

***Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray**

***Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray**

A. Pérez¹, I. Montejó¹, J.M. Iglesias¹, O. López¹, G.J. Martín¹, D.E. García², Idolkis Milián¹ y A. Hernández¹

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: aristides.perez@indio.atenas.inf.cu

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estado Trujillo, Venezuela

Resumen

El género *Tithonia*, con más de 10 especies, es originario de Centroamérica pero se encuentra ampliamente distribuido en el área tropical de diferentes continentes, lo que le confiere una gran plasticidad ecológica. *Tithonia diversifolia* es una planta herbácea o arbustiva robusta, conocida con diversos nombres comunes que identifican o manifiestan su amplitud de usos benéficos o características parecidas a otras plantas, como son árbol maravilla, falso girasol y árnica de la tierra, entre otros. El presente artículo trata diferentes aspectos de esta especie, tales como: la botánica, su origen y distribución, los factores agronómicos y la producción de biomasa, el contenido nutricional y los metabolitos secundarios, además de su utilización. Se incluyen incipientes resultados de la República de Cuba, así como algunas interrogantes acerca de los metabolitos secundarios, en las cuales se debe profundizar. *T. diversifolia* es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones ecológicas; su valor nutricional y composición bromatológica, así como la poca exigencia a las labores fitotécnicas y los elevados rendimientos de biomasa (la cual puede ser consumida por las más diversas categorías de animales) la convierten en un recurso fitogenético excepcional. Como fuente de alto valor proteico, se utiliza en pastoreo o como forraje para rumiantes y monogástricos; además, en la dieta alimentaria puede ofrecerse presecada o molida en forma de harina y pienso; asimismo, es posible su almacenamiento por períodos relativamente largos. Sin dudas, es una nueva opción de alimento que puede ser empleada para paliar la carencia alimentaria, sobre todo en los países del trópico con insuficientes insumos y recursos.

Palabras clave: Alimentación de los animales, composición química, *Tithonia diversifolia*

Abstract

The *Tithonia* genus, with more than 10 species, originated in Central America, but it is widely spread in the tropical area of different continents, which grants it great ecological plasticity. *Tithonia diversifolia* is a robust herbaceous or shrubby plant, known by different common names that identify or show its large number of beneficial uses or characteristics similar to other plants such as árbol maravilla, falso girasol and arnica de la tierra, among others. This work presents different aspects of this plant, like: botanical characteristics, origin and distribution, agronomic factors and biomass production, nutritional content and secondary metabolites, as well as its utilization. Incipient results in the Republic of Cuba are included, as well as some questions regarding secondary metabolites, on which further studies must be conducted. *T. diversifolia* can adapt to the most diverse ecological conditions; its nutritional value and bromatological composition, as well as its little demand of phytotechnical works and high biomass yields (which can be consumed different animal categories) make it an exceptional plant genetic resource. As source of high protein value, it is used under grazing conditions or as forage for ruminants and monogastric animals; in addition, it can be supplied pre-dried or ground as meal and feed; likewise, its storage over relatively long periods is possible. It is undoubtedly a new feeding choice that can be used to alleviate feed scarcity, mainly in tropical countries with insufficient inputs and resources.

Key words: Animal feeding, chemical composition, *Tithonia diversifolia*

Origen y distribución

El árbol maravilla, el girasol mexicano, el falso girasol, el crisantemo de Nitobe, Quil Amargo, Wild Sunflower (Nash, 1976; Cairns, 1996) son algunos de los nombres con los que se identifica a *Tithonia diversifolia*, planta de la familia Asteraceae, la cual se encuentra en las áreas tropicales y subtropicales del Planeta y posee casi 15 000 especies distribuidas por todo el mundo. En el caso del género *Tithonia*, posee 10 especies en Centroamérica y es comúnmente aceptado que su centro de origen es América Central o México (Nash, 1976), aunque no se descarta que lo sea América del Sur.

