

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE



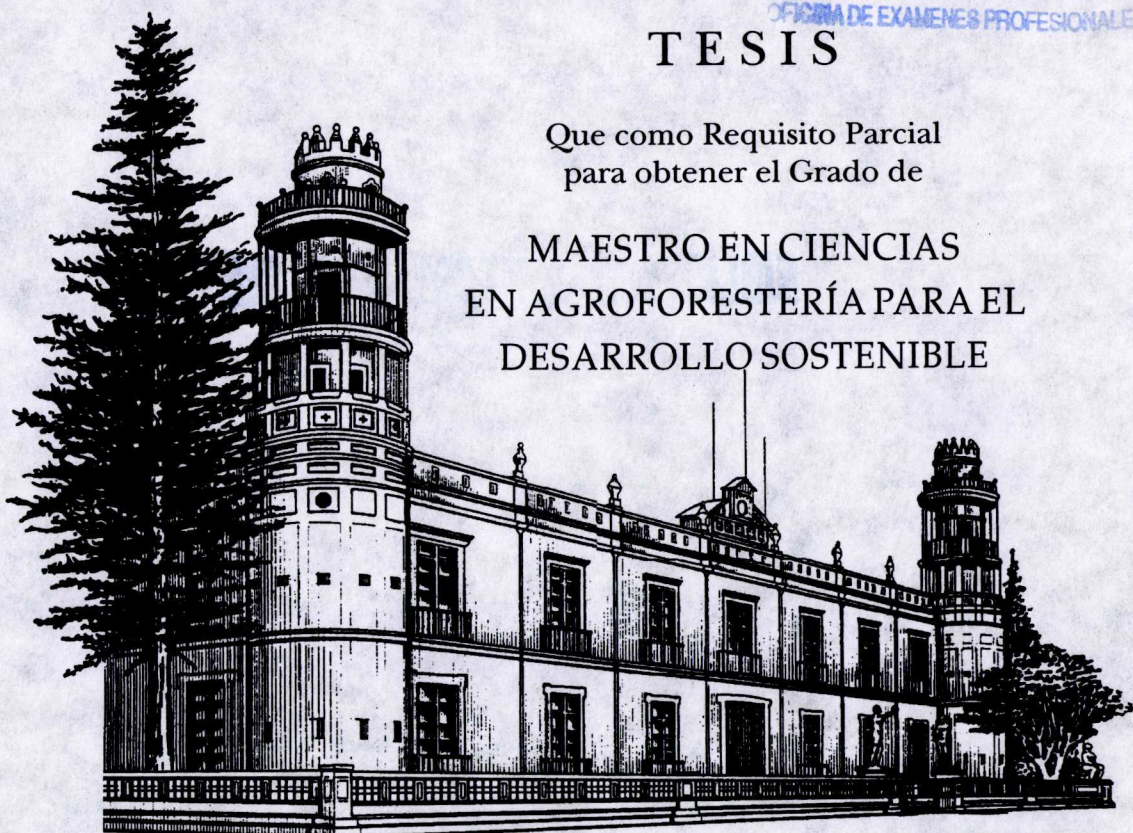
SILVOACUACULTURA PARA EL TRÓPICO HÚMEDO.
Alimentación de tilapia con tres leguminosas arbóreas en
Ixtacuaco, Veracruz

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

Que como Requisito Parcial
para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE



PRESENTA
MARTHA PATRICIA CANO SALGADO

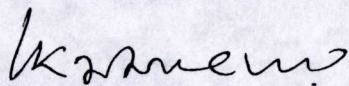
Bib 90099

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, MAYO DE 1999

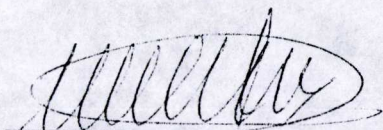
SILVOACUACULTURA PARA EL TRÓPICO HUMEDO. ALIMENTACIÓN DE
TILAPIA CON TRES LEGUMINOSAS ARBÓREAS EN IXTACUACO, VER.

Tesis realizada por **Martha Patricia Cano Salgado** bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

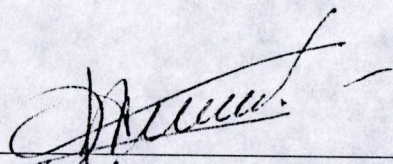
MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE



DIRECTOR: Dr. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY



ASESOR: MARIO GARDUÑO LUGO



ASESOR: RUBÉN PUENTES SANTARSIERI

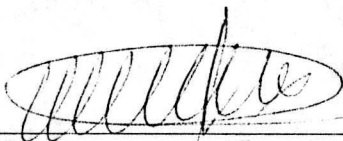
34225

SILVOACUACULTURA PARA EL TRÓPICO HUMEDO. ALIMENTACIÓN DE
TILAPIA CON TRES LEGUMINOSAS ARBÓREAS EN IXTACUACO, VER.

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Martha Patricia Cano Salgado** autora de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Estuvo constituido por:



PRESIDENTE: Dr. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY



ASESOR: MARIO GARDUÑO LUGO



ASESOR: RUBÉN PUENTES SANTARSIERI

DEDICATORIA

A MIS PADRES...Carlos y Virginia por todo el apoyo y sacrificio que han compartido conmigo durante toda mi vida.

A MIS HERMANOS... Juan Carlos, Adriana y Cindy, quienes comparten conmigo el largo sendero del aprendizaje.

A MIS AMIGOS... que siempre están presentes y saben del gozo y sufrimiento del ser estudiante.

A Lolita Coronel y Rocío Rodríguez por su amistad y calidez humana.

Al ARPA mágica que con sus notas melodiosas animó mi espíritu.

Al destino oportuno y a ROH por hacerme feliz.

Y a todos aquellos que con su estímulo y confianza me han permitido seguir creciendo personal y profesionalmente

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado en mis estudios de posgrado y al proyecto CONACYT-SIGOLFO 9601046-V por el material otorgado para la realización del experimento.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), a la coordinación General de Posgrado, al Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en especial al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por el apoyo académico que me brindaron.

Al Dr. Krishnamurthy por la dirección en la presente investigación.

A los miembros del Comité Asesor y Jurado, en especial al MC Mario Garduño, por la revisión paciente y sugerencias realizadas al presente trabajo.

A todos los profesores y compañeros de estudio que han colaborado en mi formación profesional especialmente: Guillermo Pérez, Consuelo López, Juan Elgueta, Ramiro Escobar y Roberto Garfías.

DATOS BIOGRÁFICOS

Lugar y fecha de nacimiento:

México, Distrito Federal, 17 de marzo de 1970.

Estudios Profesionales:

Licenciatura en hidrobiología: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAM-Iztapalapa), México; 1990-1996

Posgrado: Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. (UACH), México, 1997-1999.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. AGROFORESTERÍA	3
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	
(SAF)	4
2.3. EL SISTEMA SILVOACUÍCOLA	6
2.3.1. Definición	6
2.3.2. Elementos	6
2.3.3. Estructura	7
2.3.4. Función	9
2.3.5. Ejemplos	9
2.4. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	13
2.4.1. Alimentación de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	14

2.4.2. Suplementación de harina de pescado con proteína vegetal en tilapia _____	14
2.4.3. Leguminosas tropicales en la alimentación de tilapia _____	15
2.4.4. Limitaciones en el uso de las leguminosas como alimento _____	17
2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS LEGUMINOSAS EMPLEADAS _____	18
2.5.1. <i>Cajanus cajan</i> (L) Millsp K (frijol de árbol) _____	18
2.5.1.1. Descripción botánica _____	18
2.5.1.2. Distribución geográfica _____	19
2.5.1.3. Requerimientos ecológicos _____	20
2.5.1.4. Usos Agroforestales _____	20
2.5.1.5. Valor nutritivo _____	20
2.5.1.6. Factores antinutricionales _____	23
2.6. <i>Gliricidia sepium</i> Jacq. Steud (cocoite) _____	24
2.6.1. Descripción botánica _____	24
2.6.2. Distribución geográfica _____	26
2.6.3. Requerimientos ecológicos _____	26
2.6.4. Usos Agroforestales _____	27
2.6.5. Valor nutritivo _____	27
2.6.6. Factores antinutricionales _____	32
2.7. <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit (guaje) _____	33
2.7.1. Descripción _____	33
2.7.2. Distribución geográfica _____	34

2.7.3. Requerimientos ecológicos _____	35
2.7.4. Usos Agroforestales _____	35
2.7.5. Valor nutritivo _____	35
2.7.6. Factores antinutricionales _____	40
3. HIPOTESIS _____	41
4. OBJETIVOS _____	41
5. METODOLOGÍA _____	42
5.1. LOCALIZACIÓN _____	42
5.2. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO _____	42
5.3. EXPERIMENTO I. SUSTITUCIÓN DE HARINA DE PESCADO	
POR HARINA DE HOJA _____	42
5.3.1. Preparación de las dietas _____	44
5.3.2. Proceso de elaboración _____	48
5.4. CALIDAD DEL AGUA _____	49
5.5. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL CUERPO DE LOS PECES _____	49
5.6. EXPERIMENTO II. PRUEBA DE ACEPTACIÓN Y CONSUMO DE	
HOJA DESHIDRATA _____	49
5.7. CALIDAD DEL AGUA _____	50
5.8. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL CUERPO DE LOS PECES _____	50
5.9. VARIABLES A EVALUAR _____	50

5.10.ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
6. RESULTADOS	53
7. DISCUSION	62
8. CONCLUSIONES	71
9. RECOMENDACIONES	72
10. LITERATURA CITADA	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Frecuencia de corte y contenido de proteína en <i>Cajanus cajan</i> _____	21
Cuadro 2. Contenido de vitaminas y minerales en <i>Cajanus cajan</i> (MS)® _____	22
Cuadro 3. Contenido (%) de aminoácidos esenciales encontrados en <i>Cajanus cajan</i> . _____	23
Cuadro 4. Composición química de <i>Gliricidia sepium</i> . _____	28
Cuadro 5 Contenido de aminoácidos en las hojas de <i>Gliricidia sepium</i> . _____	29
Cuadro 6 Contenido de minerales en <i>Gliricidia sepium</i> . _____	30
Cuadro 7. Variación del contenido de nutrientes de <i>Gliricidia sepium</i> en las distintas partes de la planta. _____	31
Cuadro 8. Factores antinutricionales y compuestos tóxicos en <i>G. Sepium</i> _____	33
Cuadro 9. Composición comparativa nutricional de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) y el guaje <i>Leucaena leucocephala</i> _____	37
Cuadro 10. Composición química del forraje (hojas y ramas) y harina de hoja de <i>Leucaena</i> . _____	38
Cuadro 11. Composición comparativa de aminoácidos de harina de soya, harina de pescado, y <i>Leucaena</i> (mg/g Nitrógeno). _____	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de sustitución (10 y 15%) de harina de pescado con harina de hoja de <i>Cajanus cajan</i> , <i>Gliricidia sepium</i> y <i>Leucaena leucocephala</i> _____	44
Tabla 2. Análisis químico proximal de la harina de hoja de <i>Cajanus</i> , <i>Gliricidia</i> , <i>Leucaena</i> y harina de pescado* _____	46
Tabla 3. Formulación de las dietas experimentales (B.H)*. _____	47
Tabla 4. Composición proximal de las dietas utilizadas (BH). _____	48
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua. _____	53
Tabla 6. Parámetros de crecimiento evaluados en el experimento I. _____	55
Tabla 7. Composición proximal de la harina de los peces al final del primer experimento. _____	57
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del agua durante el segundo experimento. _____	58
Tabla 9. Parámetros de crecimiento evaluados en el segundo experimento. _____	60
Tabla 10. Análisis químico proximal de los peces durante el segundo experimento1. _____	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del sistema silvoacuícola _____	8
Figura 2. Arbol de <i>Cajanus cajan</i> _____	19
Figura 3. Arbol de <i>Gliricidia sepium</i> _____	25
Figura 4. Arbol de <i>Leucaena leucocephala</i> _____	34
Figura 5. Localización del C.E.A. y el C.E.I.E.G.T. _____	43
Figura 6. Curvas de crecimiento de los peces con las dietas evaluadas. _____	56
Figura 7. Curva de crecimiento de los peces durante el experimento dos. _____	59

RESUMEN

CANO SALGADO MARTHA PATRICIA. Silvoacuacultura para el Trópico Húmedo. Alimentación de tilapia con 3 leguminosas arbóreas en Ixtacuaco, Ver. (Bajo la dirección de: L. R. Krishnamurthy).

Con la finalidad de evaluar la harina de hoja de 3 leguminosas arbóreas como sustitutos de harina de pescado en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*) se realizó un primer experimento con una duración de 56 días (junio – septiembre 1998), en donde se comparó una dieta testigo (T) con solo harina de pescado como fuente de proteína, contra dos niveles de sustitución (10 y 15%) de proteína de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Se utilizó un sistema de recirculación de agua compuesto por 22 cubetas con una densidad de 22 crías de 15 mg en promedio por cubeta. No existieron diferencias significativas entre los pesos finales de T, C10 y C15 ni entre G10, G15, L10 y L15 ($P>0.05$). La sobrevivencia fue alta mayor al 85% en todos los tratamientos, infiriéndose que no existieron compuestos tóxicos en la harina de hoja de las 3 leguminosas arbóreas para los peces, con los niveles de inclusión empleados. En un segundo experimento el cual duró 45 días (octubre – noviembre 1998), se evaluó la aceptación y el consumo de la hoja tratada y deshidratada de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Se utilizaron 3 tinas de plástico de 1.7m. de diámetro, con una capacidad de 1.5 m³. En cada tina se colocaron 10 peces marcados con un peso inicial promedio de 145g. No se reportaron diferencias significativas entre los pesos finales de los peces alimentados con los tres tipos de hojas ($P>0.05$). La sobrevivencia fue alta (>90%); deduciéndose que no existen factores antinutricionales en las hojas de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Se concluye que la harina de hoja de *Gliricidia sepium* fue la que mayor ganancia de peso reportaron los peces.

Palabras clave: Silvoacuacultura, *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, tilapia.

ABSTRACT

CANO SALGADO MARTHA PATRICIA. Silvoaquaculture for the Humid Tropic. The feeding of Tilapia with 3 leguminous trees in Ixtacuaco, Veracruz, Mexico. (Under the direction of L. R. Krishnamurthy).

In order to evaluate leaf meal from 3 leguminous trees as fish meal substitute for Tilapias (*Oreochromis niloticus*) diet an experiment which lasted 56 days, June-Sep 1998 was carried out. A witness diet (T) with just fish meal as protein source, was compared to two substitution levels protein (10 and 15%) of *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. It was used a water recycling system which was made by 22 vats with 22 fingerlings weights of T. C10 and C15 nor between G10, G15, L10 and L15 ($P>0.05$). Survival was high greater than 85% in all treatments, inferring that were not toxic compounds in the leaf meal of three leguminous trees for fish, with the levels of used inclusion. In a second experiment which lasted 45 days, october-november 1998, acceptance of the consumption of dried leaf of *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. Three plastic vats of 1.7 m, with a capacity of 1.5 m. In each vat 10 marked fish were placed with an initial average weight of 145g. No significant differences were reported between the final weights of fish fed with the three kinds of leaves ($P>0.05$). Survival was high ($>90\%$); deducing that there are no anti-nutritional factors in the *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. It is concluded that the leaf meal of *G. sepium* were the one that reported the greater weight gain in fish.

Key words: *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, silvoaquaculture, Tilapia

1. INTRODUCCIÓN

Los recursos acuáticos a través de la Acuicultura (crianza de organismos acuáticos bajo condiciones controladas) proporcionan una seguridad alimenticia, mediante un suministro sostenible y de fácil acceso al alimento (Williams, 1996). La tendencia global de la acuicultura se enfoca hacia la producción de peces. En México la producción de peces por acuicultura esta tomando mayor importancia. Dentro de las especies piscícolas tropicales más utilizadas se encuentran a las tilapias, debido a sus características de; rápido crecimiento, fácil reproducción, resistencia a enfermedades, además de ser organismos que se pueden cultivar en varios sistemas de producción, tanto con fines de autosuficiencia así como para cultivos comerciales gracias a la calidad de su carne (Garduño y Muñoz, 1998). La producción anual de tilapia es de 94,279 ton/pescado, de las cuales solo el 0.9% son cultivadas, el resto se captura en embalses naturales y artificiales (SEMARNAP, 1996).

La contribución de los recursos acuáticos hacia la oferta de alimentos se esta deteriorando a medida en que la oferta se vuelve estática y la demanda de recursos acuáticos aumenta. Para prevenir esta situación de deterioro, las recientes investigaciones se enfocan hacia el mejoramiento en las técnicas de desove inducido, mejoramiento en la alimentación y producción de alimentos, manipulación genética y reversión sexual, entre otras (Ramnarine, 1994).

Por otro lado, los sistemas integrales como la silvoacuicultura, la cual combina árboles con acuicultura, son otra forma alternativa de mejoramiento de los recursos acuáticos. Los peces en las granjas proporcionan proteína animal adicional y reducen la presión en las pesquerías naturales. Los árboles ofrecen a los productores mayores beneficios como: leña, frutas, madera, etc. Dentro de las especies forestales utilizadas en este sistema, encontramos a las leguminosas arbóreas las cuales son especies tropicales abundantes que proveen de forraje a los peces.

El presente estudio tiene la finalidad de evaluar el empleo de harina de hoja de tres leguminosas arbóreas como suplemento proteico en las dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cuanto a la tasa de crecimiento y la aceptación de tres leguminosas con el mínimo de proceso posible.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. AGROFORESTERÍA

La agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas y tecnologías del uso de la tierra donde los perennes leñosos (árboles, arbustos, palmas, bambúes, etc.) son usados deliberadamente en las mismas unidades de manejo de la tierra junto con cultivos agrícolas y animales, en alguna forma de arreglo espacial o secuencial (Lundgren y Raintree, 1982). De igual manera es un sistema dinámico de manejo de recursos naturales y con bases ecológicas que, además de integrar árboles en las fincas y praderas, diversifica y sostiene la producción agrícola para mejorar los beneficios sociales, económicos y medio ambientales (Leakey, 1996).

