóxicos de la mimosina en organismos no rumiantes, Onwuka *et al.*, (1992) diseñaron un experimento con conejos de 8 semanas de edad su dieta normal fue sustituida por hojas de *L. leucocephala* con 0, 30 y 50% después de las 3 semanas, las mortalidades presentadas fueron 12, 25 y 60% respectivamente. Los síntomas de toxicidad por mimosina aparecieron en las dietas que incluían un alto porcentaje de hojas, pero también en las dietas con menor porcentaje de hojas de *Leucaena* se pudieron observar aspectos positivos en cuanto a alimento consumido, materia seca asimilada, digestibilidad de nitrógeno y ganancia de peso vivo. El nivel considerado como óptimo en conejos fue del 30% o menor, valor coincidente al reportado por Háud y Foroughbakhch, (1991).

Según Megarrity y Jones (1983). Una inyección por día de tiroxina aplicado en cabras no pudo ser efectiva sobreviniendo los efectos tóxicos por efecto de alimentación con forrajes de *Leucaena*. Las cabras tratadas no diferenciaron de las cabras que se usaron como control en cuanto a ganancia en peso o condiciones físicas durante 15 semanas de haberlas alimentado con *Leucaena* y ambos grupos desarrollaron lesiones esofágicas. Las cabras tratadas conservaron el nivel de tiroxina en el suero (T4) y iodotiroxina (T3) y no exhibieron hiperplasia tiroïdal respecto a los controles. Un incremento de T4 y T3 en el suero en los controles después de 5 semanas en que se alimentaron con el forraje, se asoció con la declinación de la concentración de mimosina contenida en el alimento y la habilidad hiperplástica de la tiroïdes para producir suficiente T4. Un análisis del suero condujo a pensar que una deficiencia en zinc, en los controles, se asociaron con su bajo contenido en la tiroïdes. Lo que llevó a concluir que la goitrogenicidad del DHP es parcialmente responsable de la toxicidad de *Leucaena* en los rumiantes, y las bajas cantidades consumidas así como los bajos pesos consumidos están relacionados por otros efectos del DHP. Son varios los aspectos desconocidos de la alimentación con *Leucaena* entre ellos están los relacionados con el metabolismo extra ruminal.

Se han atendido otros aspectos con el fin de mejorar la productividad donde Según Chaturvedi y Jha (1992), la fitotoxicidad de 1% de extracto de hojas frescas de plantas de un año de edad de cinco variedades de *Leucaena* (k8, k28, k29, k67 y k 72) se evaluaron sobre raíces de seis especies de plantas asociadas a sistemas agroforestales como pruebas de cultivo. La toxicidad varió de acuerdo a la concentración de mimosina presente en el extracto, y se encontró que en el follaje de *L. leucocephala* expuesto durante cuatro horas a la luz del sol conserva un contenido de mimosina del 33 - 42% del total. Se hicieron tres extracciones sucesivas las cuales se probaron en raíces bajo crecimiento. El primero de los extractos presentó un efecto inhibitorio, pero el segundo y tercer extractos pudieron mostrar un efecto estimulante sobre el crecimiento. La germinación, radiculación y crecimiento de la raíz en *Casuarina equisetifolia* fue sumamente inhibido a 1% del extracto en solución acuosa; La inhibición alelopática en *Pongamia pinnata* fue poco marcada y *Acacia nilotica* se mostró más tolerante al efecto tóxico del extracto. La germinación y el crecimiento de la raíz de las cinco variedades de *L. leucocephala* fueron poco afectadas. Así mismo otro experimento en este sentido se usó mimosina a diferentes concentraciones 1, 10, 25, 50 y 100 ppm con la finalidad de evaluar su capacidad alelopática en contra de plantas (semillas) de *Oriza sativa*, *Raphanus sativus*, *Brassica rapa*, *Phaseolus vulgaris*, *Daucos carota* y *Bidens pilosa*, el crecimiento de la raíz para 6 especies fue inhibido, a una concentración de mimosina de 10 ppm, el crecimiento de *O sativa*, *R sativus*, *B rapa* y *P vulgaris* fue promovida a 1 ppm (sólo significativa en las especies tardías). *B pilosa*, *D carota* la sensibilidad a la mimosina fue baja en comparación con las otras 3 especies.

En otro experimento conducido por Pathak y Gupta, (1991) en el cual se llevaron cuatro variedades *L. leucocephala* y dos de *Sesbania* (*S sesban* y *S grandiflora*) se sembraron en las tierras marginales del Instituto Hindú de recursos pastoriles y forrajes de Jhansi, Uttar Pradesh, en el lapso de tiempo comprendido entre 1979 a 1985. En el mes de julio las plántulas se colocaron en surcos bajo una densidad de diez mil plantas/ha en 20 m² durante el plantado se aplicó NPK con BHC^R como termisida, el área se conservó libre de hierbas durante los primeros meses. La altura y diámetro se midieron cada tres meses, a los tres años de edad las plantas de los surcos se cortaron alternadamente se registró el crecimiento y biomasa producida. El corte final fue efectuado a los seis años de edad; midieron nuevamente el crecimiento y la biomasa. Los resultados obtenidos a la mitad del cultivo fueron buenos con la posibilidad de incrementarlos por lo que el experimento continuó hasta los seis años. De acuerdo a los resultados la producción de *Sesbania* fue menor que la de las variedades de *Leucaena*.

Jones y Hegarty, (1984) alimentaron hembras de cisne con dietas que contenían 10, 20, 40, y 67 % de *Leucaena leucocephala* durante 112 días, los otros ingredientes incluidos fueron pastura de sorgo de buena calidad. Se estimaron los cambios en el peso, cantidad de alimento, cantidad de mimosina, cantidad orinada de 3,4 - DHP, tiroxina (T4) en suero, triiodoxina en suero (T3) y el rango efectivo de tiroxina. Las dietas con 67 y 100 % de *Leucaena* fueron los mayores % dados, correspondieron a los animales que menores pesos registraron y presentaron hipotiroides severa, las dietas con 0, 12 y 20% de *Leucaena* dada con rangos de conversión alimenticia de 80 a 90 g/0.75, con ganancia de peso de 0.3 a 0.5 kg/día con un buen funcionamiento tiroidal. Las dietas con 40% de inclusión mostraron buenos resultados pero luego las ganancias en peso declinaron. Las cantidades reducidas

suministradas se les relaciona con los niveles de T3 séricos por debajo de 1.0 nmol/l. La concentración de DPH en la orina se relacionó linealmente con las cantidades de *Leucaena* y mimosina suministradas. Las cantidades de mimosina consumida, registradas en la orina disminuyeron en 33% en dietas con 10% de inclusión de *Leucaena* y en un 55 % en las dietas con los mayores porcentajes de inclusión. El alimento incluido declinó proporcionalmente con el nivel de *Leucaena* en la dieta, pero el apetito fue recobrado rápidamente cuando las dietas fueron sustituidas por sorgo y heno.

3.6.5. - Destoxificación de *Leucaena*

Jones y Megarrity, (1986) constataron que una población mezclada de bacterias, son capaces de degradar rápidamente, 3,4 DHP, metabolito tóxico del rumen la cepa bacteriana fue aislada del rumen de un borrego en la isla de Maui. Se inocularon en cabras y se alimentaron con un 100 % de *Leucaena leucocephala*, y se observaron que cesó la excreción de DHP en la orina. Después de 60 días el nivel de tiroxina en el suero y la talla de la tiroides se mostraron normales y sin signos de enfermedad. El fluido ruminal colectado durante 58 días y la degradación *in vitro* de DHP durante dos días, indicaron que la población bacteriana se estableció bien en el rumen. Lo anterior llevó a indicar que la toxicidad por consumo de forrajes de *Leucaena* puede ser resuelto por la inoculación de bacterias en el rumen de cabras que no portan éstas bacterias degradadoras. Trabajos en Australia, desarrollados por (Hammond 1995), han demostrado que la toxicidad de *Leucaena* obedece a límites geográficos por la ausencia de bacterias capaces de degradar 3,4 - DHP y que su inoculación en rumiantes que carecen de ellas, resuelve el problema. Lo anterior consiste en separar bacterias del rumen de animales portadores (naturales); mediante métodos de tamizado *in vitro* y su posterior inoculación en el rumen de animales que carecen de ellas. Este mismo autor, afirma que se tienen identificadas y caracterizadas las bacterias con capacidad degradadora del aminoácido 3,4 - DHP; entre ellas se encuentra la bacteria *Sinergisties jonesii*.

La inoculación del rumen con contenidos (bacterias degradadoras) ruminales provenientes de animales adaptados y el uso de bacterias degradadoras de 3,4 DHP aisladas y cultivadas en medios de cultivo enriquecidos, son una realidad en Australia; eliminando con ello la gran limitante que impide el uso intensivo de *Leucaena*. Por otra parte Allison *et al.*, (1990) concuerdan que la utilización segura de los forrajes de *Leucaena* son dependientes de la colonización de bacterias ruminales capaces de degradar el aminoácido 3 - 4 DHP; también afirman que no todas las poblaciones de rumiantes del mundo portan las bacterias capaces de llevar a cabo la degradación y que los muestreos realizados en rumiantes de Iowa no resultaron portadores de dichas bacterias; en cambio, las muestras ruminales analizadas en las Islas Virgenes y Haití resultaron positivas, por lo que el consumo de este forraje en esos sitios no causa problema alguno.

También en Australia se ha tratado de aprovechar de forma positiva al efecto depilatorio del mimosina; en los animales productores de lana, en épocas de trasquilado donde se les intensifica su alimentación con *Leucaena* con lo cual la lana es desprendida con mayor facilidad. Según Lowry, (1983) la degradación de los productos de mimosina son indirectamente tóxicos a través de actividad goitrogénica, por lo que los organismos

presentan gran tolerancia a altos niveles de mimosina. La enzima involucrada está presente dentro de los contenidos de mimosina celular y se pone en contacto con los substratos atacables, mediante la maceración de los tejidos. La reacción es activada a pH menor de 4 o mediante un cambio brusco de temperatura mayor de 70°C. El descubrimiento tiene muchas aplicaciones tales como la preparación de harina comercial de hojas por secado rápido. Así que Wee y Wang (1987), estudiaron los efectos del secado rápido y el remojo a varias temperaturas para hojas de *L. leucocephala*, con al finalidad de eliminar mimosina de los tejidos, donde el rango de mimosina eliminado se incrementa con el aumento de la tempertura y tiempo de exposición, pero la maceración de las hojas, no reduce de manera significativa la mimosina, la prolongación del tiempo de remojo de las hojas es más efectivo y de manera virtual el 100 % de la mimosina se elimina después de las 48 horas de sumergidas las hojas, a una temperatura de 30 °C. En este mismo sentido Tawata *et al.*, (1986), utilizaron soluciones iónicas para la extracción de mimosina, contenida en hojas de *Leucaena leucocephala*. Las soluciones que emplearon fueron: agua de mar de 0 a 100 %, soluciones ácidas y soluciones alcalinas. Estos mismos autores afirman que la eficiencia de extracción está en función de la concentración de las soluciones iónicas y que la mejor extracción de mimosina en hojas fue del 95 % con CH₃COONa al 0.05 N. Para ello colocaron las hojas en la solución durante 24 horas a una temperatura de 25°C. El procedimiento indicado es práctico y funciona tanto en granjas pequeñas o en empresas con fine comerciales.

Un avance más reciente sobre destoxificación de forrajes de *Leucaena* es el reportado por Peñaflorida, *et al.*, (1992), describen el método que consiste en poner a remojar hojas frescas en agua de la llave, guardando una proporción volumétrica de 1:1 ó 50 gramos de hojas en 500 ml de agua, durante 30 a 48 horas, con un recambio de agua después de las 24 horas, con ello se extrae el 90% de la mimosina, un derivado tóxico de lisina. Este procedimiento de extracción es más económico y práctico en granjas acuícolas, que el método de secado, calentado en húmedo o el uso de compuestos ferrosos.

D'Mello y Acanovic (1989) afirman que está totalmente comprobada la utilidad de los carotenos contenidos en harina de hojas de *Leucaena*, en la pigmentación efectiva de las yemas y pollo joven para parrilla, aunque los estudios para descubrir los efectos tóxicos están siendo estudiados, contando ya con el conocimiento sobre la transformación del 3,4 DHP, así mismo ya se conoce la concentración de taninos, inhibidores de tripsina, grupos de galactomanosas, saponinas y flavonoides. La destoxificación de *Leucaena* en avicultura por ahora resulta un problema, desde sus limitaciones para un aprovechamiento nutricional, como para establecer una buena plantación. Se ha empleado en la destoxificación la aplicación de calor en hojas, así como la inclusión de aditivos dietarios los cuales reducen en gran parte los efectos de la toxicidad, estos compuestos son por ejemplo el sulfato férrico y el polietilenglicol. Como quiera éstas acciones requieren de ajustes apropiados.

Según, D'Mello (1992), la presencia de antinutricionales en unas cuantas leguminosas limitan su uso y crean dificultad para establecer un orden jerárquico de potencialidad. Este mismo autor afirma que la dificultad se presenta en la destoxificación de esas especies de leguminosas especialmente si los compuestos tóxicos presentes son de tipo termoestables (D'Mello, 1991). Las manifestaciones de toxicidad son el decaimiento general, incapacidad para aprovechar los nutrientes, alteraciones neurológicas e incremento

de la mortalidad. Aunque los inhibidores de proteasas son ampliamente distribuidos en forrajes y granos, su importancia es secundaria si se compara con otros compuestos tóxicos. Son las lecitinas principalmente las que determinan el valor nutricional de *Psophocarpus tetragonolobus* (frijol alado) y de *Canavalia ensiformis* (frijol bola). Los taninos condensados están ampliamente distribuidos, en las leguminosas, en las que se incluyen *Gliricidia sepium*, especies de *Acacia*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia falcata*. Estos compuestos polifenólicos, en algunos casos se les consideran benéficos como en la nutrición de rumiantes ya que pueden suprimir los gases y previenen la excesiva degradación de la alta calidad proteica de las hojas, en el rumen. Como quiera, la toxicidad por taninos es evidente en forrajes de plantas leguminosas tropicales.

Los aminoácidos no protéicos tóxicos, se encuentran en forrajes y granos de las leguminosas, que contribuyen en la toxicidad de *Leucaena* y en *Canavalia enciformis* y en las especies de *Lathyrus* la destrucción de los factores antinutricionales en algunas especies son difíciles de suprimir, en especial aquellos compuestos termoestables. Estos tipos de procedimientos son usados para destoxificar los frijoles bola y alado, pero la utilización de estos métodos significan un desembolso. El tratamiento de las hojas cosechadas o la aspersión con polietilenglicol, se emplean para reducir los efectos tóxicos. Los taninos condensados y otros factores antinutricionales están siendo estudiados en forrajes de *Acacia aneura* y *Leucaena* sobre la alimentación de cabras y otros rumiantes, también se estudian la posibilidad de usar *Leucaena* en otras clases de animales como en las aves y peces.

Hasta hoy los avances más notables en destoxificación están encaminados a la manipulación biotecnológica de la fisiología del rumen, en especial en ganado que pasta sobre *Leucaena*, con la finalidad de degradar el 3, 4 DHP; como sea la oportunidad de un papel significativo de las harinas de leguminosas (*Leucaena*) en la nutrición de no rumiantes es todavía limitado; a pesar de los avances reciente sobre destoxificación su alto contenido nutricional y las trabas que relacionadas con la baja digestibilidad de las fracciones protéicas y el bajo contenido de energía metabolizable en los granos convencionales.

3.7.- Aplicaciones en acuicultura.