Roig (1974) observó y clasificó esta planta en Cuba, pero también ha sido reportada en Las Filipinas y Kenia (Wanjau *et al.*, 1998), India, Ceilán, sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela (Martínez, 1979; Ríos, 1993), con diversos nombres y usos, incluida la nutrición animal.

En el medio rural cubano se conoce como margaritona o árnica de la tierra (Roig, 1974), pero en los últimos tiempos, dada su distribución acelerada, se identifican otros nombres como girasolillo y el propio titonia.

De acuerdo con las informaciones brindadas por Murgueitio *et al.* (2001) la especie en cuestión se manifiesta con gran plasticidad ecológica, lo cual han corroborado los autores del presente artículo.

Botánica

T. diversifolia es una planta herbácea o arbustiva robusta, perteneciente al Reino Plantae, Subreino Traqueobionta (plantas vasculares), División Magnoliophyta (plantas con flor), Clase Magnoliopsida (dicotiledóneas), Subclase Asteridae y Orden Asterales.

Según Nash y Williams (1976) su altura oscila entre 1,5 y 4,0 m; su tallo es erecto, ramificado, las ramas tiernas cubiertas de pelillos, que con la edad se pierden. Posee hojas alternas, pecioladas, de hasta 20 cm de largo y de ancho, generalmente divididas en tres a cinco

Origin and distribution

Árbol maravilla, girasol mexicano, falso girasol, crisantemo de Nitobe, Quil Amargo, Wild Sunflower (Nash, 1976; Cairns, 1996) are some of the names that identify *Tithonia diversifolia*, plant from the Asteraceae family, which is present in the tropical and subtropical areas of the Planet and has almost 15 000 species distributed all over the world. In the case of the *Tithonia* genus, it has 10 species in Central America and it is commonly accepted that its center of origin is Central America or Mexico (Nash, 1976), although South America is not discarded.

Roig (1974) observed and classified it in Cuba, but it has also been reported in the Philippines and Kenya (Wanjau *et al.*, 1998), India, Ceylon, south of Mexico, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panama, Colombia and Venezuela (Martínez, 1979; Ríos, 1993), with different names and usages, including animal nutrition.

In Cuban rural areas it is known as margaritona or arnica de la tierra (Roig, 1974), but in more recent times, given its accelerated distribution, other names such as girasolillo or titonia itself identify it.

According to the informations supplied by Murgueitio *et al.* (2001) this species shows great ecological plasticity, which has been corroborated by the authors of this work.

Botanical characteristics

T. diversifolia is a robust herbaceous or shrubby plant, belonging to the Kingdom Plantae, Sub-kingdom Traqueobionta (vascular plants), Division Magnoliophyta (plants with flowers), Class Magnoliopsida (dicotyledonous plants), Subclass Asteridae and Order Asterales.

According to Nash and Williams (1976) its height varies between 1,5 and 4,0 m; its stem is erect, branched, the fresh branches are covered by little hairs, which are lost with age. It has alternate, petiolate leaves, up to 20 cm long and wide, generally divided into three to five lobes, with rounded teeth in the margin, with the base

lóbulos, con dientes redondeados en el margen, con la base a veces algo truncada pero muy angosta a lo largo del pecíolo, en cuya base se amplía en dos lóbulos pequeños; la cara superior cubierta de pelos, de base hinchada, con abundantes pelillos (a veces sin pelillos) y con puntos glandulares en la cara inferior.

La inflorescencia se presenta en capítulos y está formada por pequeñas flores sésiles, dispuestas sobre un receptáculo convexo, provisto en su superficie de brácteas (páleas) rígidas, puntiagudas, de hasta 11 mm de largo (con algunos pelillos en su superficie), que abrazan las flores del disco; el conjunto de flores está rodeado por fuera por el involucre, anchamente acampanado (de hasta 4 cm de ancho), constituido por numerosas brácteas (dispuestas en cuatro series), ovales y generalmente con el ápice redondeado, o bien las brácteas exteriores ovadas a redondeadas y con el ápice más o menos agudo, a veces cubiertas de pelillos.

