



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
SUELOS**

**MAESTRÍA EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

TESIS:

**VALOR FORRAJERO DE *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*
Y *Erythrina americana* EN LA ALIMENTACIÓN DE LA CARPA
COMÚN (*Cyprinus carpio*)**

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

Presenta

Neidy Pérez Álvarez



Bajo la supervisión de:

DR. MIGUEL URIBE GÓMEZ Y

DR. ALEJANDRO LARA BUENO

**DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPTO. DE EXÁMENES PROFESIONALES**



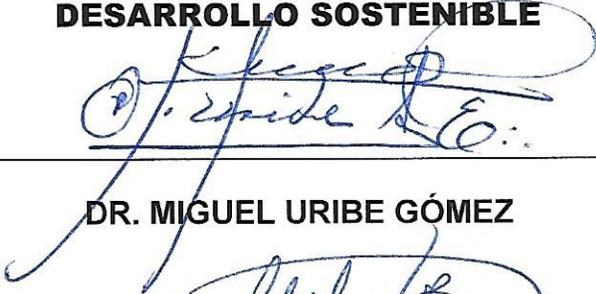
Chapingo, Estado de México, junio de 2019

Valor forrajero de *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana* en la alimentación de carpa común (*Cyprinus carpio*)

Tesis realizada por C. Neidy Pérez Álvarez bajo la supervisión 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

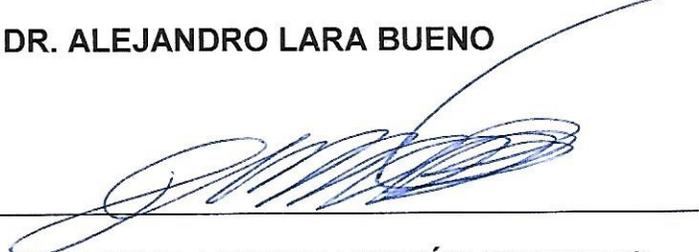
DIRECTOR:


DR. MIGUEL URIBE GÓMEZ

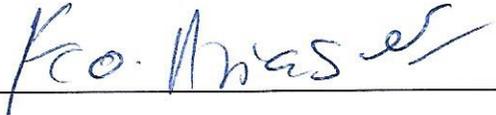
CODIRECTOR:


DR. ALEJANDRO LARA BUENO

ASESOR:


DR. DANTE ARTURO RODRÍGUEZ TREJO

ASESOR:


M.C. HIGINIO FRANCISCO ARIAS VELÁZQUEZ

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ABREVIATURAS	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	ix
DATOS BIOGRÁFICOS.....	x
VALOR FORRAJERO DE <i>Guazuma Ulmifolia</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> y <i>Erythrina americana</i> EN LA ALIMENTACIÓN LA CARPA COMÚN (<i>Cyprinus carpio</i>)	xi
GENERAL ABSTRACT	xiii
2.2 Sistemas agroforestales.....	5
2.3 Acuaforestería	6
2.4 <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (Guácima)	8
2.5 <i>Brosimum alicastrum</i> Sw. (ramón)	11
2.6 <i>Erythrina americana</i> Mill. (Colorín)	15
2.7 <i>Cyprinus carpio</i> L. (Carpa común)	18
2.8 Alimentación de peces con arbóreas	20
2.9 LITERATURA CITADA.....	23
3. COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE TRES ARBÓREAS FORRAJERAS Y POSIBLE USO COMO ALIMENTO DE LA CARPA COMÚN.....	32
Resumen	32
<i>Abstract</i>	34
3.1 Introducción	35
3.2 Materiales y métodos.....	36
3.3 Resultados y discusión	43
3.4 Conclusiones.....	48
3.5 Literatura citada	49
4. EVALUACIÓN DE TRES ARBÓREAS FORRAJERAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN EN DIETAS PARA LA CARPA COMÚN	54
4.1 Resumen	54
<i>Abstract</i>	56
4.2 Introducción	57
4.3 Materiales y métodos.....	59

4.3 Montaje del experimento	61
4.3 Integración de las dietas experimentales	61
4.4 Resultados y discusión	64
4.5 Conclusiones	69
4.6 Literatura citada	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. composición nutrimental de follaje tierno y maduro de <i>Guazuma ulmifolia</i> en Costa Rica.....	11
Cuadro 2. Análisis bromatológico de hojas de Ramón secadas al sol.....	14
Cuadro 3. Requerimientos de las condiciones fisicoquímicas del agua para el desarrollo de la carpa común (<i>Cyprinus carpio L.</i>).....	20
Cuadro 4. Formulación por el método de aproximación de Martínez (2014).	42
Cuadro 5. Composición nutrimental del follaje de arbóreas y alimento balanceado utilizados en raciones para la carpa común.....	44
Cuadro 6. Dietas propuestas para la prueba biológica.....	45
Cuadro 7. Aporte nutrimental de las dietas formuladas.....	46
Cuadro 8. Prueba y tiempo de floración en la superficie del agua.....	48
Cuadro 9. Proporciones (%) de los ingredientes en las dietas experimentales para la prueba biológica.....	61
Cuadro 10. Aporte nutrimental de las dietas formuladas.....	61
Cuadro 11. Efecto de la inclusión en la dieta de las arbóreas <i>Guazuma ulmifolia</i> (Lam), <i>Brosimum alicastrum</i> (Sw) y <i>Erytrina americana</i> (Mill.) en el comportamiento productivo de la carpa común (<i>Cyprinus carpio L.</i>).....	66
Cuadro 12. Efecto de la inclusión en la dieta de <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> y <i>Erytrina americana</i> en el comportamiento productivo en la carpa común (<i>Cyprinus carpio L.</i>).....	67
Cuadro 13. Efecto de los niveles de inclusión (13, 26 y 39%) en la dieta de <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> y <i>Erytrina americana</i> en el comportamiento productivo de la carpa común (<i>Cyprinus carpio L.</i>).....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de acuaforestería (Ospina, 2006)	7
Figura 2. Árbol de Guazuma ulmifolia.....	9
Figura 3. Hoja y fruto de ramón (Brosimum alicastrum).....	13
Figura 4. Erythrina americana en Teotihuacán, Estado de México	16
Figura 5. Cerco vivo en San Juan Tezontla, Texcoco, Estado de México.....	17
Figura 6. Especies de carpa que se cultivan en México: a) carpa común, b) carpa espejo, c) carpa koi, d) carpa barrigona, e) carpa herbívora, f) carpa plateada, g) carpa negra, h) carpa cabezona (GBC, 2010).....	20
Figura 7. El Gargaleote, Tamuín, San Luis Potosí.....	39
Figura 8. San Juan Tezontla, Texcoco, Estado de México.....	40
Figura 9. Pruebas de flotación.....	47
Figura 10. Acuario experimental Chapingo.....	60
Figura 11. Montaje y acondicionamiento de peceras.....	62
Figura 12. Proceso de elaboración del alimento.....	63
Figura 13. Pesaje de los ejemplares de carpa común.....	64

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado	Dato
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	
cm	centímetro	
CONABIO	Comisión Nacional para la Biodiversidad	
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	
Dra.	Doctora	
Dr.	Doctor	
Edo. Méx	Estado de México	
FDN	fibra detergente neutro	
FDA	fibra detergente ácido	
Ha	hectárea	
Ing.	Ingeniero (a)	
kg	kilogramo	
KJ	kilojoule	
Lam.	Lamarck, Jean-Baptiste	Naturalista francés
M.C.	Maestro en Ciencias	
Mill.	Miller, Philip	Horticultor y botánico británico de ascendencia escocesa.
m	metro	
mg	miligramos	
mm	milímetros	
MS	materia seca	
NRC	National Reserach Council	
PB	proteína bruta	
PC	proteína cruda	
Sw.	Swartz, Peter Olof	Botánico, micólogo, algólogo, pteridólogo y briólogo sueco.
ton	tonelada	
UACH	Universidad Autónoma Chapingo	
UFC	Unidades formadoras de coliformes	
Yuc.	Yucatán	

AGRADECIMIENTOS

El presente documento es resultado del trabajo en conjunto, cuya tarea reconozco con gran y profundo agradecimiento a:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado durante la Maestría.

Dra. María Edna Sánchez Álvarez, coordinadora de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; por el apoyo brindado.

Dr. Miguel Uribe Gómez, director de tesis, por su asesoría, dedicación, entusiasmo y voluntad para la realización teórica y práctica de este trabajo.

Dr. Alejandro Lara Bueno, codirector, por su asesoría, dedicación, valentía y voluntad en el proceso teórico, práctico y estadístico de este documento.

Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo, por las sugerencias brindadas a lo largo de la investigación.

M.C. Higinio Francisco Arias Velázquez, Profesor Investigador y Coordinador del Acuario Experimental, por el apoyo brindado durante el peletizado del alimento y el préstamo de las instalaciones para la prueba biológica.

Dr. Alfonso Muratalla Lúa, Profesor del Colegio de Posgraduados Campus Montecillos por el apoyo brindado para la colecta de *Erythrina americana* (Mill.), en San Juan Tezontla, Texcoco, Estado de México.

M.C. Jaime Gumeta Ramos, por el apoyo brindado para las colectas de *Guazuma ulmifolia* (Sw.) *Brosimum alicastrum* (Lam.) en el Rancho El Gargaleote, Tamuín, San Luis Potosí.

Al departamento de Zootecnia por el acceso a los laboratorios y al laboratorista Ing. Fabián Aguilera Hernández, por el apoyo y conocimiento brindado durante la realización del análisis proximal.

Dra. María Sol Robledo y Monterrubio, profesora del Departamento de Preparatoria Agrícola por las facilidades otorgadas para la realización del peletizado del alimento en el Laboratorio de Histología.

Al Ing. José Guadalupe Martínez Martínez, profesor del Departamento de Preparatoria Agrícola por el apoyo brindado durante la formulación de las dietas y sugerencias para la realización del peletizado, y a la Técnico Medio Agropecuario y Silvicultor, Obdulia Palma Trujano, por el apoyo brindado durante la realización de la prueba biológica e impulsarme a seguir adelante.

Ing. María de Lourdes Reyes Medel, por el apoyo brindado durante la formulación de las dietas y su gran amistad.

Al C. Luis Ángel Rojas de la Vega Navarro y al Grupo primero 19, por el apoyo brindado para el mantenimiento y ejecución de la prueba biológica.

DEDICATORIA

A los profesores, **Dr. Miguel Uribe Gómez** y **Dr. Alejandro Lara Bueno**, no sólo como parte medular del comité y la academia, sino por la valentía, la pasión y el compromiso de inculcar la Agroforestería a las nuevas generaciones.

A la familia **Navarro Gómez**, quienes me han recibido cálidamente a tal punto de considerarlos mi propia familia, principalmente a **Luis Ángel Rojas de la Vega Navarro**, quien me enseñó que es posible comenzar de nuevo.

A mis amigos, **Ing. Víctor Iván Sombra Arguelles**, por tu apoyo y comprensión en los momentos más difíciles, e **Ing. Cándido Díaz Reyes**, mi compadre en esta aventura, por tu apoyo y complicidades durante la maestría.

Y por último en especial a: **Ing. Cruz Manuel Madrigal Ballesteros** y **Sr. Roberto Navarro Nava**.



DATOS BIOGRÁFICOS

Neidy Pérez Álvarez, de nacionalidad mexicana nació el 20 de octubre de 1991 en la Ciudad de México. Se graduó como Ingeniero Agrónomo especialista en Zootecnia en la Universidad Autónoma Chapingo (Estado de México, México), en diciembre de 2014, con la tesis “Comportamiento reproductivo para la producción en cautiverio del acocil (*Cambarellus montezumae*, Saussure; 1857)”.

En el periodo de 2013 a mediados del 2015, fungió como encargada general del Acuario Experimental (Museo Vivo y Exposición permanente de Biodiversidad y Acuicultura) de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México. Después, durante la segunda mitad del 2015 trabajó en el diseño de estrategias de intervención institucional, focalización, diagnóstico, elaboración y puesta en marcha de proyectos productivos PROSPERA-UACH, para el Instituto Nacional de Economía Social, bajo la modalidad INTEGRA-Proyectos productivos nuevos en la categoría Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, en Yecapixtla y Tlayacapan, Morelos. Ese mismo año, obtuvo el certificado como Responsable Técnico de la Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, donde apoyó con algunos Planes de Manejo en el Estado de Hidalgo. En 2016, colaboró en el Museo Vivo del Cacao, en las instalaciones del Parque Nacional “Molino de Flores Nezahualcóyotl”, en las áreas de curator de dicho museo y producción como supervisora y también como encargada de la Granja Didáctica dentro del mismo parque. En enero del 2017 ingresó a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible en la Universidad Autónoma Chapingo en México, con el proyecto de tesis “Valor forrajero de *Erythrina americana*, *Guazuma ulmifolia* y *Brosimum alicastrum* en la alimentación de carpa común.

RESUMEN GENERAL

VALOR FORRAJERO DE *Guazuma Ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana* EN LA ALIMENTACIÓN LA CARPA COMÚN (*Cyprinus carpio*)

Como alternativa a las nuevas tendencias agroalimentarias y cambio climático, se propone a la acuaforestación o silvoacuicultura como opción sostenible en el aprovechamiento de los recursos naturales y producción de alimentos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad nutrimental y potencial de utilización de tres arbóreas nativas de México, guácima (*Guazuma ulmifolia*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y colorín (*Erythrina americana*) en tres niveles de inclusión en la dieta (13%, 26% y 39%) sobre el comportamiento productivo y sobrevivencia de la carpa común (*Cyprinus carpio*). En un diseño factorial 4x4x4 (cuatro dietas, con cuatro niveles de inclusión, evaluadas en cuatro periodos), se comparó una dieta comercial para peces vs la inclusión de tres niveles (13%, 26% y 39%) de las tres arbóreas, en dietas para ejemplares juveniles de carpa común, durante 56 días. Para ello, se utilizaron 360 ejemplares juveniles de carpa común alojados en 36 peceras (10 alevines por pecera) distribuidos en diez tratamientos (30 alevines por tratamiento, con tres repeticiones). Los tratamientos fueron: T1, con 90 alevines alimentados con un alimento comercial (nueve peceras con 10 alevines cada una); T2, T3 y T4, con 90 alevines alimentados con una dieta que incluyó 13, 26 y 39% de harina de guácima (tres peceras con 10 alevines cada una en cada nivel de la arbórea), respectivamente; T5, T6 y T7, con 90 alevines alimentados con una dieta que incluyó 13, 26 y 39% de harina de ramón (tres peceras con 10 alevines cada una en cada nivel de la arbórea), respectivamente; y T8, T9, y T10, con 90 alevines alimentados con una dieta que incluyó 13, 26 y 39% de harina de colorín (tres peceras con 10 alevines cada una en cada nivel de la arbórea), respectivamente. Los alevines fueron alimentados dos veces al día (9:00 y 16:30). En el follaje de cada arbórea (hojas y peciolos), proteína total (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas (CEN), extracto libre de nitrógeno (ELN), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). En la prueba biológica, se llevó registro de: consumo de alimento, cambio de peso vivo, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia de utilización del alimento y sobrevivencia de los peces, cada 14 días

durante 56 días; temperatura y pH del agua, semanalmente, además del peso inicial y final de los alevines cada 14 días. Se determinó que no existen diferencias en el contenido de PC entre la guácima (18.94%) y el colorín (19.58%) en comparación con el testigo, aunque el follaje de ramón tuvo menor contenido de PC (13.37); en EE destacó *E americana* (3.64%) lo que implica mayor potencial alimenticio del colorín con respecto a las otras dos arbóreas. Sin embargo, el contenido de fibra cruda y FDN es alto en las tres arbóreas forrajeras. Asimismo, el contenido mineral (CEN) también es alto en el follaje de las arbóreas aquí estudiadas. Hubo diferencias ($p < 0.05$) en la ganancia diaria de peso y la eficiencia de utilización del alimento, favorable al tratamiento testigo (peces alimentado con una dieta comercial), pero el consumo y la conversión del alimento no fueron diferentes entre los tratamientos ($p > 0.05$). Tampoco hubo diferencias en la sobrevivencia de los peces ($p > 0.05$). Las variables de calidad del agua tuvieron un comportamiento errático, sin embargo, el agua de las peceras que recibieron harina de las arbóreas tendió a incrementar ligeramente el pH. Se concluye que el follaje de ramón y colorín al 26% y 13%, respectivamente, tiene moderada a alta calidad nutrimental y muestran respuestas positivas en el consumo y ganancia diaria de peso en los ejemplares juveniles de la carpa común, por lo que pueden ser incluidos en dietas para peces.

Palabras clave: Acuaflorestería, *Erythrina americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*, *Cyprinus carpio*.