El compromiso nutricional de las dietas usadas en actividades acuaculturales, con frecuencia predisponen a los organismos haciéndolos más susceptibles a condiciones de infección (Roberts y Bullock, 1989). Las enfermedades por deficiencias pueden ser de dos tipos: desbalance de macronutrientes de la dieta, tales como proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra, y deficiencia de micronutrientes (vitaminas y minerales). Se han hecho exámenes detallados para entender las enfermedades por deficiencias, se han estudiado varios factores entre los que se incluye la toxicidad por micotoxinas, toxicosis por algas, semillas de algodón, alcaloides de senecio, toxinas en *Leucaena*, químicos antropogénicos, antibióticos y toxicidad quimioterapéutica, en éste sentido Krogdahl, (1990) afirma que una gran variedad de proteína en semillas de plantas sirven de fuente para la alimentación de salmónidos, muchas de estas fuentes contienen glándulas que con sustancias que causan efectos negativos en el estatus nutricional de los peces. Es necesario hacer un análisis sobre los efectos antinutricionales en salmónidos, a fin de contribuir con el proceso básico de alimentación, también se requiere de una evaluación de alimentos y reservas nutritivas para

la acuicultura. En ellos se toman en cuenta fibras, inhibidores de enzimas y otros componentes de las plantas, tales como ácido fítico, saponinas taninos y lactonas. En éste sentido, Moozhiyil y Pallauf, (1986) estudiaron la composición química del helecho acuático (*Salvinia molesta*) analizando la conveniencia de su uso como fuente de forraje para rumiantes. Para esta evaluación se colectaron muestras de tres plantas en diferente estado de crecimiento. Se secaron al aire se les aplicó el análisis de Weende (análisis químico proximal), fibra detergente, energía bruta, aminoácidos, taninos y minerales. Dado el contenido de proteína cruda corregida por materia seca de 12.4% en ésta planta y algunos otros nutrientes, se le compara con otros forrajes convencionales, más sin embargo, el alto contenido de ceniza cruda (17.3 % en base seca), 13.7 % de lignina y 0.93 % de taninos reducen la aceptabilidad y digestibilidad, restringiendo su potencial como fuente de alimento para rumiantes, estos aspectos pudieran ser probados en organismos acuáticos.

3.7.1. Uso de harina de *Leucaena* en acuicultura

Vogt *et al.*, (1986) reportan que *Leucaena* ha sido muy poco usada en acuicultura, y que su empleo en la alimentación de las especies de peces *Poecilia mexicana* ("mollie"), *Catla catla* (carpa) y *Oreochromis mossambicus* (*Tilapia mossambica*) mostraron resultados satisfactorios. Así Hasan *et al.*, (1989) evaluaron la conveniencia de sustituir harina de pescado por proteína de las harinas de *Leucaena leucocephala* y harina de jacinto acuático *Eichhornia crassipes*; las dietas elaboradas sirvieron para alimentar carpa hindú mayor, (*Labeo rohita*). El diseño experimental consistió en la elaboración de seis alimentos formulados a 20 y 40 % de proteína dietaria, usando hojas remojadas y sin remojar, el total de los requerimientos protéicos fueron complementados con harina de pescado, todas las dietas se balancearon a 40% de proteína, permaneciendo constantes el resto de los nutrientes. Se evaluaron también los criterios de aceptabilidad del alimento, crecimiento, rango de conversión alimenticio, utilización protéica. La dieta control mostró ser la mejor. La eficiencia de las dietas se reduce a medida que se incrementa el nivel de inclusión en todas las dietas. En términos de costo beneficio las dietas que contenían los más altos niveles de harina de los dos tipos de hojas, mostraron ser las mejores al ser comparadas con la dieta control, más tarde Hasan *et al.*, (1994) utilizaron harina de hojas de *Leucaena* (a diferencia del experimento anterior, sólo se usaron una harina como sustituto protéico) con la cual alimentaon la carpa indú mayor (*Labeo rohita*) el experimento se llevó a cabo para evaluar la conveniencia de utilizar harina de hojas de *Leucaena leucocephala* como sustituto parcial de la harina de pescado, para ello se formularon seis dietas conteniendo 25, 50 y 60% del total de la proteína, usando como fuente protéica harina de hojas de *L leucocephala* remojadas y sin remojo, los requerimientos protéicos se complementaron con harina de pescado. Todas las dietas se balancearon a un 30 % de proteína, con las que se alimentaron las carpas durante 77 días, bajo condiciones de laboratorio usando tres réplicas para cada tratamiento. La evaluación fue basada en la aceptación del alimento, crecimiento, composición corporal, conversión alimenticia, utilización protéica, digestibilidad y cambios histopatológicos. En cuanto a los resultados la dieta con harina de hojas remojadas durante 48 horas resulto la mejor que las dietas de harina sin remojar a los diferentes niveles de inclusión, haciendo una comparación entre las dietas con hojas remojadas y la dieta control resultó mejor la que contenía el 25 % con un nivel de significancia de $p < 0.05$. La digestibilidad de la proteína

decreció con el incremento en la concentración de la misma en la dieta, los valores que se encontraron para este parámetro fueron de 47.3 a 74.3% para harina de hojas remojadas y de 42.0 a 72.4% en harina de hojas sin remojar. Como sea en términos de costo beneficio, las dietas que contenían 50 % de hojas remojadas fueron mejores que las otras con respecto a la dieta control. El examen histopatológico del hígado reveló que las harinas de hojas remojadas producen lesiones menos severas que las harinas de hojas sin remojar. Entre las anomalías encontradas se encuentran congestión, cambios en el patrón de grasa, metaplasia de vasos sanguíneos, incrementados linealmente con los niveles de inclusión. Los síntomas de trombosis se observaron en peces alimentados con dietas con harinas de hojas sin remojar con niveles de inclusión del 50%.

3.7.2. Contenido alimenticio y digestibilidad de *Leucaena* en organismos acuáticos

Jafri y Farooq, (1995), determinaron el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína de algunos nutrientes de bajo costo, mismos que usó en la alimentación de las carpas hindúes mayor (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala* y *Catla catla*), pudiendo observar diferencias significativas en la digestibilidad de los ingredientes. Los autores constataron que la proteína cruda de las plantas tiene mayor digestibilidad en las tres especies de peces, que la proteína de harina de pescado y desperdicios de matadero (origen animal) las cuales tuvieron una digestibilidad relativamente bajas 74 a 76%. La pasta grasa de soya tiene digestibilidad de 93 - 94%, y para los otros ingredientes de origen vegetal la digestibilidad encontrada fue de 81 a 90 %. Ofojekwu *et al.*, (1994) demostraron en base a los resultados obtenidos en relación al crecimiento en *Oreochromis niloticus* y el potencial de utilización son logrados de manera eficiente con dietas cuyo contenido es de 18.04 - 20 % de pasta de cacahuate, 14.76 a 15% de harina de jacinto acuático y que al incrementar en la dieta la harina de este último ingrediente, provoca una declinación del crecimiento y utilización proteica, así mismo afirma que en general la digestibilidad para estos insumos se mostró pobre.

De acuerdo con McGoogan y Reigh, (1996) la producción del pez tambor rojo, (*Sciaenops ocellatus*), requiere de dietas formuladas para crecimiento y alcanzar la talla de mercado, además los autores afirman que la información disponible en cuanto a la nutrición de esta especie es insuficiente, para lograr bajar los costos de producción de sus alimentos. Mediante el conocimiento de los coeficientes de digestibilidad de los ingredientes que participan en la formulación de las dietas de éste pez, puede llegarse a la reducción de los costos de producción del alimento y con ello incrementar la producción de la especie. Por lo que en el experimento realizado se determinó la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y energía en harina de sangre, granos de maíz, harina de semilla de algodón, granos de sorgo, harina de carne y hueso, harina de desperdicios de pescadería, fibra de arroz, harina de soya y quebraduras de trigo. Para ser utilizadas en las dietas del tambor rojo. El coeficiente de digestibilidad se determinó usando una dieta como referencia, y las dietas probadas contenían una mezcla de 70% de la dieta control y 30% del ingrediente. Todas las dietas contenían el 1% de óxido crómico el cual sirve como indicador de la digestibilidad. Las heces fecales fueron extraídas manualmente de los peces anestesiados para evitar el contacto con el agua. Se determinó el coeficiente de digestibilidad en la

materia seca, proteína cruda y energía en la dieta control y las de prueba. Los coeficientes de digestibilidad para los ingredientes, fueron calculados con base a las diferencias en digestibilidad entre las dietas a probar y la dieta de referencia. En este extenso trabajo el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda fue de 74 a 100% para todos los ingredientes probados, lo que indica que el pez tambor rojo, utilizó la proteína dietaria eficientemente con respecto a la fuente usada. La digestibilidad fue más alta en aquellos ingredientes cuyo contenido protéico era más elevado ($> 60\%$) con un bajo en contenido de fibra ($< 2\%$). La digestibilidad de la energía aparente, fue relativamente baja para los productos animales (54 a 60 %) y baja para los productos vegetales (12 - 52 %) La digestibilidad de la materia seca varió más tanto entre los ingredientes de origen vegetal (18 - 68 %), como en los de origen animal (65 - 77 %). La digestibilidad de la materia seca y energía fue posiblemente influenciada por el contenido de lípidos y proteína en los ingredientes y la influencia negativa, del contenido de fibra cruda y la digestibilidad del almidón se comportó totalmente diferente en los ingredientes de origen vegetal.

Rahman *et al.*, 1988, determinaron los efectos de la alimentación con *L. leucocephala* sobre *Tilapia niloticus*, en este estudio se determinaron los efectos patológicos mostrados como un cambio al alimentar con una dieta de 25 % de harina de hojas de *Leucaena* y 75 % de harina de semillas (dieta estándar). Los organismos se colocaron en tanque de polietileno durante 10 semanas, se comparó el crecimiento en relación a una dieta control, resultando mayor en la dieta experimental, aparentemente no se mostraron daños en los organismos pero si se detectaron a nivel de gónada femenina y anomalías en el sarcoplasma de músculos esqueléticos, el páncreas e intestino. Así mismo Salaro *et al.*, (1995) evaluaron la eficiencia productiva y alteraciones anatomopatológicas en alevines de *Tilapia nilotica Oreochromis niloticus*, los cuales se alimentaron con harina de semilla de *Leucaena leucocephala*, el experimento consistió en alimentar con diferentes niveles de harinas a 72 alevines con un peso promedio de 0.5 g y una longitud promedio de 28 mm, las dietas experimentales fueron isoprotéicas e isocalóricas, el régimen alimentario consistió en dietas con el 5, 10 y 20% de la harina y se tomo como referencia una dieta control sin la harina; al cabo de 120 días las crías alcanzaron un buen peso, sin la presencia de efectos tóxicos al máximo nivel de inclusión protéica que fue de 20%. Más tarde, Osman *et al.*, (1996) utilizaron harina de hojas de *Leucaena leucocephala* para alimentar crías de *Tilapia nilotica*. El experimento se diseñó para evaluar el efecto al reemplazar la alimentación por tres diferentes niveles de inclusión de 33, 66 y 100 por ciento; las hojas fueron tratadas bajo cuatro diferentes métodos: 1.- Secados durante 48 horas a 60°C, 2.- Autoclavadas durante 15 minutos 3.- Aspergidas con soluciones de 1% de hidróxido de sodio y 4.- Harina de hojas mezcladas con licor ruminal e incubadas durante 24 horas. Se separaron los organismos en 13 grupos de 10 animales con un peso promedio de 5.07 g estos fueron colocados en acuarios, las dietas se balancearon a un nivel isoprotéico e isocalórico (30% de proteína y 19.67 KJ/ gramo de materia seca), todos los tratamientos se implementaron con dos réplicas. Los resultados indicaron una ganancia en peso, rango de crecimiento específico, rango de conversión alimenticia y utilización proteica fueron significativos ($p < 0.05$). Se considera que dichos parámetros fueron incrementados por el secado o por el cocimiento de las dietas. Con relación al uso de harinas de hojas tratadas por aspersión con NaOH y las incubadas con licor ruminal, el

crecimiento observado fue más bajo. El carcass proteico (Técnica usada en nutrición para valorar la proteína de un alimento) resultó incrementado significativamente ($p < 0.05$) al incrementar los niveles de inclusión de harina de hojas con el decrecimiento simultáneo del contenido de cenizas. Más tarde Wee y Wang, (1987), determinaron la conveniencia de utilizar harina de hojas de *L. leucocephala* tratadas, como ingrediente en dietas para *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*), para ello se elaboraron nueve dietas experimentales con 25, 50 y 100 del total de la proteína dietaria, contenida en harina de hojas remojadas de *L. leucocephala*, balanceadas con harina de pescado. Una dieta sin harina de hojas (sólo con harina de pescado) sirvió como control, todas las dietas se balancearon a 30 % de proteína, excepto para las dietas que contenían el 100 % proteína de la harina de hojas. Los organismos se alimentaron durante 70 días, los tratamientos se hicieron con dos réplicas, se usaron tanques circulares de 2 m³ con agua circulante. El crecimiento y la eficiencia de alimentación se redujeron al incrementar la inclusión de harina de hojas. En todos los tratamientos, los organismos alimentados con harina de hojas remojadas, presentaron un mejor crecimiento que con las dietas con harina con secado rápido y harina de hojas comercial de *L. leucocephala*. La mimosina presente en estos dos últimos tratamientos influyó en el pobre crecimiento.

En la República Popular China, con base en un informe sobre los requerimiento protéicos para nutrición de peces de aguas cálidas con proteína vegetal, Lim y Dominy (1989) reportaron la utilización de harina de soya, harina de semilla de algodón, harina de hojas de *Leucaena* entre otras afirmando que la cantidad de la proteína usada está en función de las especies, la disponibilidad, costos, aceptabilidad por parte de los peces, contenido de nutrientes, contenido y disponibilidad de toxinas o factores antinutricionales, también afirma que la harina de soya, es la que tradicionalmente se ha usado en un nivel de inclusión superior del 30 a 40 % para peces de aguas cálidas.

En cuanto a la nutrición de crustáceos, Vogt *et al.*, (1986) evaluaron y constataron la ganancia en peso en un experimento con postlarvas de *Penaeus monodon*; que el mayor peso logrado fue con la dieta experimental basada en *Leucaena leucocephala*. Estos autores apreciaron de manera global no encontraron lesiones en los organismos, pero si sufrieron alteraciones las gónadas femeninas; también encontraron anormalidades en el sarcoplasma de los músculos esqueléticos, en el intestino y páncreas. Estos mismos autores en otro experimento cuya finalidad consistió en detectar los posibles efectos de mimosina, (un bociogénico) para ello las postlarvas se alimentaron con dietas que incluían como ingrediente hojas remojadas de *L. leucocephala* y la otra con hojas de esta misma planta sin remojar y una tercer dieta con harina de soya como control. Los resultados mostrados después de 4 semanas de alimentación, indicaron que el peso promedio y sobrevivencia con las dos dietas de *Leucaena* fueron altos, sin embargo, no se detectaron diferencias con la dieta control. El remojo de las hojas con agua dulce, con una duración de 24 horas, eliminó la mimosina en un 70 %. El mayor peso obtenido se logró con la dieta basada en hojas remojadas. En resumen el crecimiento, sobrevivencia y las células - R de las glándulas del intestino medio, se estudiaron por microscopía electrónica y mediante un análisis estadístico de los valores de crecimiento y del análisis próximo de los insumos se determinó su similitud. Según el análisis de subcelular efectuado a los cuatro días del iniciado la