En resumen, es la ciencia de cultivar árboles con cultivos y animales en combinación interactiva, en la misma unidad de suelo, con el objeto de obtener mayor producción total, más diversificada y además sostenida, de los recursos disponibles. Más de lo que se logra con otras formas de uso del suelo, bajo las condiciones ecológicas y socioeconómicas prevalecientes (Krishnamurthy, 1998). Mediante esta integración, la agroforestería tiene como objetivo el maximizar el uso de energía solar, minimizar las pérdidas de nutrientes de las plantas en el sistema, optimizar la eficiencia en el uso del agua y minimizar las escorrentías y las pérdidas del suelo (Huxley, 1980).

La agroforestería desarrolla el concepto de utilizar árboles como un componente del manejo integral del recurso tierra, con el propósito de atender a las necesidades de la población en cuanto a alimentos, combustibles, vivienda e ingresos. Los sistemas utilizados deben ser social, cultural y económicamente aceptables, para aumentar el producto total con determinados niveles de insumos y minimizar los daños al ambiente.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES (SAF)

Nair (1991), clasificó a los sistemas agroforestales basándose en la estructura del sistema (naturaleza y arreglo de los componentes), función del sistema (rol y producción de componentes), zonas agroecológicas donde existe el sistema o es adoptable y escalas socioeconómicas y niveles de manejo del sistema. Los sistemas que describe son los siguientes:

Sistemas agrosilvícolas. Sistema agroforestal que incluye la producción simultánea de cultivos agrícolas en combinación con árboles de uso múltiple y cultivos forestales. Los cultivos forestales dan la función de servicio, mientras que los cultivos agrícolas y los árboles de uso múltiple aumentan la capacidad de producción.

Sistemas silvopastoriles. Sistema agroforestal que incluye cultivo de árboles en combinación interactiva con pasturas y animales. Estos sistemas se practican a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia. Dentro de este sistema se incluye a los sistemas silvoacuícolas.

Sistemas agrosilvopastoriles. Son la combinación de especies forestales, cultivos anuales y animales. Esta categoría incluye a los huertos caseros (solares) que incluyen animales; setos leñosos de multiusos y apicultura con árboles.

2.3. EL SISTEMA SILVOACUÍCOLA

2.3.1. Definición

La silvoacuacultura se define como una técnica que une árboles con la crianza de organismos acuícolas (Wouters, 1994), otros términos que han sido utilizados son silvopiscicultura, acuaforestería y acuasilvicultura.

2.3.2. Elementos

- a) **Componentes:** En un sistema silvoacuícola, los componentes son: árboles, peces, agua (río, pozo, laguna), estanques, alimento, y otros.
- b) **Interacción entre componentes:** proporciona las características estructurales a la unidad. En la silvoacuacultura los componentes básicos (árboles, peces, agua, estanque, etc), deben estar en cierta proporción y arreglo para que se tenga un cultivo con cierta estructura definida por el productor, que cumpla con sus expectativas de manejo y producción.
- c) **Entradas y salidas:** flujos que entran y salen de la unidad. El proceso de recibir entradas y producir salidas es lo que da función a un sistema, la silvoacuacultura puede verse como un sistema cuya función es aprovechar la energía que recibe del sol, el agua, el alimento (entradas) para producir carne, frutos, abonos, leña, postes (salida).
- d) **Limites:** las pautas para definir que elementos forman parte de un sistema son:
 - 1) Interacción directa entre componente
 - 2) Control sobre entradas y salidas.

Así, los árboles y los peces constituyen un sistema silvoacuícola porque la comunidad de arboles y el suelo mantienen relaciones directas, el suelo proporciona anclaje y nutrientes a los árboles; los peces dependen de la calidad del agua para su crecimiento. Cabe mencionar que la energía del sol y la lluvia son entradas al sistema, pero no forman parte de él porque el sistema no tiene control sobre la cantidad que llega, ni sobre su distribución a lo largo del año.

2.3.3. *Estructura*

a) **Número de componentes:** cantidad de elementos básicos que interactúan para constituir el sistema; es decir, que el sistema adquiere una estructura diferente cuando los árboles se integran al cultivo de peces.

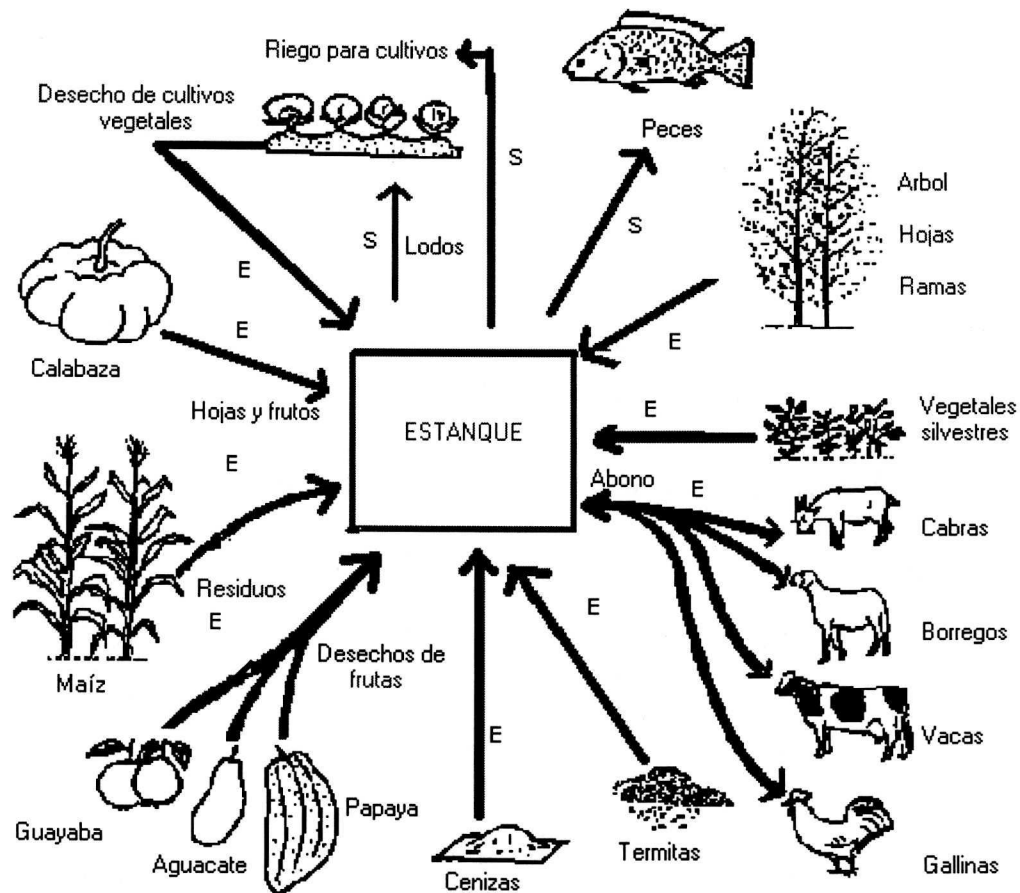
b) **Tipo de componente:** se refiere a que las características de un componente individual puede tener mucha influencia sobre la estructura de un sistema. Así como la fertilidad del suelo (componente) influye en la nutrición y en el desarrollo de los árboles (estructura); la calidad del agua (oxígeno, temperatura) (componente) influye en el desarrollo de los peces (estructura).

c) **Arreglo:** la relación entre dos componentes puede ser:

1. Cadena directa, en la cual la salida de un componente es la entrada del otro.

Las hojas de los arboles consumidas por los peces (Figura 1).

2. Cadena cíclica, en la cual hay retroalimentación. El ciclaje de nutrientes del agua (abono) al suelo; luego del suelo al árbol (hojas), y de éste a los peces



NOTA: E=entrada; S=salida. Tomado de Wouters, 1994, modificado por Cano, 1999.

Figura 1. Diagrama de flujo del sistema silvoacuícola

2.3.4. *Función*

Se define en términos del proceso de recibir entradas y producir salidas, los criterios más importantes son: producción y protección, piedras angulares de la sostenibilidad, los cuales son teóricamente, dos atributos fundamentales de todos los sistemas agroforestales. Esto implica que los sistemas agroforestales tienen una función productiva, generando dos o mas productos (en gran parte por la naturaleza del componente perenne leñoso de uso múltiple asociado) que generalmente satisfacen las necesidades básicas (alimentos, energía, techo) así como también un papel de servicio (por ejemplo, protegiendo y manteniendo los sistemas de producción).

2.3.5. *Ejemplos*

El sistema silvoacuícola es un sistema en el que los árboles benefician a los peces, mientras que el ambiente acuático rico en nutrientes puede ayudar al crecimiento del árbol. Un ejemplo de esto es el llevado a cabo en cultivos de salmón, en donde la sombra del Sauce llorón (*Salix babylonica*) mantiene “fresca” el agua del estanque y las hojas e insectos que caen del dosel de los árboles son fuentes suplementarias de alimentación para el salmón (Wojtkowski, 1996). D'Silva y Maughan (1994) han mostrado que el uso de agua de riego proveniente de sistemas silvoacuícolas incrementa el crecimiento de los árboles de mezquite (*Prosopis granulosa*). En China, los estanques son usados como fuentes de agua y de nutrientes para el riego de los árboles plantados alrededor de ellos, y el lodo es usado como abono para las tierras de cultivo ((Wounters,

1994). El empleo de estos sistemas se ha llevado a cabo también en manglares (Weinstock, 1994), los cuales además de ser importantes para el cultivo de camarón y otros crustáceos, se utiliza como barrera rompeviento y madera.

Varios sistemas de granja integral incluyen al menos un componente acuícola, por ejemplo en Malawi integran las hojas de árboles frutales, vegetales silvestres y calabaza dentro del estanque como alimento para los peces (Wounters, 1994). Otro ejemplo es el sistema mora-pep-estanque practicado en la perla del río Delta en China (Gongfu, 1982), donde los árboles de mora y otros cultivos crecen en los bordes del estanque y sus hojas se utilizan como alimento para los peces. Xiroung (1988), encontró que los arboles alrededor de los estanques proveen de sombra y protección contra el viento, además de crear un microclima húmedo, el cual es favorable para el cultivo de peces

En el Sureste de Asia, las hojas de los árboles alimentan a los peces, lo cual reduce la necesidad de comprar alimento disminuyendo así los costos de alimentación a los productores. Las especies arbóreas mayormente usadas para alimentar peces son *Leucaena* spp, *Sesbania* spp, y *Calliandra* spp y las especies acuícolas son tilapia spp y carpa herbívora.

Dentro de las practicas silvícolas se puede integrar la acuacultura, particularmente en tierras no aptas para la agricultura. Sin embargo, varias consideraciones deben tomarse en cuenta:

1. Seguridad de que todo el año, el aporte de agua este presente para mantener el nivel de agua (evitar evaporación, filtración).
2. Mantener una buena calidad de agua (en cuanto al aporte de oxígeno, temperatura, pH, nitratos, etc)
3. Tipo de suelo, generalmente debe ser areno-arcilloso y bien drenados para evitar filtraciones de agua.

Hay también factores sociales y económicos que deben ser considerados. La silvoacuacultura puede ser culturalmente aceptada por los productores, los peces mediante sus diferentes presentaciones como son fresco, seco, salado, ahumado pueden atraer a los consumidores y comerciantes hacia los productos generados por lo árboles como frutas, medicinas, resinas, madera, forraje, entre otros. Siendo por lo tanto este sistema más rentable para los productores.

Sin embargo, la introducción de un nuevo componente podría usualmente reducir el tiempo del productor, requiriendo de nuevos conocimientos y experiencia. Por lo tanto, cada productor deberá considerar los “pros” y “contras” para tomar decisiones sobre el uso de esta técnica.

Como se ha observado, las distintas tecnologías agroforestales no son recientes, son herramientas que se han venido mejorando de acuerdo a las necesidades emergentes de nuestros tiempos, tomando en cuenta el entorno y las necesidades del productor, de tal manera que se puedan ofrecer tecnologías más acordes tanto para el productor como para el medio ambiente circundante.

2.4. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) corresponde a un grupo de peces africanos de la familia Cichlidae de la tribu Tilapiini originaria del Africa Occidental. Algunas de sus especies han sido cultivadas en estanques desde el año 1,000 a.C. No obstante, no es sino hasta el presente siglo cuando esta especie recibe la atención de los acuicultores a nivel mundial (Arredondo-Figueroa y Lozano-Gracia, 1995a).

La tilapia es un pez de gran importancia en la producción de proteína de origen animal en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, sus principales atributos favorables de esta especie son su gran resistencia física, rápido crecimiento, elevada productividad, capacidad de sobrevivir a diferentes salinidades, así como la habilidad de nutrirse a partir de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (Olvera-Novoa y Olivera-Castillo, 1996c).

Desde su introducción a México en 1964, la tilapia ha representado una fuente importante de alimentos y empleos lo cual constituye una actividad económica importante en los cuerpos de agua epicontinentales, reflejándose en las estadísticas pesqueras con una producción de 94,279 toneladas anuales (SEMARNAP, 1996).

Actualmente se encuentran varias especies de tilapia entre las cuales podemos mencionar a *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. urolophus* y *Tilapia rendalli*, de las cuales *O. niloticus* es una de las especies que más ha sido estudiada, debido a que presenta mejores velocidades de crecimiento y a la presencia de patrones de coloración rosa y rojo, lo cual le da relevancia comercial (Johansen, 1994; Landa, 1996).

2.4.1. Alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

La gran adaptación trófica de las tilapias permite alimentarlas en cautiverio con una amplia gama de materiales según el nivel de intensidad del cultivo, de los materiales disponibles y de la capacidad económica de quien cultiva (Olvera-Novoa, 1996). Además existen diferentes estrategias de alimentación para las tilapias que van desde la fertilización del estanque con materia orgánica e inorgánica, hasta el uso de dietas balanceadas.

2.4.2. Suplementación de harina de pescado con proteína vegetal en tilapia

El incremento en los costos de alimento para peces, ha enfocado la investigación hacia las fuentes de proteína alternativas mas baratas, para lo cual se han reportado diversos trabajos sobre la sustitución de la harina de pescado por otras materias primas de origen vegetal con altos niveles de proteína para la alimentación de peces como lo informan: Jackson et al. 1982; Viola y Arieli, 1983; Saeed et al. 1986, Wee y Wang 1987; Tangendjaja et al.

1990; D'Mello, 1992; Hassan et al. 1992; Hasan., 1997a. De acuerdo con Jauncey y Ross (1982), las fuentes de proteína vegetal se agrupan en:

- Subproductos de la industria de oleaginosas como: soya, algodón, cacahuates, girasol, ajonjolí, coco, palma, etc.
- Cereales como el maíz, trigo, arroz, sorgo, etc.
- Leguminosas como: alfalfa, leucaena y una gran variedad de frijoles como *Canavalia* spp, *Arachis* spp, *Mucuna* spp, entre otras.

2.4.3. Leguminosas tropicales en la alimentación de tilapia

Sin duda las leguminosas destacan como uno de los principales grupos de plantas cuyo uso esencial está encaminado a la producción de alimento para el consumo animal (principalmente para rumiantes), no solo por la diversidad de especies que estas poseen, sino también por su alto contenido de carbohidratos y proteínas (Gutteridge, 1994).

Ha surgido un creciente interés durante los últimos 30 años por el uso de leguminosas arbóreas como fuente de proteína para animales monogástricos. Principalmente en forma de harinas de hoja y semilla como las utilizadas en *Leucaena leucocephala* (guaje) y *Manihot esculenta* (yuca) aunque recientemente el interés se ha tornado a la utilización de harinas de otras especies tales como *Gliricidia sepium* (mataraton), *Robinia pseudoacacia* (falsa acacia), *Cajanus cajan* (pigeon pea), *Sesbania sesban*, *Prosopis* spp (mesquite) y *Albizia* spp (Tacon et al. 1984; D'Mello, 1992; Ofojekwu et al. 1984; Olvera-Novoa., 1990; Rivas. 1993;

Sanz et al. 1994; Hasan., 1997b). La mayoría de estas especies son consideradas como arboles de uso múltiple (AUM) por los diferentes beneficios que presentan como el de fijar nitrógeno, la capacidad de algunas de ellas de mantenerse en condiciones climáticas y suelos adversos (D'Mello, 1992; Smith, 1992), además de ofrecer otros servicios como son el de barrera rompeviento, cercas vivas, bancos de proteína, tutores, entre otros (Castillo, 1995; García, 1995; Maldonado, 1997).

Algunas características de importancia de las leguminosas arbóreas según lo reportado por Gutteridge, 1994; Shelton y Brewbaker, 1994.

- Son longevas y no necesitan mucho cuidado para su establecimiento y conservación.
- Proveen de forraje de alta calidad para alimentar ganado.
- Estabilizan y mejoran los suelos de la erosión por su sistema radicular profundo y aportan nitrógeno a otras plantas. Colonizan y rehabilitan ambientes adversos. Como salinos o áridos.
- Proveen madera y combustible (leña) para uso doméstico e industrial.
- Son usadas en fincas o ranchos como cercas vivas, sombra para cultivos como el café, cacao, la vainilla, entre otros.
- Son fuente de frutas y vegetales para consumo humano.

2.4.4. Limitaciones en el uso de las leguminosas como alimento

La principal limitante del empleo de las leguminosas en la alimentación de animales tanto monogástricos como en rumiantes es en general la presencia de compuestos antinutricionales (Nowaki, 1980; D'Mello, 1982; Kumar, 1994).

La producción de harina de hoja para alimentar animales monogástricos inevitablemente envuelve una cantidad de medidas para procesarse. El secado al sol es el método más alternativo o aplicativo para los trópicos, éste método es uno de los más efectivos para disminuir las sustancias antinutricionales en las harinas. Este secado por ejemplo reduce hasta un 90% las concentraciones de ácido cianhídrico (HCN) en hojas de yuca (D' Mello, 1992).

