

**UTILIZACIÓN DE *Eichhornia crassipes* COMO ALTERNATIVA EN ALIMENTACIÓN
ANIMAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA**

PEDRO ALBERTO NARVÁEZ LEÓN

Asesora

LUZ ELENA SANTACOLOMA VARÓN

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN NUTRICIÓN ANIMAL SOSTENIBLE**

2018

RESUMEN

La especie *Eichhornia crassipes*, es una especie que, por su abundante producción de biomasa durante todo el año, aún en época seca y sus propiedades nutricionales puede ser utilizada en la preparación de dietas para la alimentación de distintos grupos de animales de interés zootécnico como bovinos, cerdos, aves de corral y peces. *Eichhornia crassipes* se presenta como una alternativa que en el trópico puede ser utilizada en sistemas de producción sostenibles desde el punto de vista económico, ambiental y social. Los análisis químicos, indican que se puede incluir en la formulación de dietas para animales rumiantes y no rumiantes, aunque presenta limitaciones nutricionales, por el bajo contenido de materia seca y digestibilidad, al compararla con especies vegetales similares. Sin embargo, pruebas de consumo, con esta especie, reportan buena aceptación por parte de los animales, lo cual indica alto grado de palatabilidad y potencial de utilización. Se aclara que por la capacidad que tiene la especie de absorber, acumular, precipitar y/o tolerar altas concentraciones de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos, para su uso, se recomienda realizar análisis de toxicidad y contenidos de dichos compuestos en las plantas antes del consumo animal.

Palabras claves: bromatología, humedal, nutrición animal, plantas acuáticas.

ABSTRACT

The plant *E. crassipes*, is a species that for its nutritional properties and abundant production of biomass throughout the year, mainly during the dry season, can be used in the preparation of diets for feeding different groups of animals of interest zootechnical such as cattle, pigs, poultry and fish. *E. crassipes* is presented as an alternative that in the tropics can be used for the development of appropriate profitable production systems from the economic, environmental and human point of view. The bromatology indicates that it can be included in the formulation of diets for monogastric and polygastric animals, although it has nutritional limitations mainly due to the high humidity and low degradability when compared with similar vegetable species. However, results of tests carried out with *E. crassipes* report good acceptability, which indicates their degree of palatability and the biological viability of their use. Likewise, it is indicated that due to the ability of the species to absorb, accumulate, precipitate and / or tolerate high concentrations of pollutants such as heavy metals, organic compounds and radioactive compounds, for its use, it is recommended to perform toxicity analyzes and contents of said compounds in plants before animal intake.

Keys words: Food science, wetland, animal feed, aquatic plants.

ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	4
LISTA DE TABLAS	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. <i>Eichhornia crassipes</i> en la alimentación animal	10
2.1. Alimentación animal.....	10
2.2. Composición química y digestibilidad de <i>Eichhornia crassipes</i>	11
2.3. <i>Eichhornia crassipes</i> en la alimentación de animales de interés Zootécnico.....	16
3. CONCLUSIONES	28
4. BIBLIOGRAFIA.....	29

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Composición de la célula vegetal y análisis que determina cada fracción.	10
Tabla N° 2. Caracterización bromatológica de <i>Eichhornia crassipes</i>	11
Tabla N° 3. Composición química de <i>Eichhornia crassipes</i> en diferentes partes de la planta.....	12
Tabla N° 4. Análisis bromatológico de <i>Eichhornia crassipes</i> en distintas partes de la planta	12
Tabla N° 5. Análisis bromatológico de <i>Eichhornia crassipes</i> en planta completa, bulbo y hojas.....	13
Tabla N° 6. Contenido de aminoácidos y concentración de minerales de <i>Eichhornia crassipes</i>	14
Tabla N° 7. Componentes de la pared celular de <i>Eichhornia Crassipes</i>	15
Tabla N° 8. Valor nutritivo de las materias primas utilizadas en la elaboración de bloques multinutricionales.....	19
Tabla N° 9. Valor nutritivo de las diferentes fórmulas de bloques multinutricionales (BMN) utilizadas.....	20
Tabla N° 10. Peso de los cerdos en ceba alimentados con <i>Eichhornia crassipes</i> y ensilaje obtenido de esta especie	22
Tabla N° 11. Ganancia de peso en cerdos de ceba alimentados con <i>Eichhornia crassipes</i> y ensilado obtenido de esta especie	23
Tabla N° 12. Valores de consumo medio diario de <i>Eichhornia crassipes</i>	23
Tabla N° 13. Análisis Bromatológico de <i>Eichhornia crassipes</i> y alimento para pollos	24
Tabla N° 14. Ganancia en peso de pollos en diferentes tratamientos.....	24
Tabla N° 15. Altura de los pollos en diferentes tratamientos	24

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Variación de peso en cada uno de los bloques multinutricionales. .. 20

Figura N° 2. Cinética de la degradación ruminal de la Materia Seca de
Eichhorniacrassipes y canutillo..... 28

1. INTRODUCCIÓN

La depresión Momposina en Colombia incluye uno de los sistemas de humedal más grandes del mundo. En esta región, las grandes inundaciones que ocurren anualmente en las planicies y sus humedales, regulan los ciclos de agua, nutrientes y sedimentos, los cuales sustentan procesos ecológicos y servicios ecosistémicos esenciales para la seguridad alimentaria de las comunidades, (Angarita, *et al* 2016). Lo anterior es coherente con lo planteado por Groot, Alkemade, Braat, Hein, y Willemen (2010), quienes exponen que los humedales son ecosistemas de alta productividad y diversidad biológica que proveen bienes y servicios de interés tanto hidrológico, ecológico, económico como social.

Por su parte, los humedales lénticos son algunos de los hábitats más amenazados a nivel mundial como resultado del daño ambiental generado por la expansión de la frontera agrícola, la urbanización, la contaminación y la introducción de especies. Según Murillo (2016), los humedales lénticos se denominan así porque su sistema de circulación del agua no fluye en una dirección continua y definida. Las plantas acuáticas son importantes en el ecosistema, desde el punto de vista ecológico y su aprovechamiento depende de las necesidades y costumbres de los pobladores, tradicionalmente se han usado como materia prima para numerosas actividades, (Pérez, Arias y Quirós 2015).

Las plantas acuáticas, denominadas también macrofitas, cumplen un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos y brindan directa o indirectamente alimento, protección y un gran número de hábitats para muchos organismos presentes en estos ecosistemas. Muchas de estas plantas son útiles para el ser humano, puesto que sirven de alimento, materia prima para la industria y se usan en procesos de biorremediación, ya que pueden absorber algunas sustancias disueltas y brindar oxígeno mediante la fotosíntesis, (Arroyave 2004).

Las macrofitas acuáticas son altamente productivas y se caracterizan por presentar crecimiento acelerado, factor que ha provocado que parte de los estudios se dirijan hacia su control con énfasis en la erradicación. Sin embargo, es conocido que, en países en vías de desarrollo con experiencias en su manejo, ésta vegetación se aprovecha como alimento para animales de granja con la ventaja de que su elevada productividad genera excelentes cosechas, a su vez no se requiere de la mayoría de las tareas agrícolas, ni de la compra de insumos como semillas y fertilizantes, (Ponce *et al.*, 2004).

Es común que en el trópico, se adelanten investigaciones con especies promisorias como fuentes alternativas de alimentación animal, como el caso de la *Gliricidia sp* (Rabo de ratón), *Trichanthera gigantea* (Yátago), *Ipomea batata* (Batata), *Hibiscus sp.* (Cayena), (*Musa paradisiaca* (hojas de Plátano), *Crotalaria sp.*(Quinchoncho) y *Leucaena leucocephala* (leucaena), que al incorporarlos como forrajes suministran adecuada alimentación al animal, similar a las raciones balanceadas que proveen los alimentos concentrados y que por sus altos costos se ha generado una disminución drástica en su oferta como alimento, (Rodríguez, Marcano y Salazar 2008).

En la alimentación animal la *E crassipes* se ha venido utilizando en varias especies, sobre todo en animales acuáticos, por ejemplo, la asociación de esta macrofita acuática con las tilapias podría generar condiciones favorables para que ambos elementos bióticos se desarrollen, mejorando la eficiencia en la producción de materia vegetal y animal (Guerra *et al*, 2018). Al respecto, Pérez, Gonzáles, Méndez y Ramírez (2014), evaluaron el comportamiento productivo de alevinos de híbrido de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus x O. niloticus*) y los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, oxígeno y temperatura), con la inclusión de diferentes porcentajes de harina de *Lemna perpusilla* en la dieta, y no se encontró afectación de estos parámetros, con un 18% de inclusión en la dieta.