GENERAL ABSTRACT

FORAGE VALUE OF *Guazuma Ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* and *Erythrina Americana* IN THE FEEDING OF THE COMMON CARP

As an alternative to the new food trends and climate change, proposed to the acuaforestaria or silvoacuacultura as a sustainable option in the exploitation of natural resources and food production. The objective of this research was to evaluate the nutrient status and potential quality of use of three tree native to Mexico, guacima (*Guazuma ulmifolia*), Ramón (*Brosimum alicastrum*) and colorful (*Erythrina americana*) in three levels of inclusion in the diet (13%, 26% to 39%) on the productive performance and survival of common carp (*Cyprinus carpio*). In a 4 x 4 x 4 factorial design (four diets, with four levels of inclusion, evaluated in four periods), was compared to a commercial diet to fish vs. the inclusion of three levels (13%, 26% and 39%) three tree, in diets for juveniles of common carp, for 56 days. 360-juveniles of common carp were housed in 36 tanks (10 FRY by fishbowl) distributed in ten treatments (30 fingerlings per treatment, with three replications). The treatments were: T1, with 90 fingerlings fed with a commercial feed (nine aquariums with 10 FRY each); T2, T3 and T4, with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour guacima (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively; T5, T6 and T7, with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour of Ramón (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively; T8 and T9, and with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour of colorin (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively. Fingerlings were fed twice a day (9:00 and 16:30). In every tree foliage (leaves and petioles), total protein (CP), ether extract (EE), crude fibre (FC), ashes (CEN), (ELN) nitrogen-free extract, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). In the bioassay, took record of: consumption of food, change of body weight, daily weight gain, feed conversion, efficiency of utilization of food and survival of the fish, every 14 days for 56 days; temperature and pH of water, weekly, in addition to the initial and end of FRY every 14 days. It was determined that differences in the content of PC there are no between the guacima (18.94%) and Colorín (19.58%) in comparison with the control, although ramon foliage was lower contents of PC (13.37); in the United States highlighted and American (3.64%) This means more food potential of with respect to the other two tree colorin. However, NDF and crude fiber content is high in the tree three

forage. The mineral content (CEN) is also high in the foliage of the trees here studied. There were differences ($p < 0.05$) a commercial diet), but consumption and feed conversion were not different among treatments ($p > 0.05$). There were no differences in survival of fishes ($p > 0.05$). The water quality variables had an erratic behavior, however, water tanks which received flour of the tree tended to slightly increase the pH. It is concluded that foliage of ramon and Colorín 26% and 13%, respectively, has moderate to high nutritional quality and show positive responses in the consumption and daily weight gain in the juveniles of common carp, so it can be included in diets for fish.

Keywords: *Aquaforestry, Guazuma ulmifolia, Brosimum alicastrum, Erythrina americana, Cyprinus carpio*

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Entre los problemas que enfrenta México están la seguridad alimentaria y el aprovechamiento sustentable de los recursos (Zalimpa, 2012). Por lo que se ha propuesto a la acuacultura como una alternativa de producción de proteína animal; aunque, se sabe que el 80% de los costos en los sistemas pecuarios corresponden al suministro de alimento (McDonald et al., 1995). Por tanto, se han buscado formas alternativas de alimentación, como son el uso de excretas y otros subproductos que perjudican al ambiente (Auro, 2010).

La silvoacuacultura o acuaflorestería, consiste en la utilización de especies leñosas, junto o alrededor de los estanques con el fin de producir sombra, aportar materia orgánica, y utilizar las hojas y frutos en la alimentación de peces (Cano, 1999). Como ejemplo, se encuentran la utilización de *Ficus* en la alimentación de peces y como cercas vivas para estabilizar el suelo en los bordes de los estanques (Jiménez et al., 2001).

En China, los habitantes construyen pequeñas lagunas donde crían peces en asociación con cultivos transitorios y árboles. Mientras que en Colombia utilizan los recursos forestales nativos para establecer estanques rústicos sin dañar la flora local (Ospina, 2006). Algunos criaderos de salmón usan la sombra del sauce llorón (*Salix babylonica*) como refrigerante natural y las hojas como suplemento alimenticio; así mismo, en África se emplean las hojas de los bancos de proteína de *Leucaena spp* y *Calliandra spp* para alimentar tilapias obteniendo buenas ganancias de peso (Wounters, 1994).

En México, sólo se reporta el uso de las hojas de *Leucaena leucocephala*, del frijol de árbol (*Cajanus cajan*) y de cocoite (*Gliricidia sepium*), como suplemento alimenticio en la engorda de tilapia (Cano, 1999). Este pez es completamente omnívoro y se alimenta de cualquier tipo de alimento (Martínez, 2014). Al igual que la carpa (*Cyprinus carpio*), cuyo cultivo ha ido en aumento, al ser considerado como una especie cosmopolita, lo que presenta un uso potencial debido a su alimentación biológicamente herbívora.

Se han identificado gran diversidad de especies arbóreas con potencial para la alimentación animal, donde las hojas tienen mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y tallos; cuyos contenidos de proteína cruda son superiores al 12% (Rojas, 2016). De las cuales, el 54.5% de las leñosas pertenecen a las leguminosas, lo que refleja en apariencia un suministro constante de proteína a través de las distintas épocas del año. Sin embargo, la principal limitante de su empleo en la alimentación animal es la presencia de compuestos antinutricionales (Valarezo y Ochoa, 2014).

No obstante, la gran mayoría de las arbóreas investigadas en alimentación animal en México son exóticas, por lo que de las especies nativas se posee conocimiento escaso como la guácima (*Guazuma ulmifolia*) el ramón (*Brosimum alicastrum*) y el colorín (*Erythrina americana*) estas dos últimas especies de las regiones tropicales, y la primera de regiones templadas.

En cambio, la guácima (*Guazuma ulmifolia*), de la familia Sterculiaceae, crece mejor en sitios abiertos, tanto en zonas con humedad como en estación seca definida; usada como forraje en la época de estiaje, con un 19.5% de proteína cruda en sus hojas y 11% en frutos (Manríquez, 2010).

Por su parte, el ramón (*Brosimum alicastrum*), de la familia morácea, es una arbórea nativa perenne, apreciada en la ganadería por poseer follaje con alto contenido nutritivo (16% de proteína digestible en sus hojas, 18% en frutos y 12.5% en sus semillas), además de proporcionar excelente sombra a lo largo del año. También representa un elemento ecológicamente importante en la

composición florística de la selva baja y mediana, siendo sus hojas y frutos alimento para animales y aves silvestres (CONAFOR, 2009). Sin que existan reportes del uso de éstas arbóreas en la alimentación de peces.

El colorín (*Erythrina americana*) es una leguminosa originaria de México, cuyos usos sólo se restringen al medicinal y como cerco vivo o tutor (Martínez y Chacalo, 1994). No obstante, su contenido de proteína y lípidos, lo convierte en una alternativa para uso alimenticio (Molina, 2011). Aunque no se ha determinado la cantidad óptima en dietas y por tanto se necesita investigación en el tema.

Por esta razón, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar el potencial forrajero de guácima (*Guazuma ulmifolia*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y colorín (*Erythrina americana*), en la alimentación de la carpa común (*Cyprinus carpio*) durante la fase de crecimiento para medir el potencial de utilización de estas arbóreas sobre el consumo y la ganancia de peso, a través de dos objetivos particulares (1) determinar el perfil nutricional mediante el análisis proximal de guácima (*Guazuma ulmifolia*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y colorín (*Erythrina americana*) para compararlo con los requerimientos nutricionales y establecer el nivel adecuado de inclusión en las dietas. (2) Evaluar el consumo, la ganancia de peso y la conversión alimenticia de la carpa común (*Cyprinus carpio*) al suministro del follaje de las arbóreas seleccionadas, con la hipótesis de que la inclusión de éstas arbóreas como ingrediente en la dieta de la carpa, favorece la ganancia de peso.

El presente documento contiene cuatro capítulos: el primero destinado a la introducción general del trabajo de tesis que incluye los antecedentes, justificación y objetivos para el desarrollo de la investigación; el segundo está dedicado a la revisión de literatura, donde se aborda la noción de agroforestería, y los sistemas agroforestales, el concepto de acuaforestería, así como la descripción de cada uno de los componentes arbóreos desde el entorno biológico, agroforestal y nutricional, y el componente animal *Cyprinus carpio* (carpa) en el ámbito biológico y de requerimientos nutricionales.

El tercer y cuarto capítulo contienen dos artículos científicos: el primero acerca del valor forrajero desde la condición del contenido nutricional Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (CEN) y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). Que en conjunto con los requerimientos nutricionales del pez permitieron la formulación de las dietas experimentales en el que se logró su procesamiento y elaboración en el Laboratorio de Histología de UACH; y, en el segundo, la prueba biológica realizada en el Acuario Experimental, y el suministro de las dietas elaboradas a 360 ejemplares en la etapa de crecimiento durante 54 días, donde se evaluó consumo, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia de utilización del alimento, peso inicial, sobrevivencia, pH y temperatura del agua durante el periodo experimental.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Las tendencias actuales de la producción agropecuaria hacen énfasis en modelos de desarrollo armónico que permitan incrementar la productividad y cubrir la necesidad de alimento sin afectar los ecosistemas (Cortés, 2012). Por lo que los sistemas de producción animal tradicionales y alternativos, no sólo deben aumentar la producción y responder a las demandas de la seguridad alimentaria, sino que tienen que considerar el uso racional de recursos, modelos, especies alternas y mejorar la eficiencia del nivel de vida (Rozón, 2015).

2.1. Agroforestería

La agroforestería se refiere a la amplia variedad de sistemas de uso de la tierra donde los árboles y arbustos se cultivan en combinación interactiva con cultivos y/o animales para múltiples propósitos de manera simultánea o secuencial, que procura aumentar los rendimientos en forma continua al aplicar prácticas de manejo compatibles con las prácticas culturales de la población local y se considera como una opción viable para el uso sostenible de la tierra (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Es decir, implica la conciencia entre las interacciones y la retroalimentación del humano con el ambiente, dentro de un área determinada, que en ciertas condiciones requiere de optimización y manejo sustancial para permitir su permanencia en el tiempo. Farrell y Altieri (1997), caracterizan a la agroforestería en cuatro ejes:

Estructura: a diferencia de otras disciplinas (agricultura y silvicultura), la agroforestería interrelaciona a los árboles, cultivos y animales en un mismo espacio.

Sustentabilidad: optimiza las interacciones al utilizar a los ecosistemas y sus características ecológicas como modelos en el sistema agrícola para que la productividad se desarrolle a largo plazo sin erosionar el suelo.

Aumento en la productividad: Favorece las relaciones entre los componentes del predio, con condiciones mejoradas de crecimiento y uso eficaz de los recursos naturales.

Adaptabilidad cultural/socioeconómica: Su potencial radica en el ajuste a las realidades de los pequeños productores.

2.2 Sistemas agroforestales

La agroforestería comprende una extensa diversidad de sistemas de uso de la tierra cuya característica es el conjunto de asociaciones o arreglos entre la interacción árbol y cultivo y/o animal, donde los factores más importantes de distinción, entre estos son: (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Componentes de producción

1. Arreglos en el espacio (horizontal y vertical)

2. Arreglos en el tiempo (simultáneos y secuenciales)
3. Régimen de manejo
4. Función o papel

Nair (1991), clasificó estos sistemas en base a los componentes de producción y estructura del sistema (naturaleza y arreglo), función, zonas agroecológicas de existencia y adaptabilidad (escalas económicas y niveles de manejo) catalogándose en:

1. Sistema agrisilvícola (árboles y cultivos estacionales);
2. Sistemas silvopastoriles (árboles y animales/pasturas);
3. Agrosilvopastoriles (árboles, cultivos estacionales y animales/pasturas) y;
4. Sistemas especiales como son la entomoforestería (producción de miel y gusano de seda) o la acuaforestería (producción de peces en combinación con árboles).

2.3 Acuaforestería

Involucra la presencia de especies leñosas junto o alrededor de estanques de peces para proporcionarles sombra, materia orgánica, alimento, actuar como cercas vivas y estabilizadores de taludes que en un sentido amplio incluye la flora silvestre y las plantas domesticadas relacionadas con la producción acuícola (Prager, 2003).

En estos sistemas complejos se aprovecha las aguas superficiales dulces o saladas, donde se crían peces, moluscos y crustáceos que provoca el aumento de la periferia o área de contacto (suelo-agua) elevando la productividad del sistema, de manera similar a la oferta natural presente en el ecosistema de manglar. La función principal de esta actividad es la de producir una gran diversidad de alimentos de origen animal o vegetal tales como: peces, moluscos, patos, granos, frutas, hortalizas y forraje, lo que permite el manejo de formaciones acuáticas naturales como lagos, lagunas, desembocaduras de ríos, acequias, y artificiales como estanques y canales.

Esta tecnología agroforestal presenta arreglo temporal simultáneo. La disposición horizontal del componente vegetal leñoso es mezclada. Los animales acuáticos

(peces, crustáceos y moluscos) y terrestres (patos, gansos, vacas, iguanas) deambulan libremente. La disposición vertical del componente vegetal es multiestratificada (Ospina, 2006).

Los tipos de interacciones que dan en estos sistemas están dados por el componente leñoso que sujetan el suelo y proveen de alimentos para los peces; además las aguas circulantes rica en algas son aprovechadas como abono para cultivos agrícolas y árboles (Arévalo, 2012).



Figura 1. Representación de Acuaforestación (Ospina, 2006).

Esta técnica agroforestal presenta algunas ventajas:

1. Diversidad de especies involucradas en este sistema;
2. Sujeta las paredes de los estanques por la utilización de árboles;
3. Se obtiene alimento y forraje para los animales terrestres y acuáticos;
4. Presencia de plantas acuáticas poco exigentes en oxígeno, pero ayudan a mejorar la vida en el estanque y;
5. Aporte en el reciclaje de nutrientes.

2.3.1 Componentes del sistema

De acuerdo con Cano (1999), en un sistema acuaforestal o silvoacuícola, los componentes están integrados por los árboles, peces, agua (río pozo o laguna), estanques, entre otros; cuyos elementos deben de estar en cierta proporción y

arreglo que permitan hacer eficiente la energía solar, para producir, carne, frutos, fertilizantes, leña, entre otros con el fin de cumplir con las expectativas de manejo y producción.

2.4 *Guazuma ulmifolia* Lam. (Guácima)

La guácima, perteneciente a la familia Sterculiaceae, es una arbórea reconocida por su potencial de acuerdo a los conocimientos tradicionales de los ganaderos de las zonas tropicales de México, y recientes estudios están considerando incluirla dentro de la dieta humana. Es una especie muy abundante en las zonas cálido húmedas con temporada seca bien marcada; entre los nombres tradicionales destacan acashi (totonaco), pixoy (maya), cuahuolote (Costa Chica de Oaxaca y Guerrero), aquich (huasteco), entre otros (CONABIO, 2009).

2.4.1 Descripción botánica e importancia agroforestal

Es un árbol de porte medio que puede alcanzar 25.0 m, de altura y un diámetro de 0.80 m; con copa abierta, muy ramificada, redondeada y extendida; de hojas alternas y simples, de 3.0 a 13.0 cm de largo por 1.5 a 6.5 cm de ancho, con forma ovalada o lanceolada, margen aserrado y color verde oscuro, rasposas en el haz y sedosas en el envés. Sus flores están distribuidas en panículas de 2 a 5 cm de largo, tienen forma de estrella y son blanco-amarillentas, con tinte castaño de olor dulce, y diámetro de 5 mm (CATIE, 1991).

Su tronco es casi recto, de corteza externa fisurada color pardo grisáceo, mientras que la corteza interna es fibrosa, amarillenta a pardo rojiza, con sabor dulce a astringente (CONAFOR, 2009).

Los frutos tienen forma de cápsula de 3 a 4 cm de largo, con numerosas protuberancias cónicas en la superficie de color café oscuro a negro; cuando están maduros tienen olor y sabor dulce (Giraldo, 1999 y Francis, 2000).

Las semillas son de consistencia dura, con forma de lenteja, su tamaño es menor a 1 mm, y de color pardo, el número de semillas por fruto es muy variable, desde 51 a 63 (Contreras et al., 1995).

La maduración de los frutos del guácimo varía según las características climáticas del sitio, por ejemplo, en los bosques mixtos de Brasil maduran en agosto y septiembre, pero éstos permanecen en el árbol hasta noviembre (De Araujo et al., 1999). Mientras que en México se encuentran de marzo a diciembre. El guácimo es un árbol caducifolio; sus hojas empiezan a envejecer durante la época seca por periodos de distinta duración (Ortega, 2009).



Figura 2. Árbol de *Guazuma ulmifolia*.

Giraldo (1998), reporta que esta arbórea es utilizada como leña y fabricación de carbón (posee un poder calorífico de $18,600 \text{ kJ kg}^{-1}$) y es capaz de arder aún verde), debido a las características de su madera (ligera y blanda) se emplea para postes, construcciones rurales, elaboración de muebles, herramientas

agrícolas o de defensa, cuerdas, los rebrotes como tutores de cultivos agrícolas (vainilla, o trepadoras) y las hojas junto con los frutos son palatables para el ganado y la fauna silvestre.

CONABIO (2009) menciona que la madera es usada en la elaboración de los instrumentos de la Huasteca y las cenizas como jabón. Se considera que tiene propiedades astringente, emoliente, refrigerante, citotóxica, entre otros.

2.4.2 Valor nutritivo

Varios investigadores CATIE (1991), Lizárraga et al. (2001), Zamora et al. (2001), Palma y Román (2003) han evaluado la calidad nutricional del follaje encontrando que depende de las condiciones edafoclimáticas del sitio, época del año, edad del rebrote, manejo de las plantas y consumo de los animales.

Giraldo (1998), señala contenidos de 17% de Proteína Cruda (PC) en el follaje a densidades medianas (2,795 árboles ha⁻¹), mientras que Araya et al. (1994) determinó 23% PC en un bosque premontano. En Veracruz, durante la época de lluvias, en suelo tepetatoso y pedregoso. Villa (2009), reportó 23% de PC.

Se ha encontrado mayor contenido de PC en hoja que en tallo, variando desde 16% a 19.5% en hoja (CATIE, 1991). Lizárraga et al. (2001) y Araya et al. (1994) de 5.2 a 8.1% en tallo. En tanto Benavides (1991), menciona que el valor nutricional de la guácima está en función de los componentes de la biomasa arbórea y la edad, aunque puede afectar la digestibilidad y la concentración de factores antinutricionales como los taninos Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición nutrimental de follaje tierno y maduro de *Guazuma ulmifolia* en Costa Rica.

Tipo de hoja	Fracción del análisis bromatológico				
	%PC ^z	%FC ^y	%EE ^x	%CEN ^w	%ELN ^v
Tierna	16.72	26.37	1.51	8.57	46.83
Madura	16.1	28.06	1.27	8.59	45.98

^zPC= Proteína Cruda; ^yFC= Fibra Cruda; ^xEE= Extracto Etéreo; ^wCEN= Ceniza y ^vELN= Extracto Libre de Nitrógeno

Por otra parte, el CATIE (1991), reportó valores de 5.5% de CEN, mientras que Contreras et al. (1995) reporta 11%.