alimentación, todas las dietas fueron buenas, pero después de los 11, 20 y 28 días se observaron evidencias de cambios ligeros en las células - R del intestino medio. Los camarones alimentados con la dieta control y los alimentados con la dieta con hojas remojadas a los 20 y 28 días mostraron una pronunciada distorsión de las células - R. El análisis estadístico de crecimiento y sobrevivencia, no reflejó cambios adversos a estos tiempos. Es muy probable que la mimosina sea la causa de estos síntomas patológicos y mediante estudios complementarios se podrá llegar a medidas para evitarlos. Los daños se manifiestan a los primeros diez días en unos cuantos organismos y en los siguientes diez se presentan en toda la población. Por lo tanto se sugieren los medios histológicos para estudios de nutrición, como una fuente suplementaria de información a los estudios estadísticos y parámetros bioquímicos. Así mismo se sugiere que las células - R del intestino medio sean usadas para monitorear las condiciones nutricionales de los camarones en acuicultura. Con esto se concluye que *Leucaena* constituye una promisoriosa fuente de proteína en la nutrición de camarones, siempre y cuando se encuentre la forma de eliminar los contenidos de mimosina presente en la planta, hasta un bajo nivel. Con dicha disminución se logrará un mayor uso de las plantas del género *Leucaena* en dietas para camarón. Con lo que se podrán reducir los costos de producción de alimento. Como una continuidad de estos trabajos, Vogt, (1992) alimentó juveniles de *Penaeus monodon* de 1 a 2 g de peso, usando hojas de *Leucaena* variedades peruana y hawaiana puestas en remojo y sin remojar, incluidas en un tercio de la dieta, con una duración de 8 semanas. Otras fuentes protéicas consistieron en harina de pescado o cabezas de camarón para completar el porcentaje de requerimientos en proteína, y una dieta sin hojas se tomó como control. Los camarones alimentados con la dieta control y con harina de hojas remojadas de *Leucaena* var. hawaiana, fueron los que mayor peso alcanzaron, en comparación a las dietas con harinas de hojas de *Leucaena* var. peruana remojadas y sin remojar. La sobrevivencia con la dieta de hojas remojadas de *Leucaena* variedad hawaiana fue mayor, en comparación con las dietas de harina de hojas remojadas y sin remojo de *Leucaena* peruana, pero no mayores que con la dieta control; el rango de sobrevivencia con la dieta de harina de hojas sin remojar de *Leucaena* var. hawaiana fue cero. Con lo que se pudo concluir que la harina de hojas de *Lecaena* var. hawaiana remojadas durante 24 horas, tal vez se puedan incorporar en dietas para alimentar juveniles de *Penaeus monodon*, esperando obtener una sobrevivencia del 87 % bajo condiciones de laboratorio. Como quiera la cantidad de harina a ser incluida no es precisada con seguridad por lo que se requieren de mayores estudios para su determinación. Vogt *et al*, (1994) describieron de manera más completa los efectos debidos a la toxicidad por mimosina, en los que describe daños en el núcleo celular, alteración gonadal y citoplasmáticos a niveles avanzados. Las primeras alteraciones del núcleo incluyen la descomposición de la cromatina, decoloración del plasma nuclear; luego la cromatina se descondensa y se licúa, éste proceso va acompañado de la transformación de los organelos celulares y finalmente viene la lisis celular. La alimentación de camarones con una dieta rica en mimosina por un periodo de 6 semanas provoca la muerte de todos los organismos. Otro estudio sobre hepatocitos cultivados de carpa (*Cyprinus carpio*) corroboró los efectos de la mimosina sobre el núcleo celular. Las investigaciones histológicas revelaron que la condensación de la cromatina es paralela o incluso es disparado tempranamente por la

alimentación, todas las dietas fueron buenas, pero después de los 11, 20 y 28 días se observaron evidencias de cambios ligeros en las células - R del intestino medio. Los camarones alimentados con la dieta control y los alimentados con la dieta con hojas remojadas a los 20 y 28 días mostraron una pronunciada distorsión de las células - R. El análisis estadístico de crecimiento y sobrevivencia, no reflejó cambios adversos a estos tiempos. Es muy probable que la mimosina sea la causa de estos síntomas patológicos y mediante estudios complementarios se podrá llegar a medidas para evitarlos. Los daños se manifiestan a los primeros diez días en unos cuantos organismos y en los siguientes diez se presentan en toda la población. Por lo tanto se sugieren los medios histológicos para estudios de nutrición, como una fuente suplementaria de información a los estudios estadísticos y parámetros bioquímicos. Así mismo se sugiere que las células - R del intestino medio sean usadas para monitorear las condiciones nutricionales de los camarones en acuicultura. Con esto se concluye que *Leucaena* constituye una promisoría fuente de proteína en la nutrición de camarones, siempre y cuando se encuentre la forma de eliminar los contenidos de mimosina presente en la planta, hasta un bajo nivel. Con dicha disminución se logrará un mayor uso de las plantas del género *Leucaena* en dietas para camarón. Con lo que se podrán reducir los costos de producción de alimento. Como una continuidad de estos trabajos, Vogt, (1992) alimentó juveniles de *Penaeus monodon* de 1 a 2 g de peso, usando hojas de *Leucaena* variedades peruana y hawaiana puestas en remojo y sin remojar, incluidas en un tercio de la dieta, con una duración de 8 semanas. Otras fuentes protéicas consistieron en harina de pescado o cabezas de camarón para completar el porcentaje de requerimientos en proteína, y una dieta sin hojas se tomó como control. Los camarones alimentados con la dieta control y con harina de hojas remojadas de *Leucaena* var. hawaiana, fueron los que mayor peso alcanzaron, en comparación a las dietas con harinas de hojas de *Leucaena* var. peruana remojadas y sin remojar. La sobrevivencia con la dieta de hojas remojadas de *Leucaena* variedad hawaiana fue mayor, en comparación con las dietas de harina de hojas remojadas y sin remojo de *Leucaena* peruana, pero no mayores que con la dieta control; el rango de sobrevivencia con la dieta de harina de hojas sin remojar de *Leucaena* var. hawaiana fue cero. Con lo que se pudo concluir que la harina de hojas de *Lecaena* var. hawaiana remojadas durante 24 horas, tal vez se puedan incorporar en dietas para alimentar juveniles de *Penaeus monodon*, esperando obtener una sobrevivencia del 87 % bajo condiciones de laboratorio. Como quiera la cantidad de harina a ser incluida no es precisada con seguridad por lo que se requieren de mayores estudios para su determinación. Vogt *et al*, (1994) describieron de manera más completa los efectos debidos a la toxicidad por mimosina, en los que describe daños en el núcleo celular, alteración gonadal y citoplasmáticos a niveles avanzados. Las primeras alteraciones del núcleo incluyen la descomposición de la cromatina, decoloración del plasma nuclear; luego la cromatina se descondensa y se licúa, éste proceso va acompañado de la transformación de los organelos celulares y finalmente viene la lisis celular. La alimentación de camarones con una dieta rica en mimosina por un periodo de 6 semanas provoca la muerte de todos los organismos. Otro estudio sobre hepatocitos cultivados de carpa (*Cyprinus carpio*) corroboró los efectos de la mimosina sobre el núcleo celular. Las investigaciones histológicas revelaron que la condensación de la cromatina es paralela o incluso es disparado tempranamente por la

ausencia de histonas provenientes del núcleo. El DNA en contraste es disparado solamente durante la fase final de la resolución de la cromatina.

En otro experimento Araneda (1990) utilizó harina de *Leucaena*, con la finalidad de elaborar dietas para alimentar camarón rosa (*Penaeus brasiliensis*) y camarón dorado (*Penaeus durarum*) para evaluar crecimiento y sobrevivencia respecto a una dieta control. Los camarones alimentados con *Leucaena* mostraron un bajo crecimiento, pero por otro lado se pudo observar un alto rango de conversión alimenticio (0.143 g/ semana) para el camarón rosado y 4.96:1 para el camarón dorado; lo anterior es cierto si se comparan con los resultados obtenidos con la dieta control los cuales fueron (0.48 g/ semana para el camarón rosa y de 2.36:1 para el dorado). Se pudo observar que las diferencias en sobrevivencia con las distintas dietas no fueron significativas ($P > 0.05$). En conclusión, los resultados de este experimento pusieron en evidencia que la harina de *Leucaena leucocephala* tiene importantes características, con propiedades alimenticias deseables, y la presencia de carotenos útiles en la alimentación de crustáceos.

Piedad y Catacutan, (1989) trabajaron con juveniles de camarón *Penaeus monodon*, con un peso promedio de 0.38 g, los cuales se alimentaron con 12 dietas prácticas con un contenido de harina de pescado peruana 30, 20 y 16 % , 15 o 35 % de harina de soya desengrasada, 10% de harina de hojas de harina de *L. leucocephala* y 15 % de harina de camarón con o sin vitaminas y/o minerales. Las dietas contenían de 42 a 48 % de proteína cruda de 11- 13 % de grasa cruda, se colocaron 10 animales en tanques de fibra de vidrio, usando agua salada con aireación, la duración fue de 8 semanas. El crecimiento y la sobrevivencia no se vieron afectadas por el nivel de harina de soya desengrasada, pero bajó significativamente con las dietas de harina de hojas de *L. leucocephala*. El rango de conversión alimenticio fue mejor en las dietas adicionadas con vitaminas. y los rangos de conversión alimenticio y crecimiento se vieron reducidos en las dietas no adicionadas de vitaminas y minerales o las que solo se les adicionó minerales.

En la alimentación de rumiantes, *Leucaena* puede ser utilizada en forma directa, a bajos niveles de inclusión los cuales pueden incrementarse si se le aplica algún tratamiento destoxificador. En el caso de la alimentación de organismos acuáticos esta deberá ser balanceada y sometida a procesamiento tanto para eliminar factores antinutricionales (bociogénicos) como para poder elaborar alimento con la consistencia adecuada que permita el uso de los nutrientes, buscando además que la descomposición del alimento no altere la calidad del agua.

Muchos son los carbohidratos que se utilizan como fuente de energía en la nutrición. Después de las proteínas y lípidos, los carbohidratos constituyen un tercer grupo más abundantes en la constitución del cuerpo animal, en cambio en las estructuras vegetales ocupan el primer sitio (Conn y Stumpf, 1976). Se les puede dividir en azúcares más simples (monosacáridos) cuya unión da origen a los disacáridos, trisacárido o polisacáridos (edulcorantes). Los monosacáridos son solubles en agua, escasamente en etanol e insolubles en éter.

Los homopolisacáridos, son carbohidratos muy diferentes a los azúcares, tienen un alto peso molecular, constituidos de gran número de hexosas , o en menor grado de residuos de pentosas, se les encuentra en animales o vegetales como productos alimenticios de reserva (almidón o glicógeno) o como elementos de estructura (celulosa o quitina).

El almidón está compuesto de amilosa y amilopectina, sus unidades fundamentales son la alfa - D - glucosa. La celulosa formada por cadenas de D - Glucosa unidas entre sí por uniones beta 1-4, es el carbohidrato más abundante en la naturaleza, y es la estructura fundamental de la pared vegetal. este carbohidrato ayuda a dar consistencia a los alimentos, siempre que en el proceso de elaboración, se calienten las harinas en presencia de humedad, con lo cual se produce la gelatinización del almidon Cheftel *et al.*, (1977). En alimentos destinados a las actividades acuícolas tal consistencia ayuda a mantener la calidad del agua, además los camarones son capaces de aprovechar cantidades considerables de carbohidratos (Amhad, 1996) los cuales utilizan como fuente de energía.



Figura 4. Localización de los sitios de colecta de hojas, frutos y semillas de *Cucurbitaria leucocarpa* (Lam.) de Wit.

IV.- MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- Área de estudio.

Los materiales utilizados fueron hojas y frutos de tres especies del género *Leucaena*, en diferentes estados de maduración, los cuales fueron colectados en cuatro localidades ecológicas distintas.

Las muestras de *Leucaena leucocephala* fueron colectadas en las márgenes del río Santa Catarina, en la sección próxima a la calle Ignacio Morones Prieto cruce con la carretera a Reynosa en Ciudad Guadalupe, Nuevo León, México. Geográficamente el sitio se localiza a los 25° 41' 9" latitud norte 100° 0' 35" longitud oeste (DETENAL, 1993); figura 4.

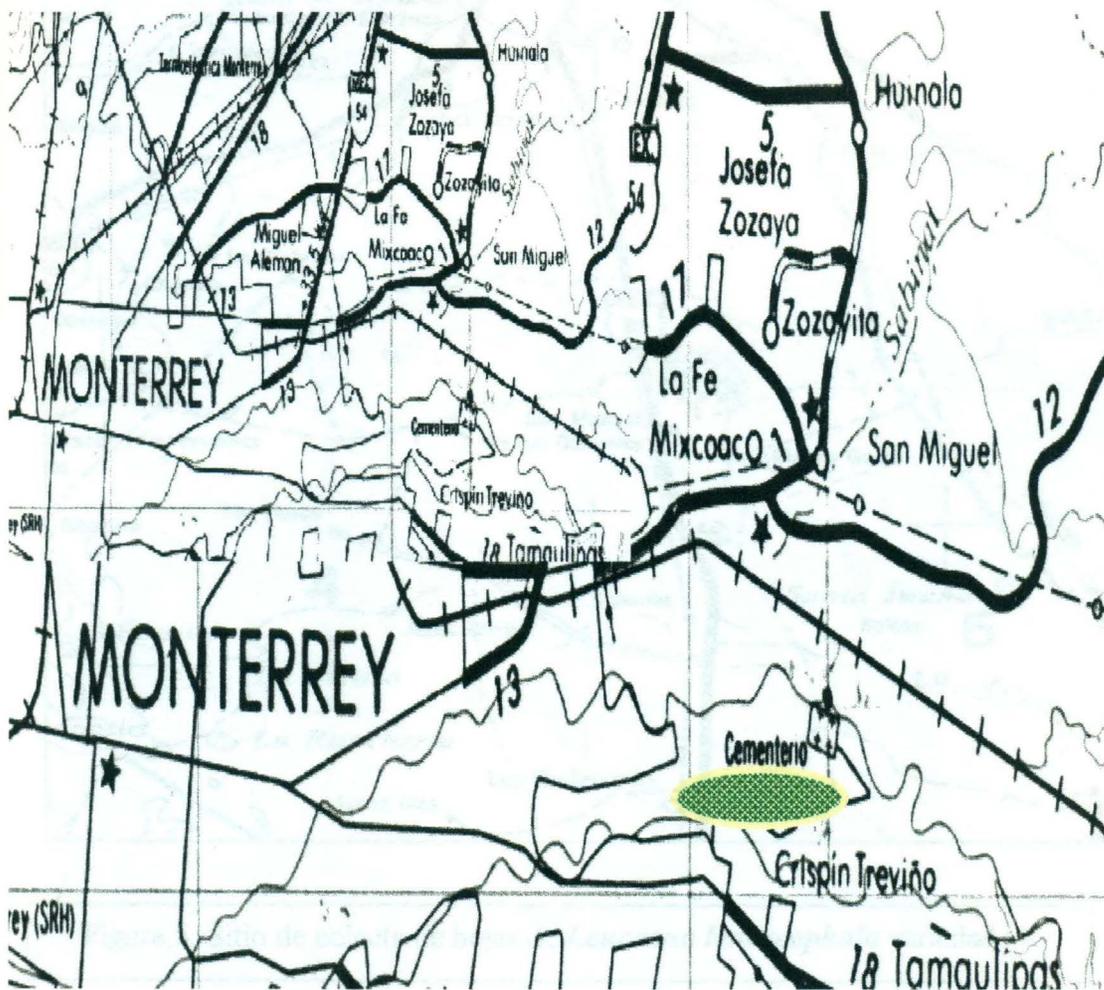


Figura 4. Localización de los sitios de colecta de hojas, frutos inmaduros y maduros de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Leucaena leucocephala variedad K8, sólo se colectaron hojas, en una plantación experimentales en el Campus Universitario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, situado en Linares, N.L.; (figura 5). Geográficamente se ubica a los 24° 47' latitud norte y a 99° 32' longitud oeste (S.P.P., 1981).