E. crassipes, es una especie vegetal que comprende plantas flotantes libres de aguas continentales lenticas, que puede reproducirse por vía sexual produciendo 12 mil semillas por individuo, con una viabilidad de hasta 20 años, o por vía asexual mediante la propagación de estolones, (Valderrama, 2008). Según Chassany, citado por Martelo y Lara (2012), la producción de biomasa de *Eichhornia crassipes* puede alcanzar valores de 69,5 t/ha/año.

A pesar de no contar con estadísticas generales sobre el crecimiento del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), en Colombia existen múltiples estudios que documentan su presencia en gran parte de sus ecosistemas acuáticos, (Ospina y Ríos, 2012), por lo que se hace necesario buscar estrategias para el aprovechamiento de la biomasa que genera la especie como fuente de alimento para animales (porcinos, bovinos, peces y aves de corral). Por lo expuesto, se revisó la información referida a las propiedades nutritivas de la *E. crassipes* para proponerla como alimento de animales de interés zootécnico y alternativa para el desarrollo y sostenibilidad de los sistemas de producción animal de la cuenca hidrográfica de la depresión Momposina.

2. *Eichhornia crassipes* en la alimentación animal

2.1. Alimentación animal

Según De Gracia (2011), la alimentación basa su aplicación en el conocimiento de las demandas nutricionales que presentan los animales en cada uno de sus estados fisiológicos y en la oferta de los nutrimentos en las cantidades y calidades adecuadas; para satisfacer estas necesidades, la ración que se formule deberá cubrir los requerimientos nutricionales del animal. Con el fin de lograr formular una ración que se adecue a satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, hay que conocer la composición química de los diferentes alimentos o ingredientes que serán utilizados en la ración. En la tabla N° 1, se observa la composición de la célula vegetal y las principales fracciones nutricionales que pueden aportar a los animales, principalmente herbívoros.

Tabla N° 1. Composición de la célula vegetal y análisis que determina cada fracción.

Contenido celular	Pared celular		
Proteína Bruta, Cenizas, Lípidos Hidratos de carbono, Ácidos orgánicos.	Fibra Detergente Neutro		
	Hemicelulosa	Fibra Detergente Ácido	
		Celulosa	Lignina en Detergente Ácido
			Lignina

Fuente: De Gracia (2011)

Un análisis exhaustivo de la composición química de un alimento a suministrar es lo más indicado, por lo que reviste muchas ventajas al momento de formular una ración, por ello se recomienda hacer estudios bromatológicos del material a utilizar en la preparación de dietas para la alimentación de animales. La bromatología se entiende como la ciencia que responde a un cuerpo coherente de conocimientos sistematizados a cerca de la naturaleza de los alimentos, su composición química y su comportamiento bajo diversas condiciones (Bello, 2000). Las macrófitas acuáticas son utilizadas en la alimentación de organismos herbívoros, siendo los

principales problemas para su uso los altos niveles de agua que contienen y los altos costos de su extracción. Para Juárez, Bolaños y Reinoso (2004), la principal función de todo forraje es la producción de materia seca, pero no solo su cantidad, sino el contenido de nutrientes para la producción animal. En la mayor parte de los trabajos de investigación sobre producción de materia seca y contenido de proteína, no se estudian las variables en forma independiente, por lo cual, no es posible comparar entre especies el contenido de proteína en una misma producción de materia seca.

2.2. Composición química y digestibilidad de *Eichhornia crassipes*

Parraga *et al* (2018), al efectuar análisis proximales a la harina de *E crassipes* a todas las muestras obtuvo los siguientes valores promedio; humedad 3.12% proteína 15.5 %, grasa 1,7% y fibra 15 % En este sentido Rodríguez (1997), estratificó la planta (Raíz y Hojas) y caracterizó bromatológicamente las diferentes secciones, cuyos resultados se presentan en la Tabla N° 2, En este estudio también se indica que esta especie contiene entre 92 y 96% de agua.

Tabla N° 2. Caracterización bromatológica de *Eichhornia crassipes*,* PC: Proteína cruda. EE: Extracto etéreo. FC: Fibra cruda.ELN: Extracto libre Nitrógeno.

Parte de la planta	PC	EE	FC	ELN	Ca	P	Ca/P
Hojas tiernas %	10,46	1,00	23,0	42,13	1,84	0,18	10,22
Raíz tiernas %	8,54	0,60	17,1	30,14	0,48	0,23	2,09
Hojas maduras %	6,64	1,06	24,8	44,85	1,19	0,15	7,93
Raíz madura %	7,75	0,46	17,0	38,97	0,70	0,22	3,18

Fuente: Rodríguez (1997)

La composición química de la especie se caracteriza por su bajo porcentaje de materia seca y altos contenidos de proteína, presentándose variaciones en el contenido de este nutriente en diferentes órganos de las plantas (Tablas N° 3, 4 y 5). En plantas jóvenes las hojas y el peciolo contienen niveles altos de proteínas en comparación con las plantas maduras (Men *et al.*, 2006).

Tabla N° 3. Composición química (g/kg materia seca) de *Eichhornia crassipes* en diferentes partes de la planta.

Ítem	F	Peciolo Joven	Toda la planta	Toda la planta
Materia seca (g/Kg)	79	58	87	95
Proteína cruda (g/Kg)	181	76	128	200
Extracto etéreo (g/Kg)	43	24	38	35
Fibra detergente neutra (g/Kg)	606	692	635	623
Fibra detergente acida (g/Kg)	350	410	337	290
Hemicelulosa/Celulosa (g/Kg)	0,9	0,9	1,1	1,7
Lignina %	75	94	76	-
Ceniza (g/Kg)	142	134	131	257
Sílice (g/Kg)	10	19	4	52
Digestibilidad in vitro de la materia orgánica	76%	67%	69%	52%
Energía metabolizable para rumiantes(MJ/kg de materia seca)	-	-		6,4
Ácido oxálico	-	-		58
Tanino	-	-		27

Fuente: Thanh (2013)

Tabla N° 4. Análisis bromatológico de *E. crassipes* en distintas partes de la planta

Parte de la planta	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Extracto libre de Nitrógeno (%)	Calcio (%)	Fosforo (%)	Ca/P (%)
Hojas tiernas	10,46	1,00	23,0	42,13	1,84	0,18	10,22
Raíz tierna	8,54	0,60	17,1	30,14	0,48	0,23	2,09
Hojas maduras	6,64	1,06	24,8	44,85	1,19	0,15	7,93
Raíz madura	7,58	0,46	17,0	38,97	0,70	0,22	3,18

Fuente: Men *et al.* (2006).

Tabla N° 5. Análisis bromatológico de *E. crassipes* en planta completa y bulbo y hojas

Ítem en porcentaje	Harina de <i>Eichhornia crassipes</i> (Planta completa)	Harina de bulbo y hojas
Materia seca %	90,5	89,2
Proteína cruda %	10,8	10,8
Material mineral %	17,7	17,0
Extracto etéreo %	2,2	1,3
Fibra cruda %	24,5	21,6
Extracto libre de	44,8	49,3
Nitrógeno %		
Calcio %	2,10	2,01
Fosforo %	0,37	0,30

Fuente: Men *et al.* (2006).

Es importante destacar que, en ensayos realizados, se ha obtenido contenidos proteicos en las hojas de *E. crassipes* superiores a los reportados en las hojas de batata, mientras que el contenido de proteína en toda la planta es considerablemente mayor que en gramíneas como pasto elefante (Hong *et al.*, 2003), por lo que se recomienda su uso como suplemento proteico; además la proteína reportada en las hojas contiene aminoácidos esenciales (Tabla N° 6).

En una investigación realizada por Parraga *et al* (2018), con el objetivo de evaluar diferentes sistemas de secado para obtener harina de *E. crassipes*, se obtuvieron porcentajes de proteína con rangos entre 15,25 y 15,81%, bajos contenidos de grasa (1,4 a 2,0 %) y admisibles contenidos de fibra (13,3 a 16,5%), en particular con fines de alimentación para animales rumiantes.

Cabe destacar que los factores abióticos pueden afectar las características físico-químicas del agua, las cuales a su vez afectan las síntesis de moléculas en las plantas acuáticas. En este sentido, la salinidad ha sido señalada como uno de los factores que más afecta dicho proceso (Dantas Santos *et al.*, 2012).