Para el contenido de FDN Bobadilla et al. (2006) encontró 41.1% en un sistema de pastoreo en Yucatán, y López (2008), en ovinos semiestabulados alimentados con guácimos de 70 días de rebrote en Veracruz, encontró un 74%.

En cuanto al contenido de (FAD) se mencionan valores de 26 a 57% en arbóreas de un año de edad, durante la época de mayor crecimiento vegetal, en Veracruz, México (Villa, 2009 y Lizárraga et al., 2001).

2.4.3 Metabolitos secundarios

Existe escasa información sobre el contenido de factores antinutricionales y metabolitos secundarios en la guácima, y su efecto sobre la producción animal. López et al. (2004), analizó la cantidad de taninos en 20 arbóreas del trópico mexicano, entre las que se encontró *G. ulmifolia* y obtuvo una acumulación de taninos libres totales de 129.7 g kg⁻¹ de MS. López et al. (2004), señala taninos en hojas (0.145 mg g⁻¹ de MS), hojas con tallos (0.114 mg g⁻¹ de MS) y tallos (0.087 mg g⁻¹ de MS) sin la presencia de algún otro metabolito.

Sosa et al. (2004), reportan concentraciones de fenoles menores a 1 g kg⁻¹ de MS, mientras que Herrera et al. (2008), indica la presencia cualitativa de saponinas, glúcidos cianogénicos y fenoles.

2.5 *Brosimum alicastrum* Sw. (ramón)

Es una Moraceae arbórea originaria de América tropical, que en México se distribuye en Tamaulipas, San Luis Potosí, Sinaloa, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo en la vertiente del Golfo de México, mientras que en la vertiente del Pacífico se encuentra desde Sinaloa hasta Yucatán y en la región de la cuenca del Balsas se localiza en Michoacán y Morelos, en los ecosistemas de la selva mediana (subcaducifolia y subperennifolia), selva alta (subperennifolia y perennifolia),

bosque espinoso y matorral xerófito entre los 20 y 1,600 msnm como parte del dosel superior (Josuah, 2016; (Gómez et al., 2016 y (Herrera, 2002).

Entre los nombres comunes están Mojcuji (popoluca), Tlatlacotik (náhuatl), Capomo, Muju, Ojite, entre otros (CONABIO, 2009). Es muy apreciado debido a la calidad del forraje, disponibilidad durante la sequía y buena adaptación a suelos muy arcillosos, profundos e inundables (Ayala, 1995).

2.5.1 Descripción botánica e importancia agroforestal

De acuerdo con Villanueva (2016), el ramón es un árbol perenne de porte mediano que puede alcanzar hasta los 45 m de altura y diámetro de 50 a 150 cm; posee un tronco recto con ramas colgantes, de copa piramidal y densa. Su corteza es lisa en árboles jóvenes y en adultos áspera escamosa de color pardo. Las hojas son alternas simples de color verde oscuro brillante por el haz y verde grisácea en el envés, de forma lanceoladas-ovaladas (2 a 7.5 cm de ancho por 4 a 18 cm de largo) de ápice agudo y margen entero.

La inflorescencia está expuesta en cabezuelas axilares de 1 cm de diámetro con muchas flores masculinas y una femenina. El fruto es una baya globosa con pericarpio carnoso y comestible; tiene de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, de color verde amarillento a anaranjado en su madurez; cubierta por diminutas escamas y contiene una sola semilla recalcitrante (CATIE, 2000).

La floración va de noviembre a febrero en la región sur, en la región centro y norte la floración se presenta en los meses de enero y febrero. Sin embargo, es importante señalar que algunos ejemplares de esta especie pueden florecer fuera de esta época señalada. Se pueden encontrar frutos en casi todo el año, aunque el periodo de mayor abundancia son los meses de enero a febrero en el sur y de abril a junio en el centro y norte (CONAFOR, 2009).



Figura 3. Hoja y fruto de ramón (*Brosimum alicastrum*).

Se le considera como un árbol multipropósito tanto por las cualidades de su madera usada en muebles finos, decoración de interiores y construcciones de casas, implementos deportivos y domésticos, mangos para herramientas, pisos, cajas, formaleta, chapas, contrachapados, zapatas para el sistema de frenos del Metro, producción de leña; como alimenticia, las hojas son suministradas en ensaladas y con el fruto se elaboran bebidas (horchatas), sopas, panes, tamales, entre otros, mientras que el látex se emplea como sustituto y promotor lácteo (Palma y González, 2018). Esta especie puede ocupar diferentes nichos dentro de plantaciones: como sombra para café y cacao, cerca viva alrededor de potreros y también como planta medicinal, ya que el látex se usa para el asma y la bronquitis (Meiners et al., 2009).

2.5.2 Valor nutritivo

Las hojas son altamente palatables se utilizan con frecuencia como forraje para rumiantes, caballos, cerdos, cabras y ovejas. Este es particularmente valioso en la época seca, cuando puede ser el único forraje fresco disponible.

Las hojas son altamente digestibles (>60%) y contienen hasta el 13% de proteína
Cuadro 2.

En algunas áreas (por ejemplo, Guatemala) se cortan las ramas para forraje en la estación seca los animales comen los frutos que caen al suelo (Quintero, 2015).

Cuadro 2. Análisis bromatológico de hojas de Ramón secadas al sol.

Concepto	Practicadas en laboratorio			Promedio
	Palo Alto, Edo. de México		Mérida, Yucatán	
	1	2	3	
Humedad	12.42	9.93	8.2	10.18
Proteína	12	14.25	19.1	15.14
Carbohidratos	40.70	44.80	42.05	42.72
Grasas	2.85	3.26	2.55	2.82
Fibra Cruda	18.90	14.15	21	18.02
Cenizas	13.04	13.61	6.7	11.12
Total	100	100	100	100

Fuente: (López, 1993).

Pardo y Sánchez (1977), reportan que la proteína del follaje de ramón contiene cantidades de aminoácidos como lisina, arginina, triptófano, valina, entre otros. Delgado (2009) menciona que la hoja, presenta concentraciones de PC, FND y FAD de 16.6, 41.5 y 29.8% respectivamente; en tanto, la tasa de la degradación de MS mostró valores de 19.19% y 19.63% para la fracción soluble y de 58.63 y 48.60% para la insoluble potencialmente degradable que pueden compararse con las obtenidas por Ku Vera et al. (2000), con valores promedios de PC y de FND de 15 y 375 g kg⁻¹ MS, respectivamente.

2.5.3 Metabolitos secundarios

Son escasas las investigaciones acerca de metabolitos secundarios en hojas de *B. alicastrum*, Galindo et al. (2003) reportó que el follaje de *B. alicastrum* disminuye la población de bacterias proteolíticas; mientras que para bacterias celulíticas mostraron valores de 2.13 x 10 ufc ml⁻¹, no encontrando efectos en la actividad de enzimas, proteasas y celulasas.

Pedraza et al. (1997) y Chongo et al. (2000) mencionan concentraciones de polifenoles totales y taninos condensados en *B. alicastrum* de 1.8 mg g⁻¹ de MS.

Lo que sugiere que hay factores que actúan negativamente en estos grupos de microorganismos.

2.6 *Erythrina americana* Mill. (Colorín)

Se conocen alrededor de 113 especies del género *Erythrina* en el mundo, de las cuales 27 especies se encuentran en México, habitan en regiones tropicales y subtropicales con buena adaptación a las zonas templadas. La especie *E. americana*, le ha asignado gran variedad de nombres comunes de acuerdo a la región como: Chontal; Colorín; Cochoquelite; Chilicote; Madre del cacao; Patol; Zompantle, entre otros (Musálem, 1993). A tal grado que los pueblos mesoamericanos le atribuían propiedades adivinatorias y como uno de los primeros materiales para la creación del hombre.



Figura 4. *Erythrina americana* en Teotihuacán, Estado de México.

2.6.1 Descripción botánica e importancia agroforestal

Leguminosa arbórea de 9 a 10 m de altura, con ramas espinosas y flores rojas agrupadas en racimos. Posee hojas trifoliadas largamente pecioladas y alternadas entre sí.

Las flores en racimos piramidales terminales de coloración roja llamativa, alargada, zigomorfa, apretadamente dispuestas (Molina, 2011). Su madera es blanda, de color amarillo claro, poco lustrosa y ligera que se mancha fácilmente

por hongos y porosidad difusa, contiene parénquima paratraqueal y apotraqueal muy abundantes, con radios multiseriados heterogéneos (Musálem, 1993).

En varios países es común que las especies de *Erythrina* se asocien con los cultivos perennes, como el café, cacao y té; los que aprovechan la sombra lo que produce rendimientos estables por largos periodos. Por ejemplo, *E. americana* frecuentemente se asocia a los cultivos de café en la Sierra Madre Sur de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (García, 1996).

En Tabasco, la mayor parte de los plantíos de cacao se usa esta especie para dar sombra, ya que se encuentra asociadas en el 80% de las parcelas (Reyes, 1991). Para los campesinos que cultivan en suelos de baja fertilidad o no tienen acceso a fertilizantes es una buena opción, ya que su contribución de nitrógeno alcanza niveles equivalentes a los requeridos para el café (Musálem, 1993). Como cerco vivo Sánchez (1992) lo reporta como una especie común en los cercos o linderos de las parcelas.



Figura 5. Cerco vivo en San Juan Tezontla, Texcoco, Estado de México.

Uno de los productos más importantes es la hojarasca, pues, las especies de *Erythrina* producen de 5 a 8 t ha⁻¹ año⁻¹ en peso seco, pero cuando se podan

producen más de 10 ton ha⁻¹ año⁻¹. En la región Mixteca de Oaxaca y en el Alto Balsas, Puebla, es usada para evitar la erosión, mediante la plantación de estacas en Teapa, Tabasco, el 10% de los predios utilizan esta especie en cercos vivos y como linderos de los solares (Aldama, 2011).

Debido a las características de la madera, es muy usado para la elaboración de corchos y figuras, pero sobre todo en la elaboración de máscaras, con la semilla se confeccionan artes y collares, los pueblos mesoamericanos las ocupaban en el juego del patol o para comunicarse con sus divinidades (Reyes, 1985). Aunque su uso tradicional radica en las raíces y hojas como sudoríficas y sus flores son expectorantes y remedio para la picadura de alacrán (García-Mateos et al., 2000).

2.6.2 Valor nutritivo

En Costa Rica Romero et al. (1993) reporta un contenido de PC de 22% en hojas sin importar la edad; Kass (1993) reportó un intervalo de 26 a 32% de PC para el género *Erythrina*. Con las semillas y vainas se alimentan cabras y vacas, pero deben cocerse previamente cuando se van a utilizar en pollos, conejos y peces (Mateos, 1996).

Varios estudios demuestran que el follaje no es efectivo para incrementar los rendimientos dentro de los sistemas de producción animal, sin embargo, los campesinos lo usan como alimento (Espinoza, 1990).

A pesar de lo anterior, en periodos de sequía se convierte en un importante forraje; aunque las especies *E. poeppigiana*, *E. berteroana* y *E. costarricensis* no son utilizadas como forraje por el alto contenido de Beta-eritroidina (Kass, 1994). Sotelo et al. (1993), señalan que el valor nutritivo del follaje de *Erythrina* se afecta con la edad y la estación de cosecha, de la semilla y la especie.

Los análisis de follaje señalan que el contenido de proteína cruda varía entre 20 y 32%, de la cual más del 40% es proteína soluble.

Espinoza (1990) menciona que las hojas contienen 24% de PC, 29% de FC y 21% de carbohidratos en peso seco, además de ser ricas en potasio, pero pobres en calcio.

García (1996) reporta que las semillas detoxificadas de *E. breviflora* y *E. americana* son ricas en proteína (38.5 y 42.5 %) y una concentración de lípidos de 0.1 y 0.3% respectivamente, con un buen balance de aminoácidos, por lo que para considerar esta especie como forraje se requiere más investigación.

2.6.3 Metabolitos secundarios

Las hojas, la corteza y sobre todo las semillas se consideran venenosas al contener alcaloides tóxicos, como la erisotiovina, la eritrodina, la coraloidina con acción similar al curare, capaces de provocar la muerte por parálisis (Martínez y Chacalo, 1994). Su efecto es útil en procedimientos quirúrgicos, a manera de relajante y anestésico local (Reyes, 1991). Estos compuestos se encuentran distribuidos por toda la planta, aunque la mayoría de los estudios se enfoca en la semilla, reportando 0.1% de alcaloides.

2.7 *Cyprinus carpio* L. (Carpa común)

La carpa común fue introducida a México en los años 60's al necesitar una especie cultivable de fácil manejo, rápido crecimiento (similar a la tilapia), resistente a aguas semifrías; aunque, estos organismos no son comunes en la alimentación mexicana debido al sabor y olor a humedad, que puede ser modificado durante el manejo alimenticio (Bonilla, 2006).

La mayor producción de carpas se realiza en Veracruz, Michoacán, Guerrero, Tamaulipas, Hidalgo y el Estado de México (SIAP, 2017 y Auro, 2010).

2.7.1 Descripción biológica

Posee un cuerpo alargado y comprimido con boca terminal de labios gruesos y dos pares de bigotes en el labio superior. Su color dorsal es verdoso a marrón en

ambientes naturales y la panza es de color amarillento a blanco. Pueden llegar a pesar entre 10 a 20 kg y medir más de 80 cm de largo en ambientes naturales, pero en cultivo se cosechan al tamaño requerido en los mercados (FAO, 2010).

Su crecimiento y alimentación disminuye con temperaturas cercanas a los 5°C. Pero a temperaturas promedio de entre 15 y 18°C pueden vivir y crecer lo suficiente, es resistente a la escasez de oxígeno y a la contaminación de las aguas Cuadro 3.

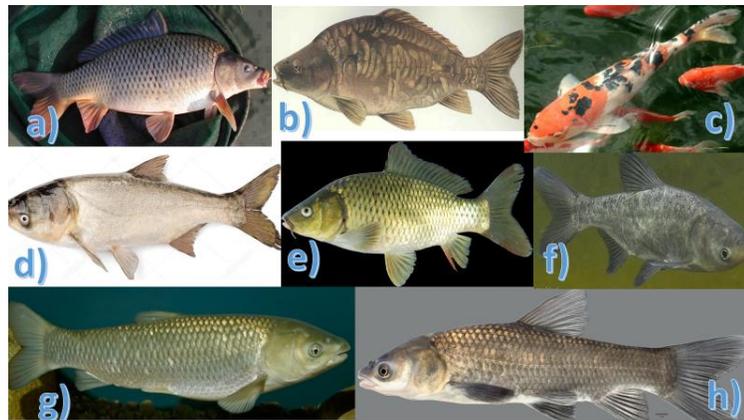


Figura 6. Especies de carpa que se cultivan en México: a) carpa común, b) carpa espejo, c) carpa kol, d) carpa barrigona, e) carpa herbívora, f) carpa plateada, g) carpa negra, h) carpa cabezona (GBC, 2010).

2.7.2 Alimentación

Rojas (2006), menciona que la carpa ocupa la capa media del agua de ríos, lagos y estanques, de preferencia donde hay vegetación acuática. Tiene selectividad por los alimentos de origen vegetal principalmente plantas micrófitos y algas filamentosas. Auro (2010) caracteriza a la carpa como un pez que acepta cualquier tipo de alimento.

Cuadro 3. Requerimientos de las condiciones fisicoquímicas del agua para el desarrollo de la carpa común (*Cyprinus carpio L.*).

Factor	Nivel
--------	-------

Salinidad	5 ^z ppm
Temperatura	17.5 a 30°C
Oxígeno disuelto	5 ^z ppm
Ph	6.5 a 7.5
Dureza	100 a 200 ^y mg l ⁻¹ CaCO ₂
Transparencia	38 a 42%

^z ppm = partes por millón; ^ymg l⁻¹CaCO₂= miligramos por litro de carbonato de Calcio. Fuente: (Auro, 2010).

2.7.3 Requerimientos nutricionales

Los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción, y otras funciones fisiológicas son similares al de los animales terrestre, debido a que necesitan proteína, minerales y vitaminas, entre otros (López, 1989). Sin embargo, en acuicultura extensiva o semi-intensiva, el alimento natural puede ser complementado o sustituido por otras fuentes. La diferencia nutricional más notable entre animales terrestres y acuáticos es el fraccionamiento de la energía química del alimento, ya que, es más eficiente en organismos poiquilotérmicos (como los peces) que en animales homeotérmicos (vacas, pollos, cerdos, etc.), lo que se traduce en dietas con mayores porcentajes de proteína y relaciones más estrechas entre proteína y energía para explotaciones acuícolas (Auro, 2010).

Es importante resaltar que diversas investigaciones, han demostrado, que los requerimientos de los peces no varían grandemente entre las diferentes especies de aguas frías, medias y cálidas, con excepción de las necesidades de algunos ácidos grasos y la capacidad de ciertas especies, principalmente en los ciprínidos (López, 1997).

2.8 Alimentación de peces con arbóreas

Las tendencias actuales de la producción agropecuaria hacen énfasis en modelos de desarrollo armónico que permitan incrementar la productividad y cubrir la necesidad alimentaria sin afectar los ecosistemas (Cortés, 2012). Por lo que los sistemas de producción animal tradicionales y alternativos como la acuicultura

deben de considerar el uso racional de recursos, modelos, especies alternas e integración con otros sistemas para mejorar la eficiencia del nivel de vida (Rozón, 2015).

En el caso de la acuaforestería como sistema integral, se tiene la cría de peces-camarón-ostras en los manglares y peces en estanques donde se utiliza la vegetación como protección (Flores et al., 2011). En Perú, el manejo y explotación de truchas se realiza en paramos y bosques nativos (Erazo, 2013).