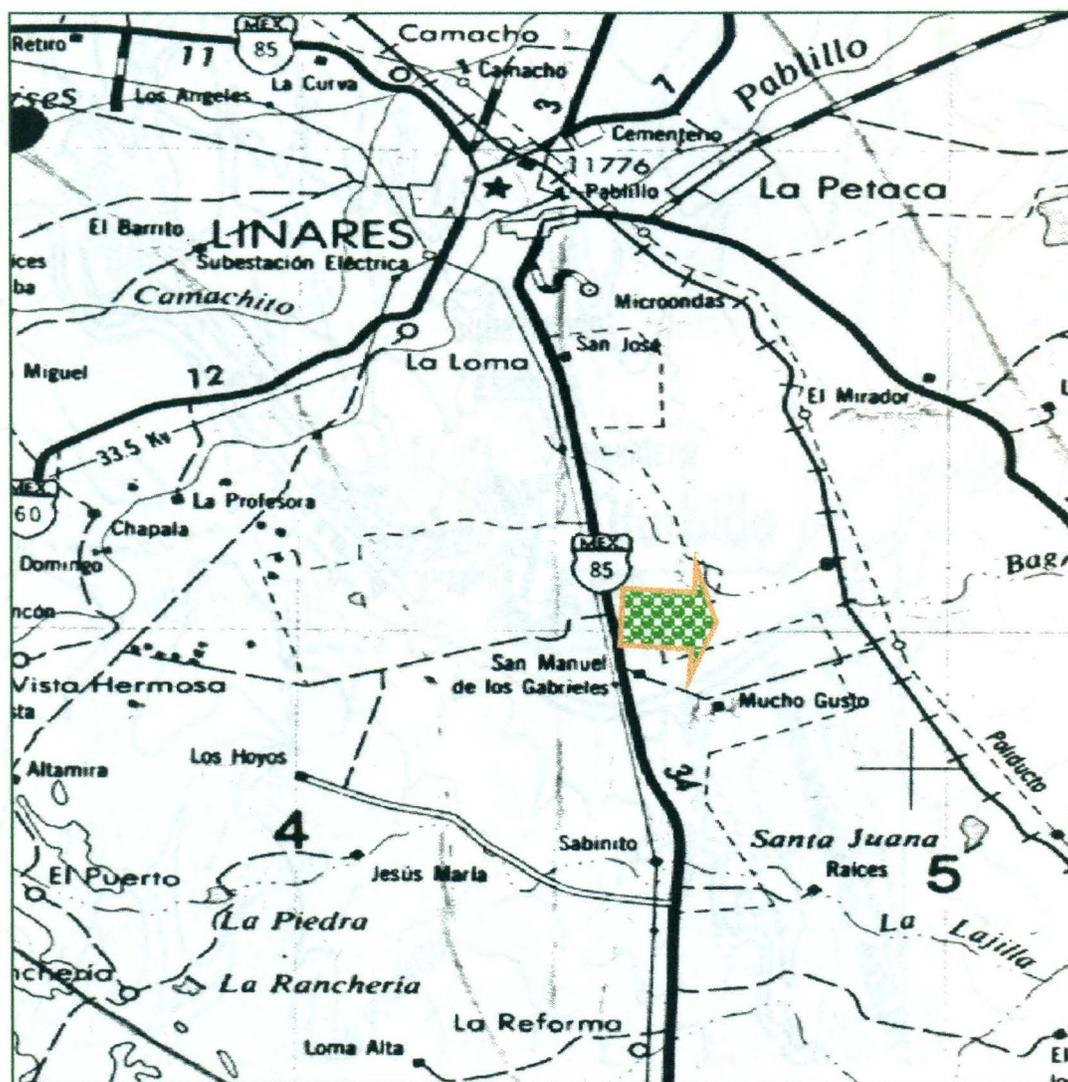


Figura 5. Sitio de colecta de hojas de *Leucaena leucocephala* variedad k8

Las hojas, frutos inmaduros y maduros de *Leucaena greggii* se colectaron en el Municipio de Iturbide Nuevo León, en el kilómetro 35.5 de la carretera Linares Galeana en el sitio ubicado a 24°44'00" latitud norte y a 99°55'08" longitud oeste (Figura 6).

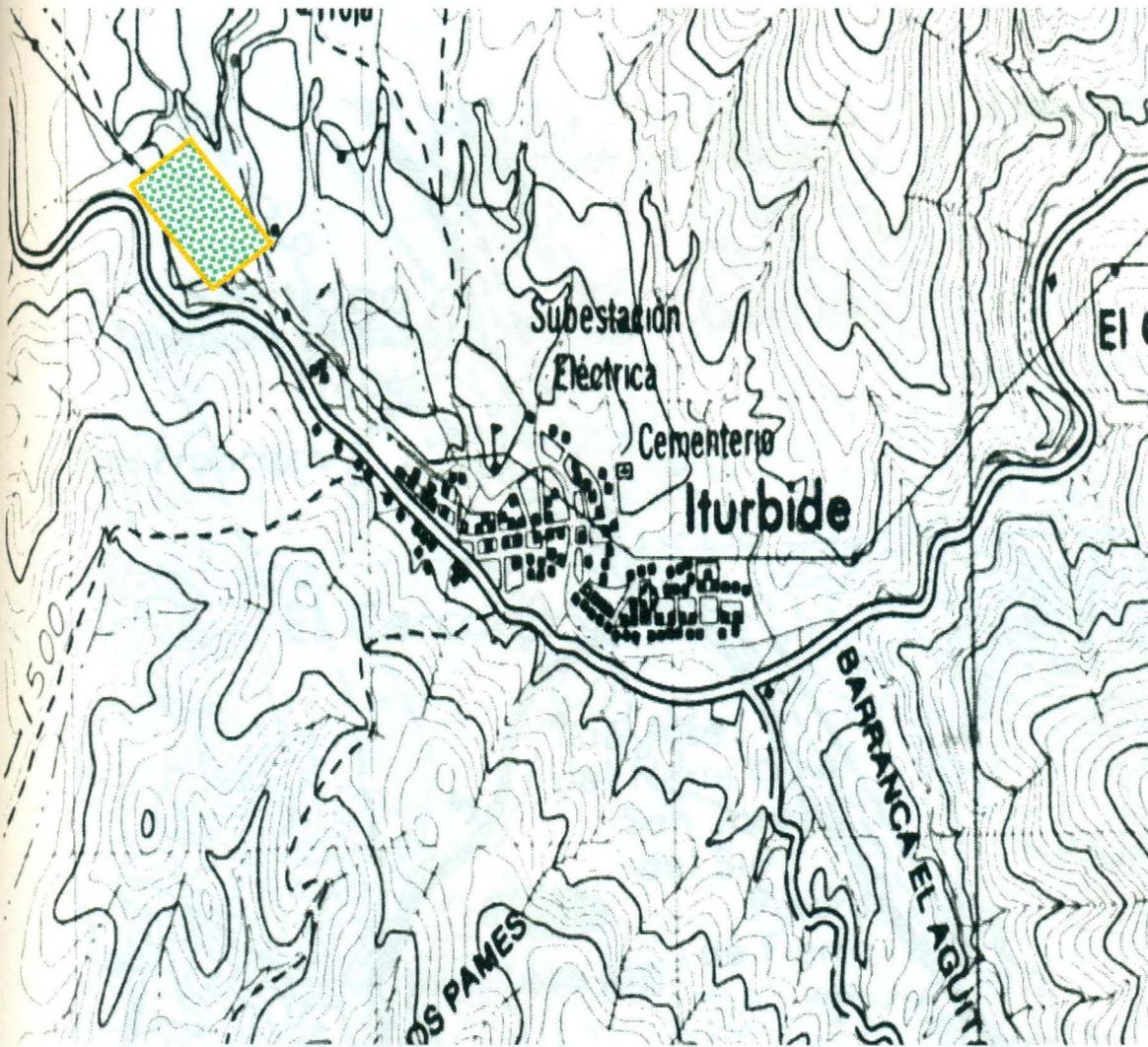


Figura 6. Sitios de colecta de hojas, frutos inmaduros y maduros de *Leucaena greggii* S. Wats.

Las muestras de *Leucaena pulverulenta* se colectaron en las proximidades a la Cascada "Cola de Caballo", en el Municipio de Villa de Santiago, Nuevo León, a los 25°18'05" latitud norte y a los 100° 09'06" longitud oeste (Figura 7).

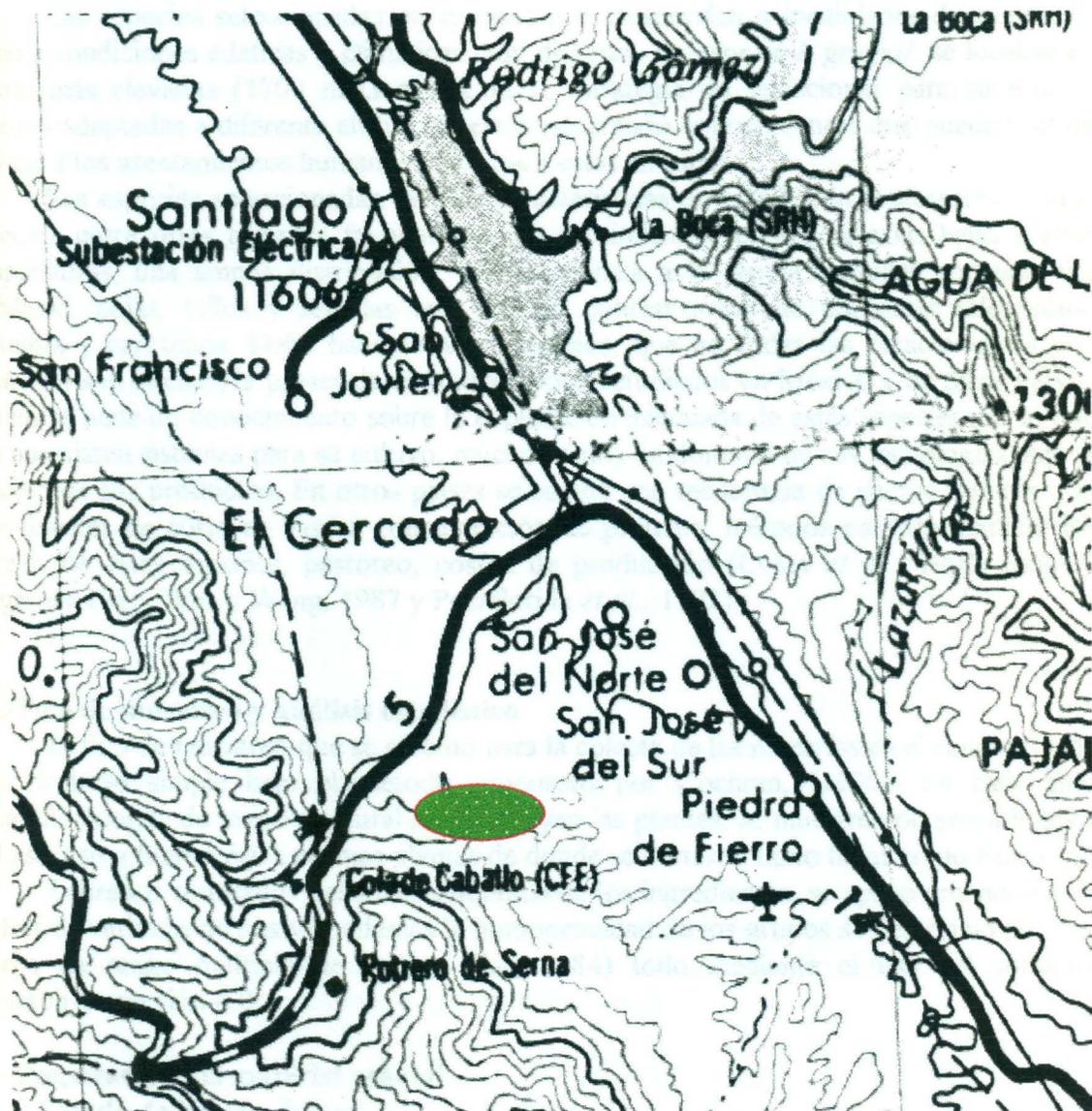


Figura 7. Sitios de colecta de hojas, frutos inmaduros y maduros de *Leucaena pulverulenta*.

4.2.- Selección de especies vegetales comprendidos en el estudio

Se seleccionaron tres especies y una variedad del género *Leucaena*; estas fueron *Leucaena leucocephala*, *Leucaena leucocephala* variedad k8, *Leucaena greggii* y *Leucaena pulverulenta*. Todas las especies excepto k8 se desarrollan a diferentes alturas del estado de Nuevo León México. *L. leucocephala* es la especie que se eligió que se desarrolla en tierras bajas del estado de Nuevo León (a la altura de Monterrey); *L. pulverulenta* se desarrolla a la altura de la cascada "Cola de Caballo". El Cercado, Santiago, Nuevo León.

Las especies seleccionadas en el estudio corresponden a localidades diferentes así como a condiciones edáficas y climáticas muy diversas. La especie *L. greggii*, se localiza en alturas más elevadas (1700 m.s.n.m.). Con la estrategia de seleccionar para su estudio especies adaptadas a diferente altitud, se están generando conocimientos que pueden ser de utilidad a los asentamientos humanos ubicados a estas altitudes.

Las especies seleccionadas, reúnen características que las hacen preferentes a otras especies, entre otras tienen a favor un rápido crecimiento, resistencia a las bajas y altas temperaturas, una amplia distribución, alta resistencia a la sequía, semillas con una alta viabilidad, hojas, tallos y semillas con elevada concentración de nutrientes tales como proteínas y carotenos. Debe hacerse notar también, que no todas las características que presentan son buenas, la presencia de tóxicos poco estudiados en México y en otros países, que no se tiene un conocimiento sobre la explotación adecuada de estas especies por lo que aún no existen sistemas para su cultivo, mucho menos un dominio de sus tecnologías para el proceso de sus productos. En otros países se cuenta con tecnología de cultivo, alturas más convenientes de corte en base a concentración de proteína, métodos para destoxificar los forrajes de estas especies, pastoreo, costos de producción (Costa *et al.*, 1992, Jones y Megarrity 1986, Wee y Wang, 1987 y Peñaflorida *et al.*, 1992).

4.3.-Tipo de muestreo y análisis estadístico

El tipo de muestreo que se efectuó para la colecta de las muestras en el campo fue de tipo aleatorio simple bajo el método propuesto por Cochran, (1990). En cada sitio geográfico donde de manera natural se distribuyen las plantas, se muestrearon seis árboles y en lo sucesivo fueron éstas mismas plantas de donde se cortaron tanto hojas como frutos.

Sobre los resultados del análisis químico de los ingredientes, se aplicó una prueba de análisis de varianza de una vía, además la homogeneidad de los grupos se determinó por una prueba de rango múltiple de Tukey (Zar, 1984) todo mediante el uso del software statgraphycs versión 4.0.

4.4.-Preparación del material vegetal

4.4.1.-Secado de hojas y frutos

La preparación del material vegetal para su posterior análisis químico, se llevó a cabo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Tanto hojas como frutos inmaduros fueron secados a temperatura de laboratorio, para ello se colocaron sobre papel periódico removiendo intermitentemente para evitar que las

hojas y vainas húmedas (dado la generación de calor) se deterioraran. El secado de los frutos maduros ocurrió en las plantas. Una vez secos los materiales se procedió al molido.

4.4.2.-Elaboración de harinas

Se elaboraron diez harinas: Cuatro harinas de hojas secas (Hhs), tres harinas de frutos inmaduros (Hfi), tres harinas de frutos maduros (Hfm), de las tres especies en estudio para *Leucaena leucocephala* variedad k8, sólo se elaboró harina de hojas ya que en el tiempo que se efectuó el estudio no se observó la fructificación. En la elaboración de harina de hojas no se hizo una limpieza minuciosa de los folíolos sino que parte de los soportes del sistema de hoja fue molido, así como tallos muy delgados de los retoños ya secos. El molido se hizo usando un molino Willey con una criba de 2 mm y para darle mayor homogeneidad a las partículas de nuevo se volvió a pasar la harina por el molino. Para la elaboración de la harina de frutos inmaduros, las vainas de *L. leucocephala*, *L. greggii* y *L. pulverulenta*, aún verdes y con semillas tiernas (secos) se molieron completas, para ello se usó primero un molino de martillos, con criba de 1 cm de diámetro, finalmente se pasó por el molino Willey con criba de 2 mm. Las harinas de frutos maduros, donde solamente se usaron semillas limpias, maduras, con potencial germinativo de las especies *L. leucocephala*, *L. greggii* y *L. pulverulenta* se hizo usando solamente el molino Willey con la misma criba de 2 mm moliendo dos veces los materiales.

4.5.-Análisis químico

Los análisis químicos y de digestibilidad *in vitro* de la proteína de los ingredientes, análisis bromatológico, perfil de Van Soest, y cuantificación de taninos condensados de las muestras de hojas y vainas de todas las especies, se realizaron en los laboratorios de análisis de nutrición, y en el laboratorio de la Unidad de Metabolismo de la Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia, de la U.A.N.L.

4.5.1.-Determinación de humedad

Se siguió el método descrito por Harris, (1970) para ello se prepararon los recipientes se llevaron a peso constante, para ello se colocaron en una estufa de desecación por corriente de aire Constan^R modelo DN 63 por un espacio de 5 horas, y ya fríos se pesaron. Por triplicado, en balanza analítica se pesó 1g de muestra molida y tamizada en una malla de 1 mm y se colocó a la estufa de desecación, calibrada a 60 °C, cuidando que no se elevara más de la temperatura indicada para no afectar las propiedades de la lignina, se dejó por un tiempo de 24 horas, luego se sacó de la estufa y se colocó en un secador para determinar su peso. Para los cálculos se utilizó la fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Materia Seca} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

4.5.2.-Análisis próximoal.

Una vez listas las muestras para las determinaciones químicas, procedió a realizar el análisis químico próximoal, para alimentos humanos y animales; el cual comprende la determinación de humedad (materia seca), extracto etéreo, proteína cruda, cenizas, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC, (1990).