Otro método es el de remojado. En hojas de *Leucaena leucocephala* Lim y Domini (1991) encontraron que el 90% de la mimosina puede ser extraída remojando las hojas de *Leucaena* en agua por 36 horas. Tangendijaja et al., (1990) redujeron los efectos de la mimosina mediante tratamientos con calor, el uso de aditivos como el sulfato ferroso y polietilenglicol (D'Mello y Acamovic, 1989). En hojas de *Gliricidia sepium* para disminuir los niveles de taninos condensados se han utilizado los tratamientos de secado, remojado y métodos liofilizantes por autoclave (Cano et al., 1994). Visitpanich et al., 1985 y Dzowela et al., 1995 redujeron los niveles de polifenoles y fitolectinas en *Cajanus cajan*.

2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS LEGUMINOSAS EMPLEADAS

2.5.1. *Cajanus cajan* (L) Millsp K (frijol de árbol)

2.5.1.1. Descripción botánica

El frijol de árbol es un arbusto erecto, perenne, de vida corta, vasto, que a veces se cultiva como anual (Akinola, 1975) (Figura 2). Sus hojas son trifoliadas con un ápice acuminado, borde liso y alternas; son de color verde claro y pubescentes; las flores adoptan la conocida forma de mariposa, presentando 5 pétalos; uno superior grande llamado estandarte, dos laterales llamados alas y otros dos más o menos unidos que forman la quilla que envuelve a los 10 estambres, que a su vez pueden formar una envoltura tubular en torno al pistilo.

El fruto es una vaina colgante recta, polisperma (de 4 a 5 semillas), con dehiscencia longitudinal a lo largo de la línea dorsal formando dos valvas; su color cambia según la variedad. Las semillas son globosas o esféricas, rosadas o jaspeadas (Skerman, 1977; Duke, 1981).



Figura 2. Arbol de *Cajanus cajan*

2.5.1.2. Distribución geográfica

Su origen es incierto pero su mayor concentración se encuentra en el este de la India. En la actualidad se le puede encontrar aclimatado en varios países tropicales. En el trópico mexicano no forma parte sustancial de la dieta tradicional por lo que su uso se emplea mas en la alimentación de rumiantes (bovinos, cerdos, ovinos) y aves de corral (Jarillo, 1990).

2.5.1.3. Requerimientos ecológicos

Se desarrolla en suelos profundos, bien drenados y arcillosos (Krauss, 1932; Hernández, 1992;). Crece bien en ambientes tropicales y subtropicales entre latitudes de 30°N y 30°S con temperaturas que oscilan entre los 20°C y 40°C (Sinha, 1977 citado por Phatak et al, 1993) y rangos de pluvialidad entre 250 y 375 mm (Skerman, 1977). Se le encuentra en elevaciones desde el nivel del mar hasta los 3,000 m (Morton, 1976).

2.5.1.4. Usos Agroforestales

Sus flores son usadas para obtención de miel; abono verde; sombra para cultivos de vainilla, como cultivo de cobertura, cortina rompeviento, en Tailandia el guandul es un hospedero de un insecto productor de goma (Duke, 1981). En Argentina la cocción de las hojas se utiliza para aliviar irritaciones en la piel y genitales, en flores se utiliza para la bronquitis y neumonía. Los tallos del arbusto se utilizan como carbón vegetal, pólvora y como cerillos (Morton, 1976).

2.5.1.5. Valor nutritivo

Es de mucha importancia como fuente de proteína en la alimentación de algunos países en los trópicos semiáridos, pero particularmente en la india, donde es el cultivo más importante y donde esta registrado el 90% de la producción mundial (Bello, 1985).

Skerman (1977), reporta altos contenidos de fibra y proteína cruda tanto en hojas como semillas (22.6% y 11.5%; 5.4% y 18.4% respectivamente). Al igual que en *Gliricidia* la frecuencia de corte influye directamente en la producción de forraje y proteína (Udedibie, 1988) ver cuadro 1.

Cuadro 1. Frecuencia de corte y contenido de proteína en *Cajanus cajan*

Frecuencia de corte Semanas	Producción de MS* (kg)	PC♣	FC♦	EE♠	Cenizaδ
4	2.30	24.3	24.8	5.21	5.72
6	2.38	21.9	26.1	5.08	5.38
8	2.68	20.1	27.1	4.79	5.53

Fuente: Udedibie, 1988 *MS=materia seca; ♣=proteína cruda; ♦=fibra cruda; δ=extracto etéreo

La planta de *Cajanus* es una fuente de vitamina A. En el cuadro 2 se muestran las vitaminas y minerales de *C. cajan* y en el cuadro 3 se muestran los aminoácidos esenciales.

Cuadro 2. Contenido de vitaminas y minerales en *Cajanus cajan*(MS)[®]

Contenido	Rango	Media
Minerales (mg/100g)		
Calcio	57-276	166.5
Fósforo total	131.8-600	365.9
Magnesio	16-300	158
Hierro	3.5-16.6	10.1
Sodio	ND*	28.5
Potasio	ND	1104
Cobre	ND	1.25
Sulfuro	ND	177
Cloro	ND	5
Vitaminas (mg/100g)		
Tiamina	0.45-0.80	0.65
Riboflavina	0.13-0.19	0.16
Niacina	2.9-3.22	3.1
Ac. fólico	ND	0.1
Colina	ND	18.3
Carotenos	66-132	9

Fuente: Sinha 1977 *ND= No disponible; [®]MS= Materia seca

Cuadro 3. Contenido (%) de aminoácidos esenciales encontrados en *Cajanus cajan*.

Aminoácidos esenciales	Porcentaje
Lisina	140
Treonina	80
Metionina + cistina	55
Triptofano	64
Valina	83
Leucina	103
Isoleucina	100
Tirosina + Fenilalanina	157

Fuente: Nene et al., 1990

2.5.1.6. Factores antinutricionales

El guandul contiene cantidades considerables de compuestos polifenólicos (comúnmente llamados taninos) que inhiben la actividad de las enzimas digestivas tripsina, quimiotripsina y amilasa (Nene et al., 1990). También se presentan fitolectinas que interactúan con las glicoproteínas en la superficie de las células rojas de la sangre, causando un aglutinamiento (Faris y Singh, 1990).

2.6. *Gliricidia sepium* JACQ. STEUD (COCOITE)

2.6.1. Descripción botánica

La *Gliricidia sepium* es una leguminosa perenne, caducifolia, que posee raíces profundas, crece de 10 a 15 m de altura y 40 cm de diámetro dependiendo del ecotipo (Gómez et al., 1995) (Figura 3). Sus hojas son dispuestas en espiral, imparipinnadas, de 12 a 24 cm de largo que incluyen el pecíolo, compuestas de 2 a 9 pares de folíolos opuestos, ovados, con el margen entero; de color verde oscuro y brillantes en el haz, verde grisáceo en el envés (Arreola, 1995).

Las inflorescencias forman racimos de 10 a 15 cm de largo y constan de 20 a 40 flores. Las flores son papilionadas de color lila, en cuyo centro de la cara interna se encuentra una mancha amarilla (Alayón, 1996)



Figura 3. Arbol de *Gliricidia sepium*

Sus frutos son pequeñas vainas dehiscentes, aplanadas, de 15 a 20 cm de largo, que tienen coloración verde amarillenta a verde limón, cada una de ellas contienen de 4 a 10 semillas casi redondas aplanadas de color café a café amarillento (Torres y Gómez, 1990; Simons y Stewart, 1994).

2.6.2. *Distribución geográfica*

Gliricidia sepium es una especie nativa de las regiones estacionalmente secas de las costas del Pacífico de México y América Central (Alayón, 1996). En México, se encuentra distribuida en la vertiente del Golfo, desde Tamaulipas, San Luis Potosí, Norte de Puebla y Veracruz hasta la Península de Yucatán. En la vertiente del Pacífico se distribuye desde Sinaloa hasta Chiapas. Se pueden encontrar algunos árboles silvestres formando parte de selvas medianas perennifolias (Torres y Gómez, 1990; Alayón, 1996)

2.6.3. *Requerimientos ecológicos*

Gliricidia sepium se desarrolla en suelos ácidos donde su manejo es más fácil (Chadhokar y Kantharaju, 1980) y en suelos ligeramente alcalinos (Simons y Stewart, 1994). En México, se desarrolla en suelos derivados de material calcáreo o ígneo, siempre y cuando no existan deficiencias severas de drenaje (Torres y Gómez, 1990; Alayón, 1996).

Las condiciones ideales para su crecimiento son climas subhúmedos con precipitaciones promedio anuales de 900 - 1500 mm y con un período marcado de sequía de 5 meses (Alayón, 1996), floreciendo en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1300 m. Crece en ambientes con temperatura media anual de 20 a 29 °C y por debajo de temperaturas máximas de 42 °C (Alayón, 1996).

2.6.4. Usos Agroforestales

Maderable, utilizado para leña y carbón, durmientes para ferrocarril y en construcciones rurales y pesadas principalmente; medicinal, el cocimiento de sus hojas se usa para enfermedades de la piel y como expectorante (Penington y Sarukhán, 1968; Niembro, 1986; Arreola, 1995). Como sombra en plantaciones de café, té y cacao, como soporte para batata, pimienta negra, maracuyá y vainilla; como cerco vivo, forraje, banco de proteína (Arreola, 1995; Castillo, 1995; García, 1995; Alayón, 1996; Maldonado, 1997).

2.6.5. Valor nutritivo

El cocoite tiene un alto valor nutritivo, comparable a la alfalfa, y una digestibilidad superior a muchas otras leguminosas tropicales ver cuadros 4, 5 y 6. Su composición química varía con la edad, la parte de la planta, la estación y el genotipo (Alayón, 1996) (cuadro 7).

El valor nutritivo de *G. sepium* puede afectarse también por factores, tales como densidad de los árboles, manejo del corte, edad al primer corte, altura y frecuencia del corte, estación del año, etc. (Chadhokar, 1982).

Cuadro 4. Composición química de *Gliricidia sepium*.

Componente	Intervalo	Media	Fuente
Materia seca	14.0 - 30.0	21.9	1,2,3,4
Proteína bruta	9.0 - 30.0	23.0	1,2,4
Fibra bruta	13.4 - 33.9	20.7	1,2,3
Extracto etéreo	0.9 - 6.7	3.1	1,2,3
Cenizas	6.4 - 13.3	9.7	1,2,3
ELN	37.6 - 55.7	42.8	1,2,3
FCN	37.6 - 55.7	42.8	5

1. Chadhokar, 1982; 2. Reveron, Montilla y Funes, 1967; 3. Devendra y Göhl, 1970;
4. Sentheshanmuganatha y Durand, 1969; 5. Vearasilp, 1981

Cuadro 5 Contenido de aminoácidos en las hojas de *Gliricidia sepium*.

Componente	Cantidad (g/16g N)
Arginina	6.4
Cistina	1.7
Histidina	2.0
Isoleucina	4.8
Leucina	9.6
Lisina	4.5
Metionina	1.7
Metionina + cistina	3.4
Fenilalanina	6.2
Treonina	4.8
Tirosina	4.5
Valina	6.4

Fuente: Chadhokar, 1982

Cuadro 6 Contenido de minerales en *Gliricidia sepium*.

Componente	Intervalo	Media	Fuente
Calcio (%MS)	0.6 - 2.5	1.3	1,2,3,4,5
Fósforo (%MS)	0.11 - 0.27	0.18	1,2,3,4,5
Relación calcio-fósforo			
Magnesio (%MS)	3.7 - 9.3	6.2	1,2,3,4,5
Sodio (%MS)	0.21 - 0.58	0.34	2,4,5
Potasio (%MS)	0.09 - 0.50	0.25	2,4,5
Zinc (mg/kg)	2.4 - 3.4	3.3	2,4,5
Hierro (mg/kg)	22.0 - 37.0	26.0	2,4,5
Manganeso (mg/kg)	259.0 - 362.0	207.0	4,5
Cobre (mg/kg)	40.0 - 90.0	69.7	2,4,5
	4.0 - 7.7	5.8	4,5

1. Falvey, 1982; 2. Chadhokar, 1982; 3. Reverón, Montilla y Funes, 1967; 4. Carew, 1983
5. Kabaija, 1985

Cuadro 7. Variación del contenido de nutrientes de *Gliricidia sepium* en las distintas partes de la planta.

Parte	Nutriente (Porcentaje de Materia Seca)					
	MS	PB	Cenizas	FB	EE	ELN
hoja 1	19.5	26.8	9.8	16.8	6.7	39.9
Tallo	19.8	13.9	6.9	50.4	1.7	27.0
Planta entera	19.6	21.2	8.2	28.8	5.1	36.8
Hoja 2	25.4	30.0	8.0	14.4	4.3	43.6
Tallo	14.1	20.5	10.2	30.2	1.5	37.6
Planta entera	24.1	23.0	9.6	13.4	4.2	49.7

Nota: MS= materia seca; PC=proteína cruda; FB= Fibra cruda; EE= extracto etéreo; ELN= extracto libre de nitrógeno. 1. Reveron et al. 1967; 2. Devendra y Göhl, 1970

De acuerdo a diversos estudios realizados (Chadhokar, 1982; Kabaija, 1985) la *Gliricidia* es una leguminosa rica en proteínas y calcio, dos niveles suelen ser bajos en los forrajes tropicales. La desventaja que presenta es su alto contenido en fibra cruda. Básicamente su uso se ha dirigido al ganado aunque también se ha empleado en aves de corral (Mishra et al., 1977) y conejos. Su uso en peces no se ha descrito aún.

2.6.6. Factores antinutricionales

A pesar de los altos contenidos de proteína de *Gliricidia* en muchas ocasiones no es empleada como forraje debido a la presencia de varios factores antinutricionales que se encuentran distribuidos principalmente en semillas, hojas y corteza (Alayón, 1996).

Se ha reportado que *Gliricidia sepium* puede llegar a contener más de 4 mg de ácido cianhídrico, lo cual permite suponer que puede haber cianógenos en la planta, observándose también que puede acumular grandes cantidades de nitratos (7.3 g/kg en hoja fresca o 124 mg/g en hoja seca) durante la época de lluvias (Manidool, 1985; Göhl, 1990) (Cuadro 8).

Se menciona que los taninos no interfieren con la disponibilidad de la proteína pero pueden afectar la palatabilidad (Norton, 1994a) y el consumo de materia seca (Onwuka, 1992).

Cuadro 8. Factores antinutricionales y compuestos tóxicos en *G. Sepium*

Compuesto	Parte de la planta	Fuente
Cumarina y ácido ocumárico	Hojas jóvenes	1
Pinitol, Ac. Melilótico, nitratos, glicósidos cianogénicos, alcaloides	Toda la planta	2
Toxinas termoestables, canavaninas	Semillas	3

1.Griffiths, 1962; 2. Manidool, 1985; Göhl, 1990; Osei et al. 1990; Alayón, 1996; 3. Escobar, 1996

2.7. *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT. SIN. *LEUCAENA GLAUCA* BENTH. (GUAJE)

2.7.1. Descripción

Arbusto de 3.5 - 6 m de altura, inerme, corteza marcada con numerosas lenticelas; hojas alternas, bipinnado compuestas, 12 - 30 cm de largo; pinnas 5-9 pares por hoja, 8 - 12 cm de largo (Figura 4). El fruto es una vaina oblonga, 13 - 20 cm de largo, 14 - 19 mm de ancho, recta bivalvada, dehiscente, glabra; semillas de 6 - 10 mm de largo, ovadas, aplanadas de color café, dispuestas transversalmente en la vaina (Estrada y Marroquín, 1982). Dependiendo de la variedad de la especie, la *Leucaena* puede desarrollarse como un árbol alto y esbelto que alcanza alturas hasta de 20 metros o como un arbusto redondeado de mucho ramaje con menos de 5 m de altura. Tiene hojas con apariencia de plumas racimos de vainas largas de color marrón y pequeñas flores blancas.

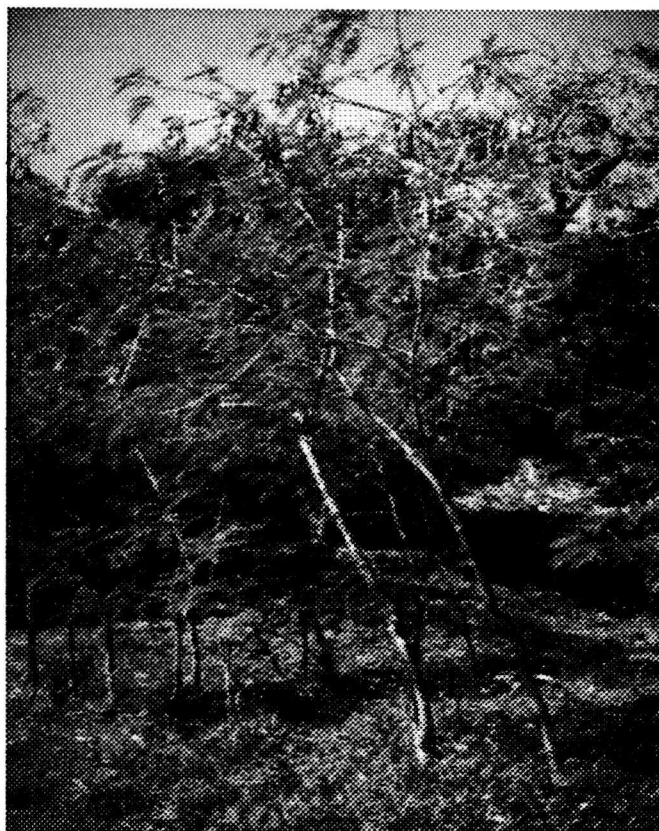


Figura 4. Arbol de *Leucaena leucocephala*

2.7.2. Distribución geográfica

El género leucaena es originario de las tierras del sur de México y se introdujo en las Islas del Pacífico, las Filipinas, Indonesia, Nueva Guinea, Malasia y Africa Oriental y Occidental. En México se distribuye en la vertiente del Golfo desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo, y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas. Forma parte de los bosques tropical subcaducifolio y tropical caducifolio (Niembro, 1986).