Otros productos del bosque que son usados en las granjas acuícolas son *Psidium guajava guayaba*, (*Physalis angulata*) mullaca, (*Cecropia sp*) cetico, (*Bactris gasipaes*) pijuayo, y (*Achras sp*) níspero. Wouters (1994) menciona experiencias que están relacionadas con el uso del follaje, como son *Leucaena*, *Calliandra* y *Sesbania*, en la alimentación de peces herbívoros. Por su parte, Korn (1996) señala que en China los residuos de la morera (en este caso follaje que no fue consumido por el gusano de seda) son suministrados a los estanques de policultivo. Las hojas de plátano (*Musa paradisiaca*) y yuca (*Manihot esculenta*) han sido estudiada como alternativa alimenticia en dietas al 30% de inclusión para gamitana (*Colossoma macropomun*) sin reportar diferencias en ganancia de peso y conversión alimenticia (Chu-koo y Kohler, 2005).

Richter y Siddhuraju (2003) declaran que con la sustitución de hasta el 10% de proteína en la dieta de tilapia nilótica con harina de hoja de moringa (*Moringa olifera*) no produjo una reducción significativa en el crecimiento de dicha especie.

Castro (2012) encontró mejor conversión alimenticia y ganancia de peso (2.09 y 2.36 g día⁻¹, respectivamente) al sustituir el 15% de la dieta con morera (*Morus alba*).

Olvera y Olivera (2000) y Pereira et al. (2013), mencionan que la *Leucaena* puede aportar hasta un 25% de la proteína vegetal en dietas para carpa, tilapia y cachama, pero para otras arbóreas como el matarratón (*Gliricida sepium*) y guandul (*Cajanus cajan*) ocasionaron pérdida de peso en tilapia nilótica

(Castanares, Litile, Yakupitiyage, Edwards y Lovshin, 1994). Mientras que Cano (1999) reporta que con las hojas de *Gliricida sepium* se tuvo mayor ganancia de peso, en comparación con *Cajanus cajan* y *Leucaena leucocephala*, aunque las tres arbóreas no presentaron factores antinutricionales que afectaron a las tilapias.

Ortiz et al. (2014) refiere que la utilización del 30% de harina de *Gliricida sepium* en la alimentación de Pacú (*Piaractus brachypomus*) favorece la capacidad de aprovechamiento en un 54.2%, aunque la utilización de harina de hoja de *Cratylia argentea* no es recomendada para esta especie al mismo nivel debido a que la digestibilidad disminuye hasta un 50%.

Villa y García (2009), establecieron que para el pez Banda Negra (*Myleus schomburgkii*) la adición en la dieta del 25% de Sancha Inchi o Maní del Inca (*Plukenetia volubilis*) presenta mayor ganancia de peso y conversión alimenticia (28.4 y 1.6 g d⁻¹ respectivamente), y no fue afectado por la concentración de los ácidos linoleico y linolénico presentes en este arbusto.

2.9 LITERATURA CITADA

- Aldama, M. I. (2011). *Diagnóstico, propagación y alternativas biotecnológicas de Erythrina Americana Miller mediante el empleo de rizobacterias* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Facultad De Ciencias Agrícolas. Xalapa, México.
- Araya, J.; Benavides, J.; Arias, R. y Ruiz, A. (1994). Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. Editor: Jorge Evelio Benavides. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1. 31-63.
- Arévalo, G. C. (2012). *Técnicas y prácticas agroforestales validados para el Ecuador* (Tesis de licenciatura). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador.
- Auro de Ocampo, A. (2010). Nutrición en peces. En A. Auro de Ocampo, *Principios de acuicultura* (pág. 172). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Ayala, A. y Sandoval S. (1995). *Establecimiento y producción temprana de forraje de ramón (Brosimum alicastrum swartz) en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán, México*. Agroforestería en las Américas. Programa de Estudios Agroforestales (CATIE). Costa Rica
- Benavides, J.E. (1991). *Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal*. El Chasqui (C.R.) No. 25: 6-36.
- Bonilla, J. H. (2006). *Nutrición Acuícola*. En J. H. Bonilla, *Sistemas de producción acuícola* (pág. 72). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD.

- Cano, M. S. (1991). *Silvoacuacultura para el trópico húmedo. Alimentación de tilapia con tres leguminosas arbóreas en Ixtacuaco, Veracruz* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Castanares, M., Litile, D., Yakupitiyage, A., Edwards, P., & Lovshin, L. (1994). *Feeding value of fresh perennial leguminous shrub leaves to Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.)*. En B. Larsson, *Aquaculture and Schistosomiasis*. Harare (Zimbabwe): FAO, Rome (Italy). Fisheries Dept.
- Contreras Castro HJ. Efecto sobre el rendimiento técnico de la tilapia nilótica chitralada resultante de la sustitución de la dieta con falso girasol y morera en la etapa de ceba. *Revista CITECSA*. 2012; 3(4): 1-11
- Programa de Producción, Desarrollo Agropecuario Sostenido (Centro Agronómico Tropical de Investigación, Enseñanza). Área de Producción Forestal, Agroforestal, & Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple. (1991). *Guácimo: Guazuma ulmifolia Lam.: especie de árbol de uso múltiple en América Central* (Vol. 9). CATIE.
- Chongo, B., La O, O., Delgado, D. & Galindo, J. (2000). *Metabolitos secundarios en diferentes plantas. Informe final del proyecto "Manipulación de la fermentación ruminal"*. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
- Chongo, B., La O, O., Delgado, D., Scull, I., Santos, Y. & Galindo, J. (1998). *Polifenoles totales y degradación ruminal in situ del nitrógeno en árboles forrajeros promisorios para la alimentación del ganado*. III Taller Internacional Silvopastoril: "Los árboles y arbustos en la ganadería". Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"- Matanzas. Cuba. p. 11
- Chu-Koo, F. W., Kohler, C., & Km, E. A. C. I. N. (2005). *Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana (Colossoma macropomum)*. Jean François Renno Carmen García Fabrice Duponchelle Jesús Nuñez, 184.

Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad. (2009). *Guazuma ulmifolia* Lam. México, D.F.: Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Consultado en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf.

Comisión Nacional Forestal. (2009). *Brosimum alicastrum Sw. Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje*. México, D.F.: Brosimum alicastrum Swarts. - Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Consultado en: www.conafor.gob.mx:8080/documentos/download.aspx?articulo=891

Cortés, E. J. (2012). *Árboles nativos con potencial forrajero para diseñar tecnologías silvopastoriles en la reserva de la biósfera Sierra de Huautla, Morelos*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco. México.

De Araújo Neto, João Correia, & Bergemann de Aguiar, Ivor. (1999). Desarrollo ontogénico de plántulas de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae). *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 785-790.

Erazo, J. A. (2013). *Plan y manejo de una granja agroforestal*. Universidad Técnica del Norte; Ibarra, Ecuador: Proyecto de tesina previa a la obtención del grado de Tecnólogo Superior en Plantaciones Forestales

Espinoza, J. C. (1990). *Análisis del crecimiento del follaje en tres especies de Erythrina en Costa Rica* (Tesis Magister Scientiae). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Posgrado. Turrialba, Costa Rica.

Food and Agriculture Organization. (2010). *Nutrición y alimentación de peces*. Roma, Italia: Pesquerías y Departamento de acuicultura. Consultado en: http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.html

Flores-Verdugo, F. J., Casasola, P., De la Lanza-Espino, G., & Agraz-Hernández, C. (2011). *El manglar, otros humedales costeros y el cambio*

- climático*. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición): México, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICM y L, Universidad Autónoma de Campeche, 205-228.
- Farrell, J. G., & Altieri, M. A. (1997). *Sistemas agroforestales*. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. (Ed. MA Altieri). CLADES/ACAO. La Habana, Cuba, 163.
- Francis, J. K. (2000). *Guazuma ulmifolia Lam. Guácima*. Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales, 255.
- Galindo, J., & Marrero, Y., & González, N., & Aldama, A. (2003). Efecto del follaje de dos árboles tropicales (*Brosimum allicastrum* y *Leucaena leucocephala*) en la población microbiana ruminal en condiciones in vitro. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37 (4), 395-401.
- García Mateos, R., & Soto Hernández, M., & Martínez Vázquez, M. (2000). Toxicidad de los extractos de las semillas de *Erythrina americana* CIENCIA ergo-sum, *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 7 (2).
- GBC GROUP. (2010). *Carpa*. México: Red Genómica, Pesca y Acuicultura para la Innovación. Consultado en: <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/especies/peces/carpa.html>
- Giraldo, L. A. (1998). Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. In *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Conferencia electrónica de la FAO.
- Gómez, D.J., Monterroso, R. A., Tinoco, R.J & Toledo, M.M. (2016). Cuarta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. Sector forestal. SEMARNAP-UNAM-UACH. Consultado en: Http://www.atmosfera.unam.mx/cclimat/documents/reportes_cuartac_sin/Forestal/Informe_final_del_sector_forestal.pdf

- Herrera, P.L. (2002). *Biología y usos del capomo (Brosimum alicastrum)* en México. Trabajo monográfico de actualización (Tesis de Licenciatura). CUCBA. Jalisco, México
- Jiménez, F., Muschler, R. y Kopsell, E. (2001). *Funciones y Aplicaciones de Sistemas Agroforestales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Josuah (2016). *Brosimum alicastrum*. Fuente de permacultura. Consultado en: [Http://fuentedepermacultura.org/fichas-de-especies-vegetales/brosimum-alicastrum/?PHPSESSID=qefelpn1eskrem1mmrd4ltehl6](http://fuentedepermacultura.org/fichas-de-especies-vegetales/brosimum-alicastrum/?PHPSESSID=qefelpn1eskrem1mmrd4ltehl6)
- Kass, D. L. (1994). *Erythrina species-pantropical multipurpose tree legumes*. Forage tree legumes in tropical agriculture., 84-96.
- Kass, D. C. L., Jiménez, J., Sánchez, J., Soto, M. L., & Garzón, H. (1993). *Erythrina in alley farming. Erythrina in the new and old worlds*. Nitrogen Fixing Tree Association, Hawaii, 29-137.
- Korn, M. 1996. The dike-pond concept: sustainable agriculture and nutrient recycling in China. *Ambio* 25(1):6-13
- Krishnamurthy, L., & Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica*. Serie textos básicos para la formación ambiental No. 3. PNUMA. FAO. México, DF.
- Ku Vera, J.C., Ramírez, L., Jiménez, G., Alayón, J.A.E. & Ramírez, L. (2000). *Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano*. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Conferencia electrónica de la FAO. p.1-13. Consultado en: WWW.fao.org/WACENT/Faoinfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Ku10.htm.
- Lizárraga, S. H., Solorio, S. F., & Sandoval, C. C. (2001). Evaluación agronómica de especies arbóreas para la producción de forraje en la Península de Yucatán. *Lives. Res. Rural Develop*, 13.

- López Herrera, M., & Rivera Lorca, J., & Ortega Reyes, L., & Escobedo Mex, J., & Magaña Magaña, M., & Sanginés García, J., & Sierra Vázquez, Á. (2008). Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*, 46 (2), 205-215.
- López, N. (1997). *Nutrición Acuícola*. Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia. Pasto, Colombia.
- López, G.F. (1993). *Explotación del ramón (Brosimum alicastrum) como fuente de forraje* (Tesis licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Manríquez, M. L. (2010). *Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo* (Tesis de doctorado). Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz.
- Martínez, J. G. (2014). *Utilización de Silvina (Salvinia molesta d. Mitch) como ingrediente base alternativo en la alimentación de tilapia (Oreochromis sp.)*, (Tesis de licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Martínez G., L. y Chacalo I. 1994. *Los árboles de la Ciudad de México*. Ed. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 351 pp.
- Mateos, M. R. (1996). *Estudio químico-biológico de los alcaloides de Erythrina* (Tesis de doctorado). Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Montecillos, México.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenghalg y C. A. Morgan. (1995). *Nutrición Animal*. (5ta ed). Zaragoza, España. Ed. Acribia.
- Meiners, M., Sánchez, C., & de Blois, S. (2009). El ramón: Fruto de nuestra cultura y raíz para la conservación. *Biodiversitas*, 87, 7-10.
- Molina, A. M. (2011). *Diagnóstico, propagación y alternativas biotecnológicas de Erythrina americana Miller; mediante el empleo de rizobacterias* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, México.

- Musálem, M. A. (1993). *Erythrina en México: distribución, uso e investigación*. Nitrogen Fixing Tree Association. *Erythrina in the New and Old Worlds*, 46-48.
- Nair, P. K. R. (1991). *State-of-the-art of agroforestry systems*. *Forest Ecology and Management*, 45(1-4), 5-29.
- Olvera, M., & Olivera, L. (2000). *Potencialidad del Uso de las Leguminosas como Fuente Proteica en alimentos para peces*. Mérida, Yucatán, México.
- Ortega, V.E. (2009). *Efecto de podas estratégicas en Guazuma ulmifolia Lam. sobre la producción de forraje en la época seca*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Huejutla. Huejutla, Hidalgo. 71 p.
- Ortiz-González, Arwin R., Morales-Luna, Kerwin A., Vásquez-Torres, Walter, y Gutiérrez-Espinosa, Mariana Catalina. (2014). *Digestibilidad aparente de Tithonia diversifolia, Gliricidia sepium y Cratylia argentea en juveniles de Piaractus brachypomus, Cuvier 1818*. *ORINOQUIA*, 18 (Suplemento 1), 214-219. Consultado en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092014000300008&lng=en&tlng=es.
- Ospina, A. (2006). *Agroforestería. Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano, Cali (Colombia). Colombia. Editorial ACOSAC.
- Palma, G. J. & González-Rebeles I.C. (2018), *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable*, Colima, México, Universidad de Colima.
- Palma, J.M. y Román, L. (2003). *Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes*. In: II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Depósito de documentos de la FAO. URL:

<http://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4435s/y4435s00.pdf>. (accessed May 27, 2008). pp. 271-281.

Pardo-Tejeda, E. y Sánchez Muñoz, C. (1977). *Brosimum alicastrum* (ramón, capomo, ojite, ojoche). Recurso silvestre tropical desaprovechado. 35 pp. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos A.C., Xalapa, México.

Pedraza, R., García, A. & Pacheco, R. (1997). *Nutrientes y factores antinutricionales en el follaje de Leucaena leucocephala cv. Perú a diferentes edades de rebrote*. *Pastos y Forrajes* 20:187.

Pereira Junior, Geraldo, Pereira Filho, Manoel, Roubach, Rodrigo, Barbosa, Paula de Sousa, & Shimoda, Eduardo. (2013). Farinha de folha de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) como fonte de proteína para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818). *Acta Amazonica*, 43(2), 227-234. Consultado en <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000200014>

Prager, M. M., Victoria, T. J., Sánchez de PM, G. L., & Zamorano, M. A. (2003). *Sistemas diversificados de producción*. *Cuadernos ambientales*, (10). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Quintero, H. C. (2015). *Caracterización nutraceutica de la semilla de capomo Brosimum alicastrum*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, México.

Reyes, T. R. (1991). *Curso de producción de plantas medicinales: perfil agroindustrial del Colorín Erythrina americana*. Departamento de Fitotecnia, 1-16.

Richter, N., & Siddhuraju, P. B. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217, 599-611.

Rojas, G. Y. (2016). *Disponibilidad y calidad forrajera de tres arbustos del sistema silvopastoril tradicional en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, México*. (Tesis de maestría), Universidad Autónoma Chapingo, México.

- Rojas-Carrillo, P. M., & Fernández-Méndez, J. I. (2006). *La pesca en aguas continentales*. En México, 49.
- Romero, F., Montenegro, J., Chana, C., Pezo, D., & Borel, R. (1993). *Cercas vivas y bancos de proteína de Erythrina berteroana manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica*. *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, USA, 205-210.
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2015). Producción acuapónica de tres hortalizas en sistemas asociados al cultivo semi intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). *Agroproductividad*, 8(3), 26-32.
- Sánchez V. A. (1992). *Erythrina sp. en el Alto Balsas Poblano*. División de Ciencias Forestales. Folleto, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- SIAP. (2017). *Subsector Pesquero*. México, D.F.: Atlas Agroalimentario 2017. Consultado en: <http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=199>
- Sotelo, A. M., Soto, B. y Lucas, F. (1993) Comparative studies o the alkaloidal composición o two Mexican species and nutritive value o the detoxied seeds. *J. Agric. Food Chem.* 41:2340-2343.
- Valarezo J., y Ochoa, D. (2014). *Rendimiento y valoración nutritiva de especies forrajeras arbustivas establecidas en bancos de proteína, en el sur de la Amazonía ecuatoriana*. Comité Editorial, 3(1), 113.
- Villa-Herrera, A., & Nava-Tablada, M., & López-Ortiz, S., & Vargas-López, S., & Ortega-Jiménez, E., & López, F. (2009). Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (2), 253-261.
- Villanueva, A. J. F. & Rubio, C. (2016). *Producción y disponibilidad de componentes alimenticios en poblaciones nativas de Brosimum alicastrum Swartz*. Estado del Arte en Latinoamérica y el Caribe. Nayarit, México.

- Villa Lavy, J. C., & García Ayala, J. R. (2009). *Uso de la harina de sachu inchi, Plukenetia volubilis (Euphorbiaceae) en dietas para alevinos de banda negra, Myleus schomburgkii (Pisces, Serrasalmodidae)* criados en jaulas en el Centro de Investigación, Experimentación y Enseñanza-Piscigranja Quistococha-FCB-UNAP. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Wouters R. (1994). *Silvoaquaculture-fish, ponds trees and farms. Agroforestry today*. Research. 5 pp.
- Zalimpa, M. N. G. (2012). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en México 2012.*, Publicaciones FAO, México D.F.
- Zamora, S., García, J., Bonilla, G., Aguilar, H., Harvey, C.A. and Ibrahim, M. (2001). *Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. Agroforestería en las Américas*. 8:31-38.

3. COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE TRES ARBÓREAS FORRAJERAS Y POSIBLE USO COMO ALIMENTO DE LA CARPA COMÚN

Resumen

Como alternativa en la alimentación animal, se han identificado diversidad de arbóreas con potencial ganadero y acuícola. El objetivo de este trabajo fue determinar el valor nutritivo de, guácima (*Guazuma ulmifolia*; Lam.) ramón

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México
Autor: Neidy Pérez Álvarez
Supervisor de Tesis. Miguel Uribe Gómez

(*Brosimum alicastrum*; Swartz) y colorín (*Erythrina americana*; Miller), arbóreas nativas de México y evaluar el potencial de uso para su inclusión en dietas de peces. Las hojas y peciolo jóvenes fueron secados y molidos para determinar Cenizas (CEN), Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Fibra Cruda (FC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Fibra Detergente Ácido (FDA). Se utilizó un diseño completamente al azar y un modelo estadístico que contempló el efecto de la especie arbórea en cada una de las variables, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey, con nivel de significancia $p < 0.05$. Con la información recabada se formularon y elaboraron en físico, las dietas a 13, 26 y 39 % de inclusión de cada arbórea. El contenido de PC de *G. ulmifolia* y *E. americana* fue superior al del alimento balanceado, el *B. alicastrum* no cubre el requerimiento PC. EE fue alto en *E. americana*, lo que implica mayor potencial de esta arbórea como ingrediente sustituto. El contenido de CEN fue mayor en *B. alicastrum* y *E. americana* en comparación con *G. ulmifolia* y alimento comercial, lo cual indica alto aporte de minerales. El contenido de FC es alto en las tres arbóreas, lo cual constituye limitaciones en el consumo y digestibilidad de la materia seca. El bajo contenido de ELN en las arbóreas podría afectar el comportamiento productivo de los peces cuando el follaje es incluido en la dieta. Por el alto contenido de nutrientes es posible considerar la inclusión de follaje de *G. ulmifolia*, *B. alicastrum* y *E. americana* en dietas para peces.

Palabras clave: Acuaforestería, árboles forrajeros, *Erythrina americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*, biomasa forrajera.

NUTRITIONAL COMPOSITION OF THREE FORAGE TREES AND POSSIBLE USE AS FOOD OF THE COMMON CARP

Abstract

As an alternative in animal feed, have been identified diversity of tree with potential livestock and aquaculture. The objective of this study was to determine the nutritive value of guacima (*Guazuma ulmifolia*; Lam.) Ramon (*Brosimum alicastrum*; Swartz) and colorin (*Erythrina americana*; Miller), tree native to Mexico and to evaluate the potential of use for inclusion in diets of fish. Young petioles and leaves were dried and ground to determine ashes (CEN), crude protein (CP), Ethereal extract (EE), crude fibre (FC), extract-free nitrogen (ELN) and acid detergent fiber (FDA). It was used a completely randomized design and a statistical model that looked at the effect of the species tree in each of the variables, the comparison of means was performed with the Tukey test, with significance level $p < 0.05$.

With the information gathered is formulated and developed in physical, diets to 13, 26 and 39% for the inclusion of each tree. PC of *G. ulmifolia* and *E. American* content was greater than the of the balanced feed, *B. alicastrum* does not cover the PC requirement. EE was high in *E. american*, which implies greater potential of this tree as a substitute ingredient. CEN content was greater in *B. alicastrum* and *E. American* compared with *G. ulmifolia* and food trade, which indicates high contribution of minerals. FC content is high in the tree three, which constitute limitations on consumption and digestibility of dry matter. The low content of ELN in the tree could affect the productive performance of fish when the foliage is included in the diet.

Because of the high content of nutrients, it is possible to consider the inclusion of foliage of *G. ulmifolia*, *B. alicastrum* and *E. American* diets for fish.

Keywords: *Aquaforestry, forage tree, Erythrina americana, Guazuma ulmifolia, Brosimum alicastrum.*

3.1 Introducción

El crecimiento acelerado de la población y por ende de la producción de alimentos, está cada vez más influenciado por factores climáticos y económicos, ejerciendo una fuerte presión sobre los recursos naturales para cubrir dicha demanda, principalmente, pérdida de cobertura forestal y degradación de suelos, dependencia de insumos externos, tecnología, material genético, deficiencias de organización y comercialización. En este contexto, el manejo de riesgos desde el enfoque de sostenibilidad plantea desarrollar estrategias de producción viables desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental (FAO, 2018).

Por lo que se ha propuesto a la acuaforestación, (aprovechamiento de especies leñosas junto o alrededor de los estanques acuícolas con el fin de producir sombra, y utilizar las hojas y frutos como alimento para los peces) como una alternativa para la producción de proteína y manejo sostenible de los recursos naturales (Ospina, 2006).

Uno de los elementos primordiales dentro de la agroforestería (donde se engloba la acuaforestación) es el componente arbóreo, el cual para ser considerado como forrajero debe de cumplir ciertas características agronómicas como son adaptabilidad a suelos pobres, resistencia a condiciones ambientales adversas (incendios, enfermedades y plagas), producción abundante de materia orgánica y biomasa en especial en época estiaje, fácil propagación y sobrevivencia, capacidad asociativa con otras especies forrajeras y respuesta favorable a la defoliación (ramoneo y podas con alta producción de rebrotes); y características de producción deseables, entre las que destacan palatabilidad, bajo contenido de metabolitos secundarios y alto valor nutritivo (Manríquez, 2010).

Granados y Bautista (2010) mencionan que, además de la digestibilidad, consumo y eficiencia de utilización, también puede expresarse en términos de su composición química y la calidad, cuyo resultado es la sumatoria de los tres conceptos anteriores.

Se han reportado gran diversidad de especies arbóreas con potencial tanto para la alimentación ganadera como acuícola, cuyo valor nutricional varía entre los componentes de la biomasa arbórea, donde, las hojas presentan mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y tallos, con contenidos de proteína superiores al 12% (Rojas, 2016). La gran mayoría de las arbóreas investigadas en alimentación animal son exóticas, las especies nativas pueden presentar potencial forrajero en las áreas de distribución natural. Tal es el caso de guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) y colorín (*Erythrina americana* Mill.), especies de amplia distribución en territorio mexicano, presentes en huertos y potreros de zonas tropicales y templadas que son subutilizadas (Meiners, Sánchez y De Blois, 2009). Por esta razón, la acuaforestación es una opción para conservar no solo la biodiversidad local, sino que aprovechar sustentablemente los recursos disponibles de la región, disminuyendo los costos en los sistemas de producción animal; por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el valor nutritivo de tres arbóreas nativas de México (*Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana*), que permitan evaluar el potencial de utilización en dietas para la carpa común (*Cyprinus carpio*).

3.2 Materiales y métodos

La presente investigación, se dividió en dos partes: la primera fue la colecta de follaje de *G. ulmifolia* y *B. alicastrum*, en el Rancho “El Gargaleote”, Tamuín, San Luis Potosí, mientras que la obtención de biomasa de *E. americana*, se efectuó en San Juan Tezontla, Texcoco, Estado de México. Posteriormente, el análisis bromatológico se realizó en el Laboratorio de Nutrición de Rumiantes, del Departamento de Zootecnia, en tanto que la formulación y procesamiento de las dietas se efectuaron en el Laboratorio de Histología y Citología del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, durante el periodo comprendido en el verano-otoño del 2017, como parte del proyecto de Tesis con título Valor forrajero de *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana* en la alimentación de carpa común.

3.2.1 Descripción de los sitios de colecta

Rancho El Gargaleote

De acuerdo con Salgado (1988) se localiza al este del estado de San Luis Potosí dentro de la cuenca del Río Pánuco, subcuenca Río Tampaón dentro de la Huasteca, en el municipio de Tamuín, SLP, con coordenadas 19°22'46.34" latitud norte y longitud oeste 99°48'22.82", a 19 msnm Figura 7. Se encuentra circundado de Suroeste a Noreste por el Río Pujal Coy y por el Rancho Basurto.

Ocupa una superficie aproximada de 275 ha de forma irregular y alargada de Este a Oeste. Presenta un relieve terraceado con pendientes alrededor del 2% y en la parte alta el relieve es ligeramente ondulado y sus pendientes varían entre 1-5%, rocas sedimentarias del periodo cretácico con suelos vertisoles y luvisoles. La precipitación media anual es de 1243.8 mm distribuyéndose en un periodo definido. En el periodo de lluvias que comprende seis meses (mayo- octubre), precipitan 1064.9 mm, es decir el 85.6%, mientras que en la época de secas (noviembre-abril) precipitan 178.9 mm, es decir el 14.4% restante. La corriente principal es el Río Tampaón.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, adaptada por Enriqueta García (1988), le corresponde un clima Awo, es decir; caliente sub-húmedo, con lluvias en verano, precipitación media anual de 900 mm; de los cuales, el 77% se precipita durante los meses de junio a octubre, temperatura media anual de 25°C con una máxima de 48.5°C y una mínima de 18.1°C en los meses de mayo y diciembre, respectivamente.

La vegetación primaria de la zona está representada por selva alta perennifolia, con especies como: Chijol (*Psidium piscipula*); Ceròn (*Phyllostylon brasilensis*); Palma mechero (*Sabal texana*); Cedro rojo (*Cedrela mexicana*); Caoba (*Swietenia macrophylla*); Palo rosa (*Tobebuia pentaphylla*); Orejòn (*Enterolobium cyclocarpus*); Guàcima (*Guazuma ulmifolia*) y Ramòn (*Brosimum alicastrum*).

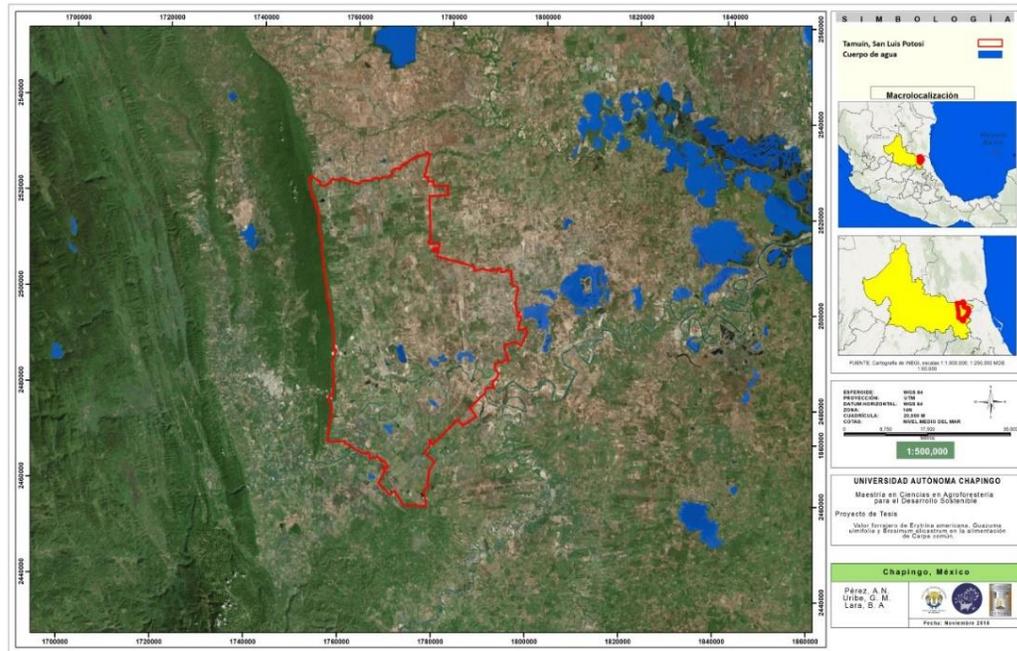


Figura 7. El Gargaleote, Tamuín, San Luis Potosí.

San Juan Tezontla

Es una localidad que pertenece al municipio de Texcoco, en el Estado de México entre las coordenadas 98°37`97” longitud y latitud 22°69`44” a una altura de 2545 msnm y colinda con las localidades de San Jerónimo Amanalco al Este, al Norte con San Andrés de las Peras y al Oeste con la Purificación (Mata, 1971). El cerro más próximo es Moyotepec en San Jerónimo Amanalco. También existen varias cañadas que hacen al territorio accidentado. Con predominancia de suelos de tipo Cambisol Húmico asociados con Andosol; mientras que en las estribaciones de las sierras se encuentran suelos del tipo Cambisol Eútrico también asociado con Andosol, del tipo Solonchak Mólico. La precipitación media anual es de 690 mm, evapotranspiración real de 560 mm año⁻¹ (Arellano, 2014).

El Río Coaxcoacaco, que nace en los cerros Texoltepec y Tecorral, proporcionan agua a la comunidad, es utilizada para la agricultura, ganadería y uso doméstico.

El clima es templado-frío, con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 15.6°C con máximas de 30°C y mínimas de 5°C.

En las partes altas del oriente, la vegetación se compone especialmente de bosques templados, predominando especies como colorín (*Erythrina americana*), pino (*Pinus spp*), encino (*Quercus spp*), oyamel (*Abies religiosa*) y otras coníferas, aunque en cantidad insuficiente para la explotación maderable. En las partes bajas, la vegetación se compone principalmente de pastizales Figura 8.



Figura 8. San Juan Tezontla, Texcoco, Estado de México.

3.2.2 Colecta

La colecta de *G. ulmifolia* y *B. alicastrum*, se realizó de acuerdo a la metodología de Galindo (2003), del 5 al 7 de junio del 2017 y 5 de julio del 2017 para *E. americana*. Se recolectaron hojas y peciolo jóvenes de las arbóreas en estado adulto simulando el ramoneo de los animales, cuidando que las hojas seleccionadas no tuvieran partes necrosadas o con daño por insectos. La colecta del forraje se realizó durante las primeras horas de la mañana (8-10 AM) para evitar pérdida de humedad.

Las muestras del follaje colectado se colocaron en costales y después en bolsas de papel y se trasladaron al laboratorio de análisis bromatológico del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.2.3 Análisis bromatológico

Las muestras de la misma especie arbórea se mezclaron para constituir una sola muestra de la cual se realizaron las determinaciones. Previamente, las muestras de las tres especies arbóreas fueron secadas y molidas en un molino Thomas Wiley® con una criba de acero inoxidable para partículas de 2 mm, y se le determinó su composición nutrimental: proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN), de acuerdo a la metodología propuesta en el manual de laboratorio de Sosa (1979).

Posteriormente, los resultados fueron analizados en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (tres arbóreas y tres niveles de cada arbórea en las dietas para la carpa común), cuyo modelo estadístico contempló el efecto de la especie arbórea y cada nivel (13, 26 y 39% en la ración diaria) para cada una de las variables, teniendo cuatro tratamientos (*G. ulmifolia*, *B. alicastrum*, *E. americana* y dieta testigo sin follaje de las arbóreas), con el mismo número de repeticiones, y la comparación de las medias de tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

3.2.4 Formulación de dietas

Con los datos obtenidos del análisis proximal se formularon tres dietas, una para cada arbórea, con tres niveles de inclusión (13, 26 y 39%), que permitió evaluar el potencial alimentario de cada una de las tres arbóreas como alimento para la carpa común.

Mediante el método de aproximación propuesta por (Martínez, 2014). Se compararon los requerimientos nutricionales y el aporte nutrimental de cada ingrediente (proteína, fibra, energía u otro), de acuerdo a su análisis proximal Cuadro 4.

Cuadro 4. Formulación por el método de aproximación de Martínez (2014).

	RHS ^z	Aporte nutrimental de la dieta (%)	Tipo de ingrediente				
			Energético Fécula de maíz	Proteínico Harina de pescado	Otro Material inerte	Arbórea Ramón	Otro aceite
EM ^y , Kcal ^x kg ⁻¹	3200	3203.675	3560	3375	0	2870	8500
PC ^w , %	31	31.071	0.4	67	0	13.4	0
FC ^v , %	8	9.80125	0.6	1.63	0	23.33	0
EE ^t , %	10	8.3203	0.4	9.78	0	1.5	98
ELN ^s , %		25.937	88	0	0	38.3	0
CEN ^r , %		21.0157	1	15.1	98	23.48	1
%		100	12.5	38.5	6	39	4

^zRHS= Requerimiento Nutrimental de la Especie; ^yEM= Energía Metabolizable; ^xKcal=kilocaloría;

^wPC= Proteína Cruda; ^vFC= Fibra Cruda; ^tEE= Extracto Etéreo;

^sELN= Extracto Libre de Nitrógeno y ^rCEN= Ceniza

Debido a que el contenido nutrimental de las arbóreas no fue suficiente para alcanzar los requerimientos nutricionales de la carpa, se optó por incluir otros ingredientes como fueron fécula de maíz, harina de pescado y aceite de oliva (aporte de ácidos linoleico y oleico), para cubrir los requerimientos nutrimentales.

El método utiliza los valores de energía metabolizable (EM) mediante la fórmula (Ecuación 1) propuesta por Kuhlman (2006), que integra el extracto etéreo (en gramos) del ingrediente o alimento:

$$\text{Ecuación (1)} \rightarrow EM(KcalKg^{-1}) = [(0.075 \times g \text{ Extracto etéreo}) + 2.766]$$

3.2.5 Elaboración de dietas

Del 28 de junio al 1 de julio del 2018, se realizó otra colecta de follaje tanto en Tamuín, San Luis Potosí, como en San Juan Tezontla, Estado de México, para el suministro de harina del follaje de las arbóreas, las cuales, fueron secadas al sol y después, en un horno Binder a 40°C durante 12 horas, se retiraron y se dejaron 30 minutos a temperatura ambiente para que se rehidrataran con la humedad atmosférica.

En seguida se molió el material seco con un molino eléctrico Miller, para después mezclarlo con fécula de maíz (extrusada a 120°C y entre 15-18 bares de presión por 30 minutos), harina de pescado y aceite de oliva, en una batidora Oster.