Tabla N° 6. Contenido de aminoácidos (g/kg proteína cruda) y concentración de minerales (g/kg materia seca) de *Eichhornia crassipes*.

Aminoácido	Hoja	Pecíolo	Mineral	Hoja	Toda la planta
Alanina	34	29	Ca	20	18
Arginina	36	11	P	8	7
Asparagina	51	34	Na	0,6	0,5
Cisteína	4	-	K	66	48
Cistina	8	-	Mg	6	5
Glutamina	59	30	Mn	0,4	0,3
Glicina	30	32	Fe	0,1	0,9
Histidina	11	6	Cu	7	4
Isoleucina	23	14	Zn	31	51
Leucina	51	27			
Lisina	27	16			
Metionina	13	-			
Fenilalanina	34	-			
Fenilalanina + tirosina	-	19			
Prolina	27	17			
Serina	26	18			
Teonina	26	16			
Tirosina	22	-			
Valina	28	20			

Fuente: Thanh (2013)

Reportes bibliográficos sobre la composición química de la pared celular de la especie *Eichhornia crassipes*, evidencian que dicha composición puede variar según la parte de la planta a la que se le realice el análisis bromatológico. Los datos obtenidos en las diferentes publicaciones muestran la variación en el componente lignocelulósico (Tabla N° 7). A nivel general, para la especie se reporta que la hemicelulosa es un polímero mayoritario, encontrando alrededor de $28,0 \pm 9,5\%$ base seca, seguida por celulosa con $25,0 \pm 6,2\%$ base seca y finalmente con un contenido de lignina de $11,5 \pm 7,4\%$ base seca. Por su parte, la variabilidad en cada uno de los resultados expresado se puede atribuir al uso de diferentes análisis

bromatológicos para cada una de las investigaciones, ubicación geográfica del cuerpo de agua y la época en la que se realizó el muestreo, así como el grado de madurez de la planta. Cabe resaltar que el grado de madurez o edad de la planta es un dato o característica escasamente reportada.

Tabla N° 7. Componentes de la pared celular de E. Crassipes. CL: Celulosa. H: Hemicelulosa. L: Lignina. C: Cenizas, CL + H + L: Sumatoria del contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina. PC: Planta Completa. T-H: Tallo y hoja. H: Hoja

Referencia	Parte de la planta	CL (%)	H (%)	L (%)	CL+H+L (%)	C (%)
Wolverton y McDonald, 1981	PC	21,5	33,9	6,0	61,4	11,1
Patelet <i>al.</i> , 1993	PC	17,8	43,4	7,8	69,0	20,2
Mishimaet <i>al.</i> , 2006	PC	21,1	25,9	12	59,0	16,3
Nigam, 2002	PC	18,2	48,7	3,5	70,4	-
Bolenzet <i>al.</i> , 1990	T-H	31	22	7	60,0	15
Goswani y Saikia, 1994	T-H	32	21	6,7	59,7	18,4
Abraham y Kurup, 1997	T-H	35	18,3	4,6	58,0	15,1
Kivaisi y Mtila, 1998	T-H	25,2	23,1	9,7	58,0	-
Tan <i>et al.</i> , 2008	T-H	27,4	27,4	11,5	66,3	12,7
Lindsey y Hirt, 2000	T-H	32,0	21	14	67	19,9
Bhattacharyaet <i>al.</i> , 2010	T-H	25	35	10	70	20
Chanakyaet <i>al.</i> , 1993	H	18	34,0	26,3	78,3	-
Mishimaet <i>al.</i> , 2006	H	18,1	25,0	13,3	56,4	16,5
Girisuta, 2008	H	46,7		27,7	74,4	18,2
Mishimaet <i>al.</i> , 2008	H	19,7	27,1	-	-	-

Fuente: Juárez (2011)

La digestibilidad está dada en función de la cantidad y calidad de fibra que posea el alimento, por lo cual a mayor contenido de fibra y a menor calidad de la misma, menor será la digestibilidad del forraje. Por lo general, cuanto mayor sea el contenido de Fibra Detergente Neutro de un forraje menor será la digestibilidad, de tal forma que la digestibilidad estará determinada por la cantidad de Fibra Detergente Acida y de Lignina en Detergente Ácido que posea el alimento (Bassi, 2011).

2.3. *Eichhornia crassipes* en la alimentación de animales de interés Zootécnico

La búsqueda de alimento alternativo para la producción animal haciendo uso de recursos naturales disponibles en las regiones es uno de los aspectos más importantes de la zootecnia actual, por lo cual, uno de los mayores desafíos ha sido el de encontrar fuentes de proteínas de fácil adquisición (Tacón y Metían, 2015). Al respecto, se han adelantado estudios no solo en especies domésticas sino silvestres como el realizado por Yusti (2012), quien evaluó el uso que hacen las aves residentes y migratorias del hábitat provisto de buchón de agua en la Reserva Natural Pozo Verde (Valle geográfico del río Cauca, Colombia). En este estudio, se reportaron 17 especies de aves de varias categorías tróficas y grupos funcionales/habitacionales que usan el hábitat que proporciona el buchón de agua e indican que la planta es utilizada por las aves, principalmente como alimento y como hábitat de reposo.

El empleo de *Eichhornia crassipes* en la alimentación de rumiantes es una buena alternativa, sin embargo, su utilización está limitada por la presencia de componentes lignocelulíticos y otros compuestos orgánicos complejos que impiden la eficiente degradación del rumen por los microorganismos. En particular para el caso de los bovinos dada la abundancia de la biomasa durante todo el año podría ser una buena alternativa de nutrición animal, especialmente, durante la época seca cuando el ganado sufre los rigores de la escasez alimenticia, presentando restricciones cualitativas y cuantitativas de nutrientes que perjudican el crecimiento y la producción de leche y de carne (Brito, 2003).

Las plantas de *Eichhornia crassipes*, pueden ser utilizadas enteras, picadas o molidas como materia fresca, seca o ensiladas en la dieta de animales rumiantes y monogástricos, (Thanh, 2012). Esta macrófita acuática al contener aproximadamente 8,31% de proteína bruta, 20,48% de fibra bruta, 39,02 % de

carbohidratos y 13,06 % de minerales, podría sustituir a otras materias primas de alto costo económico como el maíz y el sorgo, utilizadas en la elaboración de forraje para animales, (Rodríguez, 1997), por lo que, en países como China, Filipinas y Tailandia, en combinación con otros suplementos es utilizada en la alimentación de cerdos, patos y peces. También se ha reportado el uso de la especie como suplemento en pollos en crecimiento, en todas las experiencias de su uso, se ha presentado ganancia de peso, sin efectos negativos en el crecimiento, (Alvarado y González, (1994). La producción de setas se vio favorecida al utilizar *E. crassipes* en residuos agrícolas como paja de cebada y rastrojo de maíz, por lo que representa una excelente opción para la producción de alimentos de alta calidad proteica y para un manejo más adecuado de lirio acuático (Montes *et al* 2018).

Para rumiantes es posible realizar ensilados con el buchón de agua premaduro, en pruebas de alimentación realizadas en vacas lecheras y se ha establecido que no afecta la producción o ganancia de peso, (Malik, 2007). El ensilado compuesto por el buchón de agua puede ser utilizado para dietas de rumiantes con excelentes resultados de aceptabilidad y digestibilidad proteica y fue probado satisfactoriamente en bovinos y ovinos, siendo potencialmente utilizable en cabras dada la rusticidad de esta especie de rumiantes (Lareo y Bressani, 1982). Asimismo, se ha utilizado la especie como ingrediente en la formulación de bloques multinutricionales para suplementar la alimentación de vacas lecheras, obteniendo incrementos significativos en la producción, (Brito, 2003).

Romero (2011), realizó el análisis bromatológico de la especie (Tablas N°8, N°9) y evaluó la suplementación alimentaria con bloques multinutricionales, incorporando buchón de agua en diferentes proporciones en terneros recién destetados, para lo cual utilizó nueve machos y seis hembras mestizas; este autor reportó diferencias significativas para el consumo de bloques multinutricionales, siendo el que contenía el 10% de buchón de agua el más consumido, aunque destacó que proporciones mayores o iguales al 20% de buchón de agua en el bloque multinutricional restringe

su consumo (Figura N° 1). En este mismo ensayo, no obstante, se señala que la proporción del buchón de agua en el bloque no influyo sobre la variación de peso diario de los animales.