2.7.3. *Requerimientos ecológicos*

La *Leucaena* está restringida a los trópicos y subtrópicos, es una especie para tierras bajas principalmente menores a 500 metros, puede crecer en áreas más elevadas pero pierde su vigor. Se presenta en zonas donde la precipitación oscila entre los 600 y los 1700 mm. Su sistema radicular le permite tolerar un amplio rango de suelos desde rocosos hasta arcillosos pesados y coralinos. Puede prosperar también en suelos neutros o alcalinos especialmente calcáreos, no crece bien en suelos ácidos, sin embargo, gran parte de los trópicos tienen suelos litosoles ácidos con un alto contenido de aluminio y con frecuencia deficiente en molibdeno y zinc.

2.7.4. *Usos Agroforestales*

Mejorador de suelo; fijador de nitrógeno; control de erosión; forraje para ganado y aves de corral; como abono verde, madera, leña, reforestación de laderas tropicales; cortinas rompevientos, corta fuegos; sombra para plantaciones de café y cacao.

2.7.5. *Valor nutritivo*

La *Leucaena* es bien conocida por su alto valor nutricional, el cual es comparado con el de la alfalfa (cuadro 9). Sin embargo, el forraje de la *Leucaena* es bajo en sodio y yodo, aunque es alto en β - carotenos (Shelton y Brewbaker, 1994). En el cuadro 10, se muestra la composición química del forraje y la harina de hoja de *Leucaena*. El forraje de *Leucaena* es una buena fuente de minerales. La harina

de hoja es alta en carotenos, lo cual la hace una buena fuente de vitamina A para los rumiantes (García et al. 1996).

Las hojas de *Leucaena* contienen un alto contenido de proteína cruda (PC) comparado con toda la planta, sin embargo la harina de hoja presenta valores más altos que la hoja sola y la planta completa 29.2 g/100g MS y 22.03 g/100g MS, respectivamente.

En el cuadro 11, se muestran los aminoácidos esenciales presentes en diversas partes de *Leucaena* comparados con harina de soya, harina de pescado, semillas, hojas y ramas de *Leucaena*.

Cuadro 9. Composición comparativa nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*) y el guaje *Leucaena leucocephala*

Composición general	Hoja de <i>Leucaena</i>	Hoja de alfalfa
Proteína cruda (%)	11.0	16.6
Cenizas totales (%)	4.2	4.3
Nitrógeno total (%)	25.9	26.9
Fibra ADM (%)	20.4	21.7
Calcio (%)	2.36	3.15
Fósforo (%)	0.23	0.36
β -caroteno (mg/kg)	536.0	253.0
Energía bruta (kJ/g)	20.1	18.5
Taninos (mg/g)	10.15	0.13
Aminoácidos (mg/gN)	<i>Leucaena</i>	Alfalfa
Arginina	294	357
Cistina	88	77
Histidina	125	139
Isoleucina	536	290
Leucina	469	494
Lisina	313	368
Metionina	100	96
Metionina+Cistina	188	173
Fenilalanina	294	307
Treonina	231	290
Tirosina	263	232
Valina	338	356

Fuente: Shelton y Brewbaker, 1994

Cuadro 10. Composición química del forraje (hojas y ramas) y harina de hoja de *Leucaena*.

Fracción química (%)	Forraje		Harina de hoja	
	% MS (g/100g MS)			
	rango	promedio	rango	promedio
Nitrógeno (N)	2.24-4.80	3.52	4.00-4.30	4.15
Proteína cruda (PC)	10.00-30.05	22.03	24.00-34.40	29.20
Fibra cruda (FC)	32.00-28.0	35.00	18.00-20.40	19.20
Ceniza	6.62-9.46	8.04	10.00-11.0	10.50
Mimosina	0.70-3.59	2.14	1.40-7.19	4.30
Tanino	0.51-1.60	1.05		1.01
Calcio	0.80-2.90	1.80		1.90
Fósforo	0.14-0.38	0.26		0.23
Magnesio	0.17-0.48	0.33		0.34
Sodio	0.02-2.66	1.34		0.02
Potasio	0.79-2.11	1.45		1.70
		mg/kg MS	8.00-11.40	9.70
Cobre	2.00-32.0	26.00		907.40
Hierro	187.58-575.0	381.30	19.20-32.80	26.00
Zinc	30.00-308.95	169.50		59.90
Manganeso	55.16-875.0	465.08	-----	-----
Yodo	33.00-90.00	61.50		

Fuente: Adeneye (1991); Akbar et al. (1984); Aletor y Omodara (1994); D'Mello y Taplin (1978); Meulen et al. (1979)

Cuadro 11. Composición comparativa de aminoácidos de harina de soya, harina de pescado, y *Leucaena* (mg/g Nitrógeno).

Aminoácidos	H. soya	H. pescado	Semilla	Hoja	Ramas
Cistina	106	69	79	42-88	21
Ac. aspártico	756	625	643	864	432
Metionina	88	175	64	88-100	42
Treonina	244	269	138	266	133
Serina	331	256	206	279	139
Ac. glutámico	1138	813	911	640	320
Prolina	300	244	222	305	152
Glicina	275	400	285	278	139
Alanina	275	394	205	311	155
Valina	300	325	204	255-338	127
Isoleucina	294	256	148	244-653	122
Leucina	488	475	283	444	222
Tirosina	238	----	162	208-263	104
Mimosina	0	----	763	343	172
Fenilalanina	319	256	197	250-294	125
Lisina	388	500	324	313-349	157
Histidina	181	----	158	112-135	56
Arginina	463	375	493	294-349	147

Fuente: Meulen et al (1979) y Brewbaker y Hutton (1979).

2.7.6. Factores antinutricionales

La leucaena ha sido reconocida como una fuente potencial de proteína para varias especies incluyendo las tilapias (Santiago, 1988; Hasan et al., 1994; Osman et al., 1996). Sin embargo, la presencia de un aminoácido tóxico llamado mimosina (3-hidroxi-4-piridina), ha limitado su uso (Wee y Wang, 1987), éste aminoácido se presenta particularmente activo en el crecimiento de raíces, hojas, vainas y semillas. En hojas se presenta en un rango de 1.40 – 7.19 g/100g de materia seca (MS) y en forraje 0.70 – 3.59 g/100g de MS (García, 1996) (cuadro 10).

La mimosina es un agente antimitótico y depilatorio (Hammond, 1995). Los problemas asociados con el alto consumo de *Leucaena* por el ganado son: alopecia (pérdida de cabello), pérdida de apetito, salivación excesiva, pérdida de equilibrio y bocio (Vogt et al., 1986) entre otros, los cuales se han observado principalmente en rumiantes (Jones, 1979; Meulen et al. 1979, D' Mello, 1992a). Además de la mimosina, se reporta la presencia de taninos principalmente en tallos y hojas (Shelton y Brewbaker, 1994).

Actualmente existen varias formas de disminuir y contrarrestar los efectos tóxicos de las hojas en *Leucaena*. Los más utilizados son los métodos por calor (temperaturas mayores a 70°C), la adición de compuestos químicos como el sulfato ferroso (NAS, 1977, citado por García et al. 1996), el remojo en agua por 36 horas (Meulen et al. 1979) y el uso del DHP ruminal (D'Mello, 1992).

3. HIPÓTESIS

- El empleo de las leguminosas arbóreas como alimento para tilapia, no produce efectos nocivos en el desarrollo de los peces.
- Los niveles de sustitución (10 y 15%) de harina de hoja de *Cajanus*, *Gliricidia* y *Leucaena* no influyen en las ganancias de peso de los peces.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el empleo de tres leguminosas arbóreas como alimento para tilapia (*Oreochromis niloticus*) en sistemas silvoacuícolas

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el efecto de la sustitución de harina de pescado con dos niveles de inclusión de harina de hoja de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* en dietas para tilapia
- Comparar las ganancias de peso de los peces alimentados con harina vegetal y harina de pescado
- Evaluar el empleo de la hoja deshidratada de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* como única fuente de proteína.

5. METODOLOGÍA

5.1. LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Agroforestal (CEA) del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ambos centros ubicados en los kilómetros 4.0 y 6.5 respectivamente, de la carretera federal Martínez de la Torre - Tlapacoyan en el estado de Veracruz a 20° 4' N, 97° 3' W, con temperatura promedio anual de 23.4°C y una precipitación pluvial media anual de 1980 mm. Su clima corresponde al tipo Af(m) (w) (e), cálido húmedo con lluvias todo el año, representando la vegetación un agroecosistema de bosque subtrópico semisiempre verde (García, 1973) (Figura 5).

5.2. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

El estudio se dividió en dos experimentos:

5.3. EXPERIMENTO I. SUSTITUCIÓN DE HARINA DE PESCADO POR HARINA DE HOJA

Se utilizaron 525 crías de tilapia *Oreochromis niloticus* (var. Stirling) con un peso inicial de 15 mg, divididas en 7 diferentes dietas que fueron consideradas como tratamientos. Estas dietas están elaboradas con base en harina de pescado y dos niveles de inclusión como se indica en cada tratamiento (Tabla 1).

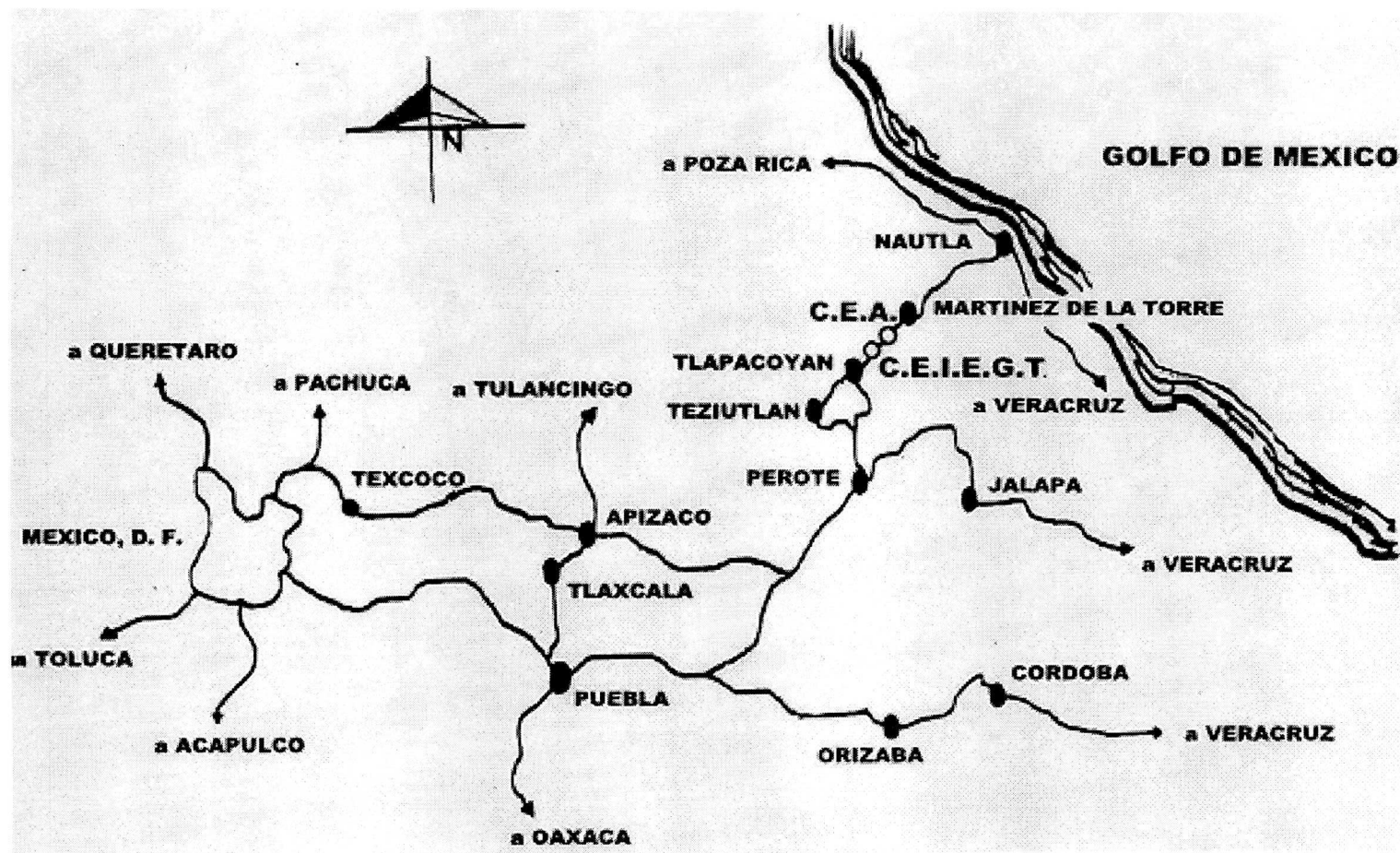


Figura 5. Localización del C.E.A. y el C.E.I.E.G.T.

Tabla 1. Niveles de sustitución (10 y 15%) de harina de pescado con harina de hoja de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*

Ingrediente proteico	D I E T A						
	T	C10	C15	G10	G15	L10	L15
Proteína vegetal	0	10	15	10	15	10	15
Proteína de pescado	100	90	85	90	85	90	85

Se utilizó un sistema de recirculación de agua compuesto por 21 cubetas de plástico con una capacidad de 15 litros de agua, con un flujo de agua constante de 1.5 lt/seg. Cabe mencionar que para la construcción del sistema se utilizó material de la zona como el tarro (Bambú) y árboles como la chaca (*Bursera simaruba*).

Cada tratamiento tuvo 3 réplicas y en cada una de ellas se colocaron 22 crías. Los peces se pesaron al inicio y al final del experimento el cual duró 56 días. Posteriormente fueron pesados cada 15 días tomando una muestra de 15 crías por unidad experimental o cubeta.

5.3.1. Preparación de las dietas

El follaje de *Cajanus cajan* y *Gliricidia sepium* se colectó de un sistema de curvas de nivel y el de *Leucaena Leucocephala* de árboles dispersos en el campo experimental agroforestal, se colectaron solamente hojas jóvenes, ya que en esta etapa se tiene mayor contenido de proteína vegetal.

Las colectas de follaje se realizaron por la mañana (8 - 10 am) para evitar pérdida de humedad, posterior al corte se colocaron en una lámina de metal a secarse al sol durante 10 horas para reducir los niveles de taninos de acuerdo a lo reportado por Osei y Atuahene (1990), después se embolsaron y se introdujeron a una estufa a temperatura constante (65°C) durante 48 horas. Así mismo a la muestra colectada de *Leucaena leucocephala* se le puso a remojar en agua durante 48 h, posteriormente se colocó en una lámina de metal a secarse al sol durante 10 hrs para disminuir los niveles de mimosina presentes en la hoja según lo reportado por Vogt y Pascual, (1986), se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron a la estufa 48 horas, procediéndose a moler en un molino de laboratorio (marca Thomas - Wiley Model 4).

A la harina de hoja se le tamizo en una criba de 2 micras. Posterior al tratamiento se realizó un análisis químico proximal a la harina de hoja y a la harina de pescado para determinar el contenido de proteína en cada una de ellas, estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de forrajes del CEIEGT. (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis químico proximal de la harina de hoja de *Cajanus*, *Gliricidia*, *Leucaena* y harina de pescado*

Contenido (%)	<i>Cajanus</i>	<i>Gliricidia</i>	<i>Leucaena</i>	Harina de pescado
Humedad	2.00	2.00	2.00	2.00
Proteína cruda	25.96	30.05	33.52	48.72
Grasa cruda	17.17	10.10	19.26	13.10
Ceniza	7.91	8.26	3.39	21.72
Fibra cruda	15.08	8.25	14.68	9.26
ELN	31.88	41.34	26.15	2.20
TOTAL	100	100	100	100
Energía bruta (Kcal/100g)	3687.6	4311.95	4590.0	3816.2

* deshidratada, ELN= Extractos libres de nitrógeno

Con base en los análisis de las materias primas, se balancearon dietas isoprotéicas e isocalóricas con un 40% de proteína, óptimo determinado para tilapia *Oreochromis niloticus* en esta fase de crecimiento (El-Sayed y Teshima, 1992; Rivas, 1993) (Tabla 3).

Tabla 3. Formulación de las dietas experimentales (B.H)*.

Ingrediente (g/kg)	Testigo	C10	C15	G10	G15	L10	L15
Harina de pescado	821.0	738.9	697.9	738.9	697.9	738.9	697.9
H. hoja de <i>Cajanus</i>	----	154.1	231.1	----	----	----	----
H. de hoja <i>Gliricidia</i>	---	----	----	133.1	199.7	----	----
H. de hoja de <i>Leucaena</i>	---	---	----	----	---	119.3	178.9
Almidón	95.6	30.8	----	50.5	27.9	75.2	62.0
Aceite de pescado	38.4	31.2	26.0	32.5	29.5	23.5	17.0
Premezcla vitaminas	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Premezcla mineral	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
TOTAL	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Energía (Kcal/100g)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

* Base húmeda. H= harina

La harina de pescado fue adquirida en una fabrica de alimento balanceado; los aceites de pescado y almidón así como las premezclas de minerales y vitaminas se compraron localmente. En la tabla 4, se presenta el análisis químico de las dietas elaboradas. La estimación de la composición química se determinó por medio de las siguientes técnicas: humedad por deshidratación en una estufa para laboratorio a 65 °C por 48 horas; proteína por el método de Kjendahl (N x 6.25); extracto etéreo por el método de Soxlet; fibra cruda por medio de la técnica ácida alcalina, el contenido de ceniza mediante calcinación en una mufla a 540°C. Los análisis se basaron en las técnicas estándar de la

AOAC (1984). El cálculo de la energía se basó en los siguientes factores de conversión: proteína= 5.5 kcal/g, lípidos= 9.1 kcal/g y carbohidratos como almidón crudo= 4.1 kcal/g (Jauncey y Ross, 1982). El balanceo de alimentos se hizo por el método de cuadrado de Pearson (Arista y Baños, 1984).