En la Figura 9. Se observa las pruebas de flotación del alimento en agua con 15 g de la mezcla del alimento conteniendo la arbórea para facilitar el consumo por los peces usando el criterio propuesto por (Martínez, 2014).

- a. La primera prueba de flotación se realizó utilizando una cantidad pequeña de agar bacteriológico (1.875 g) previamente hidratado y adicionando al alimento seco para poder formar una hojuela entre dos placas de papel encerado y otra en forma de pellet.
- b. La segunda prueba de flotación se agregó la misma cantidad de agar bacteriológico (1.875 g) previamente hidratada, pero con la variante de que el alimento también estaba húmedo para crear una masa más firme.
- c. En la tercera prueba se agregó 0.94 g más de agar bacteriológico a la cantidad original previamente hidratada, fuera de las harinas de las especies y los ingredientes húmedos para crear una masa más firme y de mejor textura.

Cada bloque de prueba se estableció con tres repeticiones por tratamiento a 13, 26 y 39% de inclusión por arbórea y el control (alimento comercial), también con tres repeticiones.

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Análisis proximal

Cuadro 5. Composición nutrimental del follaje de arbóreas y alimento balanceado utilizados en raciones para la carpa común.

Nutriente	Especie				Error estándar	P. Value
	Alimento comercial	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Erythrina americana</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>		
% PC ^z	17.77 ^b	13.37 ^c	19.58 ^a	18.94 ^{ab}	0.504	0.01
% EE ^y	3.64 ^a	1.50 ^b	3.93 ^a	1.16 ^b	0.231	0.01
% FC ^x	1.89 ^b	23.33 ^{ab}	24.07 ^a	27.45 ^a	0.675	0.01
% CEN ^w	12.92 ^a	23.48 ^b	23.65 ^b	16.38 ^a	1.108	0.01
%ELN ^v	63.76 ^a	38.30 ^b	28.76 ^b	36.046 ^b	1.456	0.01
% FDA ^t	1.56 ^c	47.51 ^{ab}	44.62 ^b	54.41 ^a	0.963	0.01
% FDN ^s	38.31 ^c	55.74 ^{ab}	58.44 ^b	70.49 ^a	2.349	0.01

^{abc} Valores con diferente literal en la misma columna muestran diferencias ($P \leq 0.05$); ^zPC= proteína cruda, ^yEE= extracto etéreo, ^xFC= fibra cruda, ^wCEN= ceniza, ^vELN= extracto libre de nitrógeno, ^tFDA= fibra detergente ácido y ^sFDN= fibra detergente neutro.

No hubo diferencias ($P < 0.05$) en el contenido de PC entre el alimento comercial, *G. ulmifolia*, y *E. americana*, pero el aporte de proteína del ramón fue menor a lo de los otros ingredientes. Los valores PC para *E. americana*, difieren con los reportados por García (1996), encontrando valores entre 20 al 34% de PC Vázquez y Méndez (2018) reportan valores de (17.18% de PC).

Sin embargo, el contenido de proteína de la guácima fue superior a lo reportado por otros autores quienes informan valores entre 13.9 a 20.7 (Villa et al., 2009; Pérez, 2010 y Flores y Pliego, 2016). Para el ramón el contenido de PC fue similar al reportado por Delgado (2002) y Martínez et al. (2010) con 16.6 y 15.5%, respectivamente.

En cuanto al contenido de extracto etéreo destaca *E. americana* con respecto a las otras dos arbóreas, lo que implica mayor potencial como ingrediente sustituto, mientras que *G. ulmifolia*, los valores de EE son bajos con respecto a los reportados por Flores y Pliego (2016) quienes obtuvieron valores de 1.33 a 1.44%, y Benavides (1991), con 1.27 %. El contenido de cenizas fue mayor en el follaje de ramón y colorín en comparación con guácima y el alimento balanceado, lo cual indica alto aporte de minerales, sin que se tenga algún otro reporte.

El contenido de fibra cruda fue alto en las tres arbóreas forrajeras, lo cual puede constituir limitaciones en el consumo y digestibilidad de la materia seca cuando éstas son utilizadas como ingredientes en dietas para peces. Similarmente, García (1996) menciona contenidos de fibra cruda de 29% para *E. americana*, mientras en *G. ulmifolia* Benavides (1991) establece un contenido de 28.06 %. Del mismo modo, el bajo contenido de extracto libre de nitrógeno en las arbóreas podría afectar el comportamiento productivo de los peces cuando el follaje es incluido en la dieta.

3.3.2 Formulación de dietas

De acuerdo a la metodología de Martínez (2014), las tablas del NRC (1993), y los ingredientes elegidos, las dietas se establecieron como lo indica el Cuadro 6.

Cuadro 6. Dietas propuestas para la prueba biológica.

Ingrediente	Base (%)	<i>E. americana</i>			<i>G. ulmifolia</i>			<i>B. alicastrum</i>		
		13%	26%	39%	13%	26%	39%	13%	26%	39%
Fécula maíz	100	42	27.5	24	30	27	21.26	38.7	23	12.5
Aceite	100	0.6	3.5	2	4.5	2.8	2	0	3	4
Materia inerte	100	0.1	2.7	0	10	5.2	2.54	4.8	7	6
Harina Pescado	100	44.3	40.3	36.6	42.5	39	35.2	43.5	41	38.5
<i>E. americana</i>	100	13	26	39	0	0	0	0	0	0
<i>G. ulmifolia</i>	100	0	0	0	13	26	39	0	0	0
<i>B. alicastrum</i>	100	0	0	0	0	0	0	13	26	39

Fuente: Elaboración propia.

En tanto, el aporte nutrimental por cada dieta en comparación con los requerimientos de la carpa, se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Aporte nutricional de las dietas formuladas.

Variable	RHS ^y	<i>G. ulmifolia</i>			<i>B. alicastrum</i>			<i>E. americana</i>		
		13	26	39	13	26	39	13	26	39
EM (Kcal kg ⁻¹) ^z	3200	3221.3	3231.7	3204.6	3219	3203.7	3203.7	3249.6	3201.3	3201.4
PC (%) ^y	31	31.07	31.18	31.08	31.04	31.05	31.07	31.12	31.04	31.01
*FIBRA (%)	8	4.44	7.93	11.41	3.97	6.87	9.801	4.10	7.08	10.12
EE (%) ^x	10	9.88	9.05	9.06	4.6	7.43	8.32	5.59	8.50	7.13
ELN (%) ^w		31.08	33.13	32.76	39.04	30.20	25.94	40.70	31.68	32.33
CENIZAS (%)		8.6	10.17	11.73	10.00	19.42	21.02	13.43	15.60	17.72

^zEM= energía metabolizable; ^yPC= proteína cruda; *expresada en términos de fibra detergente neutro (FDN); ^xEE=extracto etéreo; ^wELN=extracto libre de nitrógeno y ^vRHS=requerimiento nutricional de la carpa.

Martínez (2014), menciona que a medida que se incrementa el nivel de proteína en la dieta de peces, se llega a un punto en el que no se detecta mayor aumento de peso.

Sin embargo, raciones con exceso o déficit pueden reducir el crecimiento (López, 1997). También, se ha demostrado que cuando la ración es baja en energía, con relación a la proteína, un porcentaje de ésta se metaboliza con fines energéticos (NRC, 1993). López (1997) menciona mayores incrementos de peso en carpa con 8.3 kcal g⁻¹ cuando la dieta contiene de 32 a 31 % de proteína, aunque la digestibilidad será diferente y los requerimientos energéticos estarán sobrevalorados, por lo que se recomienda utilizar el nivel mínimo de proteína para un mejor crecimiento y favorecer la relación energía proteína con el aumento de la energía.

Guillaume (2004) refiere que en las especies acuáticas es necesario adicionar ácidos grasos poliinsaturados, en particular de cadena larga, de 8 a 10% de ácido linoleico.

Por su parte Vázquez (2004), menciona que los lípidos como ingredientes para dietas en peces, son lo que tienen mayor contenido de energía; con valor energético de: lípidos $9.5 = \text{kcal g}^{-1} < \text{proteínas} = 5.5 \text{ kcal g}^{-1} > \text{carbohidratos} = 4.1 \text{ kcal g}^{-1}$. En el caso de la carpa, es capaz de asimilar como fuente de energía tanto carbohidratos como grasas. Guevara (2003) reporta que los ácidos grasos libre de oleaginosas aumentan en 25 al 50% el crecimiento en carpas de sistemas intensivos y que para ejemplares de 54 g los crecimientos son rápidos en dietas de 50% de proteína y 19% de grasa bruta.

3.3.3 Elaboración de las dietas (pruebas de flotación)

En la Figura 9. Se usaron 1.75 g de agar (medio semisólido) en 500 ml de agua, la cual fue adicionada a la mezcla previamente húmeda, ya que está presentó mayor estabilidad y flotabilidad por más tiempo.

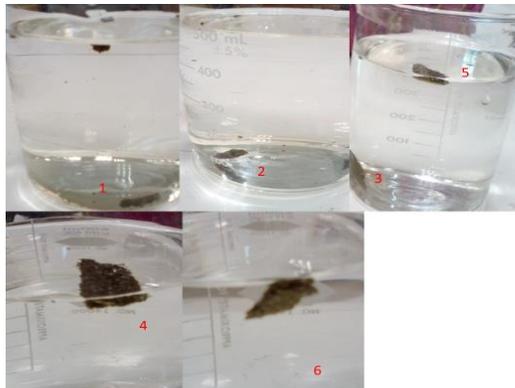


Figura 9. Pruebas de flotación.

De acuerdo al Cuadro 8. El mejor tratamiento de flotación fue el alimento en forma de hojuela con agar y agua, con un tiempo de flotación de cinco minutos con 43 segundos, lo que representa mayor tiempo de exposición al consumo del alimento por las carpas sin tener pérdida de nutrientes.

Martínez (2014), recomienda la utilización de un material ligador, que permita la unión de las partículas de los ingredientes con el alimento para obtener mayor flotabilidad, sin que afecte el extrusado de la fuente de carbohidratos, para ello, se recomienda la baba de nopal y la grenetina, aunque con ésta última se debe hacer correcciones en la formulación debido al aporte proteínico que posee.

Cuadro 8. Prueba y tiempo de floración en la superficie del agua.

Tipo de prueba	Tiempo
1. Churro con agar y agua	5 min
2. Churro con agua sin agar	4 min
3. Churro sin agua y con agar	3 min 50 s ^z
4. Hojuela con agar y agua	5 min 43 s ^z
5. Hojuela con agua sin agar	4 min 52 s ^z
6. Hojuela sin agua y con agar	4 min 45 s ^z

^zS= segundo Fuente: Elaboración propia.

Guevara (2003) refiere que el punto clave para la elaboración de alimentos de peces es el extrusado del alimento, ya que las altas temperaturas utilizadas en la elaboración del alimento gelatinizan los almidones, aumentando la disponibilidad de los carbohidratos, y destruye los factores antinutricionales, al lograr mayor estabilidad por su grado de gelatinización (Guillaume, 2004). Sin embargo, el proceso de extrusión puede ocasionar la pérdida o daño de nutrientes sensibles al calor, como el ácido ascórbico, tiamina, ácidos grasos poliinsaturados, lisina y otros aminoácidos, siendo necesario realizar un control adecuado durante el proceso de cocción.

3.4 Conclusiones

Las tres especies arbóreas tienen potencial nutrimental para incluirse como parte de la dieta diaria de la carpa común, debido a que aportan los nutrientes necesarios para el desarrollo y crecimiento de los peces. Es conveniente realizar las pruebas biológicas que permitan corroborar esta hipótesis. En cuanto a la elaboración del alimento, este se puede realizar de forma artesanal al usar una fuente de calor y presión para el proceso de extrusado, además de ser conveniente buscar otras propuestas de materiales ligadores, de menor costo y fácil acceso a la población.

3.5 Literatura citada

- Arellano, B. M. (2014). *Rehabilitación de un vaso de almacenamiento en San Juan Tezontla, Texcoco, utilizando técnicas hidrogeológicas*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Benavides, J.E. (1991). *Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal*. El Chasquis, Costa Rica. No. 25: 6-35.
- CONABIO. (2009). *Guácima*, ficha técnica. Ciudad de México, México: Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Consultado en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/6-sterc1m.pdf
- CONAFOR. (2009). *Ramón*, ficha técnica. Ciudad de México, México: Consejo nacional forestal. Consultado en: http://www.conafor.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/47-morac1m.pdf
- Delgado, D., & La O, O., & Santos, Y. (2002). Determinación del valor nutritivo del follaje de dos árboles forrajeros tropicales: *Brosimum alicastrum* y *Bauhinia galpinii*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36 (4), 391-395.
- FAO. (2018). *Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe*. Roma, Italia: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Consultado en: <http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/>
- Flores, A., & Pliego, A. (2016). *Composición química de Guácima (Guazuma ulmifolia, Lam.) con cinco regímenes de fertilización*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

- Galindo, J., Marrero, Y., González, N., & Aldama, A. (2003). Efecto del follaje de dos árboles tropicales (*Brosimum allicastrum* y *Leucaena leucocephala*) en la población microbiana ruminal en condiciones in vitro. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37 (4), 395-401.
- García, R. (1996). *Estudio químico-biológico de los alcaloides de Erythrina*. (Tesis doctoral). Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana)*, [s.n.], Ciudad de México, México.
- Giraldo, L. A. (1998). *Potencial de la arbórea guácimo (Guazuma ulmifolia) como componente forrajero en sistemas silvopastoriles*. In Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Consultado en: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Girald13.PDF>.
- Granados, L., & Bautista, Y. (2010). *Agronomía y zootecnia de especies nativas tropicales con potencial forrajero* (Tesis de Licenciatura). Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México
- Guevara, N.W. (2003). *Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos*, Tacná, Perú, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Guillaume, J. (2004). *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*, Barcelona, España, Mundi-Prensa.
- Kulhman, G. (1993). Fel. Pract. 21, 16. In: Laflame, D. P., 2001. Determining metabolizable energy content in commercial pet foods. *J. Anim. Physiol. & Anim. Nutr.* 85(2001): 222-230.
- López, N. (1997). *Nutrición Acuícola*. Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia. Pasto, Colombia

- Manríquez, L. (2010). *Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo* (Tesis doctoral). Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Veracruz, México.
- Mata, G. B. (1971). *San Juan Tezontla: programa de desarrollo en una zona con agricultura de temporal*. Folleto. ENA, Chapingo, Méx.
- Martínez, J. G. (2014). *Utilización de Silvina (Salvinia molesta d. Mitch) como ingrediente base alternativo en la alimentación de tilapia (Oreochromis sp.)*. Chapingo (Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Martínez, Y. R., Santos, R. R., & Ramírez, A. L. (2010). Utilización de ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) y cayena (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) en la alimentación de conejos. *Zootecnia tropical*, 100 (2), 153-161.
- Meiners, M., Sánchez G. C. & De Blois S. (2009). El ramón: fruto de nuestra cultura y raíz para la conservación. CONABIO. *Biodiversitas*, 87:7-10.
- Molina, M. (2011). *Diagnóstico, propagación y alternativas biotecnológicas de Erythrina americana Miller mediante el empleo de rizobacteria* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.
- Morales, O.E. (2009). *Ramón (Brosimum alicastrum Swartz.)* Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje. Comisión Nacional Forestal. Mérida, Yucatán. Consultado en: [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/1301RAMON%20\(Brosimum%20alicastrum%20Swartz.\)%20Yucat%C3%A1n.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/1301RAMON%20(Brosimum%20alicastrum%20Swartz.)%20Yucat%C3%A1n.pdf)
- NRC (National Research Council) NRC. (1993), *Nutrient Requirements of Fish*, Washington D. C., U. S. A, National Academy Press

- Ospina, A. A. (2006). *Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Editorial Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano- ACASOC. Cali, Colombia. 238 p.
- Pérez, A. M., Bornemann, G., Campo, L., Sotelo, M., Ramírez, F. & Arana, I. (2010). Relaciones entre biodiversidad y producción en sistemas silvopastoriles de América Central. *Ecosistemas* 14: 132-141.
- Pezo, D.; Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. & Chaves, C. (1990). *Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. In: Shrubs and tree fodders for farm animals*. (1989, Denpasar, Indonesia). Proceeding of a Workshop. Ed. por C. Devendra. Ottawa, Canadá. IDRC. p. 163-175.
- Rojas, G. Y. (2016). *Disponibilidad y calidad forrajera de tres arbustos del sistema silvopastoril tradicional en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, México* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Salgado, A. M. (1988). *Proyecto agrícola para la Unidad de Producción El Gargaleote en Tamuín, San Luis Potosí. Chapingo, México* (Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, México. 180 pp.
- Sosa Rubio, E., Pérez Rodríguez, D., Ortega Reyes, L., & Zapata Buenfil, G. (2004). *Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos*. *Técnica Pecuaria en México*, 42 (2), 129-144
- Sosa, P. E. (1979). *Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal*. Universidad Autónoma Chapingo. Zootecnia. Chapingo, México.
- Vázquez, I., & Méndez, M. (2018). *Harina de hojas para evaluar el comportamiento productivo de pollos de engorda*. En H. Reséndiz del congreso (Presidencia), Simposio o conferencia llevado a cabo en el 1er.

Congreso Iberoamericano en Ciencias Veterinarias y Bienestar Animal de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Vázquez, T. W. (2004). *Principios de nutrición aplicada a peces*, Villavicencio, España, Universidad de los Llanos.