El término palatabilidad ha sido definido por diversos autores, Van Soest (1994) señala que un alimento palatable es aquél que genera placer a los sentidos del gusto, olfato y tacto. Por su parte Heady y Child (1994) establecen que la palatabilidad comprende todas aquellas características de una planta que pueden modificar su aceptabilidad por los herbívoros. Por lo expuesto, el término palatabilidad, ha sido considerado como una entidad fija e independiente de las consecuencias postingestivas causadas por un alimento en el tracto gastrointestinal. No obstante, el término “palatabilidad” debiera ser definido funcionalmente como la interacción entre el sentido del gusto y la estimulación causada por un alimento en el tracto gastrointestinal (Provenza, 1995). Dicha interacción es determinada por el estado fisiológico del animal con relación a las características químicas que presenta un alimento. Es por ello, que una dieta entendida como palatable, no sólo depende de las propiedades organolépticas de los ingredientes, sino también de la experiencia y los antecedentes genéticos del animal, su estado fisiológico, condiciones ambientales y sociales. (Frías, 2015)

Las plantas con mayor contenido de lignina generalmente son las menos preferidas, lo cual ha sido señalado por varios autores, quienes puntualizan que este compuesto actúa como elemento disuasorio de la alimentación, por la dureza de los tejidos (Elger *et al.*, 2006). Bolser *et al* (1998) señalan que la palatabilidad de las macrófitas está determinada principalmente por la dureza de los tejidos y también por la cantidad de productos químicos disuasivos, mientras que, para Newman *et al.*, (1996) la calidad nutritiva de los tejidos puede también influir en la palatabilidad. Según Lodge *et al.* (1998) para que una macrófita tenga un alto consumo por un invertebrado herbívoro, debe tener una estructura morfológica y consistencia adecuada de los tejidos, ser nutritiva y carecer de sustancias químicas disuasivas.

Tabla N° 8. Valor nutritivo de las materias utilizadas para la elaboración de bloques multinutricionales. DIVMS: Digestibilidad in vitro de materia seca. NDT: Nutrimientos digestibles totales

Materia fibrosa	Promedio en base seca (%)					DIVMS	NDT
	Ceniza	Proteína cruda	Extracto Etéreo	Fibra cruda	Extracto libre de Nitrógeno		
<i>E. crassipes</i>	19,38	10,00	1,38	25,91	43,32	41,82	23,95
Malojo de maíz	8,81	7,37	1,20	39,31	43,31	38,07	17,43
Pulpa cítrica	5,18	6,36	1,97	18,68	67,87	59,93	50,38
Cama de pollo	20,10	12,03	1,44	42,39	23,95	32,52	12,03

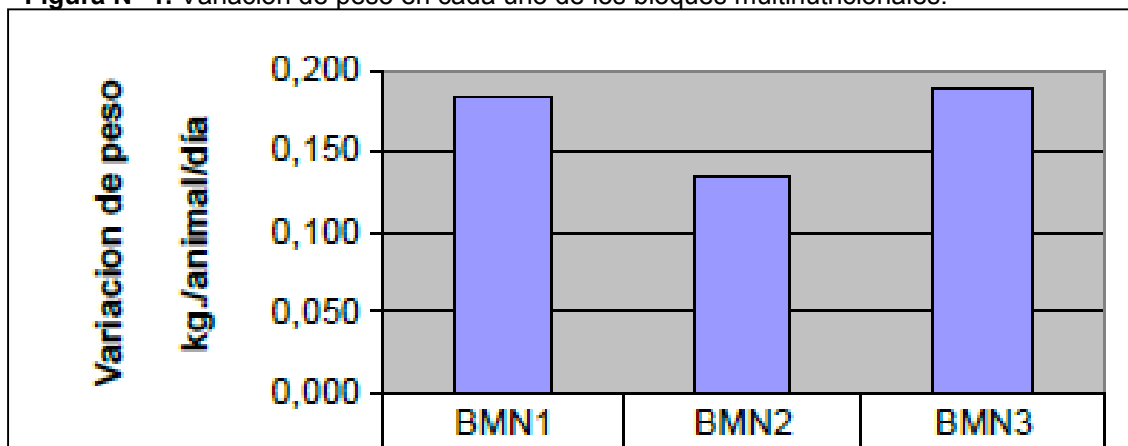
Fuente: Romero (2011)

Tabla N° 9. Valor nutritivo de las diferentes fórmulas de bloques multinutricionales (BMN) utilizadas. DIVMS: Digestibilidad in vitro de materia seca. NDT: Nutrimientos digestibles totales. Ec: *Eichhornia crassipes*.

Tipo de alimento	Promedio en base seca (%)					DIVMS	NDT
	Ceniza	Proteína cruda	Extracto Etéreo	Fibra cruda	Extracto libre de Nitrógeno		
BMN 1 (0% Ec)	34,23	21,41	0,93	10,58	32,86	65,72	41,79
BMN 2 (10% Ec)	31,91	24,81	0,73	33,19	33,19	76,49	47,27
BMN 3 (20% Ec)	35,31	25,81	0,79	29,08	29,08	75,91	44,49

Fuente: Romero (2011)

Figura N° 1. Variación de peso en cada uno de los bloques multinutricionales.



Fuente: Romero (2011)

Pruebas realizadas en la especie evidencian que *Eichhornia crassipes* presenta altos niveles de celulosa y hemicelulosa, por lo cual puede ser utilizada como fuente de energía para los rumiantes (Mukherjee y Nandi, 2004). La materia fresca de la planta ha sido utilizada como reemplazo parcial o suplemento del pasto *Brachiaria mutica* en dietas de bovinos (Thu, 2011).

En el caso de caprinos se ha demostrado mejor crecimiento en el animal cuando se suministra como materia seca, (Aregheore y Cawa, 2000). El empleo de dietas a base de la planta marchita en combinación con paja de arroz tuvo un efecto positivo sobre el consumo y el crecimiento del ganado vacuno, (Islam *et al.*, 2009). La ganancia de peso fue de aproximadamente 500 gramos cuando 30% de materia seca de *E. crassipes* fue incluida en la dieta inicial en cantidades fijas de concentrados (Parashar *et al.*, 1999).

La planta presenta bajo contenido de materia seca, por lo que se recomienda el empleo de la planta marchita para reducir pérdidas en el ensilaje (McDonald *et al.*, 2011). Con el buchón de agua ensilado, adicionando melaza, salvado de arroz, raíz de yuca, así como con ácidos orgánicos, se han preparado dietas con buenos rendimientos en la alimentación de rumiantes.

En el ganado ovino ha sido reportado el uso tanto de plantas marchitas y ensilado de la especie (Abou-Raya *et al.*, 1980), evidenciando que *E. crassipes*, no puede ser implementada como el único recurso en la dieta. Abdelhamid y Gabr, 1991, indican que se debe utilizar en esta especie animal mezclas de 50% de *E. crassipes*, 50 y 50% de otros componentes. Por su parte, en alimentación de bovinos Borhami *et al.*, (1992), indican que el bagazo o residuos del buchón de agua después de la extracción mecánica del jugo, se puede utilizar en la dieta en lactantes de búfalos).

Estudios realizados con granjeros porcícolas, demuestran que entre un 70 y 80% de ellos, para aumentar la digestibilidad de la fibra del buchón de agua, someten a

cocción la biomasa de éste y adicionan ingredientes como maíz molido, salvado de arroz, y salvado de trigo, donde el buchón de agua representa entre el 60 al 65% del volumen de la ración; además, se señala que la fibra actúa como laxante y su consumo beneficia a cerdas gestantes y cualquier animal que presente problemas de digestibilidad. Asimismo, indican que cerdos alimentados con raciones preparadas con 1,54 kg de materia seca hervida de *Eichhornia crassipes* y 2,4 Kg de concentrado, presentaron ganancias de peso de 1,54 Kg/ semanal. Por otro lado, se encontró que cerdos cruzados alimentados con un lodo blanco que contenía buchón de agua presentaron una ganancia de peso vivo de 0,48 Kg/ día y una conversión del alimento de 3,38, (Little, 1979).