Tabla 4. Composición proximal de las dietas utilizadas (BH).

Contenido	C10	C15	G10	G15	L10	L15	TESTIGO
Humedad	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Proteína cruda	40.28	41.00	36.85	39.20	38.57	40.51	41.43
Grasa Cruda	8.55	8.45	8.69	8.65	8.60	8.71	12.83
Ceniza	31.29	29.11	38.23	33.90	25.77	30.03	33.98
Fibra cruda	10.56	11.68	10.12	10.81	8.21	11.08	8.17
ELN*	7.32	7.76	4.11	5.44	16.85	7.67	1.59
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Energía (Kcal/100g)	3726.5	3820.9	3400.9	3609.4	3931.4	3789.4	3846.3

* ELN= Extractos libres de nitrógeno

5.3.2. Proceso de elaboración

Los ingredientes se mezclaron con una amasadora casera con el siguiente orden: primero las harinas con las premezclas de vitaminas y minerales por 15 min, se agregó el aceite y el almidón gelatinizado y por último el agua suficiente para formar una masa, posteriormente se tamizó y los granulados se metieron a una estufa a temperatura constante (65°C) por 24 horas, se empaquetaron y almacenaron bajo refrigeración hasta su empleo.

5.4. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua fue registrada con base a los parámetros, materiales y períodos siguientes: Semanalmente: oxígeno disuelto en agua con un oxímetro portátil Hach de 0 a 20 mg/l de rango de lectura; temperatura ambiente y del agua con un termómetro de mercurio de 0 a 60 °C. Quincenalmente: pH por medio de varillas indicadoras; amonio con el método colorimétrico de la reacción de Nessler, y nitritos por medio de un espectofotómetro portátil Modelo 2508-10 DR-EL/4. Marca Hach.

5.5. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL CUERPO DE LOS PECES

Al final del experimento se evaluó la composición corporal de los peces mediante un análisis proximal de acuerdo con las técnicas AOAC (1984).

5.6. EXPERIMENTO II. PRUEBA DE ACEPTACIÓN Y CONSUMO DE HOJA DESHIDRATADA

Sé utilizaron 3 tinas de plástico con una capacidad de 1.7 m³ de agua. En cada tina se colocaron 10 peces con un peso inicial de 145g. El experimento consistió de 3 tratamientos basándose en la hoja seca de cada leguminosa distribuida de la siguiente manera:

Tratamiento 1. 10 animales alimentados con hoja deshidratada de *Cajanus cajan*.

Tratamiento 2. 10 animales alimentados con hoja deshidratada de *Gliricidia sepium*.

Tratamiento 3. 10 animales alimentados con hoja deshidratada de *Leucaena leucocephala*.

La duración del experimento fue de 45 días y el pesaje se hizo de una manera individual cada 10 días. Es importante destacar que para la identificación de los animales se realizó un corte en la espina de la aleta dorsal.

5.7. CALIDAD DEL AGUA

Al igual que en el experimento uno se tomaron lecturas de los siguientes parámetros fisicoquímicos: Semanalmente: oxígeno disuelto en agua, temperatura ambiente y del agua. Quincenalmente: pH, nitritos y amonio.

5.8. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL CUERPO DE LOS PECES

Se evaluó la composición corporal de los peces mediante un análisis proximal de acuerdo con las técnicas AOAC (1984), al finalizar el experimento.

5.9. VARIABLES A EVALUAR

El uso de la harina de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* y la harina de pescado como fuente de proteína se evaluaron en función del crecimiento de los animales y la eficiencia de utilización del alimento (Jauncey y Ross, 1982) para los siguientes modelos:

1. **Sobrevivencia (S).** Estima el porcentaje de peces que vivieron al final del experimento

$$S = 100 (N_f / N_i)$$

Donde:

Nf= Número de peces al finalizar el experimento

Ni= Número inicial de peces

2. **Peso ganado (PG) (%)** Ganancia porcentual de peso en un tiempo dado.

$$PG = 100 (P_f - P_i) / P_i$$

Donde:

Pf = Peso final

Pi= Peso inicial

3. **Peso ganado individual (PGI) (g/día)**

$$PGI = (\sum PGI \text{ quincenal}) / T$$

Donde:

T = Tiempo en días

$\sum$ PGI es el total de alimento consumido

4. **Alimento consumido (ACI) (g/día).** Estima el consumo individual de alimento (peso húmedo)

$$ACI = (\sum ACI \text{ quincenal}) / T$$

T = Tiempo en días

$\sum$ ACI es el total de alimento consumido

5. **Tasa de Conversión de Alimento (TCA).** Alimento usado para producir una unidad de peso de un animal.

$$TCA = ACI / PGI$$

Donde: ACI = alimento consumido individual y PGI = peso ganado individual

5.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el objeto de conocer si los parámetros de crecimiento con los tres tratamientos fueron o no significativos estadísticamente, los resultados fueron analizados mediante un diseño completamente al azar y una prueba de medias de Tukey (Steel y Torrie 1985), siendo el modelo matemático el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

μ = media general

Y_{ij} = ij -ésima observación $i=1,2 \dots t$; $j=1,2 \dots r$

τ_i = i -ésimo tratamiento $y=1,2 \dots t$

ε_{ij} = ij -ésimo error experimental

Prueba de medias de Tukey

$$W = q_{\alpha}(p, fe) \bar{S}_Y$$

Donde:

$p = t$ es el número de tratamientos

fe = corresponde a los grados de libertad del error

6. RESULTADOS

Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de hoja

Calidad del agua

Los parámetros monitoreados de calidad de agua (Tabla 5) estuvieron dentro de un rango aceptable para el cultivo de esta especie (Morales, 1990). Aunque en las últimas semanas del experimento se presentaron bajas de temperatura por la entrada de nortes.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	± D.E.
Temperatura ambiente (°C)	17.3	35.7	29.4	3.0
Temperatura del agua (°C)	20.5	32.3	28.9	1.9
Oxígeno (ppm)	7.3	8.1	7.7	0.26
Amonio (ppm)	0.01	0.2	0.06	0.07
Nitritos (ppm)	0.20	0.9	0.53	0.43

No existieron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de sobrevivencia ($P>0.05$) entre los tratamientos. Los peces muertos mostraban lesiones no atribuibles a las dietas.

Variables de crecimiento

En los pesos iniciales no se mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P>0.05$). Aunque no hubo diferencia estadística en los pesos finales se vio una tendencia a incrementar su peso como se muestra en la Tabla 6. El peso más alto fue para G10, seguido de T y L10. El peso más bajo fue para C15, seguido de C10.

Con relación al peso ganado (PG%), G10 fue el tratamiento que mayor PG reportó y C15 el que menor peso ganado obtuvo. En cuanto a ganancia diaria de peso (PGI) se observó que G10 y T fueron las que tendieron a ganar mayor peso, mientras que C15 y C10 las de menor ganancia de peso.

En la Figura 4 se observa que el peso mas alto fue para T, seguido por G10 y L15, C15 fue el que presento el peso mas bajo. A partir del 3er. pesaje se aprecian las diferencias en las curvas de crecimiento de todos los tratamientos, relación que se mantiene hasta el final de la prueba.

Por otro lado, en cuanto a consumo de alimento (ACI), se pudo observar una tendencia de que al aumentar el nivel de inclusión disminuyo el consumo de alimento. En todos los tratamientos las tasas de conversión alimenticia (TCA) no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$).

Tabla 6. Parámetros de crecimiento evaluados en el experimento I.

Valores promedio ¹	C10	C15	G10	G15	L10	L15	TESTIGO
Sobrevivencia (%)	88.1 ^a	82.1 ^a	82.5 ^a	87.8 ^a	92.4 ^a	91.2 ^a	88.2 ^b
Peso inicial (mg)	53.3 ^a	52.0 ^a	53.3 ^a	61.7 ^a	61.7 ^a	45.7 ^a	55.7 ^a
Peso final (mg)	397.3 ^a	353.0 ^a	640.7 ^a	483.7 ^a	516.3 ^a	484.7 ^a	620.3 ^a
PG (%)	647.2 ^a	610.2 ^a	1125.3 ^a	711.0 ^a	772.0 ^a	977.0 ^a	1018.1 ^a
PGI (mg/día)	6.14 ^a	5.37 ^a	10.47 ^a	7.53 ^a	7.96 ^a	7.83 ^a	10.08 ^a
ACI (mg/día)	654.3 ^a	357.0 ^a	773.0 ^a	357.0 ^a	952.0 ^a	768.0 ^a	506.0 ^a
TCA	1.90 ^a	1.19 ^a	1.44 ^a	0.89 ^a	2.09 ^a	1.75 ^a	0.91A ^a

¹ Valores con el mismo superíndice no son estadísticamente diferentes (P>0.05)

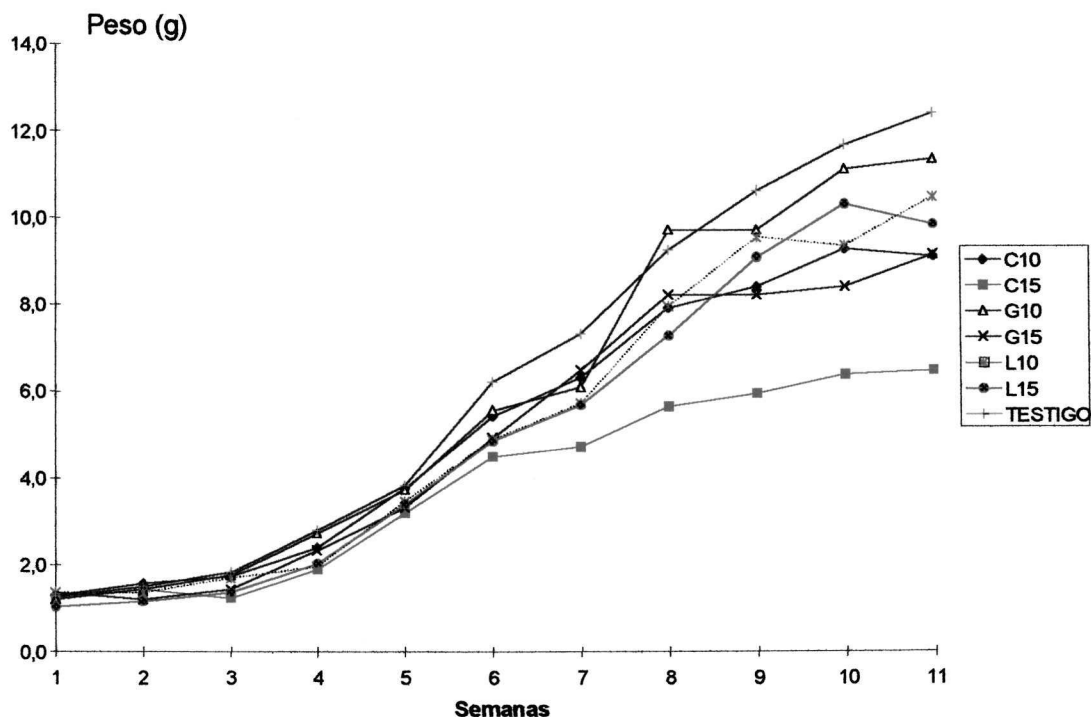


Figura 6. Curvas de crecimiento de los peces con las dietas evaluadas.

Composición corporal de los peces. No hubo diferencia estadística entre el contenido de proteína ($P>0.05$) en ninguno de los tratamientos. En cuanto al contenido de lípidos, si hubo diferencia significativas ($P>0.05$), además se puede observar que el nivel de lípidos aumento a medida que se incremento el nivel de sustitución en la mayoría de todos los tratamientos (Tabla 7), el Testigo fue el que mostró el nivel más alto de lípidos, siendo éste diferente a los demás tratamientos ($P<0.05$).

En cuanto a fibra G10 y G15 presentaron los niveles mas bajos de fibra. C10, C15 Y L15 fueron similares estadísticamente además de ser los que reportaron los niveles mas altos de fibra. El Testigo fue diferente a los demás tratamientos ($P<0.05$).

En la mayoría de los tratamientos se observó un ligero aumento en el contenido de ceniza a medida que incrementaba el nivel de inclusión, C10 y C15 presentaron los niveles mas altos de ceniza y L10, L15 y T los niveles mas bajos. Por otro lado el contenido de humedad en los tratamientos C10 Y C15 tendieron a disminuir su contenido de agua al aumentar el nivel de sustitución al igual que con los tratamientos G10 y G15. L10 y L15 incrementaron ligeramente su nivel de agua.

Tabla 7. Composición proximal de la harina de los peces al final del primer experimento.

Contenido %	C10	C15	G10	G15	L10	L15	TESTIGO
Humedad	80.3 ^a	79.7 ^a	81.0 ^a	79.8 ^a	78.1 ^a	79.1 ^a	78.6 ^a
Proteína cruda	58.7 ^a	58.6 ^a	57.9 ^a	58.4 ^a	58.7 ^a	60.7 ^a	55.5 ^a
Extracto etéreo	8.8 ^a	9.9 ^a	9.9 ^a	11.5 ^a	11.4	9.6 ^a	14.2 ^b
Ceniza	24.8 ^a	26.5 ^a	24.0 ^{ab}	24.5 ^{ab}	21.9 ^b	22.8 ^b	22.2 ^b
Fibra cruda	0.3 ^a	0.3 ^a	0.05 ^b	0.04 ^b	0.2 ^a	0.4 ^a	0.1 ^c
ELN*	7.4 ^a	4.7 ^a	9.0 ^a	5.6 ^a	7.7 ^a	5.1 ^a	6.5 ^a

*ELN= Extracto libre de nitrógeno

Experimento dos. Prueba de adaptación y consumo de hoja deshidratada

En la tabla 8 se muestran los parámetros de calidad del agua. El parámetro que estuvo fuera del intervalo óptimo para la especie fue el amonio.

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del agua durante el segundo experimento.

Parámetro	Promedio	± D.E.
Temperatura ambiente (°C)	26.0	2.8
Temperatura del agua (°C)	26.0	2.5
Oxígeno (ppm)	5.5	1.76
Amonio (ppm)	0.5	0.35

En cuanto a la supervivencia no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Variables de crecimiento. En general en esta segunda fase no se apreciaron diferencias significativas ($P>0.05$) con relación a los parámetros de crecimiento (Tabla 9). Los tres tratamientos perdieron peso, aunque se pudo observar que al final del experimento se mostró una ligera tendencia a incrementar el peso como se muestra en la figura 5.

Los peces de todos los tratamientos, manifestaron un consumo diferente ($P<0.05$), sin embargo se aprecia una disminución gradual en el consumo de alimento, de tal manera que el tratamiento con *Gliricidia* fue el que más alimento consumió por día y el tratamiento con *Cajanus* los que menos comieron.

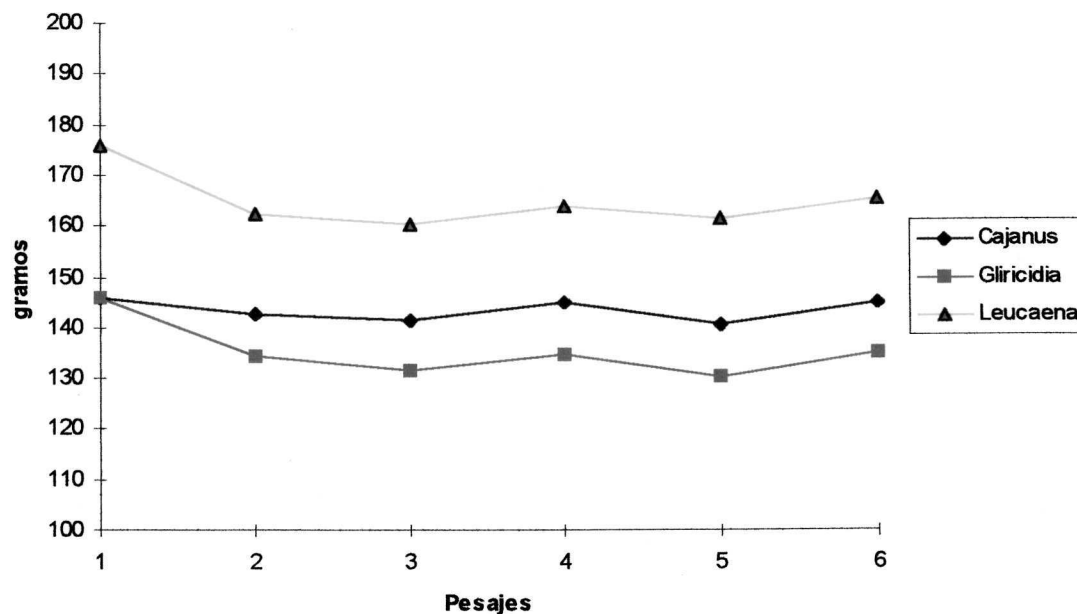


Figura 7. Curva de crecimiento de los peces durante el experimento dos.

Composición corporal de los peces. No se encontraron diferencias estadísticas para el contenido de humedad entre réplicas ($P > 0.05$), las réplicas que presentaron mayor contenido de agua fueron C1 y G5. En cuanto al contenido de proteína no se mostraron diferencias significativas entre tratamientos, pero si entre réplicas observándose los niveles mas altos en L4, L5 y C1 y para C5 y G3 los niveles más bajos ver Tabla 10.

Tabla 10. Análisis químico proximal de los peces durante el segundo experimento¹.