Villa, H. A. (2009). *Productividad del sistema silvopastoril con Guazuma ulmifolia Lam. Y la utilización de la especie en los agroecosistemas de Angostillo, Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 41 p.*

4. EVALUACIÓN DE TRES ARBÓREAS FORRAJERAS A DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN EN DIETAS PARA LA CARPA COMÚN

4.1 Resumen

Como alternativa a las nuevas tendencias agroalimentarias y cambio climático, se propone a la acuaforestación o silvoacuacultura como opción sostenible en el aprovechamiento de los recursos naturales y producción de alimentos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial de utilización de tres arbóreas nativas de México (guácima, ramón y colorín) a tres niveles de inclusión en la dieta (13%, 26% y 39%) sobre el comportamiento productivo y sobrevivencia de la carpa común (*Cyprinus carpio*). En un diseño factorial 4x4x4 (cuatro dietas, con cuatro niveles de inclusión evaluadas en tres periodos): se comparó una dieta comercial para peces vs la inclusión a tres niveles (13%, 26% y 39%) de tres arbóreas, guácima (*Guazuma ulmifolia*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y colorín (*Erythrina americana*), en dietas para alevines de carpa común, durante 56 días. Para ello, se utilizaron 360 ejemplares juveniles de carpa común alojados en 36 peceras (10 alevines por pecera) distribuidos en diez tratamientos (30 alevines por tratamiento, con tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron: T1, con 90 alevines alimentados con un alimento comercial (nueve peceras con 10 alevines cada una); T2, T3 y T4, con 90 alevines alimentados con una dieta que incluyó 13, 26 y 39% de harina de guácima (tres peceras con 10 alevines cada una en cada nivel de la arbórea), respectivamente; T5, T6 y T7, con 90 alevines alimentados con una dieta que incluyó 13, 26 y 39% de harina de ramón (tres peceras con 10 alevines cada una en cada nivel de la arbórea), respectivamente; y T8, T9, y T10, con 90 alevines alimentados con una dieta que incluyó 13, 26 y 39% de harina de colorín (tres peceras con 10 alevines cada una en cada nivel de la arbórea), respectivamente. Los alevines fueron alimentados dos veces al día (9:00 y 16:30). Se llevó registro de: consumo de alimento, cambio de peso vivo, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia de utilización del alimento y sobrevivencia de los peces, cada 14 días durante 56 días; temperatura y pH del agua, semanalmente, además del peso inicial y final de los alevines cada 14 días. Hubo diferencias ($p < 0.05$) en la ganancia diaria de peso y la eficiencia de utilización del alimento, favorable al tratamiento testigo (peces alimentado con una dieta comercial), pero el consumo y la conversión del alimento no fueron diferentes entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México

Autor: Neidy Pérez Álvarez

Supervisor de Tesis. Miguel Uribe Gómez

Tampoco hubo diferencias en la sobrevivencia de los peces ($p>0.05$). Las variables de calidad del agua tuvieron un comportamiento errático, sin embargo, el agua de las peceras que recibieron harina de las arbóreas tendió a incrementar ligeramente el pH. Se concluye que el follaje de ramón y colorín al 26 % y 13 % muestran respuestas positivas en el consumo y ganancia diaria de peso en los ejemplares juveniles de la carpa común, por lo que pueden ser incluidos en dietas para peces.

Palabras clave: Acuaforestería, *Erythrina americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*, *Cyprinus carpio*.

EVALUATION OF THREE FORAGE FOREST AT DIFFERENT LEVELS OF INCLUSION IN COMMON CARP DIETS

Abstract

As an alternative to the new food trends and climate change, proposed to the aquaforestry or silvoacuacultura as a sustainable option in the exploitation of natural resources and food production. This research aimed to evaluate the potential for the use of three tree native to Mexico (La guacima, ramon and colorin) three levels of inclusion in the diet (13%, 26% and 39%) on the productive performance and survival of common carp (*Cyprinus carpio*). In a 4 x 4 x 4 factorial design (four diets, with four levels of inclusion evaluated in three periods): was compared to a commercial diet to fish vs inclusion at three levels (13%, 26% and 39%) three tree, guacima (*Guazuma ulmifolia*), Ramón (*Brosimum alicastrum*) and colorful (*Erythrina americana*), in diets for fingerlings of carp, for 56 days. 360-juveniles of common carp were housed in 36 tanks (10 FRY by fishbowl) distributed in ten treatments (30 fingerlings per treatment, with three repetitions per treatment. The treatments were: T1, with 90 fingerlings fed with a commercial feed (nine aquariums with 10 FRY each); T2, T3 and T4, with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour guacima (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively; T5, T6 and T7, with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour guacima (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively; T5, T6 and T7, with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour of Ramón (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively; and T8, T9 and T10, with 90 FRY fed a diet that included 13, 26 and 39% of flour of colorin (three aquariums with 10 FRY each one at each level of the tree), respectively. Fingerlings were fed twice a day (9:00 and 16:30). Was registration of: consumption of food, change of body weight, daily weight gain, feed conversion, efficiency of use of the and survival of fish, every 14 days for 56 days; temperature and pH of water, weekly, in addition to the initial and end of FRY every 14 days. There were differences ($p < 0.05$) gain daily weight and efficiency of food utilization, favorable treatment witness (fish fed a commercial diet), but consumption and feed conversion were not different between treatments ($p > 0.05$). There were no differences in survival of fishes ($p > 0.05$). The water quality variables had an erratic behavior, however, water tanks which received flour of the tree tended to slightly increase the pH. It is concluded that foliage of ramon and Colorín to 26% and 13% are positive responses in the consumption and daily weight gain in the juveniles of common carp, so it can be included in diets for fish.

Keywords: Aquaforestry, productive potential, *Erythrina americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*, *Cyprinus carpio*

Thesis Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México

Author: Neidy Pérez Álvarez

Advisor: Miguel Uribe Gómez

4.2 Introducción

En los últimos años, debido a la explosión demográfica y el cambio climático, ha sido necesario buscar fuentes de abasto y producción de alimento sostenibles con el ambiente y la economía familiar. De modo que, la acuicultura representa una de las principales alternativas como forma más eficiente de producir carne barata de alta calidad. La acuicultura es la producción controlada de cualquier ser vivo en medio acuático, que aparece junto con la agricultura y ganadería en el sector primario, catalogada como estrategia de alto impacto social, económico y ambiental (Platas y Vilaboa, 2014).

Rojas y Fernández (2006) menciona que entre las principales adversidades de la acuicultura es el suministro de alimento para los peces, ya que puede representar entre el 50-60% de los costos de producción, dependiendo del tipo de sistema (intensivo o semi-intensivo) para mejorar la rentabilidad del negocio. Adicionalmente, se busca mejorar la calidad organoléptica del producto final, disminuir la eutroficación de los cuerpos acuáticos y el deterioro de los ecosistemas derivado del uso de insumos industriales; con lo cual, se deben de buscar alternativas que conviertan dicha actividad inocua y sustentable con insumos locales eficientes y nativos.

Ospina (2006) señala que, dentro de las tendencias de la agricultura biológica u orgánica, se encuentra la agroforestería y, como parte de las tecnologías agroforestales, la acuaforestería o silvoacuicultura (aprovechamiento de especies leñosas junto a estanques acuícolas y ecosistemas acuáticos con el fin de producir sombra, y utilizar las hojas y frutos como alimento para especies acuáticas).

Torquebiau (1991) menciona el uso de *Leucaena leucocephala* como alimento de peces herbívoros, mientras que nativos del suroeste Asia emplean hojas de *Leucaena spp*; *Sesbania spp*; y *Calliandra spp*; en la alimentación de carpas y tilapias (Wouters, 1994). Asimismo, en el cultivo del salmón, las hojas del sauce

(*Salix babilonica*) son fuentes suplementarias de alimentación (Wojtkowski, 1996).

Cano (1999), evaluó las harinas de hoja de tres leguminosas arbóreas (*Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*) en sustitución a la harina de pescado en dietas de tilapia (*Oreochromis niloticus*), sin reportar diferencias significativas entre pesos finales, pero con una sobrevivencia mayor al 85% para las tres especies. Por otro lado, Olvera y Olivera (2000), mencionan el uso de harina de Lupino (*Lupinus spp.*) como sustituto proteico hasta del 40% en dietas para salmón, mientras que la hoja de *Leucaena*, a pesar de su alto contenido de mimosina, una vez remojada puede aportar hasta 25% de proteína animal en dietas para tilapia y carpa.

Por su parte, Mercado et al. (2009) utilizó harina de castaña (*Berthoiletia excelsa*), pijuayo (*Bactris gasipaes*) y mucuna (*Mucuna pruriens*), como alimento en pacú (*Piaractus brachypomus*) cuyos resultados de 100% de sobrevivencia, y mejor conversión alimenticia ($1,10 \pm 0,39$), con la inclusión de harina de castaña (*Berthoiletia excelsa*).

Otras especies arbóreas como la moringa (*Moringa oleifera*) se ha empleado en la dieta de tilapia con resultados promisorios (Mendieta, 2011), mientras que la sustitución de hasta 10 % de proteína en la dieta con harina de moringa, no redujo significativamente el crecimiento de las tilapias (Richter y Siddhuraju, 2003); por otro lado, el uso de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de tilapia, no afectó los parámetros productivos cuando se incluyó en 15% de la dieta (Contreras, 2012)

En la prueba efectuada por Pereira et al (2013), con harina de leucaena para juveniles de tambiqui (*Colossoma macropomum*), tampoco hubo diferencias significativas en conversión alimenticia, tasa de crecimiento específica, tasa de eficiencia y peso vivo ganado, comparado con el grupo testigo, por lo que se establece que es posible incluir hasta 24% de harina de hoja de leucaena en la dieta de los peces sin afectar el comportamiento productivo. Para el caso de especies arbustivas, Villa y García (2009) encontraron que el uso de Sacha inchi

(*Plukenetia volubilis*) al 55% de inclusión en la dieta aumentó levemente la ganancia de peso y mejoró la conversión alimenticia hasta 1.6 en peces Banda Negra (*Myleus schomburgkii*) sin afectar la supervivencia. En este sentido, la acuaforestación puede ser opción en el aprovechamiento sustentablemente de los recursos arbóreos que permita abaratar los costos en los sistemas de producción animal. De este modo, el objetivo de esta investigación es evaluar el potencial nutrimental de tres arbóreas nativas de México (*Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana*) con tres niveles de inclusión (13%, 26% y 39%) en dietas para la carpa común (*Cyprinus carpio*).

4.3 Materiales y métodos

La evaluación de las arbóreas se realizó en el Acuario Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (Figura 10). Localizado a un costado del Departamento de Preparatoria Agrícola y perteneciente al Centro de Investigación en Agricultura Orgánica (CIAO). El ensayo experimental se llevó a cabo de agosto a octubre del 2018 con duración de 56 días. Para ello, se utilizaron 360 ejemplares de carpa (*Cyprinus carpio* var. Koi), distribuidos en 36 unidades experimentales (cada unidad experimental representada por 10 individuos), en un diseño completamente al azar con factorial 4x4x3, es decir, cuatro tratamientos (dieta testigo, con *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana*), cuatro niveles de inclusión (0 %, 13%, 26% y 39%) y tres repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales fueron los ejemplares de carpa.

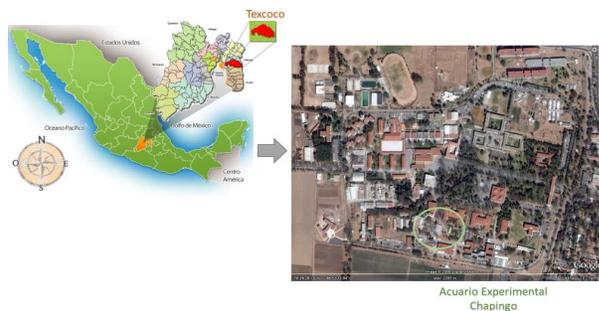


Figura 10. Acuario Experimental Chapingo.

4.4.2 Formulación de dietas

Las dietas se formularon conforme a la metodología propuesta por Martínez (2014), con base en los requerimientos establecidos en las tablas del NRC (1993) para los ingredientes incluidos. Finalmente, las dietas se establecieron como se indica en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Proporciones (%) de los ingredientes en las dietas experimentales para la prueba biológica.

Ingrediente	<i>Erythrina</i>			<i>Guazuma</i>			<i>Brosimum</i>		
	13%	26%	39%	13%	26%	39%	13%	26%	39%
Fécula maíz	42	27.5	24	30	27	21.26	38.7	23	12.5
Aceite	0.6	3.5	2	4.5	2.8	2	0	3	4
Materia inerte	0.1	2.7	0	10	5.2	2.54	4.8	7	6
Harina	44.3	40.3	36.6	42.5	39	35.2	43.5	41	38.5
Pescado									
<i>E. americana</i>	13	26	39	0	0	0	0	0	0
<i>G. ulmifolia</i>	0	0	0	13	26	39	0	0	0
<i>B. alicastrum</i>	0	0	0	0	0	0	13	26	39

El aporte nutrimental de cada dieta en comparación con los requerimientos de la carpa, se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Aporte nutrimental de las dietas formuladas.

Variable	RHS	Guácima			Ramón			Colorín		
		13	26	39	13	26	39	13	26	39
EM ^z (Kcalkg ⁻¹)	3200	3221.3	3231.7	3204.6	3219	3203.7	3203.7	3249.6	3201.3	3201.4
PC ^y (%)	31	31.07	31.18	31.08	31.04	31.05	31.07	31.12	31.04	31.01
FIBRA (%)*	8	4.44	7.93	11.41	3.97	6.87	9.801	4.10	7.08	10.12
EE ^x (%)	10	9.88	9.05	9.06	4.6	7.43	8.32	5.59	8.50	7.13
ELN ^w (%)		31.08	33.13	32.76	39.04	30.20	25.94	40.70	31.68	32.33
CENIZAS (%)		8.6	10.17	11.73	10.00	19.42	21.02	13.43	15.60	17.72

^zEM= energía metabolizable; ^yPC= proteína cruda; *expresada en términos de fibra detergente neutro (FDN); ^xEE=extracto etéreo; ^wELN=extracto libre de nitrógeno y RHS=requerimiento nutricional de la carpa

4.3 Montaje del experimento

La prueba biológica se montó en 36 peceras de 40 l a las cuales se les colocó filtro, torre, grava y agua, que fueron conectados a un sistema de oxigenación (Figura 11). En cada pecera se introdujeron diez carpas (*Cyprinus carpio* var. Koi). Se acondicionó el agua de las peceras agregando una gota de azul de metileno y anticloro por cada 2 l de agua, y una gota de vitaminas y minerales por cada 14 l; además se adicionaron 150 g de sal de grano (regulación de la presión osmótica), para la prevención de enfermedades microbianas y fúngicas.



Figura 11. Montaje y acondicionamiento de peceras.

La limpieza de las unidades se efectuó cada semana, extrayendo los solutos y desechos orgánicos del fondo de las peceras con sifón, y llenando las unidades con agua corriente agregando los mismos acondicionadores de acuerdo a las dosis antes mencionadas.

4.3 Integración de las dietas experimentales

La colecta del follaje de las arbóreas se realizó en Tamuín, San Luis Potosí (*Guácima ulmifolia* –guácima- y *Brosimum alicastrum* –ramón-) y en Texcoco, Estado de México (*Erythrina americana* –colorín-). El follaje recién cortado de las arbóreas fue secado en una estufa de aire forzado y posteriormente fue molido en un molino Thomas Wiley® con criba de 2 mm (Figura 12).

Para la preparación de las dietas experimentales, la harina de cada arbórea se mezcló con fécula de maíz (extrusado a 120 °C y entre 15-18 bares de presión por 30 minutos), harina de pescado y aceite de oliva, en una batidora Oster, además se adicionaron 1.75 g de agar bacteriológico como ligador y se humedecieron para la formación de placas.

Después, las placas de alimento fueron secadas en un horno Quincy Lab® (Modelo 10 GCE-LT) con circulación forzada de aire a una temperatura constante de 50°C por 24 horas, para posteriormente ser cortadas en forma de hojuela.



Figura 12. Proceso de elaboración del alimento.

El alimento en hojuelas se almacenó en bolsas de plástico de 2 kg y se mantuvo en congelación -5 °C. Durante la semana de adaptación, los alevines alimento comercial para peces de la marca Tetra Pérez® (28% PC).

Durante el periodo experimental las dietas asignadas a cada tratamiento (guácima, ramón y colorín, asignados con 13%, 26%, 39% de inclusión en la dieta, así como la dieta el testigo) fueron suministrados dos veces al día (9:30 y 16:30 h) a razón del 3% del peso vivo global (1.5 g) durante un periodo de 5 minutos; pasado el tiempo de exposición del alimento, el alimento rechazado fue recogido con una red para acuario del No. 3 y fue secado en el horno Quincy a

50°C por 24 horas, para después ser pesado en una balanza marca Santul® SP-2001. Por diferencia entre el alimento asignado y el rechazado se estimó la cantidad de alimento consumido diariamente. Al comienzo de la prueba, se registró el peso inicial de los alevines en cada pecera y después cada 14 días se pesaron en la balanza Santul; además, diariamente se midieron la temperatura (Thermometer World®) y el pH (Papel Indicador Universal® modelo CVQ2051) del agua a las 12:00 h, ver figura 13.



Figura 13. Pesaje de los ejemplares de carpa común.

Con los datos obtenidos se estimó: consumo (CMS), ganancia de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), eficiencia de utilización del alimento (EFI), sobrevivencia (SOB); además del registro de: peso vivo inicial (Pi), peso vivo final (Pf), temperatura (T°) y pH del agua, de acuerdo con el procedimiento utilizado por Cano (1999).

- El consumo se calculó usando la siguiente Ecuación (2)

$$CMS (g) = g \text{ de alimento ofrecido} - g \text{ de alimento rechazado}$$

Dónde *CMS* es la diferencia de los gramos (g) de alimento dado, menos los gramos (g) de alimento rechazado en base seca.

- La ganancia de peso (GDP) se estima usando la Ecuación (3)

$$GDP (g) = \left(\frac{Pf - Pi}{Per} \right)$$

Dónde: *Pi* es el peso inicial, *Pf* es el peso final y *Per* es el periodo en días entre *Pi* y *Pf*; *GDP* fue expresada en gramos.