4.5.2.1.-Cuantificación de proteína

En ésta determinación se usó el método de Kjeldahl, descrito inicialmente por Scales y Harrison, (1920) el cual consiste en una hidrólisis ácida usando para ello un matraz balón para digestión Kjeldahl de 600-800 ml de capacidad en cuyo interior se coloca 1g de muestra envuelta en papel arroz (libre de nitrógeno), una cucharada de mezcla reactiva de selenio, cuatro perlas de vidrio para ebullición, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado posteriormente se colocó a digerir durante 1 hora. Ya ocurrida la digestión y una vez frío se le agregó lentamente 200 ml de agua destilada, granallas de Zn, 150 ml de hidróxido de sodio al 40%. Se colocó al destilador par recoger 150 ml de destilado en un matraz que contenía ácido bórico e indicador rojo de metilo luego se tituló con ácido clorhídrico 0.1N.

% de Nitrógeno = (ml de HCl Mtra - ml de ácido del blanco) N del HCl x 0.14 x 100)/g M

Donde:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ N} \times 6.25$$

Conversión a base seca.

$$P \text{ bs} = \frac{\% \text{ prot. en la muestra "tal como ofrecido"} \times 100}{\% \text{ de materia seca "tal como ofrecido"}}$$

4.5.2.2.-Determinación de extracto etéreo.

Se determinó siguiendo el método Goldfish, Según normas descritas por la AOAC (1990) para esto se determinó el peso constante a los vasos, colocándolos a la estufa a una temperatura de 100 a 105 °C durante 24 horas, luego enfriados en el desecador se pesaron, posteriormente en una balanza analítica por triplicado se pesó 1 gr de muestra y se colocaron envueltos en un papel libre de grasa dentro de tres dedales y estos a su vez en portadedales de vidrio, se dispusieron en los soportes del aparato Goldfish, se virtieron en los vasos aproximadamente 20 ml de éter etílico y se pusieron a reflujo durante 4 a 6 horas. Con las precauciones necesarias se desmontaron los vaso y se sustituyeron los portadedales por recuperadores de solvente.

El vaso que fue manejado siempre con pinzas se coloca en la estufa por 24 horas y luego se saca para colocarlo al desecador y ya frío se pesó.

Cálculos:

$$\text{Grasa} = \frac{\text{Peso del vaso} + \text{extracto} - \text{peso del vaso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Conversión a base seca.

$$\% \text{ de grasa en la muestra "tal como ofrecido"} \times 100$$
$$\% \text{ de materia seca "tal como ofrecido"}$$

4.5.2.3.-Determinación de fibra cruda

La determinación de fibra cruda se hizo siguiendo las normas descritas por la AOAC (1990) el análisis se realizó por triplicado, se pesaron 1 gramo y se colocan en los vasos de Berzellius de 600 ml y se adicionaron 100 ml de ácido sulfúrico en una concentración de 1.25 % y dos gotas de alcohol etílico (antiespumante). Se colocaron los vasos en las parrillas ya calientes del analizador de fibra, al iniciar el reflujo se bajó la temperatura..

Los vasos se rotan con cuidado para humedecer completamente la muestra, cuidando de que la muestra esté siempre en contacto con el líquido y no se fije a las paredes del vaso, ya que la muestra hirvió por espacio de 30 minutos se retiró del aparato analizador de fibra y se filtró cuantitativamente con equipo Buchner para filtración al vacío se lava la muestra y el vaso con agua caliente. Nuevamente se transfirió la muestra al vaso Berzellius y se agregaron 100 ml de hidróxido de sodio al 1.25%, se repitió de nuevo el procedimiento de colocar los vasos en las parrillas con cuidado. Se dejó hervir por un tiempo de 30 minutos, luego se filtró como se indicó anteriormente, transfiriéndose el filtrado a un crisol de porcelana secado con anticipación, se colocó a secar en la estufa a 100 - 105 °C durante toda la noche, se sacó y ya fría, se pesó, para luego incinerar en la mufla a una temperatura de 550 a 600 °C durante una hora, hasta cenizas blancas.

Se retiró de la mufla luego de ponerlos a enfriar en el desecador se pesaron. La pérdida de peso equivale a la fibra cruda.

$$\% Fc = \frac{\text{Pérdida de peso por incineración}}{\text{Peso de la muestra antes de la extracción de grasa}} \times 100$$

Conversión a base seca

$$\% Fc = \frac{\% \text{ de fibra cruda en la muestra "tal como ofrecido"} \times 100}{\% \text{ materia seca en base seca "tal como ofrecido"}}$$

4.5.2.4.-Determinación de cenizas.

Las cenizas se determinaron bajo el procedimiento AOAC, (1990). Secuencialmente después de la determinación de humedad se colocaron los crisoles a la mufla a una temperatura de 550 a 600 °C por un espacio de dos horas hasta cenizas blancas. Se apagó la mufla y se dejó enfriar hasta el día siguiente y ya fríos los crisoles se pesaron. Los cálculos se hicieron por la formula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de la ceniza} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Conversión a base seca.

$$\frac{\% \text{ de Ceniza de la muestra "parcialmente seca"} \times 100}{\% \text{ de materia seca de la muestra "parcialmente seca"}}$$

4.6.-Perfil de Van Soest: Determinación de paredes celulares, Fibra neutro detergente.

En esta determinación se uso el método de Van Soest y Wine, (1967) en donde la determinación de la fibra neutro detergente fue usada para determinar las paredes celulares,

par ello un vaso de Berzellius, agregar en el mismo orden, solución neutra detergente y por triplicado, pesar un gramo de muestra con un error de ± 0.0001 se coloca en un vaso con decahidronaftaleno, sulfito de sodio anhidro, calentar 5 a 10 minutos, mantener la ebullición por 60 minutos, filtrar con vacío, usando crisoles Gooch pyrex^R con lecho filtrante de vidrio y porosidad gruesa previamente tarados. Se lavó la muestra con agua con volúmenes pequeños; varias veces y dos con acetona, luego se procedió a secar las muestras haciendo vacío y ya secas se colocaron en la estufa de deshidratados durante toda la noche a una temperatura de 105°C; ya fríos se pesaron.

El residuo que queda es registrado como paredes celulares.

$$\% p c = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{paredes celulares}) - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra.}}$$

Conversión a base seca.

$$\frac{\% \text{ paredes cel. en la muestra "tal como ofrecido"} \times 100}{\% \text{ " materia seca de la muestra "tal como ofrecido"}}$$

$$\frac{\% \text{ de paredes cel. en la muestra "parcialmente seco"} \times 100}{\% \text{ de materia seca de la muestra "parcialmente seco"}}$$

4.6.1.-Determinación del contenido celular (método de Van Soest)

El contenido celular equivale al valor resultante de la diferencia entre el porcentaje de paredes celulares y 100. Tal determinación se efectuó por el método de Van Soest y Wine, (1967).

4.6.2.-Determinación de fibra detergente ácido (FDA)

Bajo este procedimiento se determinó la ligno-celulosa de las muestras incluido también el sílice. En un vaso de Berzellius depositar un g de muestra, solución fibra ácido detergente (ADF) y decahidronaftaleno, colocarlo en el aparato para fibra hasta ebullición por 5-10 minutos mantener en reflujo durante 60 minutos a partir del inicio de la ebullición.

Filtrar, lavar con agua destilada caliente, evitado pérdidas, lavar con acetona, hasta la desaparición del color y espuma (Van Soest, 1963).
Secar a 105 °C por ocho horas, enfriar en el secador.

$$\% \text{ FDA} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{fibra} - \text{peso crisol}) \times 100}{\text{peso de la muestra en gr}}$$

Conversión en base seca;

$$\frac{\% \text{ ADF en muestra tal como ofrecido} \times 100}{\text{materia seca muestra tal como ofrecido}}$$

$$\frac{\% \text{ ADF muestra "parcialmente seco"} \times 100}{\% \text{ materia seca en muestra parcialmente seco}}$$

4.6.3.-Estimación de hemicelulosa

La estimación de la hemicelulosa se hizo por diferencia entre el valor de las paredes celulares y la fibra ácido detergente.

4.6.4.-Determinación de lignina por el método detergente ácido (ADL)

En este procedimiento se emplea como paso previo la determinación de fibra detergente ácido con lo cual se eliminan la proteína y otros materiales solubles los cuales causan interferencia con la determinación de la lignina. El procedimiento se fundamenta en que el residuo de fibra detergente ácido (FDA) consiste en lignocelulosa cuyo compuesto se disuelve y separa la celulosa por medio de una solución de H₂SO₄ al 72%, quedando la lignina y cenizas no solubles en ácido. La cutina se contabiliza como si fuera parte de la lignina. La determinación se llevó a cabo siguiendo el método de Van Soest (1963), el cual consiste en preparar el ADF de la muestra.

Los crisoles con FDA (fibra detergente ácida) se colocan un recipiente, cubrir el contenido con ácido sulfúrico al 72 % (15 °C) formar una pasta suave, de nuevo llenar a la mitad los crisoles repetir tres veces.

Mantener los crisoles a temperatura de 20 - 23 °C durante tres horas, filtrar ácido por medio de vacío, lavar con agua destilada caliente, secar 105 °C pesar, incinerar en la mufla a 500 °C durante 3 horas, ya fríos pesar.

% de lignina en base " tal como ofrecido o "parcialmente seco"

$$\text{Lignina} = \frac{\text{W crisol} + \text{Lignina} - \text{W crisol} + \text{cenizas} \times 100}{\text{W de la muestra.}}$$

Base seca:

$$\frac{\% \text{ de lignina en Muest. "tal como ofrecido"} \times 100}{\% \text{ de la materia seca "tal como ofrecido"}}$$

$$\frac{\% \text{ de lignina en muestr. "parcialmente seco"} \times 100}{\% \text{ de materia seca en muestra "parcialmente seco"}}$$

4.7.-Digestibilidad *in vitro* de la proteína

Se aplicó el método de Tilley y Terry, (1968) el cual consiste en colocar en un matraz Erlenmeyer de 200 ml, adicionar solución de pepsina 0.0002 % (preparada en ácido clorhídrico al 0.075 N), más 1 g de muestra (molida y tamizada en la malla número 30). Se digirió durante 16 horas en un baño María con movimiento horizontal y temperatura constante de 42 a 45 °C, filtrar en papel 5802S, luego se lavó con agua caliente.

$$\% D = \frac{(\text{Prot.} - \text{prot. residual})}{(\text{Prot. total}) (0.01)}$$

4.8.-Cuantificación de taninos condensados bajo el método de la vanilina en ácido, modificado por Burns (1971).

En la cuantificación de taninos se utilizó el procedimiento de la vanilina en ácido clorhídrico.

Se pesó por triplicado 0.5 gr de muestra, se colocó en tubos de ensaye plásticos de 15 ml, con tapa hermética, se extrajeron con 10 ml de ácido clorhídrico al 1 % en metanol durante 20 minutos, para esto se colocaron los tubos en una gradilla con tapadera, luego manualmente se agitaron invirtiéndolos durante 20 minutos, se centrifugó a 1000 rpm durante 10 minutos y se prepararon los estándares (en volumetrías de diez), 0, 0.5, 1, 1.5, 2 y 4 ml del estándar en los matraces volumétricos y aforaron con metanol, mediante el uso de una pipeta volumétrica, se tomó 1 ml de las soluciones estándares conocidos, en tubos de ensaye de 20 ml por duplicado (dos tubos por cada tubo usado para la extracción, uno sirve como blanco), después de lo anterior se colocaron en baño María calibrado a 30 °C en uno de los tubos se colocaron 5 ml del reactivo vanilina en ácido clorhídrico, en el otro tubo se adicionaron 5 ml de HCl al 4% en metanol es el tubo corrector, después de 20 minutos en el baño María se agita y se lee en el espectrofotómetro a 500 nm.

Los reactivos utilizados fueron: Acido clorhídrico al 1 % en metanol. Solución estándar, para prepararla se empleó 100 mg de catequina, aforados con metanol a 50 ml, se protegió de la luz. Acido clorhídrico en metanol, se pipetearon 8 ml de ácido clorhídrico y se aforó a 100 ml con metanol, con una concentración final de 8%. Vanilina al 4% en metanol. Se pesaron 4 g de vanilina y se aforaron en un matraz de 100 ml. Acido clorhídrico al 4% en metanol. Se midieron 4 ml de ácido clorhídrico y se aforaron a 100 ml.

Se corrió una curva de calibración en el espectrofotómetro, para ello se ajustó a cero con el blanco, luego se registraron las lecturas a .5, 1, 1.5, 2 y 4 lo mismo se hizo para 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.8 mg/ml de catequina. La lectura de la absorbancia sirve como eje de los valores en X, y los últimos como eje de los valores de Y en la curva de calibración.

Para establecer la concentración de las muestras, se lee la absorbancia de la muestra desconocida y se le resta la absorbancia del blanco.

Los resultados se expresan como equivalentes de catequina (mg e. c./ 0.1 g de muestra seca).

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis bromatológico

5.1.1. Harina de hojas

Los resultados de la presente investigación, son datos obtenidos de la evaluación química y nutricional de a diez harinas de tres especies del género *Leucaena*, estas harinas fueron: Harina de hojas, de frutos inmaduros y de frutos maduros. Las tres especies evaluadas fueron: *L. leucocephala*, *L. pulverulenta*, *L. greggii* y *L. Leucocephala* variedad k8, ésta última es una variedad resultante de la cruce entre plantas con un buen perfil nutricional y alta resistencia a condiciones climáticas adversas.

Las primera de las harinas evaluadas fueron las harinas de hojas colectadas en el mes de agosto. La humedad en estas harinas correspondientes a las tres especies, resultó menor en *L. leucocephala* variedad k8, con un valor promedio de 6.0 % y la más alta para *L. leucocephala* 10.7%, existiendo entre la primera y el resto de las especies diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) como lo indica la tabla 1.

Tabla 1. Valores promedio (% en base seca) y su desviación estándar del análisis bromatológico de harina de hojas de tres especies de *Leucaena*, colectadas en cuatro zonas ecológicas del estado de Nuevo León, México.

Especie	<i>L. leuco. k8</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. greggii</i>	<i>L. Pulverulenta</i>
Análisis				
Humedad	6.0 ± 0.12a*	10.7 ± 0.04b	10.4 ± 0.58b	9.8 ± 0.22b
F.M.S.	94.4 ± 0.00d	90.9 ± 0.00b	90.6 ± 0.00a	91.1 ± 0.00c
Proteína	28.3 ± 0.15d	23.3 ± 0.78b	16.9 ± 0.28a	25.3 ± 0.36c
Ext. etéreo	2.7 ± 0.07bc	2.9 ± 0.04c	2.3 ± 0.02a	2.5 ± 0.27ab
Cenizas	10.3 ± 0.35c	11.4 ± 0.08d	8.9 ± 0.08b	7.8 ± 0.03a
Fibra cruda	13.5 ± 0.35d	10.9 ± 0.08b	12.3 ± 0.08c	9.9 ± 0.03a

*Las literales diferentes, indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

Leucaena leucocephala, variedad k8, aunque presentó el mayor contenido de fibra cruda (13.5), registró igualmente la más elevada concentración porcentual de proteína con 28.3 del grupo de harinas de hojas analizado. La anterior situación no se presentó en *Leucaena greggii* la cual registró menor nivel proteico 16.9 (ver Tabla 1) con un contenido de fibra cruda muy alto, en relación con el de la proteína. Esto mismo se evidenció, en las harinas de hojas de *L. pulverulenta* y *L. leucocephala*, sólo que en situación intermedia con respecto *Leucaena leucocephala* y *Leucaena greggii*.

El análisis de varianza de la proteína, en las cuatro harinas, de las tres especies puso de manifiesto diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las harinas evaluadas.

El contenido de lípidos de extracto etéreo en las harinas de las hojas, resultó menor que en otras harinas de leguminosas no convencionales. La mayor concentración se encontró en harina de hojas de *L. leucocephala* con 2.9%, la cual está por debajo de la reportada por

Peñaflorida (1989), para la harina de *L. leucocephala*, con un promedio en base seca de 8.8%; de igual forma, en otras leguminosas, tales como las harinas de *Acacia* con una concentración de 5.10% y la harina de tamarindo con 5.6%. El análisis estadístico puso de manifiesto diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre *L. leucocephala* k8 y *L. greggii*, de igual forma, entre *L. leucocephala* y *greggii*, pero no entre *L. leucocephala* k8 y *Leucaena leucocephala* aunque sí hubo entre *L. leucocephala* var. K8 y *L. pulverulenta* y entre esta última y *L. greggii*. (Ver Tabla 1).