Contenido (%)	Cajanus cajan	Gliricidia sepium	Leucaena leucocephala
Humedad	73.3	72.4	74.3
Proteína cruda	56.1	55.6	58.4
Extracto etéreo	26.9	25.4	23.5
Ceniza	16.4	16.0	18.1
Fibra cruda	0.7	1.4	0.2
ELN	0.8	1.5	0.6
Total	100	100	100

¹ Valores con el mismo superíndice no son estadísticamente diferentes ($P \geq 0.05$)

7. DISCUSIÓN

Experimento I. Sustitución de harina de pescado por harina de hoja

Parámetros fisicoquímicos

Como se menciona en resultados, los principales parámetros fisicoquímicos de calidad del agua estuvieron dentro de su rango óptimo, que de acuerdo con Hephher y Pruginin (1985) y Arredondo-Figueroa et al. (1995), son los recomendados para tilapia (*Oreochromis niloticus*), la temperatura del agua fue la que mostró ciertas limitaciones, ya que al final de la fase experimental se observó un ligero descenso de temperatura (20.5 °C), que de acuerdo con Balarin y Hatton (1979), este rango no es adecuado para el buen desarrollo de las tilapias, ya que disminuye el consumo de alimento y ocasiona pérdidas de peso, por lo cual se decidió suspender el experimento. Este descenso de temperatura se atribuye a la época de lluvias y la entrada de nortes.

Con respecto a la sobrevivencia, ésta mostró ser alta en todos los tratamientos, lo cual indica que la utilización de la harina de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* pueden ser empleadas en dietas para tilapia hasta un 15% de inclusión sin tener efectos adversos atribuibles a compuestos antinutricionales y tóxicos en el crecimiento de los peces.

Con los tratamientos de secado al sol y remojado empleados en las hojas de las 3 leguminosas se eliminaron los compuestos antinutricionales y tóxicos presentes en las harinas, de acuerdo con Osei y Atuahene (1990), Dzowela et al., 1995 y Lim y Dominy (1991).

Parámetros de crecimiento

Cajanus cajan

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los pesos finales de las dietas C10 y C15 se pudo observar cierta tendencia a disminuir el peso al aumentar el nivel de sustitución de proteína vegetal. En estudios similares con leguminosas de cobertura (*Canavalia spp*, *Arachis spp*) y arbóreas (*Sesbania grandiflora*) (Garduño, 1995; Martínez Palacios, 1988; Olvera et al, 1988) se observó una tendencia semejante en la disminución en cuanto a ganancias de peso en tilapias.

El empleo de la harina de hoja de *Cajanus cajan* no se ha descrito en tilapias. Su uso se ha reportado básicamente para rumiantes como lo describe Masama y colaboradores (1997), quienes encontraron que al aumentar el nivel de sustitución de la harina de *Cajanus* se mostraron bajas ganancias de peso en borregos. Por otro lado, su empleo en animales monogástricos ha tenido mejores resultados como lo cita Udedibie e Igwe (1989), quienes no reportan ningún efecto negativo en la producción de huevo en gallinas ponedoras, aunque la conversión alimenticia disminuyo ligeramente al aumentar el nivel de inclusión de proteína vegetal.

Gliricidia sepium

De acuerdo con los resultados obtenidos, a pesar de que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos G10 y G15 se puede apreciar que estas dietas mostraron un mejor crecimiento y ganancia de peso, en comparación con el testigo (T). En un estudio similar Das y colaboradores (1994), encontraron que utilizando la harina de hoja de *Gliricidia* en forma de pellet obtuvieron buenos crecimientos en carpas (*Catla catla* y *Labeo rohita*).

En cuanto a PGI y TCA se observó que al aumentar el nivel de inclusión de harina de *Gliricidia*, el consumo de alimento disminuyó y por lo tanto se presentó una baja en los parámetros mencionados.

La utilización de la *Gliricidia* se ha enfocado mas a rumiantes en forma de forraje, aunque en animales monogástricos se ha empleado en harina pero en bajos niveles de sustitución de proteína vegetal debido a la presencia de taninos como lo reporta Smith y van Houter (1987), quienes encontraron que con niveles mayores al 10% de inclusión de harina de hoja de *Gliricidia* se presentaron problemas a nivel hepático en gallinas ponedoras, además de bajo crecimiento. De manera similar, Osei y colaboradores (1990), no recomiendan niveles de sustitución mayores al 25%, ya que reducen el tamaño y peso de los huevos, debido a la presencia de taninos en gallinas ponedoras.

Leucaena leucocephala.

Los peces alimentados con ambos niveles de sustitución de proteína de *Leucaena* como se comenta en resultados, manifestaron un buen crecimiento y ganancias de peso al igual que el testigo.

El tratamiento empleado para disminuir los niveles tóxicos en la hoja de *Leucaena* concuerda con un estudio llevado a cabo por Wee y Wang (1987), los cuales obtuvieron mejores respuestas de crecimiento en cuanto a peso con hojas tratadas por calor en crías de tilapia. De la misma manera Osman et al. (1996), reportan un incremento en peso y tasas de crecimiento con hojas de *Leucaena* tratadas con calor y deshidratadas en crías de tilapia (*O. Niloticus*). Sin embargo, Santiago et al (1988), encontraron bajas de peso en hembras y machos de tilapia (*O. Niloticus*) y una disminución en el desove al aumentar los niveles de sustitución de proteína vegetal atribuibles a la presencia de mimosina en la harina, en reproductores de tilapia.

Por otro lado en un estudio similar Hasan et al. (1994), encontraron que con tratamientos en remojado se mejoraron las ganancias de peso y crecimiento en crías de carpa (*Labeo rohita*), además observaron una tendencia a reducir la respuesta de crecimiento a medida que aumentaba el nivel de inclusión de la harina de hoja de *Leucaena*.

Composición corporal

En cuanto a la composición corporal se pudo observar que ésta se modificó en la medida en que se aumentaba el nivel de inclusión de proteína vegetal; los lípidos fueron el componente que más varió. Se pudo observar que en la mayoría de los tratamientos se presentó un aumento en el contenido de grasa, este aumento pudo ser debido a que los peces de alguna manera sintetizaron grasa para formar proteína, lo cual se ve reflejado en la disminución en los contenidos de proteína (Lovell, 1989).

Con respecto al porcentaje de ceniza, se observó que los tratamientos C10 y C15 fueron los que presentaron los más altos contenidos de ceniza, esto se atribuye a los contenidos de minerales presentes en la hoja administrada.

En cuanto a los contenidos de fibra, los peces de los tratamientos C10 y C15 presentaron los contenidos mas altos, esto se debe a que las dietas contenían un alto porcentaje de fibra, el cual se incrementó en la medida en que se aumentaba el nivel de inclusión. De esta manera, este estudio concuerda con lo reportado por otros autores, quienes probaron diferentes niveles de inclusión de proteínas vegetales con altos contenidos en fibra, en donde los parámetros de crecimiento se vieron afectados a medida que se incrementaba el nivel de sustitución en dietas para tilapia, puesto que tal aumento de la proporción de proteína vegetal aumenta la motilidad intestinal originando que la intensidad de la defecación de los peces fuera mayor (Jackson et al. 1982; Omoregiae y Ogbemudia, 1993; Osman et al. 1996).

Experimento II. Prueba de aceptación y consumo de hoja deshidratada

Parámetros fisicoquímicos

La calidad del agua se mantuvo dentro del rango recomendado para tilapia (*O. Niloticus*) de acuerdo con Balarin y Hatton (1979) y Lee y Newman (1992).

El amonio se mantuvo al inicio del experimento dentro de los rangos permisibles para la especie, sin embargo al final de la fase experimental la concentración de amonio fue alta (0.5 mg/litro), que de acuerdo con Lee y Newman (1992) es letal para tilapias. Tal aumento en la concentración de amonio puede ser atribuible a la época de lluvias, ya que durante ésta, la fuente de agua pudo ser alimentada por corrientes subterráneas, frecuentes durante dicha temporada. Cabe mencionar que los niveles de amonio de la fuente de agua (pozo) oscilaban entre 0.4 y 0.6 mg/litro. A pesar de las concentraciones de amonio registradas y su efecto reportado en la literatura (Hepher y Pruginin, 1985; Arredondo-Figueroa y de la Lanza, 1995), no se presentó mortandad en los peces del experimento, ni en los demás peces del área de investigación de acuacultura.

La baja de temperatura presentada al final del experimento se atribuye a la época de invierno la cual influyo de manera directa en el consumo de alimento, ocasionando con ello bajas de peso en los peces, por lo cual se decidió suspender el experimento.

Por otro lado, la sobrevivencia en todos los tratamientos fue elevada, lo cual indica que la hoja deshidratada de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* son materias primas que pueden ser empleadas en dietas para tilapias, en virtud de que carecen de compuestos tóxicos que causen trastornos en la salud de los peces.

Parámetros de crecimiento

El hecho de que al inicio del experimento los peces bajaran de peso, se puede atribuir al cambio de dieta y a la posible falta de algunas enzimas digestivas para digerir mejor el tipo de alimento suministrado, además se pudo observar que las bajas de temperatura afectaron el consumo de alimento repercutiendo en las ganancias de peso. Aunado a esto, cabe señalar que el agua utilizada en las tinas se mantuvo durante todo el experimento clara, por lo cual no se tuvo acceso a otro tipo de alimento natural como algas y plancton.

Como consecuencia del cambio de dieta, los peces dejaron de comer y no recibieron la energía requerida para su mantenimiento, por lo cual utilizaron sus propios tejidos corporales principalmente depósitos de grasa y proteínas tisulares para este fin, reflejándose esto en las bajas de peso (Hepher, 1993; Lovell, 1989).

La aceptación y consumo de las hojas por parte de los peces fue bajo, aunque se pudo apreciar que la hoja de *Gliricidia sepium* fue la que más se consumió en comparación con las otras dos leguminosas.

Cabe resaltar que el tiempo fue un factor limitante en el experimento, ya que se pudo apreciar una tendencia a incrementar el peso al final del experimento debido posiblemente a que los peces empezaban a adaptarse a la hoja, pero por la época de invierno se tuvo que suspender la investigación porque las bajas de temperatura disminuyen el consumo de alimento.

La utilización de las hojas de *Gliricidia sepium* no se han descrito para tilapia, pero en rumiantes y animales monogástricos se ha observado que el empleo de esta hoja como alimento en ovejas y vacas, implica un período de adaptación durante el cual los animales perdieron peso y presentaron diarreas, una vez adaptados al nuevo régimen alimenticio, los efectos detrimentes disminuyeron (Norton, 1994; Chadhokar, 1982).

De acuerdo con esos autores se puede interpretar que los peces tuvieron un período corto de adaptación al cambio de dieta lo cual se vio reflejado en las bajas ganancias de peso reportadas, aunado a esto, es posible también la falta de algunas enzimas digestivas para la mejor utilización del alimento.

Composición corporal

El aumento de grasa en los tres tratamientos se puede atribuir a la dieta utilizada anteriormente, la cual fue a partir de alimento comercial.

Se pudo apreciar que el tratamiento con *Gliricidia sepium* mostró los mas altos contenidos de fibra. Este aumento de fibra ocasionó bajas de peso en los peces, debido a que la fibra aumentó la motilidad del tracto gastroentérico y por consiguiente el tiempo de absorción disminuyó dando como resultado un aumento en la defecación, lo cual se vió reflejado en una disminución en el crecimiento tanto en peso como longitud (Lovell, 1989 y Steffens, 1987).

Como se puede apreciar, la utilización de las leguminosas arbóreas en sistemas silvoacuícolas favorece la producción ya que estas tres especies son consideradas también como arboles de uso múltiple.

Es importante realizar más estudios con hojas de estas 3 leguminosas como fuente de proteína, con el objeto de evaluar otras opciones de empleo en dietas para tilapia, ya sea como única fuente de sustitución de proteína de pescado o combinada con otras fuentes de proteína vegetal.

8. CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que:

La harina de hoja de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*:

- Pueden ser empleadas para sustituir la harina de pescado hasta un 15% sin repercutir significativamente en las ganancias de peso de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)
 - no presentan compuestos tóxicos que causen trastornos en la salud de los peces con el nivel empleado, al igual que las hojas deshidratadas
- La utilización de las tres leguminosas arbóreas en forma de harina de hoja y hoja deshidratada pueden ser una alternativa como alimento para tilapias en sistemas silvoacuícolas

9. RECOMENDACIONES

1. Continuar esta investigación en un periodo más largo, con el fin de:
 - Evaluar el ciclo completo de la tilapia, alimentada con harina de hoja de *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* y
 - Confirmar la aceptación de la hoja deshidratada como única fuente de alimento.
2. Evaluar los costos de utilización del alimento comercial con el uso de la harina y hoja deshidratada de las tres especies arbóreas empleadas.

10. LITERATURA CITADA

- Adeneye J. A. 1991. Mimosine content in various fractions of *Leucaena leucocephala* grown in Western Nigeria. Journal Animal Feed Science and Technology. 33: 349-353.
- Akbar M. A., and Gupta P. C. 1984. Nutrient composition of different cultivars of *Leucaena leucocephala* (Abstract) Leucaena Research Report. 5(1): 14-17.
- Akinola J. O., Whiteman P.C., and Wallis E. S. 1975. Agronomic Studies on Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). I. Field Responses to Sowing Time. Austr. J. Agric. Res. 26: 43-49.
- Alayón J.A. 1996. Evaluación de métodos de siembra y de efecto de la inclusión de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud en dietas de heno de *Cynodon nlemfuensis* en ovinos pelibuey. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 120 p.
- Aletor V. A., and Omodara O. A. 1994. Studies on some leguminous browse plants, with particular reference to their proximate, mineral and some endogenous anti-nutritional constituents. J. Animal Feed Science and Tchnology 46(1): 343-348.
- Alvarez F. J., Wilson A., and Preston T. R. 1978. *Leucaena leucocephala* as a protein supplement for dual purpose milk and weaned calf production on sugarcane-based diet: comparisons with rice polishings. Tropical Animal Production, 3(1): 51-55.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th edition. AOAC, Arlington, V.A., USA. 1141pp.
- Arista P. y Baños L. 1984. Manual de formulación de raciones de ganado. Centro Nacional de Investigaciones Hidropónicas, A. C. México. 192 p.

- Arredondo-Figueroa J.L., y Lozano-Gracia M. 1996. El cultivo de la tilapia en México. En: Primer Curso Internacional de producción de tilapia. UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 80 p.
- Arreola P.J.A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
- Balarin J. D., and Hatton J. P. 1979. Tilapia a Guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling Scotland. 174 p.
- Bello R. 1985. Rendimiento de grano en Ton/ha, para tres fechas y tres densidades de siembra de *Cajanus cajan*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Nacional de México. CEIEGT. Martínez de la Torre, Veracruz. 50p.
- Cano R., J. Carulla., y C. E. Lascano. 1994. Métodos de conservación y de muestras de forraje de leguminosas tropicales y su efecto en el nivel y en la actividad biológica de los taninos. Pasturas Tropicales, 16(1): 2-7
- Carew B.A. R. 1983. *Gliricidia sepium* as a sole feed for small ruminants. Tropical Grassland 17: 181-184.
- Castillo G. J. 1995. Utilización de especies arbóreas en pequeñas fincas de producción en el ejido cañada rica, Tecolutla, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 80 p.
- Chadhokar P.A. 1982b. *Gliricidia maculata*. Una leguminosa forrajera prometedora. Revista mundial de zootecnia 44: 36-43.
- Chadhokar P.A., and Kantharaja H. R. 1980a. Effect of *Gliricidia maculata* on growth and breeding of bannur ewes. Tropical Grassland 14: 78-82.
- D'Mello J. P. F. 1992a. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. Animal Feed Science and Technology, 38: 237-261.
- D'Mello J. P. F., and Taplin D. E. 1978d. *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. World Review Animal Production. XVI (3).

- D'Mello J. P.F. 1992b. Nutritional potencies of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. In Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Andrew Spedy and Pierre-Luc Pugliese (eds). 125 p.
- D'Mello J.P.F., and Acamovic R. 1989c. *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition - a review. *Animal Feed Science and Technology* 26: 1-28
- D'Silva A. M. y Maughan O. E. 1994. Multiple use of water: integration of fish culture and tree growing. *Agroforestry Systems*, 26: 1-7
- Das S. K., J. K. Mamssery., and T. J. Varghese. 1994. Growth response of Indian major carps *Catla catla* and *Labeo rohita* to formulated diets containing leaf powders as protein source. (Abstrac). *Fish Technology Soc. Fish. Technol. Kochi*, 31(2): 102-107
- Davies S.J., and R. L. Bateson. 1989. The nutritional value of a processed soya protein concentrate in diets for tilapia fry (*Oreochromis mossambicus*, Peters). *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgah*. 41(1): 3-11.
- Devendra C., and Göhl B. I. 1970. The chemical composition of Caribbean feedingstuffs. *Trop. Agric. (Trin.)* 47: 335-343.
- Duke J. A. 1981. *Handbook of legumes of World Economic Importance*. Ed. Plenum Press. New York. 110 p.
- Dzowela B.H; L. Hove; and P.L. Mafongoya. 1995. Effect of drying method on chemical composition and in vitro digestibility of multi-purpose tree and shrub fodders. *Tropical Grassland* 29:263-269.
- El-Sayed A. M. 1990. Long term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Aquaculture*, 84: 315-320
- El-Sayed A. M., and Thesima S. 1992. Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture*, 103:55-63.