- La conversión del alimento a carne de los peces se calculó mediante la Ecuación (4)

$$Conversión\ alimenticia = \left(\frac{g\ de\ alimento\ consumido}{g\ de\ ganancia\ de\ peso} \right)$$

- La sobrevivencia de los peces se calculó utilizando la Ecuación (5)

$$\% Sobrevivencia = 100 \left(\frac{Nf}{Ni} \right)$$

Dónde: *Nf* es el número de peces al final del periodo de prueba y *Ni* es el número inicial de peces.

Para evaluar los efectos de los tratamientos se utilizó el procedimiento *Medidas repetidas* en el tiempo (PROC MIXED) usando el programa SAS (2009) y la comparación de medias a través del procedimiento Tukey.

4.4 Resultados y discusión

4.4.1 Efecto de la arbórea en las variables analizadas

De acuerdo con el Cuadro 11, los alevines del grupo testigo fueron superiores a los de los demás tratamientos en las variables: consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia de utilización del alimento y peso final. En cambio, los peces alimentados con inclusión en la dieta de las arbóreas estudiadas no mostraron diferencias significativas en las mismas variables, aunque el consumo de alimento de *Guazuma ulmifolia* (guácima) fue menor

($p < 0.05$) comparado con *Brosimum alicastrum* (ramón) y *Erythrina americana* (colorín), probablemente por la menor palatabilidad de las hojas de la arbórea.

En este sentido, Pereira et al. (2013) reportaron un comportamiento similar en Cachama (*Colossoma macropomum*) alimentada con *Leucaena*, lo cual atribuye al hábito alimenticio del pez, que al igual que la carpa son herbívoros con tendencias omnívoras y a la palatabilidad de las arbóreas.

Por otra parte, la diferencia del peso final del grupo testigo en comparación con los grupos de alevines que consumieron follaje de las arbóreas se puede explicar tanto por la palatabilidad y por algunos compuestos antinutricionales aún presentes en las hojas, razón por la cual tuvieron el alimento tuvo menor aceptación por los peces.

Cuadro 11. Efecto de la Inducción en la dieta y las arbóreas *Guazuma ulmifolia* (Lam), *Brosimum alicastrum* (Sw) y *Erythrina americana* (Mill.) en el comportamiento productivo de la carpa común (*Cyprinus carpio* L.).

Variable	Tratamientos				EEM	P. Valor
	Testigo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Erythrina americana</i>		
CMS ^z (g ⁻¹)	1.67 ^a	0.82 ^b	0.95 ^c	0.94 ^{cd}	± 0.03	0.0338
GDP ^y (g ⁻¹)	1.28 ^a	0.12 ^b	0.14 ^b	0.15 ^b	± 0.19	0.0655
C.A ^w	1.43 ^a	8.21 ^b	8.77 ^b	6.87 ^{bc}	± 0.75	0.0239
EFI ^v (%)	72.25 ^a	17.13 ^b	13.98 ^b	17.09 ^b	± 2.23	0.0151
PI ^t (g)	2.00 ^a	2.6 ^{ab}	3.06 ^b	2.39 ^{ab}	± 0.17	0.0022
PF ^s (g)	21.97 ^a	9.19 ^b	10.85 ^b	11.99 ^{bc}	± 0.64	<0.0001
SOB ^r (%)	68.67 ^a	66.89 ^a	69.78 ^a	66.22 ^a	± 0.02	0.3011
TEMP ^q (°C)	18.54 ^a	19.09 ^b	18.75 ^{ab}	18.84 ^{ab}	± 0.11	0.0033
pH	7.44 ^a	7.77 ^b	7.69 ^b	7.63 ^b	± 0.03	0.0007

^{abc} Valores con diferente literal en el mismo renglón muestran diferencias ($P \leq 0.05$); ^zCMS= consumo de alimento en base seca; ^yGDP=ganancia diaria de peso; ^wCA= conversión alimenticia; ^vEFI=eficiencia de utilización del alimento (1/CA)*100; ^tPI= peso inicial de los alevines; ^sPF= peso final de los alevines; ^rSOB= sobrevivencia de los peces; ^qTEMP= temperatura del agua.

Referente a esto, Martínez (2014) reportó que en dietas para tilapia conteniendo *Salvinia molesta*, la conversión alimenticia, eficiencia de utilización del alimento y ganancia de peso se vio afectada con la inclusión de la arbórea al 100%, debido a los altos índices de sílice presentes en *Salvinia molesta*, en comparación de su uso al 50%.

Los valores medios de los parámetros físico-químicos (temperatura y pH) tendieron a incrementarse con la inclusión de las arbóreas en la dieta, mientras que la sobrevivencia no mostró diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 11), aunque durante el experimento, se observó que el agua con harina de hoja de *Erythrina americana* presentó un color opaco, probablemente derivado de los pigmentos de las hojas de colorín, lo cual es similar a lo reportado por Pereira et al. (2013) quienes incluyeron hojas de leucaena, sin afectar el pH y la supervivencia de los ejemplares.

4.4.1 Efecto tiempo

Todas las variables productivas fueron evaluadas en cuatro periodos de 14 días cada uno. Hubo diferencias significativas en las variables productivas ($p>0.05$) por efecto de periodo, excepto para consumo, aunque en el periodo total (0 a 56 días) se presentaron valores moderados, por lo que afecta la conversión alimenticia y la eficiencia de utilización del alimento.

Cuadro 12. Efecto de la inclusión en la dieta de *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana* en el comportamiento productivo en la carpa común (*Cyprinus carpio* L.).

Variable	Periodos*					EEM	P. Value
	1	2	3	4	Total		
CMS ^z , g d ⁻¹	1.17 ^a	1.21 ^a	0.98 ^a	1.26 ^a	0.85 ^a	± 0.19	0.0771
GDP ^y , g d ⁻¹	0.63 ^a	0.59 ^a	0.21 ^b	0.25 ^b	0.43 ^{ab}	± 0.14	0.0164
CA ^x	3.44 ^a	5.76 ^b	6.07 ^b	7.21 ^{cb}	9.11 ^c	± 1.14	0.0004
EFI ^w (%)	39.57 ^a	31.57 ^b	26.51 ^c	25.40 ^c	27.57 ^c	± 1.69	0.0153
SOB ^v (%)	95.56 ^a	81.39 ^b	61.94 ^c	55.56 ^d	45 ^e	± 0.02	0.0039
TEMP ^t (°C)	19.36 ^a	19.14 ^b	18.61 ^c	18.11 ^d	18.80 ^e	± 0.08	0.0014
pH	7.94 ^a	7.58 ^b	7.52 ^b	7.48 ^{cb}	7.63 ^{bd}	± 0.23	0.0016

^{abc} Valores con diferente literal en el mismo renglón muestran diferencias ($P\leq 0.05$); ^zCMS= consumo de alimento; ^yGDP=ganancia diaria de peso; ^xCA= conversión alimenticia; ^wEFI=eficiencia de utilización del alimento (1/CA); ^vSOB= sobrevivencia de los alevines; ^tTEMP= temperatura del agua; * periodos experimentales parciales de 14 días; Total = periodo de 56 días.

En los periodos 1 y 2, se presentaron los mayores consumos y ganancias peso, en comparación con los demás periodos, aunque la sobrevivencia de los alevines presentó una tendencia a la baja. Bonilla (2006), establece que, durante el proceso de elaboración de alimento, algunos compuestos antinutricionales

quedan inactivos y otros aletargados, pero al tener contacto con el agua se activan a través del tiempo, provocando alteraciones en los rendimientos.

4.4.2 Nivel de inclusión de las arbóreas en la dieta

Respecto al consumo, los ejemplares de carpa prefirieron el ramón al 26% y colorín al 13% de inclusión en la dieta con 1.02 y 1.00 g d⁻¹, respectivamente (Cuadro 13), en tanto, los demás tratamientos y niveles de inclusión de arbóreas en la dieta tuvieron consumos moderados. Estos resultados son congruentes con los reportados por Cano (1999), quien al analizar el consumo de tres leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Cajanus cajan*) a 10% y 15% de inclusión, menciona divergencias en la aceptabilidad del alimento, con disminución gradual en el consumo de *Cajanus cajan* a ambos niveles de inclusión. Bairagi et al. (2004) reportaron que la disminución en el consumo a diferentes niveles de inclusión de harina de follaje de leucaena en la dieta, están relacionados con la menor presencia de mimosina en el alimento. Por otra parte, Jackson et al. (1982) y Week y Wang (1987), mencionan que la disminución en el consumo de alimento en peces, se debió al aumento de los niveles de harina de hojas de *Leucaena*.

Cuadro 13. Efecto de los niveles de inclusión (13, 26 y 39%) en la dieta de *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Erythrina americana* en el comportamiento productivo de la carpa común (*Cyprinus carpio* L.).

Variable	Testigo	Tratamiento									EEM	P. Value
		Guácima (<i>Guazuma ulmifolia</i>)			Ramón (<i>Brosimum alicastrum</i>)			Colorín (<i>Erythrina americana</i>)				
		0	13	26	39	13	26	39	13	26		
CMS ^z , g d ⁻¹	1.67 ^a	0.89 ^b	0.71 ^b	0.85 ^b	0.92 ^b	1.02 ^b	0.91 ^b	1.00 ^b	0.88 ^b	0.95 ^b	± 0.27	0.044
GDP ^y , g d ⁻¹	1.28 ^a	0.19 ^b	0.13 ^b	0.143 ^b	0.124 ^b	0.17 ^b	0.12 ^b	0.15 ^b	0.15 ^b	0.16 ^b	± 0.20	0.805
CA ^w	1.43 ^a	9.23 ^b	7.83 ^b	7.53 ^b	10.02 ^b	8.83 ^b	6.45 ^b	7.57 ^b	6.45 ^b _c	6.59 ^b _c	± 2.66	0.039
EFI ^v (%)	72.2 ^a	12.1 ^b	20.5 ^b	18.7 ^b	14.6 ^b	12.7 ^b	14.5 ^b	16.3 ^b	17.8 ^b	17.1 ^b	± 2.66	0.066
PI ^u (g)	2.00 ^a	2.60 ^a	2.40 ^a	2.20 ^a	3.03 ^b	2.33 ^a	3.23 ^b	2.67 ^a	2.47 ^a	2.23 ^a	± 0.32	0.033
PF ^t (g)	21.9 ^a	8.6 ^b	7.59 ^b	11.3 ^c	11.4 ^c	11.3 ^c	11.5 ^c	12.6 ^c	11.5 ^c	11.8 ^c	± 0.82	0.049
SOB ^s (%)	68.6 ^a	70.6 ^a	65.3 ^a	64.6 ^a	73.3 ^a	66.6 ^a	69.3 ^a	63.3 ^a	66.6 ^a	68.6 ^a	± 0.05	0.245
TEMP ^r (°C)	18.5 ^a	19.1 ^b	19.1 ^b	19.0 ^b	19.0 ^b	18.5 ^a	18.6 ^a	18.9 ^a	18.9 ^a	18.6 ^a	± 0.16	0.049
pH ^q	7.44 ^a	7.86 ^a	7.66 ^a	7.79 ^a	7.70 ^a	7.65 ^a	7.70 ^a	7.71 ^a	7.68 ^a	7.51 ^a	± 0.05	0.144

abc Valores con diferente literal en el mismo renglón muestran diferencias (P≤0.05); ^zCMS= consumo; ^yGDP=ganancia de peso; ^wCA= conversión alimenticia; ^vEFI=eficiencia de utilización del alimento; ^uPI= peso inicial; ^tPF= peso final; ^sSOB= sobrevivencia; ^rTEMP= temperatura del agua; ^qpH= pH del agua

La inclusión de guácima al 13% tuvo menor ganancia de peso en comparación con las dietas de las otras arbóreas, las cuales no presentan diferencias entre sí; lo que concuerda con Contreras (2012) quien refiere que la ganancia de peso en morera a 85% y 15 %, no tuvo diferencia significativa (p>0,05), pero numéricamente fue mejor (2,36 ± 0,02 g d⁻¹) respecto al tratamiento testigo (2,29 ± 0,06 g d⁻¹).

El ramón y la guácima al 13% resultaron con las peores conversiones alimenticias (9.23 y 10.02), mientras que el ramón al 39% y colorín al 26% (6.45) tuvieron las mejores conversiones del alimento en carne de carpa (6.45), afectando también la eficiencia de utilización del alimento. Sin embargo, Hasan et al. (1997) reportaron peores resultados para la conversión alimenticia de la carpa común debido a baja digestibilidad de los piensos al aumentar la inclusión de hojas de leucaena en la dieta. Contrario a lo reportado por Pereira et al. (2013), al no encontrar diferencia significativa (p> 0,05) de la conversión alimenticia entre los

tratamientos, Bairagi et al. (2004) mencionan que la inoculación de hojas de *Leucaena leucocephala* con bacterias intestinales de pescado disminuye el contenido de fibra cruda y aumenta la cantidad de aminoácidos libres, por lo que mejora la calidad del alimento ofrecido y mejora la conversión alimenticia. Hasan et al. (1997) observaron reducciones en el peso final de las carpas al aumentar los niveles de harina de hoja de leucaena en la dieta causado por la concentración de mimosina, mientras que Cano (1996) reporta aumento de la ganancia de peso al utilizar *Gliricidia sepium* en un nivel de inclusión del 10%, lo cual puede ser atribuido al contenido de proteína de ambas leguminosas (*Erythrina americana* y *Gliricidia sepium*), que favorece la obtención de pesos finales mayores. En los resultados del presente estudio, los mayores pesos finales se lograron en los tratamientos de colorín, seguidos por los de ramón y finalmente por los de guácima.

4.5 Conclusiones

El follaje de las arbóreas puede aprovecharse en la acuicultura en especies con adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de hábitos omnívoro-herbívoro, como la carpa y la tilapia.

La respuesta positiva en los parámetros consumo y ganancia de peso, de los follajes de ramón y el colorín al 26 y 13 % del total de la dieta, respectivamente, permiten la inclusión de éstos como ingredientes vegetales alternativos en la alimentación, como sustitutos locales que pueden disminuir los costos de producción en los sistemas acuícolas.

La turbidez del agua causada por el follaje de las arbóreas, no afecta el comportamiento productivo y etológico de las carpas.

4.6 Literatura citada

Bairagi, A.; Ghosh, K.S.; Sem, S.K.; Ray, A.K. (2004). Evaluation of the nutritive value of *Leucaena leucocephala* leaf meal, inoculated with fish intestinal

bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita*. *Aquaculture Research*, 35: 436-446.

Bonilla, J. H. (2006). *Nutrición Acuícola*. En J. H. Bonilla, *Sistemas de producción acuícola* (pág. 72). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD.

Cano, M. S. (1991). *Silvoacuicultura para el trópico húmedo. Alimentación de tilapia con tres leguminosas arbóreas en Ixtacuaco, Veracruz* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

Contreras, C.H. (2012) Efecto sobre el rendimiento técnico de la tilapia nilótica chitralada resultante de la sustitución de la dieta con falso girasol y morera en la etapa de cebo. *Revista CITECSA*. 2012; 3(4): 1-11.

Hasan, M.R.; Macintosh, D.J.; Jauncey, K. (1997). Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Aquaculture*, 151: 55-70.

Jackson, A.J.; Capper, B.S.; Matty, A.J. (1982). Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture*, 27: 97-109.

Martínez, J. G. (2014). *Utilización de Silvina (Salvinia molesta d. Mitch) como ingrediente base alternativo en la alimentación de tilapia (Oreochromis sp.)*. Chapingo (Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, México.

Mercado, J., Pereyra, G., & Mego, V. (2009). Efecto de la Suplementación de Castaña (*Bertholletia excelsa*), Pijuayo (*Bactris gasipaes*), y Mucuna (*Mucuna pruriens*), en la alimentación de juveniles de Paco (*Piaractus brachypomus*). *Biodiversidad Amazónica*, 2(2), 14-26.

Mendieta, B. (2011). *Moringa oleifera as an Alternative Fodder for Dairy Cows in Nicaragua*. Uppsala: SLU Service/Repro.

NRC (National Research Council). (1993). *Nutrient Requirements of Fish*, Washington D. C., U. S. A, National Academy Press.

- Olvera, M., & Olivera, L. (2000). *Potencialidad del Uso de las Leguminosas como Fuente Proteica en alimentos para peces*. Mérida, Yucatán, México.
- Ospina, A. A. (2006). *Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Editorial Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano- ACASOC. Cali, Colombia. 238 p.
- Pereira Junior, Geraldo, Pereira Filho, Manoel, Roubach, Rodrigo, Barbosa, Paula de Sousa, & Shimoda, Eduardo. (2013). Farinha de folha de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam. de wit) como fonte de proteína para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818). *Acta Amazonica*, 43(2), 227-234. Consultado en: <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000200014>
- Platas, R. D., & Vilaboa, A. J. (2014). La acuacultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 1065-1071
- Richter, N., & Siddhuraju, P. B. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217, 599-611.
- Rojas-Carrillo, P. M., & Fernández-Méndez, J. I. (2006). *La pesca en aguas continentales*. EN MÉXICO, 49.
- SAS (Statistical Analysis Systems). (2009). SAS/STAT Software Release 9.4. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA
- Torquebiau, E. (1991) An introduction to the concepts of agroforestry: lectures notes: introductory training course: agroforestry research for integrated land use. Nairobi, Kenya: ICRAF, 54 p.
- Villa, J. C., & García, R. (2009). Uso de la harina de sachá inchi, *Plukenetia volubilis* (Euphorbiaceae) en dietas para alevinos de banda negra, *Myleus schomburgkii* (Pisces, Serrasalminidae) criados en jaulas en el

Centro de Investigación, Experimentación y Enseñanza-Piscigranja
Quistococha-FCB-UNAP.

Week, K., & Wang S. S. (1987). Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62:97-108.

Wojtkowski, P. A. (1996). La Teoría y la Práctica 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.