El mayor contenido de cenizas (harina de hojas) se encontró en *L. leucocephala* y el menor en *L. pulverulenta*. El resultado del análisis de fibra cruda fue más alto para *L. Leucocephala* variedad k8, con un promedio de 13.5% seguido de *L. greggii* 12.3%, y el menor contenido (9.9 %) se encontró en *L. Pulverulenta*, (ver Tabla 1). El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre las especies.

No se cuentan con datos a fin de hacer comparaciones con los resultados obtenidos en el análisis proximal, sólo en aquellos reportados para harina de hojas de *L. leucocephala* (Peñaflorida, 1989), donde la humedad reportada es concordante, pero no así la proteína de 27.3 % en base seca respecto a la encontrada en este trabajo de 23.3%, también difieren un poco la fibra 13.6 contra 10.9 (encontrada en esta investigación) y las cenizas de 13.8 contra 11.4 de este estudio.

5.1.2. -Harina de frutos inmaduros

Los frutos inmaduros (con semillas tiernas) evaluados inmediatamente después de la época de fructificación de cada una de las especies para *Leucaena leucocephala* en primavera, *L. greggii* en el mes de julio, *Leucaena pulverulenta* en el mes de noviembre y no fue posible analizar frutos de *L. Leucocephala* k8, ya que la fructificación no fue observada, debido a la prolongada sequía contemporánea a este estudio.

La concentración proteica, de harina de frutos inmaduros fue más alta en *L. leucocephala*, con un promedio porcentual de 23.3 (Tabla 2), seguida de *L. pulverulenta* 22.7 y la concentración menor correspondió a *L. greggii*. La prueba de rango múltiple (Zar, 1984) señala que, aunque no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la concentración de proteína entre la harina de frutos inmaduros de *L. leucocephala*, y la harina de frutos inmaduros de *L. pulverulenta*, sí detectó diferencia significativa ($P < 0.05$) en fibra cruda, por lo que pudiera ser que el mayor valor nutricional en cuanto a relación fibra proteína y digestibilidad, correspondió primero a la harina de frutos inmaduros de *L. leucocephala*, seguida de la harina de frutos inmaduros de *L. pulverulenta* y por último la harina de frutos inmaduros de *L. greggii*. (Ver tabla 2). Esta situación se ve confirmada por los resultados del análisis de digestibilidad *in vitro* de la proteína, la cual es disminuida con el incremento de la fibra cruda.

Los resultados de la tabla 2 indican que el contenido de lípidos por extracción etérea en harina de frutos inmaduros resultó homogéneo en todas las especies sin diferencias significativas ($p > 0.05$). Tanto el contenido de cenizas 8.3% como de fibra cruda 32.4% fueron mayores en *L. pulverulenta*, encontrándose diferencias significativas en ambos casos.

Tabla 2. Valor promedio en base seca y su desviación estándar, del análisis bromatológico de harina de frutos inmaduros de tres especies de *Leucaena*, muestreadas en tres localidades en el estado de Nuevo León, México.

Especie	<i>L. leuco. k8</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. greggii</i>	<i>L. Pulverulenta</i>
Análisis				
Humedad		10.1 ± 0.72a*	13.2 ± 0.32b	9.9 ± 0.59a
F.M.S.		88.3 ± 4.84b	88.3 ± 0.24a	91.3 ± 0.57b
Proteína		23.6 ± 2.36b	15.1 ± 1.34a	22.7 ± 1.18b
Lípidos		1.6 ± 0.03a	2.2 ± 1.28a	2.9 ± 0.16a
Cenizas		6.9 ± 0.31b	5.1 ± 0.07a	8.3 ± 0.00c
Fibra cruda		27.7 ± 0.63b	10.4 ± 0.06a	32.4 ± 0.32c

*Las literales diferentes, indican diferencias estadísticas significativas (P < 0.05).

No se encontró evidencia en la literatura revisada a cerca de la concentración de lípidos y otros nutrientes en harina de frutos, a fin de hacer comparaciones al respecto, sólo se encontraron valores reportados para harina de hojas de *L. leucocephala* reportados por Lovell, (1989) y Peñaflorida, (1989) y que son:

FMS	Proteína	Lípidos	Fibra cruda	Cenizas	ELN
88.4	27.82	8.48¹	9.48	9.63	44.23
92.0	29.10	6.20²	12.60	9.10	-

¹ Tomados de Lovell, (1989) FMS = Factor de Materia Seca

² Tomados de Peñaflorida, (1989) ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

5.1.3. - Harina de frutos maduros (semillas)

En las semillas de frutos maduros, se concentran altas cantidades de nutrientes posiblemente una estrategia biológica que favorece a la germinación y éxito de las plántulas, además se debe considerar que en la elaboración de harina de frutos maduros se desecho la vaina y sólo se molieron las semillas.

La harina de frutos maduros de *L. leucocephala* se analizó en el mes de octubre, la harina de *L. Pulverulenta* en el mes de diciembre y la harina de *L. greggii* a finales del mes de noviembre. A los frutos maduros (semillas) de todas las especies se les permitió madurar en las plantas.

La menor humedad (7.4%) y por lo tanto el mayor contenido de materia seca (93.3), en harina de frutos maduros de las tres especies evaluadas, se encontró en *Leucaena leucocephala*. Se registraron diferencias altamente significativas (p < 0.001) entre las especies en lo que se refiere a la humedad y materia seca.

Al hacer una comparación del contenido de proteína de las harinas de hojas, harina de frutos inmaduros y harina de frutos maduros, de todas las especies, se encontró que en las harinas de frutos maduros se tienen las mayores concentraciones de este nutriente. La concentración de proteína más elevada fue de 38.4 en *L. pulverulenta*, seguida de *L. leucocephala* con 31.4 (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio \pm desviación estándar, del análisis bromatológico de harinade frutos maduros de tres especies de *Leucaena*, provenientes de tres localidades de Nuevo León, México.

Especie	<i>L. leuco. k8</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. greggii</i>	<i>L. Pulverulenta</i>
Análisis				
Humedad		7.4 \pm 0.13a*	10.2 \pm 0.06c	8.6 \pm 0.03b
F.M.S.		93.3 \pm 0.00c	90.8 \pm 0.05a	92.1 \pm 0.00b
Proteína		31.4 \pm 0.59b	28.8 \pm 0.88a	38.4 \pm 1.43c
Lípidos		4.3 \pm 0.09b	0.8 \pm 0.12a	9.5 \pm 0.11c
Cenizas		4.9 \pm 0.01b	4.8 \pm 0.05a	6.4 \pm 0.01c
Fibra cruda		13.9 \pm 0.35b	9.4 \pm 0.15a	8.8 \pm 0.72a

*Las literales diferentes, indican diferencias altamente significativas ($P < 0.01$)

F.M.S. = Factor de Materia Seca.

La mejor relación de fibra cruda-proteína se encontró en la harina de frutos maduros de *L. pulverulenta*, por lo que la mejor digestibilidad *in vitro* de la proteína se presentó en esta harina. Por otra parte aunque *Leucaena leucocephala* presentó el mayor porcentaje de fibra cruda, su digestibilidad es mayor que en la harina de frutos maduros de *Leucaena greggii*, lo anterior se debió a que la digestibilidad es mejorada con el incremento de la proteína, mayor en *L leucocephala* en comparación a *L greggii*. (Ver Tabla 3).

La harina con mayor porcentaje de extracto etéreo, tanto de hojas, como de frutos maduros e inmaduros, de las tres especies, se encontró en la harina de frutos maduros de *L. Pulverulenta* con un promedio de 9.5, (ver tabla 3). En todos los casos se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Si se compara el extracto etéreo reportado para harinas de granos secos de otras semillas convencionales, con harina de frutos maduros de las tres especies que se evaluaron; en estas últimas, es mayor su contenido (no para la harina de *L. greggii*) en la harina de trigo duro se reportan 1.6%, harina de trigo blando 1.6%, harina de granos de sorgo milo 2.8 %, harina de granos de maíz amarillo con 3.8% N.R.C.F., (1981).

De acuerdo con la Tabla 3, el mayor contenido de cenizas se encontró en *L. pulverulenta* 6.4 y es en esta misma especie se encontró el menor porcentaje de fibra cruda 8.8, superada por *L. leucocephala* con 13.9 y con un contenido de cenizas de 4.94.

5.2. Perfil de Van Soest

5.2.1. Harina de hojas

Los carbohidratos estructurales constituyentes de la pared celular o fibra detergente neutra (FDN), de las plantas; las leguminosas después de los cereales, son la fuente más importante de pared celular, aunque su contenido es dependiente de la especie, variedad, estado de madurez de los frutos cosechados y del proceso al que son sometidos. Por tal motivo en este estudio se encontró variación en las concentraciones de paredes celulares; con valores altos, esto es si se les compara con otras harinas no convencionales con potencial nutritivo usadas en dietas para camarón, (Peñaflorida, 1989): Harina húmeda de papa 13.64 %, harina de *Acacia* 24.06% y harina de tamarindo 14.03%. Los valores

obtenidos en este estudio se muestran en la Tabla 4. Los valores de fibra neutro detergente (FDN), encontrados en *L. greggii*, resultaron mayores (41.2) y el menor contenido, se presentó en *L. leucocephala* con 24.0, al comparar las harinas de frutos maduros de las tres especies se encontraron diferencias altamente significativas en todas ellas ($p < 0.01$).

La especie con mayor concentración de hemicelulosa fue la harina de hojas de *L. greggii* con un promedio 14.9% y un valor menor (9.1) se encontró en *L. leucocephala* variedad k8, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre *L. leucocephala* variedad k8 y *L. Greggii*, entre *L. leucocephala* y *L. pulverulenta*, así mismo entre *L. leucocephala* y *L. pulverulenta* ($p < 0.01$). La FDA, se presentó en un mayor porcentaje en la especie *greggii* con un promedio de 26.3, le siguió *L. pulverulenta* con 16.7 y el menor contenido de 14.1 fue registrado en *L. leucocephala*. Se encontraron diferencias entre *L. leucocephala* k8 y *L. greggii*, *L. leucocephala* y *L. greggii* con *Leucaena pulverulenta* (Tabla 4).

Es posible que los altos valores en fibra sean debidos al sistema de soporte de las hojas con las que se elaboraron las harinas ya que se molieron las hojas completas y algunas porciones de yemas de crecimiento jóvenes de las plantas.

El contenido de lignina fue homogéneo entre las muestras, con excepción de *L. greggii* que tuvo la más alta concentración (16.0). En *L. leucocephala* se registró el menor contenido en promedio (6.9). La celulosa, tuvo el valor promedio más alto (10.5) en *L. greggii*, y *L. leucocephala* variedad k8 (9.4), el valor promedio más bajo se encontró en *L. pulverulenta* con 8.1, (ver Tabla 4).

Tabla 4.- Análisis del perfil de Van Soest, de harina de hojas de tres especies de *Leucaena*, (valores promedio, base seca); de cuatro zonas ecológicas del estado de Nuevo León, México.

Espece	<i>L. leuco. k8</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. greggii</i>	<i>L. Pulverulenta</i>
Análisis				
F.M.S.	94.4 ± 0.00d	90.9 ± 0.00b	90.1 ± 0.00a	91.1 ± 0.00c
F.D.A.	16.3 ± 0.80a	14.1 ± 0.56a	26.3 ± 1.46b	16.7 ± 2.46a
F.D.N.	25.4 ± 0.42b	24.0 ± 0.28a	41.2 ± 0.78d	31.4 ± 0.27c
Celulosa	9.4 ± 0.96b	7.1 ± 0.46a	10.5 ± 0.05c	8.1 ± 0.26a
Lignina	7.0 ± 0.28a	6.9 ± 0.15a	16.0 ± 1.53b	8.6 ± 2.49a
Cenizas	0.02 ± 0.00a	0.1 ± 0.04a	0.02 ± 0.00a	0.0 ± 0.03a
Hemicelulosa	9.1 ± 1.21a	10.0 ± 0.34a	14.9 ± 2.02b	14.7 ± 2.49b
Conten celular	74.6 ± 0.42c	76.0 ± 0.28d	58.8 ± 0.78a	68.5 ± 0.17b
Pared celular	25.4 ± 0.42b	24.0 ± 0.28a	41.2 ± 0.78d	31.4 ± 4.54c

* Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.01$).

El análisis aplicado a los contenidos de cenizas insolubles mostró diferencias significativas ($p < 0.05$). El mayor contenido se encontró en *L. Leucocephala* (0.1), seguida por *L. pulverulenta* con 0.03. El mayor contenido celular (76.0%) fue encontrado en *L. leucocephala*, y el menor en *L. greggii* (58.8%), dado la naturaleza fibrosa de los componentes de la planta.

En el análisis de comparaciones múltiples para el contenido y paredes celulares arrojó

diferencias significativas ($P < 0.05$) para las harinas de las especies comprendidas en este estudio (Ver Tabla 4).

5.2.2. -Harina de frutos inmaduros

En la tabla 5 se muestran los valores determinados por el perfil de Van Soest. La materia seca total en *L. pulverulenta* mostró el mayor contenido (90.98) y *L. leucocephala*, registró el menor valor (88.33%), existiendo una diferencia marginal con respecto a *L. greggii* cuyo promedio porcentual fue 88.34. La (FDA), tuvo un mayor contenido en *L. pulverulenta* con un promedio de 37.3, siendo más bajo en *L. greggii* (21.8). Los resultados pusieron en evidencia diferencias significativas ($P < 0.05$) para todas las harinas de todas las especies, (ver tabla 5).

Tabla 5. Valores promedio y su \pm desviación estándar, del análisis del perfil de Van Soest, de harina de frutos inmaduros, de tres especies de *Leucaena*, muestreados en tres localidades del estado de Nuevo León, México.

Especie	<i>L. leuco. k8</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. greggii</i>	<i>L. Pulverulenta</i>
Análisis				
F.M.S.	88.3 \pm 0.00a*	88.3 \pm 0.00b	91.0 \pm 0.00c	
F.D.A.	35.7 \pm 0.43b	21.8 \pm 0.69a	37.3 \pm 0.31c	
F.D.N.	52.0 \pm 0.89b	37.3 \pm 1.15a	51.2 \pm 2.77b	
Celulosa	26.0 \pm 0.64c	16.1 \pm 1.08a	22.6 \pm 2.68b	
Lignina	9.7 \pm 0.29b	5.7 \pm 0.41a	14.7 \pm 2.67c	
Cenizas	0.0 \pm 0.01a	0.0 \pm 0.00a	0.1 \pm 0.04a	
Hemicelulosa	16.3 \pm 1.29a	15.6 \pm 0.87a	13.9 \pm 2.65a	
Contenido celular	48.0 \pm 0.89a	62.7 \pm 1.15b	47.0 \pm 2.08a	
Pared Celular	52.0 \pm 0.89b	37.3 \pm 1.15a	55.1 \pm 2.08c	

* Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

F.M.S. = factor de materia seca

F.D.A. = Fibra Detergente Ácido

F.D.A. = Fibra Detergente Neutro

La (FDN) fibra detergente neutra se encontró en una mayor proporción en la harina de *L. leucocephala* (52%), siendo menor en *L. greggii* con 37.3%. Fueron encontradas diferencias significativas entre las especies *L. leucocephala* y *L. greggii* y entre esta última y *L. pulverulenta*, ($p < 0.01$). La celulosa fue más elevada en *L. leucocephala* con 26.0, seguida de *L. pulverulenta* con 22.6. La lignina, encontrada en *L. Pulverulenta* (14.7) fue más alta que en *L. Leucocephala* con 9.67. Todas las especies presentaron diferencias significativas para el contenido de lignina, pero no así en las cenizas, (ver Tabla 5).

El carbohidrato estructural hemicelulosa fue mayor en *L. leucocephala*, aunque no se detectaron diferencias significantes ($P > 0.05$), respecto a las demás especies. El mayor contenido celular se presentó en *L. greggii* (62.7%) en cantidad menor con 48.00 se encontró en *L. leucocephala*, observándose diferencias significativas entre las especies *leucocephala* y *greggii*, así como entre *greggii* y *pulverulenta*, pero no entre *L. leucocephala* y *L. pulverulenta* ($p > 0.05$). Dado que a mayor contenido celular corresponde

un menor valor de pared celular correspondió a *L. greggii* el valor más bajo (pares celulares) con 37.3 y el mayor a *L. pulverulenta* 55.1% (ver Tabla 5).