En concordancia con esto, Toussaint *et al.*, (2005), evaluaron el comportamiento productivo de cerdos de ceba, alimentados con raciones frescas o ensiladas de *E. crassipes* complementadas con 20% de afrecho de trigo, y reportaron que no se presentaron diferencias significativas para la ganancia media diaria entre tratamientos en 89 días de prueba; además señalan que los pesos más altos fueron 483,55 y 422,15 gramos para el buchón de agua fresco y ensilaje de buchón de agua respectivamente. El estudio también concluyó que el consumo de alimento en base seca fue menor en el grupo que se alimentó con buchón de agua fresco (1, 22 kg) con relación al consumo de ensilaje de buchón de agua, por lo cual recomendó desde el punto de vista económico el uso de estas fuentes de alimentación en la etapa de ceba (Tablas N° 10, 11 y 12).

Tabla N° 10. Peso de los cerdos en ceba alimentados con *E. crassipes* fresco y ensilaje de *E. crassipes*.

Días	King Grass (%)	Alimento	
		<i>Eichhornia crassipes</i> (%)fresca	Ensilaje de <i>Eichhornia crassipes</i> (%)
13	23,00	23,83	23,67
24	27,08	30,08	27,58
45	35,50	39,67	36,17
59	41,58	46,75	43,58
74	47,67	53,67	49,67
89	53,75	68,58	55,75

Fuente: Febrero *et al.*, (2005)

Tabla N° 21. Ganancia de masa en cerdos de ceba alimentados con *E. crassipes* y ensilado de *E. crassipes*.

Días	King Grass (%)	Alimento	
		<i>Eichhornia crassipes</i> (%) fresca	Ensilaje de <i>Eichhornia crassipes</i> (%)
24	4,08	6,25	3,92
45	12,50	15,83	12,50
59	18,58	22,92	19,92
74	24,67	29,83	26,00
89	30,75	36,75	32,08

Fuente: Febrero *et al.*, (2005)

Tabla N° 32. CMD: Consumo medio diario. AF: Alimento fresco. MS: Materia seca. EM: Energía metabolizable. PB: Proteína bruta

Detalle	King Grass	<i>Eichhornia crassipes</i> fresca	Ensilaje de <i>Eichhornia crassipes</i>
CMD AF 89 días (Kg)	1,76	2,97	2,29
CMD MS 89 días (Kg)	0,99	1,01	1,22
CMD EM 89 días(MJ)	10,72	10,43	12,74
CMD PB 89 días (Kg)	0,23	0,25	0,28

Fuente: Febrero *et al.*, (2005)

En el caso de aves de corral se ha comprobado el valor nutritivo de la harina de *E. crassipes* en dietas para pollos en crecimiento, cuando se sustituye toda o parte de la proteína cruda en dietas a base de soya y maíz. Se concluye que aparentemente existe algún factor detrimental para el pollo en la harina, ya que la mortalidad en las dietas con buchón de agua fue alta. En este sentido, Tejada (1974), revela que el buchón de agua no contiene factor tóxico alguno para pollos en crecimiento; sin embargo, su inclusión en las dietas se puede afectar por la alta cantidad de fibra cruda y baja energía metabolizable contenida en la planta; por expuesto, es recomendable usar dietas que no superen el 5% de buchón de agua como componente de la ración para pollos pequeños en crecimiento, o bien reservar tales niveles para animales de mayor edad. Este mismo autor, revela que no existen diferencias significativas entre la harina de la planta completa y la harina de bulbos y hojas, lo cual sugiere que la raíces tienen poca importancia en cuanto al valor nutritivo de la especie, por lo que recomienda no separarlas de la planta.

Vásquez *et al.*, (1998), identificaron los nutrientes en las proteínas de *E. crassipes* según composición de aminoácidos como alternativa nutricional en el futuro consumo humano, probándolas en la alimentación de grupos experimentales de pollo, y concluyó que altos contenidos de nutrientes y altas proporciones de proteína cruda (10,65%) los hace aptos para el uso y alimentación de pollos. (Tablas N° 13, 14 y 15).

Tabla N° 43. Análisis Bromatológico de *E. crassipes* y el alimento para pollos pollarina

Ítem en porcentaje	<i>Eichhornia crassipes</i>	Alimento balanceado
Humedad	9,66	10,60
Ceniza	12,64	5,60
Proteína cruda	10,65	20,30
Grasa cruda	0,38	5,80
Fibra cruda	19,35	2,70

Fuente: Vásquez *et al.*, (1998)

Tabla N° 14. Ganancia en peso en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Peso inicial (Kg)	Día 7 (g)	Día 14 (g)	Día 21 (g)
Alimento balanceado 100%	42,2	188,2	234	255,25
Alimento balanceado (50%) <i>E. crassipes</i> (50%)	41,4	100,4	134,6	241,4
<i>E. crassipes</i> 100%	42	87,4	121	249

Fuente: Vásquez *et al.*, (1998)

Tabla N° 55. Talla de los pollos en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Peso inicial (Kg)	Día 7 (g)	Día 14 (g)	Día 21 (g)
Alimento balanceado 100%	11,1	18,2	26,75	36,5
Alimento balanceado (50%) + <i>E. crassipes</i> (50%)	11,5	14,2	22,6	35,5
<i>E. crassipes</i> 100%	11,1	12,8	16,5	29

Fuente: Vásquez *et al.*, (1998)

En acuicultura el uso del buchón de agua, ha sido recomendado para peces herbívoros/omnívoros de agua dulce, (Hertrampf y Piedad-Pascual, 2000), sin embargo, dado su alto contenido de fibra puede ser una limitante para elaboración de pienso para alimentar tilapias. Estudios en los que se prepararon raciones adicionando 10% de harina de *E. Crassipes* en dietas para bagre (*Ictalurus punctatus*), presentaron como resultado crecimientos por encima del obtenido con el testigo, sin embargo, se observó que este pez no consume alimentos que contengan más del 40% de la planta, debido a la reducción en la palatabilidad de la dieta por el elevado contenido de fibra que ésta aporta. Asimismo, se reporta que las tilapias tienen una mejor capacidad para utilizar esta planta después de ser sometida al proceso de compostaje, aceptando hasta 50% del material en su dieta sin afectar el crecimiento, (Edwards *et al.*, 1985).

Por lo tanto, el buchón de agua puede ser considerado como una fuente alterna de proteínas vegetales para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado en la alimentación acuícola. En cuanto a las plantas acuáticas Edwards *et al.*, (1985) señalan que se pueden emplear como forraje para peces herbívoros o transformarse en harinas para incluirse como ingredientes en alimentos balanceados, resaltando que la factibilidad de uso depende de los costos de colecta y procesamiento.

En general los trabajos de referencia reportan un contenido promedio de materia seca de 7,8% y un contenido de humedad promedio de 93,02% para los alimentos de animales y la literatura sobre la ecología de *E. crassipes*, reporta contenido de humedad entre el 90 y 96%, por lo que se recomienda su deshidratación para su uso en la preparación de dietas para animales.

Trabajos desarrollados por Febrero *et al.* (2005), Banerjee y Matai (1990), Garcés *et al.* (2006) y Konyeme *et al.* (2006), reportan contenidos de materia seca para *E. crassipes* de 7,80%, 8,40%, 10% y 10,50% respectivamente; Mayer (1983), reporta que el contenido de materia seca en la especie aumenta con la edad de la planta,

disminuyendo de esta forma su palatabilidad, por lo que se recomienda usar plantas juveniles en la preparación de dietas. Por estas razones se han realizado trabajos con el objetivo de deshidratar este material y ofrecerlo en forma de harina para un mejor aprovechamiento (consumo), en la alimentación animal. Perraga *et al* (2018), evaluaron dos métodos de secado de la *E crassipes*, al sol y por estufa, y obtuvieron rendimientos del 8 y 12% respectivamente).

Un forraje se considera de buena calidad cuando el consumo de 2,0% y 2,5% de materia seca, con respecto al peso corporal del animal tiene un contenido de 7-9% y 9-11% de proteína cruda (PC) respectivamente (Rodríguez, 1997). De acuerdo con los valores arrojados en las investigaciones, las plantas maduras de *Eichhornia crassipes* representan un forraje de regular calidad, mientras que las plantas jóvenes podrían ser un forraje de buena calidad. En ningún caso de los anteriormente citados, es posible cubrir los requerimientos de proteína cruda en algunos animales de interés zootécnico, por lo que se hace necesario suplementar.