- Escobar A., Moreno E., y Ojeda A. 1996. Valor nutritivo de la *Gliricidia sepium*. In: *Gliricidia sepium*. El mata Ratón. Un árbol multipropósito. Fundación Polar. Universidad Central de Venezuela. 85 p.
- Estrada C.A.E., y Marroquin F.J. 1982. Leguminosas en el Centro -Sur de Nuevo León. División de Ciencias Forestales. 78 p.
- Falvey J.L. 1982. *Gliricidia maculata* - a review. Int. Tree Crops. J. 2: 1-14.
- Faris D. G., and U. Singh. 1990. In: The pigeonpea. Nene Y.L., D. S Hall., and V.K. Sheilla (eds). De. CAB International. pp. 320-360
- García E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a. ed. México, D.F. 252 p.
- García G. W., T. U. Ferguson., F. A. neckles., and K. A. E. Archibald. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. Animal Feed Science and Technology, 60: 29-41.
- García J. J. G. 1995. Utilización de cercos vivos en la Huasteca Potosina. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 78 p.
- Garduño L. M. 1995a. Producción de alimento para *Oreochromis niloticus* a partir de la sustitución de harina de pescado por harina de hoja de cacahuate *Arachis hypogaea*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 54 p.
- Garduño L. M., y Muñoz C. G. 1998b. Selección genética en *Oreochromis niloticus* para obtener especímenes homocigotos de color rojo. In Décima Primera Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. pp: 220-223.
- Gómez M. A., Rodríguez L., E. Murgueitio, C. Y. Rios., C. H. Molina., C. H. Molina., E. Molina., y J. P. Molina. 1995. Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica: Matarratón

- (*Gliricidia sepium*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Pizamo (*Erythrina fusca*) y Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*). Ed. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Valle, Colombia. 129 p.
- Gongfu Z. 1982. The mulberry dike-fish pond complex: a Chinese ecosystem of land-water interaction on the Pearl River Delta. *Human Ecology*, 10(2): 191-202
- Griffiths L. A. 1962. On the co- occurrence of coumarin, O-coumaric acid and melilotic acid in *Gliricidia sepium* and *Dipteryx odorata*. *Exp. Bot*, 13:169-175
- Gutteridge R. C., y Shelton H. M. 1994. Forage tree legumes in Tropical Agriculture. CAB International. UK. 389 P.
- Hasan M. R., D. J. Macintosh y K. Jauncey. 1997b. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry. *Aquaculture*, 151:55-70
- Hasan M. R., M. S. Haq., P.M. Das y G. Mowlah 1997a. Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein sources for Indian major carp, *Labeo rohita* fry. *Aquaculture*, 151:47-54.
- Hasan M. R., P. K. Roy., and A. M. Akand. 1994. Evaluation of leucaena leaf meal as chetary protein source for Indian mayor carp (*Labeo rohita*) fingerlings. *Aquaculture*, 124(1-4): 65-66
- Hassan M. S., y Edwards P., 1992. Evaluation of duck weed (*Lemna perpusilla* an *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 104:315 - 326.
- Hepher B. y Pruning Y. 1985. Cultivo de peces comerciales. Basados en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. LIMUSA. México, D. F. 316 p.

- Hernández H.R. 1992. Contenido de taninos y análisis químico proximal de la semilla de 21 líneas de Guandul (*Cajanus cajan* (L) Millsp). Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 65p.
- Huxley P.A. 1983. Comments on agroforestry classification with special references to plants. In: Huxley, P.A. (ed.), Plant Research and Agroforestry, pp. 161-171. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Jakson A. J., Capper B.S., y Matty A. J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, 27: 97 - 109.
- Jarillo R. J. 1990. Rendimiento de 22 líneas de guandul *Cajanus cajan* (L) Millsp y su relación con el clima, plagas y enfermedades en la zona de Tlapacoyan, Ver. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Jalapa, Veracruz. 70 p.
- Jauncey K., and Ross B. 1982. A Guide to Tilapia Feeds and Feeding. University of Stirling, Scotland 111 p.
- Johansen R.S. 1994. Comparación de crecimiento de la Línea roja y gris de *Oreochromis niloticus* (L:) monosexada, bajo condiciones de cultivo semiintensivo en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Ver. 50 p.
- Jones R. J. 1979. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. World Animal Review. 31: 13-23.
- Kabaija E., y O.B. Smith. 1989. Influence of season and age of regrowth on the mineral profile of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. Trop. Agric. (Trinidad). 66(2):125-128.
- King K.F.S. 1979. Agroforestry and the utilization of fragile ecosystems. Fores Ecology and Management 2: 61-168.

- Kohler C. C., y Pagan - Font F. A. 1978. Evaluations of rum distillation wastes, pharmaceutical wastes and chicken feed for rearing *Tilapia aurea* in Puerto Rico. *Aquaculture*, 14:339 - 347.
- Krauss F. G. 1932. The pigeon peas (*Cajanus indicus*), its improvement, culture and utilization in Hawaii. *Hawaii Agric. Exp. Sta. Bull.* 64 pp
- Krishnamurthy L. R. 1998. Agroforestería (Editorial). *Gestión de Recursos Naturales Red.* 11:3
- Landa D.M.A. 1996. Crecimiento (incremento en peso) de dos líneas rojas de tilapia: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) y *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 55 p.
- Leakey R. 1996. Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today*, 8(1): 5-7
- Lee S. J., and Newman E. M. 1992. *Aquaculture an Introduction*. Interstate publishers, Inc. Danville, Illionois. 449 p.
- Lim Ch and Dominy W. 1991. Utilization of plant proteins by warmwater fish. In: Akiyama, M.D. and Ronnie, K.H.T., (eds.). *Proc. of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop*. American Soybena Association, Singapore, Republic of Singapore, pp. 163-172.
- Lovell T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 p.
- Lundgren B. O., and Raintree J. B. 1982. Sustained agroforestry. In: Nestel, B. (ed.). *Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia*, pp. 37-49. ISNAR, The Hague, The Netherlands.
- Maldonado J. J. 1997. Alternativas en la alimentación del ganado bovino en Minatitlán, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.

- Martínez-Palacios C. A., Galván G. R., Olvera N. M. A. and Chávez-Martínez, C. 1988. The use of Jack Bean (*Canavalia ensiformis* Leguminosae) meal as a partial substitute for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Cichlidae). *Aquaculture*, 68:165-175.
- Massama E., J. H. Topps., N. T. Ngongoni., and B. V. Maasdorp. 1997. Effects of supplementation with foliage from the tree legumes *Acacia angustissima*, *Cajanus cajan*, *Callinadra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* on feed intake, digestibility and nitrogen metabolism of sheep given maize stover *ad libitum*. *Animal Feed Science Technology*, 69: 233-240
- Meulen U'ter. Struck S., Schulke E., and El-Marith E. A. 1979. A review on the nutritive value and toxic aspects of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Production*, 4: 114-126.
- Mishra M., Singh I. and Sahoo G. 1977. Effect of feeding *Gliricidia maculata* leaf meal on the performance of white leghorn chicks. *Indian J. Poultry Sci.* 12: 17-21.
- Morton F.J. 1976. The pigeonpea (*Cajanus cajan* Millsp), a high - protein. *Tropical Bush Legume*. *Hort Science* 11(1): 11-19.
- Nair P.K.R. 1991. State of the art of agroforestry systems. In: Jarvis, PG. (de.), *Agroforestry: Principles and Practices*, pp. 5-29. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Nene Y. L., S. D. Hall., and V. K. Sheila. 1990. *The Pigeonpea*. CAB International. University Press, Cambridge. 490 p.
- Niembro R. A. 1986. *Árboles y arbustos útiles de México. naturales e introducidos*. Ed. Limusa. 206 p.
- Norton B. W. 1994. The nutritive value of Tree Legumes In: *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. Gutteridge R.C., and Shelton H.M. (eds) England. De. CAB International. 177-191 pp.

- Nowaki E. 1980. Heat stable antinutritional factors in leguminous plants. In: R.J. Summerfield and A.H. Bowting (de.), *Advances in Legume Science*. Royal Botanic Gardens, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Great Britain, pp. 171-177.
- Ofojekwu P. C., and Ejike C. 1984. Growth response and feed utilization in the tropical cichlid *Oreochromis niloticus niloticus* (L.) fed on cottonseed-based artificial diets. *Aquaculture*, 42:27-36.
- Olvera N. M. A., Martínez P. C. A., Galvan C. R. and Chavez S. C. 1988a. The use of seed of the leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 71:51-60.
- Olvera-Novoa M. A., Campos G. S., Sabido G. M., and Martínez-Palacios C. A. 1990b. The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 90:291-302.
- Olvera-Novoa M. A., y Olivera-Castillo L. 1995. Nutrición y alimentación de tilapia. En: *Primer Curso Internacional de producción de tilapia*. UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. p: 158 - 180.
- Omoregie E y F. I. Ogbemudia. 1993. Effecto of substituting fishmeal with palm kernel on growth and food utilization of the nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 45(3):113-119.
- Onwuka C.F.I. 1992. Tannin and Saponin contents of some tropical browse species fed to goats. *Tropical Agriculture* 69: 176-180.
- Osei S. A., Opoku R. S., and Comonfort C. A. 1990. Gliricidia leaf meal as an ingredient in Layer diets. *Animal Feed Sciencie and Technology*, 29: 303-308.
- Osman M. F., A. E. Omar., and A. M. Nour. 1996. The use of leucaena leaf meal in feeding Nile tilapia. *Aquaculture Int.*, 4(1): 9-18

- Pennington T. D., y Sarukhán J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales. INIF-FAO. México, D.F. 82 p.
- Phatak S.C., R.G. Nadimpalli., S.C. Tiwari., and H.L. Bhardwaj. 1993. Pigeonpeas: Potential new crop for the southeastern United States. In: J. Janick and J.E. Simon (eds) New crops. Wiley, New York. 597-599pp.
- Ramnarine I.W. 1994. Advances in aquaculture in the 20th century and prospects for the 21st century. Proceedings of Tropical Agriculture 2000. pp: 207-211
- Reveron A., Montilla J.J., y Funes A. 1967. Investigaciones preliminares sobre las características forrajeras de la planta de rabo de ratón (*Gliricidia sepium*). Zoot. Vet. 22: 36-44.
- Rivas B. J. I., 1993. Evaluación nutricional de concentrados proteicos de las hojas de *Sesbania grandiflora* y *Arachis hypogaea* utilizadas en dietas de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Instituto Politecnico Nacional. Mérida, Yucatán, México. 192 p.
- Saeed M. O., y Ziebell C. D. 1986. Effects of dietary nonpreferred aquatic plants on the growth of red belly tilapia (*tilapia zilli*). The progressive Fish - Culturist, 48:110 - 112.
- Santigao C. B., Aldaba M. B., Laron M. A., y Reyes O. S., 1988. Reproductive performance and Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock feed diets containing *Leucaena leucocephala* leaf meal. Aquaculture, 70: 53 - 61.
- Sanz A., A. E., Morales., M. de la Higurera., G. Cardene. 1994. Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: protein and energy utilization. Aquaculture, 128:287-300.
- SAS Institute Inc. 1986. SAS User's Guide: Statistics Cary N. C. 40 p.

- SEMARNAP. 1996. Anuario Estadístico de Pesca. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 232 p.
- Sentheshanmuganatha S., and Durand S. 1969. Isolation and composition of proteins from leaves of plantas grown in Ceylon. J. Sci. Food Agric. 20: 603-608.
- Shelton H. M., and J. L. Brewbaker. 1994. *Leucaena leucocephala* - the most widely used forage tree legume. In Forage tree legumes in Tropical Agriculture. CAB International. UK. pp 15-29.
- Simons A. J., and Stewart J.L. 1994. *Gliricidia sepium* - a Multipurpose forage tree legume In: Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Gutteridge R.C., and Shelton H.M. (eds) England. De. CAB International. 31-47 pp.
- Singh U. 1988. Antinutritional factors of chickpea and pigeonpea and their removal by processing. Plant foods for human nutrition 38: 251-261.
- Sinha S. K. 1977. Food legumes: distribution, adaptability and biology of yield. In: FAO plant production and protection paper 3. FAO, Rome. 1-102pp.
- Skerman P. J. 1977. Tropical forage legumes. FAO, Roma, Italia. pp: 485 - 493.
- Smith O.B. 1992. Alley farming and protein bank for tropical Africa. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Andrew Spedy and Pierre-Luc Pugliese (eds). pp. 53-65
- Smith O.B., y van Houterte M.F.J. 1987. Valor forrajero de *Gliricidia sepium*. Reseña. Revista Mundial de Zootecnia 62: 57-67.
- Steel R. G. D., y Torrie J. H. 1988. Bioestadística principios y procedimientos 2a. de. Ed. McGrawHill. México. 622 p.
- Tacon A. G.J., J. L Webster and C A. Martínez. 1984. Use of solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Aquaculture, 43:381-389.

- Tangendjaja B., Raharjo Y.C., and Lowry J.B. 1990. *Leucaena* leaf meal in the diet of growing rabbits: evaluation and effect of a low - mimosine treatment. *Animal Feed Science and Technology* 29: 63-72.
- Torres J.B.M., y Gómez G.J. 1990. Características agronómicas de leguminosas forrajeras. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 107-121 pp.
- Udedibie A.B.I., and Iglue F.O. 1989. Dry matter yield and chemical composition of pigeon pea (*Cajanus cajan*) leaf meal and the nutritive value of pigeon pea leaf meal grain meal for laying hens. *Anim. Feed. Sci. and Tech.* 24: 111-119.
- Vearasilp T. 1981. Digestibility of rice straw rations supplemented with *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia maculata*. *Thai. J. Agric. Sci.* 14: 259-264.
- Viola S., Arieli Y., and G. Zohar. 1988. Animal-Protein-Free feeds for Hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) in Intensive culture. *Aquaculture*, 75:115-125.
- Viola y Arieli. 1983. Nutrition studies with tilapia (*Sarotherodon*). I: Replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive tilapia culture. *Bamidgeh.* 35(1): 8-17
- Visitpanich T; E.S. Batterham and B.W Norton. 1985. Nutritional value of chickpea (*Cicerarietinum*) and Pigeonpea (*Cajanus cajan*) meals for growing pigs and rats. II. Effect of autoclaving and Alkali treatment. *Aust. J. Agric. Res.*, 36:337-345.
- Vogt G., Qunitio E.T., y Pascual F. P., 1986. *Leucaena leucocephala* leaves in formulated feed for *Penaeus monodon*: a concrete example of the application of histology in nutrition research. *Aquaculture*, 59: 209 - 234.
- Wee K. L., y Wang S. S., 1987. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62: 97 - 108.

- Weinstock J. A. 1994. Rhizophora Mangrove Agroforestry. *Economic Botany*, 48(2): 210-213
- Williams M. 1996. The Transition in the Contribution of Living Aquatic Resources to Food Security. *Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 13*. 25 p.
- Wojtkowski P. A. 1996. La Teoría y la Practica en el Diseño Agroforestal. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. 212 p.
- Wouters R. 1994. Silvoaquaculture - fish, ponds, trees and farms. *Agroforestry today. Research*. Pp: 3-5
- Xiurong M. 1988. Ecologically sound agriculture: the fish pond-mulberry field system. In: *Drylands, wetlands, croplands: turning liabilities into assets. Exchange of Environmental Experience Series 32*. Nairobi: UNEP. pp. 35-38

10. LITERATURA CITADA

- Adeneye J. A. 1991. Mimosine content in various fractions of *Leucaena leucocephala* grown in Western Nigeria. Journal Animal Feed Science and Technology. 33: 349-353.
- Akbar M. A., and Gupta P. C. 1984. Nutrient composition of different cultivars of *Leucaena leucocephala* (Abstract) Leucaena Research Report. 5(1): 14-17.
- Akinola J. O., Whiteman P.C., and Wallis E. S. 1975. Agronomic Studies on Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). I. Field Responses to Sowing Time. Austr. J. Agric. Res. 26: 43-49.
- Alayón J.A. 1996. Evaluación de métodos de siembra y de efecto de la inclusión de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud en dietas de heno de *Cynodon nlemfuensis* en ovinos pelibuey. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 120 p.
- Aletor V. A., and Omodara O. A. 1994. Studies on some leguminous browse plants, with particular reference to their proximate, mineral and some endogenous anti-nutritional constituents. J. Animal Feed Science and Tchnology 46(1): 343-348.
- Alvarez F. J., Wilson A., and Preston T. R. 1978. *Leucaena leucocephala* as a protein supplement for dual purpose milk and weaned calf production on sugarcane-based diet: comparisons with rice polishings. Tropical Animal Production, 3(1): 51-55.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th edition. AOAC, Arlington, V.A., USA. 1141pp.
- Arista P. y Baños L. 1984. Manual de formulación de raciones de ganado. Centro Nacional de Investigaciones Hidropónicas, A. C. México. 192 p.

- Arredondo-Figueroa J.L., y Lozano-Gracia M. 1996. El cultivo de la tilapia en México. En: Primer Curso Internacional de producción de tilapia. UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 80 p.
- Arreola P.J.A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
- Balarin J. D., and Hatton J. P. 1979. Tilapia a Guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling Scotland. 174 p.
- Bello R. 1985. Rendimiento de grano en Ton/ha, para tres fechas y tres densidades de siembra de *Cajanus cajan*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Nacional de México. CEIEGT. Martínez de la Torre, Veracruz. 50p.
- Cano R., J. Carulla., y C. E. Lascano. 1994. Métodos de conservación y de muestras de forraje de leguminosas tropicales y su efecto en el nivel y en la actividad biológica de los taninos. Pasturas Tropicales, 16(1): 2-7
- Carew B.A. R. 1983. *Gliricidia sepium* as a sole feed for small ruminants. Tropical Grassland 17: 181-184.
- Castillo G. J. 1995. Utilización de especies arbóreas en pequeñas fincas de producción en el ejido cañada rica, Tecolutla, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 80 p.
- Chadhokar P.A. 1982b. *Gliricidia maculata*. Una leguminosa forrajera prometedora. Revista mundial de zootecnia 44: 36-43.
- Chadhokar P.A., and Kantharaja H. R. 1980a. Effect of *Gliricidia maculata* on growth and breeding of bannur ewes. Tropical Grassland 14: 78-82.
- D'Mello J. P. F. 1992a. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. Animal Feed Science and Technology, 38: 237-261.
- D'Mello J. P. F., and Taplin D. E. 1978d. *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. World Review Animal Production. XVI (3).