5.2.3. -Harina de frutos maduros

De las tres harinas de frutos maduros analizadas, la especie que mayor contenido de materia seca (menor humedad), fue *L. leucocephala* 93.3%, seguida por *L. pulverulenta* con 92.1%, mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) en las harinas de todas las especies. (Tabla 6).

Tabla 6. Valores promedio y su desviación estándar del análisis del perfil de Van Soest de harina de frutos maduros de tres especies de *Leucaena*, colectadas en tres zonas ecológicas del Estado de Nuevo León, México.

Especie	<i>L. leuco. k8</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. greggii</i>	<i>L. Pulverulenta</i>
Análisis				
F.M.S.	93.3 ± 0.00c	90.8 ± 0.00a	92.1 ± 0.00b	
F.D.A.	22.7 ± 0.37b	23.0 ± 0.28b	4.7 ± 1.14a	
F.D.N.	39.7 ± 1.16b	44.4 ± 2.10c	22.3 ± 0.55a	
Celulosa	19.6 ± 1.73c	16.5 ± 1.13b	10.1 ± 0.17a	
Lignina	3.2 ± 1.34a	6.5 ± 0.84b	4.8 ± 0.98ab	
Cenizas	0.0 ± 0.02a	0.04 ± 0.00a	0.2 ± 0.02b	
Hemicelulosa	17.0 ± 1.50b	21.4 ± 1.86c	7.6 ± 0.91a	
Contenido cel.	60.3 ± 1.16b	55.7 ± 2.11a	77.7 ± 0.55c	
Pared Celular	39.7 ± 1.16b	44.4 ± 2.11c	22.3 ± 0.55a	

* Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

F.M.S. = factor de materia seca

F.D.A. = Fibra Detergente Ácido

F.D.A. = Fibra Detergente Neutro

Cel. = Celular

La fibra detergente ácida (FDA) en la harina de frutos maduros fue mayor en *L. greggii* con 23.08 aunque no hubo diferencias significativas respecto a *L. leucocephala* cuyo resultado encontrado fue el 22.7%, sin embargo, el valor encontrado para *L. pulverulenta* (4.7) está muy por debajo de los valores encontrados para las dos primeras. La FDN, fue mayor para *L. greggii*, (44.4). Si se analizan los valores de FDN entre frutos inmaduros y maduros de las tres especies, los resultados de pudieran parecer contradictorios al proceso fisiológico de maduración de los frutos, ya que se espera un contenido de fibra mayor en los frutos maduros que en los inmaduros, sin embargo los resultados de FDN (Tabla 6), para las harinas de frutos maduros son menores que para las de frutos inmaduros (excepto para *L. greggii* cuyas semillas son muy fibrosas). Esto se debe a que las harinas de frutos inmaduros fueron elaboradas incluyendo la vaina mientras que las harinas de frutos maduros sólo se molieron las semillas.

La harina de frutos maduros con más celulosa fue la de *L. leucocephala* (19.6) y el menor contenido se encontró en *L. pulverulenta* en una cantidad de 10.14. Al hacer una comparación entre los grupos, se constata que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en las harinas de frutos maduros de todas las especies. La lignina se presentó en una mayor proporción en *L. greggii* (6.5), seguida por *L. pulverulenta* (4.8) donde hubo

diferencias significativas ($p < 0.05$) en *L. leucocephala* respecto a las especies *L. greggii* y *L. pulverulenta*. *L. pulverulenta* superó en contenido de cenizas (0.2) a las especies *L. leucocephala* y *L. greggii* ya que estas dos últimas presentaron 0.02 y 0.04% respectivamente (Ver Tabla 6). El mayor contenido de hemicelulosa se registró en *L. greggii* con un promedio 21.4 seguido por *L. leucocephala* con 17.0, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las harinas. El mayor contenido celular se encontró en la harina de frutos maduros de *L. pulverulenta* (77.7%) y el menor contenido de paredes celulares (22.3%); le siguió en riqueza celular *L. leucocephala* con 60.33, (ver Tabla 6).

5.3. Digestibilidad *in vitro* de la proteína.

5.3.1. Harina de hojas

La Tabla 7 presenta el análisis de digestibilidad *in vitro* de la proteína, de la harina de hojas *L. leucocephala* variedad k8. Los resultados indican que el mayor coeficiente de digestibilidad *in vitro* de la proteína (75.01). Ver Tabla 7. No obstante, que esta presentó un alto contenido de fibra cruda (factor que afecta negativamente la digestibilidad proteica). También resultó la menos tánica (situación que favorece la digestibilidad de la proteína) del grupo de harina de hojas. La harina de hojas de *L. greggii* resultó con menor coeficiente de digestibilidad incluso resultó con la más baja digestibilidad de todas las harinas evaluadas en esta investigación. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el coeficiente de digestibilidad *in vitro* de la proteína, en la harina de hojas de las tres especies incluida la variedad k8.

Se sabe que la lignina es indigestible y esta se encontró en una alta concentración en (16.02) en las hojas de *L. greggii*, la cual pudo haber influido negativamente sobre la DIVPC de esta harina.

5.3.2. -Harina de frutos inmaduros

La digestibilidad de la proteína cruda (digestibilidad el nitrógeno de la proteína cruda) de la harina de frutos inmaduros resultó superior a la encontrada en harina de hojas para las tres especies.

Tabla 7. Valores promedio y desviación estándar del análisis de digestibilidad *in vitro* de la proteína de tres especies de *Leucaena*, provenientes de cuatro localidades del estado de Nuevo León, México.

Análisis	DHH	DHFI	DHFM
Especie			
<i>L. leucocephala</i> k8	75.0 ± 0.47d*	-	-
<i>L. leucocephala</i>	54.4 ± 0.17b	80.8 ± 0.21c	76.3 ± 1.62a
<i>L. greggii</i>	37.0 ± 0.59a	61.1 ± 0.00a	74.7 ± 1.77a
<i>L. pulverulenta</i>	62.2 ± 0.34c	75.7 ± 1.2b	91.8 ± 1.18b

* literales diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$)

DHH = Digestibilidad de Harina de Hojas

DHFI = Digestibilidad de Harina de Frutos Inmaduros

DHFM = Digestibilidad de Harina de Frutos Maduros

En la harina de frutos inmaduros de *L. leucocephala* se encontró digestibilidad mayor (80.8), en ella también se registraron los mayores contenidos en proteína y taninos, estas últimas afectan la digestibilidad positiva y negativamente respectivamente. En *L. greggii*, se encontró valores de digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda (61.1), en comparación con *L. leucocephala* no presentó taninos, su concentración proteica resultó la más baja de todas las harinas de frutos inmaduros; por lo que tal vez, bajó su (DIVPC). En *L. pulverulenta* la digestibilidad proteica resultó intermedia (Tabla 7)

Respecto a las especies *L. leucocephala* y *L. greggii*, aunque en su harina no se encontraron taninos y su concentración proteica es elevada, igual que en el caso anterior el valor de la digestibilidad *in vivo* de la proteína cruda es disminuyo, por la alta concentración de fibra cruda. Las determinaciones de la digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda (DIVPC), en las harinas de frutos inmaduros de todas las especies mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$). El contenido de taninos condensados no afectó la digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda (DIVPC) de las harinas de *L. leucocephala* y *L. pulverulenta*, pero si, a la harina de frutos inmaduros de *Leucaena greggii*, disminuyendo su DIVPC (ver Tabla 7).

5.3.3. -Harina de frutos maduros

La harina de frutos maduros de *L. pulverulenta* (91.78) presentó una mayor digestibilidad proteica, en ella también se encontró la mayor concentración de proteína, el menor contenido en fibra y no se encontraron evidencias de taninos (0.0) lo cual favoce el porcentaje de digestibilidad (ver Tabla 7). Las harinas de frutos maduros de *Leucaena leucocephala* y *L. greggii* no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), no obstante, el mayor contenido de fibra cruda en *L. leucocephala*, la cual compensa su baja digestibilidad proteica con un contenido más elevado de proteína.

5.4. Taninos

5.4.1. Harina de hojas

La mayor concentración de taninos fue encontrada en *Leucaena pulverulenta* (3.04) seguida por *L. leucocephala* y *L. greggii*, (2.96 en ambas). Tabla 8. Corresponden al análisis de este grupo de harinas donde no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre estas dos últimas especies, pero si entre ellas y *L. pulverulenta* y *L. leucocephala* variedad k8 que fue la especie con menor concentración de taninos (0.64).

Tabla 8. Valores promedio \pm desviación estándar, de la cuantificación de taninos en harina de hojas, harina de frutos inmaduros y maduros, de tres especies de *Leucaena*, colectadas en cuatro zonas ecológicas del estado de Nuevo León, México

Análisis	THH	THFI	THFM
<i>L. leucocephala</i> k8	0.6402 \pm 0.006a*		
<i>L. leucocephala</i>	2.9626 \pm 0.035b	5.7932 \pm 0.02b	0.0000 \pm 0.000a
<i>L. greggii</i>	2.9600 \pm 0.029b	6.4661 \pm 0.23c	0.5921 \pm 0.000b
<i>L. pulverulenta</i>	3.0400 \pm 3.045c	0.0000 \pm 0.00a	0.0000 \pm 0.000a

Literales diferentes, indican diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$)

THH = Taninos en Harina de Hojas

THFI = Taninos en Harina de Frutos Inmaduros

THFM = Taninos en Harina de Frutos Maduros

5.4.2. Harina de frutos inmaduros

Las harinas de frutos inmaduros fueron las que mayor concentración de taninos presentaron, lo cual resulta lógico ya que los frutos de otra leguminosas exhiben este mismo comportamiento y diversos autores como Braverman, (1967) concuerdan con ello; más sin embargo, en este trabajo en la harina correspondiente a *L. pulverulenta* no se detectaron taninos; en cambio *L. greggii* presentó la más alta concentración (6.46), seguida por *L. leucocephala* con 5.79 ppm. El análisis de varianza en este grupo de harinas puso de manifiesto diferencias altamente significativas ($P < 0.05$) en el contenido de taninos entre las especies en estudio.

5.4.3. - Harina de frutos maduros

El contenido de taninos en los frutos es desigual en las distintas especies y en la misma especie varia con la madurez de estos. Su máxima concentración se encuentra en frutos bajo la fase de crecimiento y disminuyen al madurar.

La especie que presentó la mayor concentración de taninos de este grupo de harinas fue *Leucaena greggii*, con 0.59 ppm y no fueron detectados en *L. Leucocephala* var. K8 y *L. Pulverulenta*. A pesar de la baja concentración de taninos condensados encontrada en *L. Greggii* el análisis de comparaciones múltiples detectó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre esta última especie y las otras dos harinas de frutos maduros analizadas.

VI.-CONCLUSIONES

1. De los estudios realizados sobre el grupo de harinas de hojas las de *Leucaena leucocephala* variedad k8, pusieron en evidencia su elevado contenido celular, con el más alto nivel de proteína además de una elevada digestibilidad *in vitro*, bajos contenidos de taninos y relativamente poca pared celular, le imparten a su perfil químico y nutricional, características deseables en la alimentación de organismos acuáticos y otras especies.
2. La harina de hojas de *Leucaena greggii*, tienen un perfil nutricional de menor calidad, por su más bajo contenido celular, menor concentración de proteína y de baja digestibilidad, todo esto aunados al alto contenido de taninos y lignina, a pesar de lo anterior estas harinas son útiles en la alimentación de rumiantes y con menor beneficio en organismos poco tolerantes a fibras, lignina y taninos.
3. La harina de frutos inmaduros de *Leucaena greggii*, por su bajo porcentaje de carbohidratos estructurales, alto contenido celular escaso valor en proteína, así como una baja digestibilidad y elevada concentración de taninos, le imparten a la harina características de baja calidad; Por lo que esta solo es apta para el consumo de rumiantes debido a que estos toleran más altos valores de fibra y taninos que de acuerdo con D' mello, (1992) pueden suprimir los gases y ayudan a evitar la excesiva degradación de la alta calidad proteica.
4. Por otra parte la harina de frutos inmaduros de *L. leucocephala* tiene una elevada concentración proteica, con un contenido medio de paredes celulares, un bajo nivel en fibra cruda y una elevada digestibilidad *in vitro* de la proteína. No obstante, sus propiedades tánicas, todo esto ubica a esas harinas en posibilidad de ser utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados para animales terrestres y acuáticos.
5. El contenido celular de la harina de frutos maduros de *Leucaena greggii* es bajo comparado con las otras dos harinas de ese grupo, sus células con una elevada cantidad en paredes celulares, encierran un contenido celular relativamente pobre y con bajo contenido proteico de baja digestibilidad, por lo que su contenido químico y nutricional es pobre y poco útil en la alimentación de organismos no rumiantes.
6. La harina de frutos maduros de *L. pulverulenta*, tiene un perfil nutricional adecuado, por su alto contenido celular, el cual posee un alto porcentaje de proteína, de elevada digestibilidad, dado su baja cantidad de carbohidratos estructurales (paredes celulares) y la ausencia de taninos. La harina de estos mismos frutos en *L. leucocephala* presenta un perfil químico y nutricional similar, ambos con potencial que lo hacen adecuado para la nutrición de organismos rumiantes, no rumiantes y organismos acuáticos.

VII.- BIBLIOGRAFÍA.

- Ahamad, A.S., 1996. Carbohydrate nutrition under different dietary conditions in prawn *Penaeus indicus*. J. Aquacult. Trop. Vol. 11, (1): 13-25.
- Akiyama, D.M., 1993. El uso de productos a base de soya y de otros suplementos protéicos vegetales en alimentos para acuicultura. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de alimentos para Acuicultura. Editores Cruz S., Ricque M., Mendoza A.: 257- 269.
- Akiyanma, D.M., D. Warren. and A. Lawrence., 1993. Nutrición de Camarones Peneidos para la Industria de Alimentos Comerciales. Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Editores Cruz S., Ricque M., Mendoza A: 43 - 79.
- AOAC, (Association of Official Analytical Chemist), 1960. 9th Edition. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D. C.
- AOAC, (Association of Official Analytical Chemist), 1960. 10th Edition. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D. C.
- AOAC, (Association of Official Analytical Chemist), 1990. Official methods Of Analysis. 15^a Edition. Kenneth Helrich, Editor. AOAC. Virginia USA.
- Allison, M.J., A.C. Hammond, R.J. Jones, (1990). Detection of ruminal bacteria that degrade toxic dihydroxypyridine compounds produced from mimosine. Applied and environmental microbiology 56: 3 590 - 594.
- Araneda, G., 1990. Utilización de *Leucaena leucocephala* en dietas balanceadas para camarones peneidos. INVEST. MAR. CIMAR vol. 5, (1): 39-46.
- Badui, S. 1990., Química de los Alimentos. 2^a Edición. Editorial Alambra Mexicana, S. A. de C. V. México. pp. 557 - 634.
- Bendeck, N.L., R. Foroughbakch, 1988; Distribution and phenology of *Leucaena greggii* S. Watson in northeastern México. *Leucaena* Research Reports (9): 66 - 68.
- Braverman, J.B.S., (1967). Introducción a la bioquímica de los alimentos. Primera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona España 253 - 254 y 316.
- Brewbaker J.L., 1985^b The genetic vulnerability of single variety plantations of *Leucaena*. *Leucaena* Res. Reports 6: 81 - 83.
- Brewbaker J.L., 1985^a. Revision of genus *Leucaena* (Mimosiideae Leguminosae). *Leucaena* Res. Reports 6: 78 - 80.
- Brewbaker, J. L. y C. T. Sorensson. 1992., Domestication of Lesser - known species in the genus *Leucaena*. HMSO publishing. Forest Symposium 1: 23 - 28 United Kingdom, pp 195 - 204.
- Burns, R.E. (1971). Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agronomy Journal*. 63:511 - 512.
- Conn, E.E., P.K. Stumpf., 1976. Bioquímica fundamental. Tercera edición. Departamento de Bioquímica y Biofísica. Universidad de California, en Davis. Edit. Limusa p 163.
- CFTRI, Central Foof Technological Research Institute, 1977. Grains Legumes: Processing and Storage problems. *Food nutrition Bulletin*. 1(2): 1- 3.