Méndez y Marines (2018), reportan que la *Azolla sp*, es una planta de alta producción de biomasa con alto contenido de proteína y con adecuados niveles de fibra bruta, lo que posibilita su utilización en dietas para peces y crustáceos. En ganadería esta especie se ha utilizado como ingrediente de bloques nutricionales en un 23% de la formulación, y al respecto Rodríguez *et al* (2005), concluyó que los animales suplementados presentaron un mejor desempeño sobre variables como la producción láctea en vacas de la raza cebú x criollo.

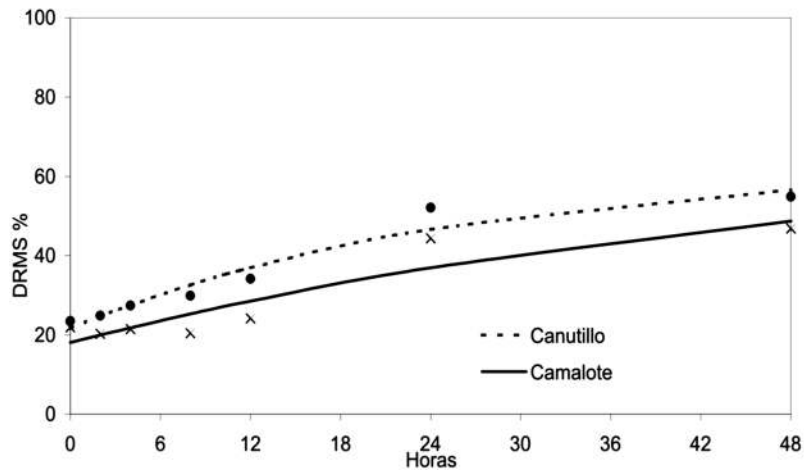
En el caso de mamíferos la proteína cruda limita la producción de leche por vaca cuando sus valores son inferiores al 11 y 12% de la materia seca, y en gallinas reproductoras o ponedoras requieren niveles mínimos de 12-15%, en tanto que los cerdos en crecimiento-levante, ceba, cerda antes de ser servida y sementales requieren niveles entre 14-16%, 13-14%, 12-13% y 12-13% de proteína cruda respectivamente. Los corderos de 5-7 meses de edad necesitan niveles de proteína

cruda de 12-14%. Por su parte la especie *E. crassipes*, presenta alta variabilidad en el contenido de proteína cruda (PC), posiblemente por la concentración de nutrientes de Nitrógeno y Fosforo en el agua donde crece la planta, la cual es particular en cada localidad (Wolverton y McDonald, 1978). En este sentido, los valores (10,8) de proteína cruda reportados por Men *et al.* (2006), para *E. crassipes*, indican que la especie puede ser utilizada en la preparación de dietas para animales. De acuerdo con los niveles de minerales para los animales, la especie podría cubrir los requerimientos de Ca, K, Fe, Mn, Mg y Zn para pollas en crecimiento; aunque se requiere suplementar los niveles de Ca y P para requerimientos de ponedoras, reproductoras y cerdos. El contenido de PC, Ca y P generalmente en *E. crassipes*, son superiores que en los pastos terrestres.

La relación Ca/P constituye un importante índice de evaluación nutritiva de las plantas cuando son utilizadas como fuente de alimento. Esta relación debe estar dentro del rango 0,5 a 2,0 para el crecimiento saludable del animal y no debe ser mayor de 6,0. Para *E. crassipes*, dicha relación es de 5,67 (Men *et al.*, 2006), la cual indica con relación a este parámetro que esta especie puede ser utilizada como suplemento en la alimentación de animales.

Por su parte, una evaluación de la degradabilidad *in situ* muestra que el camalote (*E. crassipes*) presentó una menor fracción rápidamente degradable o soluble y mayores fracciones lentamente y potencialmente degradables con respecto al canutillo como se puede observar en la siguiente figura. Figallo *et al* (2013).

Figura N° 2. Cinética de la degradación ruminal de la materia seca (DRMS) de camalote y canutillo.



Otro punto vista a tener en cuenta de la *E. crassipes* además de lo ya expuesto es la capacidad de esta planta para acumular metales pesados, es así como, Benítez *et al* (2011), evaluó la cinética de la acumulación de cromo y pudo evidenciar que bajo condiciones de pH neutro y medios de exposición de 90 mg/L de Cr, acumuló cantidades significativas del metal equivalentes a 67,3 mg Cr/g, en 24 horas de observación. Es importante tener en cuenta este comportamiento para la toma de decisiones en alimentación animal, ya que puede generar acumulación de metales pesados en la carne de los animales alimentados con este recurso con consecuencias sobre la salud pública.

Las principales aplicaciones reportadas de estos sistemas han sido para el tratamiento de aguas pluviales, aguas residuales, aguas provenientes de sistemas combinados (aguas residuales - pluviales), y efluentes de industria minera, avícola, y porcina. (Martello y Lara, 2012).

3. CONCLUSIONES

- ✓ Las plantas acuáticas, constituyen una alternativa para su utilización con diversos fines para la sociedad humana, y la *Eichhornia crassipes*, es una de ellas, la cual tiene características flotantes con abundante y extensa cobertura vegetal que por su acelerada tasa de crecimiento, representa una opción para ser incorporada en la alimentación de animales de interés zotécnico.
- Diversos estudios de la digestibilidad y propiedades bromatológicas, de la *E. crassipes* muestran altos contenido proteico (10,65%) y de minerales, lo cual confirma su potencial como especie alimenticia que puede ser incluida en la dieta de los animales rumiantes y no rumiantes, no obstante, los altos niveles de humedad y bajo contenido de materia seca, son una limitante para su utilización y almacenamiento.
- Los resultados de ensayos realizados con *E. crassipes* reportan que los alimentos que incluían esta planta presentaron buena palatabilidad lo que indica la viabilidad de su utilización. Dada la capacidad que tiene *E. crassipes* de absorber y bioacumular metales pesados de alta toxicidad, se recomienda que para su uso en la alimentación de animales se realicen análisis, de estos elementos no solo en las diferentes partes de la planta sino, en el agua en la cual se encuentra.

4. BIBLIOGRAFIA

Abadía, B., y Bermúdez, A. (1993). Valor nutritivo de un concentrado proteico obtenido a partir de buchón de agua *Eichhornia crassipes*. Revista ICA, Vol. 28. 183-192 p.

Abdelhamid, A.M., Gabr, A., A. (1991). Evaluation of water hyacinth as a feed for ruminants. Arch Anim Nutr.; 41:745–756.

Abou-Raya, A.K., Hathout, M.K., El-Talty, Y.L, & Abdel-Khabir, A.M. (1980). Utilization of water hyacinth as animal feed: II. Evaluation of wilted shoots in metabolism trials with sheep with reference to N, Ca, Na and K balances. Agricultural Research Review 58(6), 49-60.

Abraham, M., Kurup, G.M. (1997). Pretreatment studies of cellulose wastes for optimization of cellulose enzyme activity. Applied Biochemistry and Biotechnology, 62, 201–211.

Allan, J.D. (1995). Stream ecology: structure and function of running waters. Londres: Chapman & hall. 388 p.

Alvarado, F., y González, M. (1994). Utilización del Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) como fuente parcial de proteína en dietas para cerdos en crecimiento. Tesis de grado para optar el título de zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. 94 p

Angarita, H., Delgado, J., y Escobar, M. (2016). Biodiversidad, ecosistemas de humedal y riesgo de inundación. Recuperado de: https://www.sei.org/media_manager/documents/Publications/SEI-TNC-USAID-FS-2016-Hidroelectrica-Depresion-Momposina.pdf

Arroyave, M. (2004). La Lenteja de Agua (*Lemna Minnor*): Una Planta Acuática Promisoria. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004

Bassi, T. (2011). Laboratorio NIRS – Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Recuperado de <http://www.cerealesyforrajes.com.ar/TechNotes/PDF/TechNote03.PDF>

Bello, J. (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos

Benítez, R., Calero, V., Peña, E., Martín, J. (2011). Evaluación de la Cinética de la acumulación de cromo en el Buchón de Agua. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 9 (2) 66-73.

Bhattacharya, A., y Kumar, P. (2010). Water hyacinth as a potential biofuel crop. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9, 112 – 122.

Bolenz, S., Omran, H., Gierschner, K. (1990). Treatments of Water Hyacinth Tissue to Obtain Useful Products. Biological Wastes, 33, 263-274.

Borhami, B., Fahmy, W.G, & Soma A. (1992). The utilization of protein extraction residues from berseem and water hyacinth for fattening buffalo calves. Buffalo Bulletin 11(2), 40-43.