- D'Mello J. P.F. 1992b. Nutritional potencies of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. In Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Andrew Spedy and Pierre-Luc Pugliese (eds). 125 p.
- D'Mello J.P.F., and Acamovic R. 1989c. *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition - a review. Animal Feed Science and Technology 26: 1-28
- D'Silva A. M. y Maughan O. E. 1994. Multiple use of water: integration of fish culture and tree growing. Agroforestry Systems, 26: 1-7
- Das S. K., J. K. Mamssery., and T. J. Varghese. 1994. Growth response of Indian major carps *Catla catla* and *Labeo rohita* to formulated diets containing leaf powders as protein source. (Abstrac). Fish Technology Soc. Fish. Technol. Kochi, 31(2): 102-107
- Davies S.J., and R. L. Bateson. 1989. The nutritional value of a processed soya protein concentrate in diets for tilapia fry (*Oreochromis mossambicus*, Peters). The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh. 41(1): 3-11.
- Devendra C., and Göhl B. I. 1970. The chemical composition of Caribbean feedingstuffs. Trop. Agric. (Trin.) 47: 335-343.
- Duke J. A. 1981. Handbook of legumes of World Economic Importance. Ed. Plenum Press. New York. 110 p.
- Dzowela B.H; L. Hove; and P.L. Mafongoya. 1995. Effect of drying method on chemical composition and in vitro digestibility of multi-purpose tree and shrub fodders. Tropical Grassland 29:263-269.
- El-Sayed A. M. 1990. Long term evaluation of cotton seed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). Aquaculture, 84: 315-320
- El-Sayed A. M., and Thesima S. 1992. Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. Aquaculture, 103:55-63.

- Escobar A., Moreno E., y Ojeda A. 1996. Valor nutritivo de la *Gliricidia sepium*. In: *Gliricidia sepium*. El mata Ratón. Un árbol multipropósito. Fundación Polar. Universidad Central de Venezuela. 85 p.
- Estrada C.A.E., y Marroquin F.J. 1982. Leguminosas en el Centro -Sur de Nuevo León. División de Ciencias Forestales. 78 p.
- Falvey J.L. 1982. *Gliricidia maculata* - a review. Int. Tree Crops. J. 2: 1-14.
- Faris D. G., and U. Singh. 1990. In: The pigeonpea. Nene Y.L., D. S Hall., and V.K. Sheilla (eds). De. CAB International. pp. 320-360
- García E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a. ed. México, D.F. 252 p.
- García G. W., T. U. Ferguson., F. A. neckles., and K. A. E. Archibald. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. Animal Feed Science and Technology, 60: 29-41.
- García J. J. G. 1995. Utilización de cercos vivos en la Huasteca Potosina. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 78 p.
- Garduño L. M. 1995a. Producción de alimento para *Oreochromis niloticus* a partir de la sustitución de harina de pescado por harina de hoja de cacahuate *Arachis hypogaea*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 54 p.
- Garduño L. M., y Muñoz C. G. 1998b. Selección genética en *Oreochromis niloticus* para obtener especímenes homocigotos de color rojo. In Décima Primera Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. pp: 220-223.
- Gómez M. A., Rodríguez L., E. Murgueitio, C. Y. Rios., C. H. Molina., C. H. Molina., E. Molina., y J. P. Molina. 1995. Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteíca: Matarratón

- (*Gliricidia sepium*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Pizamo (*Erythrina fusca*) y Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*). Ed. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Valle, Colombia. 129 p.
- Gongfu Z. 1982. The mulberry dike-fish pond complex: a Chinese ecosystem of land-water interaction on the Pearl River Delta. *Human Ecology*, 10(2): 191-202
- Griffiths L. A. 1962. On the co- occurrence of coumarin, O-coumaric acid and melilotic acid in *Gliricidia sepium* and *Dipteryx odorata*. *Exp. Bot*, 13:169-175
- Gutteridge R. C., y Shelton H. M. 1994. Forage tree legumes in Tropical Agriculture. CAB International. UK. 389 P.
- Hasan M. R., D. J. Macintosh y K. Jauncey. 1997b. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry. *Aquaculture*, 151:55-70
- Hasan M. R., M. S. Haq., P.M. Das y G. Mowlah 1997a. Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein sources for Indian major carp, *Labeo rohita* fry. *Aquaculture*, 151:47-54.
- Hasan M. R., P. K. Roy., and A. M. Akand. 1994. Evaluation of leucaena leaf meal as chetary protein source for Indian mayor carp (*Labeo rohita*) fingerlings. *Aquaculture*, 124(1-4): 65-66
- Hassan M. S., y Edwards P., 1992. Evaluation of duck weed (*Lemna perpusilla* an *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 104:315 - 326.
- Hepher B. y Pruning Y. 1985. Cultivo de peces comerciales. Basados en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. LIMUSA. México, D. F. 316 p.

- Hernández H.R. 1992. Contenido de taninos y análisis químico proximal de la semilla de 21 líneas de Guandul (*Cajanus cajan* (L) Millsp). Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 65p.
- Huxley P.A. 1983. Comments on agroforestry classification with special references to plants. In: Huxley, P.A. (ed.), Plant Research and Agroforestry, pp. 161-171. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Jakson A. J., Capper B.S., y Matty A. J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. Aquaculture, 27: 97 - 109.
- Jarillo R. J. 1990. Rendimiento de 22 líneas de guandul *Cajanus cajan* (L) Millsp y su relación con el clima, plagas y enfermedades en la zona de Tlapacoyan, Ver. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana. Jalapa, Veracruz. 70 p.
- Jauncey K., and Ross B. 1982. A Guide to Tilapia Feeds and Feeding. University of Stirling, Scotland 111 p.
- Johansen R.S. 1994. Comparación de crecimiento de la Línea roja y gris de *Oreochromis niloticus* (L:) monosexada, bajo condiciones de cultivo semiintensivo en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Ver. 50 p.
- Jones R. J. 1979. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. World Animal Review. 31: 13-23.
- Kabaija E., y O.B. Smith. 1989. Influence of season and age of regrowth on the mineral profile of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. Trop. Agric. (Trinidad). 66(2):125-128.
- King K.F.S. 1979. Agroforestry and the utilization of fragile ecosystems. Fores Ecology and Management 2: 61-168.

- Kohler C. C., y Pagan - Font F. A. 1978. Evaluations of rum distillation wastes, pharmaceutical wastes and chicken feed for rearing *Tilapia aurea* in Puerto Rico. *Aquaculture*, 14:339 - 347.
- Krauss F. G. 1932. The pigeon peas (*Cajanus indicus*), its improvement, culture and utilization in Hawaii. *Hawaii Agric. Exp. Sta. Bull.* 64 pp
- Krishnamurthy L. R. 1998. Agroforestería (Editorial). *Gestión de Recursos Naturales Red.* 11:3
- Landa D.M.A. 1996. Crecimiento (incremento en peso) de dos líneas rojas de tilapia: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) y *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 55 p.
- Leakey R. 1996. Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today*, 8(1): 5-7
- Lee S. J., and Newman E. M. 1992. *Aquaculture an Introduction*. Interstate publishers, Inc. Danville, Illionois. 449 p.
- Lim Ch and Dominy W. 1991. Utilization of plant proteins by warmwater fish. In: Akiyama, M.D. and Ronnie, K.H.T., (eds.). *Proc. of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop*. American Soybena Association, Singapore, Republic of Singapore, pp. 163-172.
- Lovell T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 p.
- Lundgren B. O., and Raintree J. B. 1982. Sustained agroforestry. In: Nestel, B. (ed.). *Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia*, pp. 37-49. ISNAR, The Hague, The Netherlands.
- Maldonado J. J. 1997. Alternativas en la alimentación del ganado bovino en Minatitlán, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.

- Martínez-Palacios C. A., Galván G. R., Olvera N. M. A. and Chávez-Martínez, C. 1988. The use of Jack Bean (*Canavalia ensiformis* Leguminosae) meal as a partial substitute for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Cichlidae). *Aquaculture*, 68:165-175.
- Massama E., J. H. Topps., N. T. Ngongoni., and B. V. Maasdorp. 1997. Effects of supplementation with foliage from the tree legumes *Acacia angustissima*, *Cajanus cajan*, *Callinadra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* on feed intake, digestibility and nitrogen metabolism of sheep given maize stover *ad libitum*. *Animal Feed Science Technology*, 69: 233-240
- Meulen U'ter. Struck S., Schulke E., and El-Marith E. A. 1979. A review on the nutritive value and toxic aspects of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Production*, 4: 114-126.
- Mishra M., Singh I. and Sahoo G. 1977. Effect of feeding *Gliricidia maculata* leaf meal on the performance of white leghorn chicks. *Indian J. Poultry Sci.* 12: 17-21.
- Morton F.J. 1976. The pigeonpea (*Cajanus cajan* Millsp), a high - protein. *Tropical Bush Legume*. *Hort Science* 11(1): 11-19.
- Nair P.K.R. 1991. State of the art of agroforestry systems. In: Jarvis, PG. (de.), *Agroforestry: Principles and Practices*, pp. 5-29. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Nene Y. L., S. D. Hall., and V. K. Sheila. 1990. *The Pigeonpea*. CAB International. University Press, Cambridge. 490 p.
- Niembro R. A. 1986. *Árboles y arbustos útiles de México. naturales e introducidos*. Ed. Limusa. 206 p.
- Norton B. W. 1994. The nutritive value of Tree Legumes In: *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. Gutteridge R.C., and Shelton H.M. (eds) England. De. CAB International. 177-191 pp.

- Nowaki E. 1980. Heat stable antinutritional factors in leguminous plants. In: R.J. Summerfield and A.H. Bowting (de.), *Advances in Legume Science*. Royal Botanic Gardens, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Great Britain, pp. 171-177.
- Ofojekwu P. C., and Ejike C. 1984. Growth response and feed utilization in the tropical cichlid *Oreochromis niloticus niloticus* (L.) fed on cottonseed-based artificial diets. *Aquaculture*, 42:27-36.
- Olvera N. M. A., Martínez P. C. A., Galvan C. R. and Chavez S. C. 1988a. The use of seed of the leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 71:51-60.
- Olvera-Novoa M. A., Campos G. S., Sabido G. M., and Martínez-Palacios C. A. 1990b. The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, 90:291-302.
- Olvera-Novoa M. A., y Olivera-Castillo L. 1995. Nutrición y alimentación de tilapia. En: *Primer Curso Internacional de producción de tilapia*. UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. p: 158 - 180.
- Omorieg E y F. I. Ogbemudia. 1993. Effecto of substituting fishmeal with palm kernel on growth and food utilization of the nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 45(3):113-119.
- Onwuka C.F.I. 1992. Tannin and Saponin contents of some tropical browse species fed to goats. *Tropical Agriculture* 69: 176-180.
- Osei S. A., Opoku R. S., and Comonfort C. A. 1990. Gliricidia leaf meal as an ingredient in Layer diets. *Animal Feed Sciencie and Technology*, 29: 303-308.
- Osman M. F., A. E. Omar., and A. M. Nour. 1996. The use of leucaena leaf meal in feeding Nile tilapia. *Aquaculture Int.*, 4(1): 9-18

- Pennington T. D., y Sarukhán J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales. INIF-FAO. México, D.F. 82 p.
- Phatak S.C., R.G. Nadimpalli., S.C. Tiwari., and H.L. Bhardwaj. 1993. Pigeonpeas: Potential new crop for the southeastern United States. In: J. Janick and J.E. Simon (eds) New crops. Wiley, New York. 597-599pp.
- Ramnarine I.W. 1994. Advances in aquaculture in the 20th century and prospects for the 21st century. Proceedings of Tropical Agriculture 2000. pp: 207-211
- Reveron A., Montilla J.J., y Funes A. 1967. Investigaciones preliminares sobre las características forrajeras de la planta de rabo de ratón (*Gliricidia sepium*). Zoot. Vet. 22: 36-44.
- Rivas B. J. I., 1993. Evaluación nutricional de concentrados proteicos de las hojas de *Sesbania grandiflora* y *Arachis hypogaea* utilizadas en dietas de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Instituto Politecnico Nacional. Mérida, Yucatán, México. 192 p.
- Saeed M. O., y Ziebell C. D. 1986. Effects of dietary nonpreferred aquatic plants on the growth of red belly tilapia (*tilapia zilli*). The progressive Fish - Culturist, 48:110 - 112.
- Santigao C. B., Aldaba M. B., Laron M. A., y Reyes O. S., 1988. Reproductive performance and Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock feed diets containing *Leucaena leucocephala* leaf meal. Aquaculture, 70: 53 - 61.
- Sanz A., A. E., Morales., M. de la Higurera., G. Cardene. 1994. Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: protein and energy utilization. Aquaculture, 128:287-300.
- SAS Institute Inc. 1986. SAS User's Guide: Statistics Cary N. C. 40 p.

- SEMARNAP. 1996. Anuario Estadístico de Pesca. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 232 p.
- Sentheshanmuganatha S., and Durand S. 1969. Isolation and composition of proteins from leaves of plantas grown in Ceylon. J. Sci. Food Agric. 20: 603-608.
- Shelton H. M., and J. L. Brewbaker. 1994. *Leucaena leucocephala* - the most widely used forage tree legume. In Forage tree legumes in Tropical Agriculture. CAB International. UK. pp 15-29.
- Simons A. J., and Stewart J.L. 1994. *Gliricidia sepium* - a Multipurpose forage tree legume In: Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Gutteridge R.C., and Shelton H.M. (eds) England. De. CAB International. 31-47 pp.
- Singh U. 1988. Antinutritional factors of chickpea and pigeonpea and their removal by processing. Plant foods for human nutrition 38: 251-261.
- Sinha S. K. 1977. Food legumes: distribution, adaptability and biology of yield. In: FAO plant production and protection paper 3. FAO, Rome. 1-102pp.
- Skerman P. J. 1977. Tropical forage legumes. FAO, Roma, Italia. pp: 485 - 493.
- Smith O.B. 1992. Alley farming and protein bank for tropical Africa. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Andrew Spedy and Pierre-Luc Pugliese (eds). pp. 53-65
- Smith O.B., y van Houterte M.F.J. 1987. Valor forrajero de *Gliricidia sepium*. Reseña. Revista Mundial de Zootecnia 62: 57-67.
- Steel R. G. D., y Torrie J. H. 1988. Bioestadística principios y procedimientos 2a. de. Ed. McGrawHill. México. 622 p.
- Tacon A. G.J., J. L Webster and C A. Martínez. 1984. Use of solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Aquaculture, 43:381-389.

- Tangendjaja B., Raharjo Y.C., and Lowry J.B. 1990. *Leucaena* leaf meal in the diet of growing rabbits: evaluation and effect of a low - mimosine treatment. *Animal Feed Science and Technology* 29: 63-72.
- Torres J.B.M., y Gómez G.J. 1990. Características agronómicas de leguminosas forrajeras. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 107-121 pp.
- Udedibie A.B.I., and Iglue F.O. 1989. Dry matter yield and chemical composition of pigeon pea (*Cajanus cajan*) leaf meal and the nutritive value of pigeon pea leaf meal grain meal for laying hens. *Anim. Feed. Sci. and Tech.* 24: 111-119.
- Vearasilp T. 1981. Digestibility of rice straw rations supplemented with *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia maculata*. *Thai. J. Agric. Sci.* 14: 259-264.
- Viola S., Arieli Y., and G. Zohar. 1988. Animal-Protein-Free feeds for Hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) in Intensive culture. *Aquaculture*, 75:115-125.
- Viola y Arieli. 1983. Nutrition studies with tilapia (*Sarotherodon*). I: Replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive tilapia culture. *Bamidgeh.* 35(1): 8-17
- Visitpanich T; E.S. Batterham and B.W Norton. 1985. Nutritional value of chickpea (*Cicerarietinum*) and Pigeonpea (*Cajanus cajan*) meals for growing pigs and rats. II. Effect of autoclaving and Alkali treatment. *Aust. J. Agric. Res.*, 36:337-345.
- Vogt G., Quinitio E.T., y Pascual F. P., 1986. *Leucaena leucocephala* leaves in formulated feed for *Penaeus monodon*: a concrete example of the application of histology in nutrition research. *Aquaculture*, 59: 209 - 234.
- Wee K. L., y Wang S. S., 1987. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62: 97 - 108.

- Weinstock J. A. 1994. Rhizophora Mangrove Agroforestry. *Economic Botany*, 48(2): 210-213
- Williams M. 1996. The Transition in the Contribution of Living Aquatic Resources to Food Security. *Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 13*. 25 p.
- Wojtkowski P. A. 1996. La Teoría y la Practica en el Diseño Agroforestal. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. 212 p.
- Wouters R. 1994. Silvoaquaculture - fish, ponds, trees and farms. *Agroforestry today. Research*. Pp: 3-5
- Xiurong M. 1988. Ecologically sound agriculture: the fish pond-mulberry field system. In: *Drylands, wetlands, croplands: turning liabilities into assets. Exchange of Environmental Experience Series 32*. Nairobi: UNEP. pp. 35-38

BREVE RESEÑA DE LOS MIEMBROS DEL JURADO

RUBÉN PUENTES. Ph. D. En Ciencias de Suelos, Texas A & M University, USA.

Representante Regional de la Oficina de la Fundación Rockefeller en México. Su responsabilidad incluye: Diseño y Monitoreo del Programa de Investigación, así como el Desarrollo Curricular en Gestión de Recursos Naturales en México y Tailandia.

Como representante de la Fundación funge como enlace entre los donatarios mexicanos y las distintas divisiones en la sede de la Fundación en New York. Actualmente es miembro del Comité de Bellagio de la misma Fundación.

MARIO GARDUÑO LUGO M.C. en Producción Animal Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Actualmente se encuentra realizando el doctorado en Ciencias Marinas en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Ha laborado en la UNAM desde 1979, en actividades relacionadas con producción integrada (hortalizas, abejas, peces, patos y cabras). Hasta la fecha ha trabajado con tilapia en proyectos de extensionismo, selección genética y nutrición, actualmente es profesor de tiempo completo de la materia de Producción Acuícola en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical.

L. KRISHNAMURTHY. Ph D en Ecología de la Universidad Saurashtra, India.

Fundador y Director del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. Ha jugado un papel clave para el Diseño Curricular e Implementación de un nuevo Programa de Posgrado en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, dentro del marco del Sistema Posgrado de Red de Formación Ambiental del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en la Universidad Autónoma Chapingo.

Coordinador del Programa Universitario de Investigación en Agroforestería y Desarrollo Sostenible desde su creación por la Subdirección General de Investigación y Servicios de la UACH.

Coordinador General del Curso Internacional de Entrenamiento sobre Agroforestería par el Ecodesarrollo bajo el auspicio del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Secretaría de Marina, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Distinguido como miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) desde 1985.