- Costa de Lucena, Newton, and J. Ribamar de Cruz – Oliveira., 1992. Effect of cutting height on the yield and protein content of *Leucaena*. *Leucaena Res. Reports* 13: 6 – 8.
- Cochran, W.G., 1990. Técnicas de muestreo. Edit. CECSA. pp 513.
- Chadhaker P. A., 1982. *Gliricidia maculata*, une legumineuse Fourragere prometeuse, Rev. Mond. Zootech. 44: 36 - 43.
- Chamberlain, G.W., 1994. Investigación de frontera en nutrición acuicola. Segundo simposium internacional de nutrición acuicola. Editores Mendoza A., Cruz S., Ricque M: 27 - 33.
- Chaturvedi, O.P., Jha,-An., 1992. Studies on allelopathic potential of an important agroforestry species. *Forest Ecology and Management*. 53: 1 (4): 91-98.
- Cheftel, J.C., Cheftel, H., Besancon, Pierre. (1977). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol. I. Zaragoza España. pp. 1 - 399.
- DETENAL. Departamento de Exploración del Territorio nacional, 1993.
- D'Mello, JPF., 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. Department of Crop Science and Technology, Scottish Agricultural College. *Animal Feed Science and Technology*. 38: (2/3): 237-261.
- D'Mello, JPF; T. Acamovic., 1989. *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition. A review. *Animal Feed Science and Technology*. 26 (1-2): 1-28.
- D'Mello, JPF., 1991. Tropical legumes and their toxic constituents. toxic factors in crop plants. Proceedings of the second spring conference, (Edinburgh 22 March, 1991 Edit. by D'Mello, Dufus: 48-61.
- Dutra de Oliveira J. E., 1973. Estudios on the nutritive value of beans. In nutritional aspects of common beans *Phaseolus vulgaris* and other legumes seeds as animal and human foods. W.G. Jaffe (Ed.); USAID SLAN. Ribeirao Preto, Brasil p. 13.
- Ezenwa, I. U. and K. U. Alasiri., 1991. Use of leguminouse tree leaves as nutrient sources for maize in a lateritic soil, Nitrogen Fixing Tree Res. Rep. 9: 21 - 25.
- Felker, P. 1979. Uses and potential uses of leguminous trees for minimal energy input agriculture: *Econ Bot*, 33,: 2 -172.
- Ferraris, R.P., M.R. Catacutan, R.L. Mabelin, A.P. Jazul., 1986. Digestibility in milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): Effects of protein source, fish size and salinity. *Aquaculture*. 59, (2): 93-05.
- Foroughbakhch, R. y L. A. Hauad, 1989. Potencial forrajero de tres especies de *Leucaena* en el noreste de México: Respuesta a diferentes espaciamientos., Reporte científico No. 12: 1- 31. Facultad de Ciencias Forestales, Linares N. L., México.
- Foroughbakhch, R. y L.A. Hauad, 1990. Comparative Performance of Fourteen Species and Varieties of *Leucaena* in Northeastern Mexico. *Leucaena Res. Reports.*, Volume 12: 78-80.
- Foroughbakhch R. 1992. Establishment and growth potential of fuelwood species in northeastern Mexico: *Agroforestry Systems*. 19: 95-108.
- Guerra, P.S. 1996. Factores Edafoclimáticos que Influyen en el Comportamiento y productividad de tres especies del género *Leucaena* (Benth.) en el estado de Nuevo León. Tesis Fac. C. Biológicas, U.A.N.L. 57pp.

- Hammond, AC. *Leucaena* toxicosis and its control in ruminants. Journal of animal science. 1995, 73: 5, 1487- 1492.
- Harris Lorin E., 1970. Nutrition research techniques for domestic and wild animals. published by L. E. Harris. Utah. U.S.A. 432pp.
- Hasan M.R., M. Moniruzzaman, A.M. Omar-Farooque., 1989. Evaluation of *Leucaena* and water hyacinth leaf meal as dietary protein sources of the fry of Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). Asian Fisheries Forum, Tokyo (Japan), 17 (22): 275 - 278.
- Hasan, M.R., P.K. Roy, A.M. Akand., 1994. Evaluation of *Leucaena* leaf meal as a dietary protein source for Indian major carp (*Labeo rohita*) fingerlings. Aquaculture 124, (1 - 4): 65-66.
- Hauad Marroquin, LA; R. Foroughbakhch., 1991. Variation in mimosine content among three species of *Leucaena* in eastern Nuevo Leon, Mexico. *Leucaena* Research Reports., 12: 63-65.
- Hughes, C.E., 1993. *Leucaena* Genetic Resources The OFI *Leucaena* Seed Collections and a Synopsis Species. University of Oxford. Characteristics., Oxford Forestry Institute Department of plant Sciences.
- Jafri, A.K.; M Farooq-Anwar., 1995. Protein digestibility of some low - cost feedstuffs in fingerling Indian major carps: Fish Nutr. Res. Lab., Aligarh Muslim Univ., Aligarh 202 002, India: ASIAN - FISH.- SCI. 8, (1): 47-53.
- Jingbao, X. and Wang Hongfeng., 1994. Introduction and development of *Leucaena leucocephala* in Guang dong province. Nitrogen Fixing Tree Res. Rep. volume 12: 114 - 117.
- Jones, RJ; R.G Megarrity., 1986. Successful transfer of DHP degrading bacteria from Hawaiian goats to Australian ruminants to overcome the toxicity of *Leucaena*. Australian Veterinary Journal. 63 (8): 259-262.
- Jones, RJ; MP Hegarty., 1984. The effect of different proportions of *Leucaena leucocephala* in the diet of cattle on growth, feed intake, thyroid function and urinary excretion of hydroxy-4(1H) - pyridone. Australian-J. Of Agricultural Research. 35 (2): 317 - 325.
- Jones, R.M.; G.A. Bunch., (1995). Long term records of legume persistence and animal production from pastures based on Safari Kenya clover and *Leucaena* in subtropical coastal Queensland. Tropical grasslands. 29 (2): 74 - 80.
- Karunyal S., 1994. Effects of tannery effluent on seed Germination, leaf area, biomass and mineral content of some plants. Madurai Kamaraj University, Madurai, India: Bioresour Technol, 47 (3): 21 - 54.
- Kathiresan, K.; S. Ravikumar., 1995. Influence of tannins, sugars and amino acids on bacterial load of marine halophytes: E. Ecol. 13, (1): 94-96.
- Krogdahl, A., 1990. Alternative protein sources from plants contain antinutrients affecting digestion in salmonids. Akvaforsk, Inst. Aquacult. Res., N-1432 AS-NLH, orway: The Current status Fish Nutrition In Aquaculture. The Proceedings Of The Third International Symposium On Feeding And Nutrition In Fish. August 28 a September 1 of 1989. TOBA, Takeda M.; Watanabe, T. -eds. pp. 253-261.

1020129216

- Limcangco - Lopez P. D. 1989. The Use of Shrubs and Tree Fodders by Nonruminants. Univ of the Philippines at Los Banos, College, Laguna; Int Dev Res Centre Shrubs & Tree Fodders for Farm Animals Workshop, Denpasar, Indonesia, Jul 24 - 29 89: 15 - 61
- Lim,-C.; W. Dominy., 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. Proceedings of the People's Republic of China Aquaculture and Feed Workshop, september 17 - 30, Akiyama, D.M. Ed. Singapore Singapore American Soybean Assoc. 143-163.
- Lowry, JB., 1983. Detoxification of *Leucaena* by enzymic or microbial processes. Project for Anim. Res. and Development, Bogor, Indonesia *Leucaena* research in the Asian - Pacific region. 49 - 54, Ottawa, Ontario, Canada.
- Lovell, T.; 1989. Nutrition and feeding of fish . Auburn University, Van Nostrand Reinhold USA. pp. 240 - 242.
- McGoogan, B.B.; R.C., Reigh., 1996. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets: School of Forestry Wildlife and Fisheries Louisiana Agricultural Experiment Station: Aquaculture 141, (3-4): 233-244
- Megarrity, RG;R.J. Jones., 1983. Toxicity of *Leucaena leucocephala* in ruminants: the effect of supplemental thyroxine on goats fed on a sole diet of *Leucaena*. Australian J. Of Agricultural Research. 34 (6): 791-798.
- Moozhiyil, M. J. Pallauf., 1986. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and its potential as feed source for ruminants. 40 (3): 375 -383.
- Nandeesh, M.C.; G.K. Srikanth; P. Keshavanath; S.K. Das., 1990. Protein and fat digestibility of five feed ingredients by an Indian major carp, *Catla catla* (Ham.) Asian Fish Nutrition Workshop, Vijayawada (India).
- NFTA, Nitrogen Fixing Tree Association, 1989. Por que árboles fijadores de nitrógeno?: Panorama general de los árboles fijadores de nitrógeno. NFTA, Waimanalo, Hawaii, USA, pp. 4.
- NRCF, Nutrient Requirements of Coldwater Fishes, (1981). National Academy Press. pp 63.
- Ofojekwu, P.C.; R.I. Keke.; G.N. Asala.; J.C. Anosike., 1994. Evaluation of ater hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and groundnut cake as dietary components in feeds for *Oreochromis niloticus* (L.): Univ. Jos, Dep. Zool., Fish. and Hydrobiol. Res. Unit, Private Mail Bag 2084, Jos, Nigeria: Acta Hydrobiol. Cracow 36 (2): 227-233.
- Olvera - Navoa M. A., G.S., Campos, G.M. Sabido, and C. A. Martinez., 1990. The use of Alfalfa Leaf Protein concentrates as a Protein Service in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Acuaculture 90: 290 - 302.
- Onwuka, CFI., G.O. Adeliyi; W.O Biobaku; IF Adu., 1992. *Leucaena leucocephala* leaves in rabbit diets. *Leucaena* Research Reports. 13: 65-67.
- Osman, M.F., A.E. Omar, Nour A.M., 1996. The use of *Leucaena* leaf meal in feeding Nile tilapia. Dep. Anim. Production, Fac. Agric. Sci., United Arab Emirates Univ. Aquacult. - Int. 4, (1): 9-18.

- Pathak,-PS; S.K. Gupta., 1991. Growth and biomass production characteristics of minirotation species on marginal lands. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. 17 (2): 139 -148.
- Peñaflorida, V., F.P. Pascual, N.S. Tabbu., 1992. A practical method of extracting mimosine from ipil-ipil, *Leucaena leucocephala*, leaves and its effect on survival and growth of *Penaeus monodon* juveniles. *ISR. J. Aquacult. Bamidgeh*. 44 (1): 24-31.
- Peñaflorida, V., 1989. An evaluation of indigenous protein sources as potential component in the diet formulation for tiger prawn, *Penaeus monodon*, using essential amino acid index (EAAI). *Aquaculture*, 83: 319-330.
- Piedad-Pascual,-F.; M. Catacutan., 1989. Defatted soybean meal and *Leucaena* leaf meal as protein sources in diets for *Penaeus monodon* juveniles. *Asian Fisheries Forum*, Tokyo Japan, 17-22. Hanyu, I. Eds. pp. 345-348.
- Rahman, M.H.; M.A. Wahab., A. Ahmed. A. Tyeb., 1988. The effects of feeding *Leucaena leucocephala* to *Tilapia nilotica*. Department of Pathology, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh. *Lucaena Research Reports*. 9: 35-36.
- Rangkuti M. 1989. Availability and Use of Shrubs and Tree Fodders in Indonesia. Central Research Inst. for Animal Science, Bogor, Indonesia, M. E. Siregar and A. Roesyat; Int. Dev. Res. Centre Shrubs & Tree Fodders for Farm Animals Workshop, Denpasar, Indonesia, Jul 24-29, p 266 (13).
- Ravindran,-V. 1992. Chemical composition and energy utilization values of common Sri Lankan feedstuffs for growing pigs. Department of Animal Science, University of Peradeniya, Peradeniya, Sri Lanka. *Journal of the National Science Council of Sri Lanka*. 20: (1) 91-98.
- Roberts, R.J., A.M. Bullock., 1989. Nutritional Pathology. *Fish Nutrition*. Second edition. Halver, J.E. Ed. 423-473 pp.
- Robles A.C., 1990. *Leucaena*: Un árbol de uso múltiple (estudio de caso en el oriente de estado de Morelos). Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp 98.
- Salaro,-A.L.;L.E. Pezzato; M.C.R. Luvizotto; C.R. Carratore; G.J.M . Rosa., 1995. Productive performance and anatomopathological changes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed with diets containing *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) seed meal. *Proceedings of the 6th Rio Grande Meeting of Aquaculture Experts And 3rd South Brazil Meeting n acuacultura. Anais Do 6 Encontro Rio Grandense de Tecnicos em Aquacultura. Encontro Sulbrasileiro de Aquacultura. Zimmermann, S. eds. pp. 94 -102.*
- Scales , F. M. and A. P. Harrison. 1920. Boric acid modification of the Kjeldahl method of crop and soil analysis. *J. Ind. Eng. Chem*. 12: 350 - 352.
- SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto,1981. Carta topográfica del Estado de Nuevo León: Dirección General de Geografía del territorio nacional.
- Shelton H.M. y J. L. Brewbaker, 1994. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legume. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Edited by Gutteridge, R.- C.; Shelton H. M. pp. 15 - 27.

- Sousa D. A., 1993. Mexican leguminosae: Phytogeography, endemism and origins. In Ramamoorthy PT, Bye R. Lot A, Fa. J. Edits, Biological diversity of Mexico: Origin and distribution. New York/ Oxford: Oxford University. pp 459 - 511.
- Tawata, S.; F. Hongo; K. Sunagawa; Y. Kawashima; S. Yaga., 1986. A simple reduction method of mimosine in the tropical plant *Leucaena*. Science Bulletin of the College of Agriculture University of the Ryukyus, Okinawa. 33: 87-93.
- Terhorst, H., 1990. Lamtoro: a wonder tree cultivation adjusted to local conditions in Indonesia. *Entwicklungsarbeit auf dem Land: Beispiele aus drei Kontinenten* [edited by Bornhorst, B.]. *Misereor Dialog*. 7: 188-205.
- Tilley, J. M. A. And R. A. Terry., 1968. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J.Brit. Grassland Soc.* 18:104 - 111.
- Thompson, M. F., 1991. Alternative protein sources from plants contain antinutrients affecting digestion in salmonidos. *Bioactive Compounds from Marine Organisms With Emphasis On Ocean Indo United States Symposium*. Thompson, M.F. Nagabhushanam. R.; eds. pp. 23 - 28.
- Vadiveloo, J., J.G. Fadel., 1992. Compositional analyses and rumen degradability of selected tropical feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 37 (3/4): 265 - 279.
- Van Soest, P. J. and R. D. Wine. 1967. Use of detergent in to analysis of fibrous feeds. IV the determination of plant cel wall constituensts. *J. Assoc. Official Analysis Chem.* 50:50.
- Van Soest, P. J. 1963. Use of detergent in to analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Official Agr. Chem.* 46 (5):829.
- Velasco, M.H. 1991. Las zonas áridas y semi áridas, sus caraterísticas y manejo. editorial Limusa, México, p. 725.
- Vogt, G., E.T. Quintio, and F.P. Pascual, 1986. *Leucaena leucocephala* leaves in formulated feed for *Penaeus monodon*: A concrete exemple of the application of histology in nutrition research. *Aquaculture*, 59: 209 - 234.
- Vogt, G. 1992., Transformation of anterior midgut and hepatopancreas cells by *monodon* baculovirus (MBV) in *Penaeus monodon* postlarvae: Pamaq-Iv: Fourth International Colloquium On Pathology In Marine Aquaculture. Banning, P. Van ed. 107: 2 - 3.
- Vogt,-G., E.T. Quintio, F.P. Pascual, R. Boehm, H. Segner., 1994. Pathological transformation of shrimp hepatopancreas cells and carp hepatocytes by the non-protein amino acid mimosine International Symposiumn Aquatic Animal Health: Program and Abstracts. avis, Cal. USA. Univ. Of California, School of Veterinary Medicine 63 p.
- Wee, K.L.; S.S. Wang., 1987. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*. 62 (2): 97-108.
- Yadav, PS; I.S., Yadav., 1990. In vitro disappearance of dry matter, protein and mimosine in different *Leucaena leucocephala* based diets. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 7 (3): 195-198.
- Zar J. H. 1984., *Biostatistical analysis*. Sccond edition; Departament of Biological Sciences. Northern Illinois university. 718 pp.