Bornette G y Puijalón S. 2011 “Response of aquatic plants to abiotic factors: a review”, Aquatic Sciences, 73 (1), 1-14.

Brito, I. (2003). Informe sobre las pasantías realizadas en el Instituto Limnológico del Oriente, Caicara del Orinoco. Edo Bolívar. Instituto Universitario de Tecnología de los Llanos, Valle de la Pascua (Venezuela).

Buxton, D.R. (1996). Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology* 59(1-3), 37-49.

Byron, H.T., James, F., Hentges JR, O'Connell JD, y Bagnall L.O. (1975). Organic acid preservation of water hyacinth silage. *Hyacinth Control Journal* 13, 64-66.

Carrión, C., Ponce-de León C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M, y Vanegas, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46(6), 609-620. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000600007&lng=es&tlng=es

Castellanos, C. (2006). Los ecosistemas de humedales en Colombia. *Revista Luna Azul*. ISSN 1909-2474.

Chakraborty, B., Biswas, P., Mandal, L., y Banerjee, G.C. (1991). Effect of feeding fresh water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) or its silage on the milk production in crossbred cows. *Indian Journal of Animal Nutrition* 8(2), 115-118.

Chanakya, H.N., Borgaonkar, S., Meena, G. y Jagadish, K.S. (1993). Solid-phase biogás production with garbage or water hyacinth. *Bioresource Technology*, 46, 227 – 231.

Cronk, J. y Fennessy, M.S. (2001). *Wetland plants: biology and ecology*. Washington, D.C.: Lewis Publishers.

Crow, G. (2000). Plantas acuáticas del Parque Nacional Palo Verde y Valle del Tempisque, Costa Rica.

Dantas-Santos, N., Gomes, D.L, Costa, L.S., Cordeiro, S.L., Costa, M.S., Trindade E. (2012). Freshwater plants synthesize sulfated polysaccharides: heterogalactans from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Int. J. Mol. Sci. 13 (1): 961–976.

De Gracia, M. (2011). Guía para el análisis bromatológico de muestras de forrajes. Laboratorio de Nutrición Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Panamá.

Edwards, P., Kawal, M., and Wee, K.L. (1985). Incorporation of composted and dried water hyacinth in pelleted feed for the tilapia *Oreochromis niloticus* (Peters). Fisheries Management, 16: 233-248.

Esteves, F.A. (1988). Fundamentos de Limnologia. 2a, edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência.

Febrero, I., Romero, O., Ruiz, L., Gonzáles, R. (2005). Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) una alternativa para la alimentación de cerdos en ceba. Revista Electrónica de Veterinaria ISSN 1695-7504.

Figallo, R., Peronja, N.M., Pidello, A., Smacchia, A. (2013). Degradación Ruminal de materia seca y proteína y composición Química de canutillo (*Panicum elephantipes*) y camalote (*Eichhornia crassipes*). Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 22 (2)

Frías, D. V. (2015). Evaluación de Métodos Utilizados para Medir la Palatabilidad en cerdos de recría. Tesis. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias (Escuela de ciencias veterinarias)

Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., y Willemen, L (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, (7), 260–272

Gakwavu, R.J. (2007). Zinc and chromium removal mechanisms from industrial wastewater by using water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (mart.) Solms. Lambert Academic Publishing. 1 – 84 p.

Garcia, A. y Ly, J. (1994). Uso de diferentes niveles de foliares del plátano en la alimentación de cerdo (I) *Rev. Computarizada de Prod. Porcino* (1) 1: 62 p.

Girisuta, B., Danon, B., Manurung, R., Janssen, L.P., Heeres, H.J. (2008). Experimental and kinetic modelling studies on the acid-catalysed hydrolysis of the water hyacinth plant to levulinic acid. *Bioresource Technology*, 99, 8367-8375.

Goswami, T., Saikia, C.N. (1994). Water Hyacinth - a Potential Source of Raw Material for Greaseproof. *Bioresource Technology*. 50, 235-238.

Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., y Willemen, L (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7: 260–272

Gunnarsson, C, y Petersen, C. (2007). Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review. *Waste Management*. 27: 117–129.

Guerra, D., Valdez, C., Diaz, M., Meoño, D., Fuentes, H. y Ríos, L. (2018). Efecto de la ninfa de agua (*Eichhornia crassipes*) sobre el crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en tanques con agitación de agua y aireación. *Revista*

Electrónica de Veterinaria. Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060618/061810.pdf>

Gutiérrez, E.L., Ruiz, E., Uribe, E.G., Martínez, J.M. (2000). Biomass and productivity of water hyacinth and their application in control programs. In: Hill MP (Ed.). Proceedings of the Second IOBC Global Working Group on the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, ACIAR, Beijing, China. 102: 109-119 p.

Heady, H.F., Child, R.D. (1994). Rangeland Ecology and Management. Westview Press. Boulder, San Francisco, Oxford. 519 p.

Heady, H.F. (1964). Palatability of herbage and animal preference. J Range Manage 17, 76-81.

Hecker, N. Costa., L.T, Farinha, J.C. y Tomas P. (1996). Mediterranean Wetland Inventory: data recording. Lisboa: Med Wet, ICN, Wetlands International, Greek Biotope. EKBT Publication.

Hertrampf, J.W., Piedad-Pascual, F. (2000). Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publishers, 624 pp.

Hidalgo, J., Montano, J, y Estrada, M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Theoría, Vol 14.

Hong, N.T., Wanapat, M., Wachirapakorn, C., Pakdee, P. y Rowlinson, P. (2003). Effects of timing of initial cutting and subsequent cutting on yields and chemical compositions of cassava hay and its supplementation on lactating dairy cows. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 16(12), 1763-1769.

Institute of Food and Agricultural Sciences. (2008). Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*), Florida Forest Plants. University of Florida. [Documento en línea]. Recuperado de : <http://aquat1.ifas.ufl.edu/node/141>

Islam, S., Khan, M.J, y Islam, M.N. (2009). Effect of feeding wilted water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the performance of growing bull cattle. Indian Journal of Animal Sciences 79(5), 494-497.

Ita, E. (1994). Aquatic plants and wetland wildlife resources of Nigeria. CIFA Occasional Paper. FAO. Rome. 21: 52.

Juárez, J., Bolaños, E. y Reinoso, M. (2004). Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 38, (4), 423-430

Juárez, G.S. (2011). Cambios en la composición del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) debidos a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica. [Tesis/Trabajo de Investigación]. México, D.F: Escuela Nacional De Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. 115 p.

Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellog, E.A, Stevens, P.F. (1999). Plant Systematics A Phylogenetic Approach. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A.

Kara, Y., Kara, I,. (2007); Removal of Cadmium from Water Using Duckweed (*Lemna trisulca* L.). International Journal of Agriculture and Biology: 7(4), 1560–8530.

Kivaisi, A.K., Mtila, M. (1998). Production of biogas from water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) in a two-stage bioreactor. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 14, 125-131.

Lareo L, Bressani R. (1982). Possible utilization of the water hyacinth in nutrition and industry. Food and Nutrition Bulletin, 4 (4), United Nations university press.

Lindsey, K. y Hirt, H.M. (2000). “Usos del lirio acuático” Un manual práctico para usos del lirio acuático alrededor del mundo. Anamed International. pp 2 – 4, 5 – 8, 21 – 30 y 31 – 32.

Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: The case of water hyacinth. Environment International 33(1), 122-138.

Martello, J., Lara, J. (2012). Macrofitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. Ingeniería y Ciencia, ing. cienc. ISSN 1794–9165

Maynard, L.A., Loosli, J.K. (1973). Animal Nutrition. 6ta. Edición. McGraw Hill. McDonald, P., R. A.

McDonald, P, Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A y Wilkinson, R.G. (2011). Animal Nutrition.7th edn. Harlow, England: Pearson.

Men, L.T., Yamasaki, S., Caldwell, J.S., Yamada, R., Takada, R. y Taniguchi, T. (2006). Effect of farm household income levels and rice-based diet or water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) supplementation on growth/cost performances and meat indexes of growing and finishing pigs in the Mekong Delta of Vietnam. Animal Science Journal 77(3), 320-329.

Ministerio del Medio Ambiente – Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (1999). Humedales Interiores de Colombia: Bases Técnicas para su Conservación y Uso Sostenible.

Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Plan de Manejo Integral de los Humedales, Subregión de la depresión Momposina y Cuenca del Rio Sinú. Unión Gráfica Ltda.

Mishima, D., Kuniki, M., Sel, K., Soda, S., Ike, M., Fujita, M. (2008). Ethanol production from candidate energy crops: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes L.*). *Bioresource Technology*, 99, 2495-2500.

Mishima, D., Tateda, M, Ike, M., Fujita, M. (2006). Comparative study on chemical pretreatments to accelerate enzymatic hydrolysis of aquatic macrophyte biomass used in water purification processes. *Bioresource Technology*, 97, 2166-2172.

Montes, A.C (2018). Evaluación de lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*) y Esquilmos Agrícolas para la Producción de Setas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21: 317 - 328

Mukherjee, R. y Nandi ,B. (2004). Improvement of in vitro digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two *Pleurotus* species. *International Biodeterioration & Biodegradation* 53 7-12.

Murillo, J.I. (2016). Humedales Lenticos Neotropicales como Hábitats Estratégicos para la Conservación de la diversidad de plantas y aves en el piedemonte Andino-Orinoquense de Colombia. Universidad de Alicante. Tesis doctoral. P-302.

Newman, R.M., Kerfoot, W.C., Hanscom, Z. (1996). Watercress allelochemical defends high-nitrogen foliage against consumption: effects on freshwater invertebrate herbivores. *Ecology* 77 (8): 2312-2323.

Nigam, JN. (2002). Bioconversion of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to motor fuel ethanol by xylose-fermenting yeast. *Journal of Biotechnology*, 97, 107 – 116.

Novotny, V. y Olem, H. (1994). Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold, New York.

Ospina, K. y Rios, L. (2012). Producción de bioetanol a partir de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) respecto a otros materiales lignocelulósicos. AGUNKUYA, vol 2, N° 1.

Parashar, S.K., Rajora, N.K, & Jain, L.S. (1999). Utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) by growing crossbred calves. Indian Journal of Dairy Science 52(5), 320-323.

Parraga, C. (2018). Elaboración de harina a partir de *Eichhornia Crassipes* utilizando diferentes métodos de deshidratación. Revista de producción, ciencias e investigación 2, (7), 3-6

Parsons, W.T, and Cuthbertson EG. 2001. Noxious Weeds of Australia, 2nd edition. CSIRO Publishing. 139 p.

Patel, V. Desai, M. y Madamwar, D. (1993). Thermochemical pretreatment of water hyacinth for improved biomethanation. Applied Biochemistry and Biotechnology, 42, 67 – 74.

Perez, N. Arias, J. y Quiroz, J. (2015). Acta Biológica Colombiana. Variación espacio temporal de plantas vasculares acuáticas en el complejo cenagoso del bajo Sinú Córdoba Colombia.

Poddar, K., Mandal, L., & Banerjee, G.C. (1991). Studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – Chemical composition of the plant and water from different habitats. Indian Veterinary Journal 68, 833-837.

Ponce, J.T. y Fitz, M. (2004). Azolla mexicana como alimento suplementario en el policultivo de juveniles de tilapia (*Oreochromis hornorum*) y carpa barrigona (*C. C. rubrofusus*) bajo condiciones semicontroladas en: I Congreso Nacional de Acuicultura SEPESCA, Pachuca, Hgo. 6 p. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos20/lemnna-sp/lemnna-p.shtml#referen#ixzz3hfvDbpZ0>

Provenza, F.D. (1995). Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manage.* 48, 2-17.

Pérez, R., González, Y., Méndez, J., y Ramírez, L (2014). Inclusión de la harina de *Lemna perpusilla* para alimentar alevines *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15 (5), 1-10

Riemer, N.D. (1984). *Introduction to freshwater vegetation*, The a VI Publishing Company, INC., Wesport, Connecticut, E. U., 207 p.

Rodríguez, J.C. Marcano, A.E. y Salazar, J.C. (2005). Efecto de la Suplementación con Bloques Multinutricionales a Base de *Eichhornia crassipes* sobre la producción de leche de vacas de la raza Cebú x Criollo. *Pastos* , XXXV (2), 179-189

Roldan, P. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial universidad de Antioquia, colección ciencia y tecnología N°1, Medellín Colombia. 529 p.

Romero, G.S. (2011). Suplementación alimenticia de mautes y mautas con bloques multinutricionales (BMN) incorporando bora (*Eichhornia crassipes* (mart) solms) en diferentes proporciones. [Tesis/Trabajo de Investigación]. Venezuela: Escuela de Zootecnia de la Universidad de Oriente.

Rueda, M. (2006). Aspectos cualitativos de *Eichhornia crassipes* (Lirio de agua), localizado en el ribera sur del humedal de Tisma, Masaya. Departamento de Biología. UNAN-Managua. 61p.

Sáenz, E.C. (2003). Plantas invasoras en Colombia: una visión preliminar. Instituto Alexander Von-Humboldt. Programa de Biología de la Conservación, Línea 'Especies Focales'. 7 p.

Sánchez, H. (1998). Generalidades respecto a la convención RAMSAR. En: Guerrero, E. (ed.) Una aproximación a los humedales en Colombia. Colombia: FEN. 24-30.

Santamaría, L. (2002). "Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment", *Acta Ecologica*, 23 (3), 137-154.

Schouben, CG. (2005). Aprovechamiento del buchón de agua *Eichhornia crassipes* como enmienda orgánica en el ecoparque lago de las garzas. Tesis de postgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

So, L.M, Chu, L.M., Wong, P.K. (2003). Microbial enhancement of Cu²⁺ removal capacity of *Eichhornia crassipes* (Mart.). *Chemosphere*: 52, 1499-1503.

Tacon, A.G.J y Metian. M. (2015) Feed Matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 23: 1–10.

Tan, L., Zhu, D., Zhou, Z., Mi, W., Ma, L. y He, W. (2008). Preferring cellulose of *Eichhornia crassipes* to prepare xanthogenate to other plant materials and its adsorption properties on copper. *Bioresource Technology*, 99, 4460-4466.

Tejada, De HI. y Cervantes, A. (1974). Composición bromatológica de alimentos empleados para alimentación animal. Resúmenes de la XI Reunión Anual del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, SAG. México, 24 p.

Thanh, H. (2012). Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – Biomass Production, Ensilability and Feeding Value to Growing Cattle. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management Uppsala.

Thomaz, S. (2002). “Fatores ecológicos associados à colonização e aodesenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo”, Planta Daninha, 20 (1): 21-33.

Thu, N.V. (2011). Effects of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in local cattle diets on nutrient utilization, rumen parameters and microbial protein synthesis. In: Proceedings of SAADC 2011 strategies and challenges for sustainable animal agriculture-crop systems, Volume III: full papers. Proceedings of the 3 60 rd International Conference on sustainable animal agriculture for developing countries, Nakhon Ratchasima, Thailand, 26-29 July, 2011. pp. 422-426.

Torres, F, y Pinilla, G. (2011). Revisión de las características limnológicas de los sistemas acuáticos de la región de la Mojana. Convenio Interadministrativo, Departamento Nacional de Planeación (DNP) – Universidad Nacional de Colombia.

Valderrama, B.M. (2007). Análisis de estado, identificación de tensores ambientales y formulación de medidas de conservación para el capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805, en la laguna de Fúquene, Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ictiólogos. 9: 93-101.

Van Soest, P.J. (1981). Limiting factors in plant residues of low biodegradability. Agriculture and Environment 6(2-3), 135-143.

Van Soest, P.J. (1988). Effect of environment and quality of fiber on the nutritive value of crop residues. In: Reed, J.D., et al. (Eds.) Plant breeding and the nutritive value of crop residues. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.

Vásquez, L., Newuman, C., Urdaneta, M., Zabaleta, A., Valbuena, A. (1998). Plantas acuáticas vasculares como fuente de proteínas para consumo humano. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Velásquez, J. (1994). Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Caracas, Venezuela. p. 17-31.

Wolverton, B.C, & McDonald RC. (1978). Nutritional composition of water hyacinths grown on domestic sewage. Economic Botany 32(4), 363-370.

Wolverton, B.C, McDonald RC. 1981. Energy from Vascular Plant Wastewater Treatment Systems. Economic Botany, 35: 224-232.

Yusti, Muñoz A.P. (2012). Uso del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) por la comunidad aviar de dos humedales del valle geográfico del Río Cauca, Colombia. [Tesis/Trabajo de Investigación]. Colombia: Facultad De Ciencias Naturales Y Exactas de la Universidad del Valle.