Las flores, en número de 12 a 14, son liguladas, ubicadas en la periferia de la cabezuela; la corola de hasta 6 cm de largo, es un tubo en la base y a manera de cinta hacia el ápice, semejando un pétalo de una flor sencilla, de color amarillo brillante o anaranjado, con dos o tres dientes en el ápice. Las flores del disco son numerosas, hermafroditas, ubicadas en la parte central; la corola, de hasta 8 mm de largo, es un tubo delgado que hacia la parte superior se ensancha ("garganta") y se divide en cinco lóbulos, de color amarillo; los estambres alternos con los lóbulos de la corola; sus filamentos libres e insertos sobre el tubo de la corola; las anteras soldadas entre sí formando un tubo alrededor del estilo, con la base aflechada; el ovario ínfero.

El fruto es seco y no se abre (indehiscente), contiene una sola semilla; se le conoce como aquenio; es oblongo, de hasta 6 mm de largo, cubierto de pelillos recostados sobre su superficie; en el ápice del fruto se presenta una estructura llamada vilano que consiste en dos aristas (raramente ausentes) desiguales, de hasta 4 mm de largo, además de 6 a 10 escamas de hasta 2,5 mm de largo, unidas en la base e irregular-

sometimes a little truncated, but very narrow along the petiole, on which base it is widened in two small lobes; the upper side is covered with swollen-base hairs, with abundant small hairs (sometimes without them) and glandular spots on the lower side.

The inflorescence appears in flower heads and it is formed by small sessile flowers, set on a convex receptacle, equipped in its surface with rigid pointed bracts (paleas), up to 11 mm long (with some small hairs on the surface), which embrace the flowers of the disc; the group of flowers is surrounded outside by the involucre, widely bell-shaped (up to 4 cm wide), constituted by many bracts (arranged in four series), oval and generally with rounded apex, or the external bracts ovate to rounded with a more or less acute apex, sometimes glabrous.

The flowers, from 12 to 14, are ligulated, located on the periphery of the capitulum; the corolla, up to 6 cm long, is a tube in the base and ribbon-like towards the apex, resembling a petal of a simple flower, brilliant yellow or orange, with two or three teeth in the apex. The flowers of the disc are numerous, hermaphrodite, located in the central area; the corolla, up to 8 mm long, is a thin tube which widens towards the upper part ("throat") and is divided into five yellow lobes; the stamens are alternate with the lobes of the corolla; their filaments are free and inserted on the tube of the corolla; the anthers are welded among themselves forming a tube around the style, with arrow-shaped base; the ovary is inferior.

The fruit is dry and indehiscent, with only one seed; it is known as achene; it is oblong, up to 6 mm long, covered by small hairs leaning on its surface; in the apex of the fruit there is a structure called pappus which consists in two unequal edges (rarely absent), up to 4 mm long, in addition to 6 to 10 scales up to 2,5 mm long, joint in the base and irregularly divided in their top margin into very narrow segments.

Agronomic factors and biomass production

Depending on the geographical area it can be an annual or perennial plant. It has a wide

mente divididas en su margen superior en segmentos muy angostos.

Factores agronómicos y producción de biomasa

En dependencia del área geográfica esta puede ser una planta anual o perenne. Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad del suelo.

Florece y fructifica durante todo el año, principalmente en octubre y noviembre. Se propaga por semillas o esquejes. Aunque se propaga fácilmente por semilla, se recomienda la siembra a partir de material vegetativo. Al respecto, Ríos (1997) manifestó que no se conocen cultivos establecidos en sistemas agroforestales en los cuales se haya utilizado semilla sexual, gámica o semilla verdadera.

Hartmann y Kester (1995) afirman que la multiplicación por estacas que provienen de plantas herbáceas produce un enraizamiento más eficaz, siempre que las condiciones de corte y siembra sean óptimas, lo que proporciona un alto porcentaje de supervivencia. La experiencia acumulada por los autores del presente artículo, en el trabajo de extensionismo agrícola en cooperativas y empresas de producción agropecuaria de tres provincias de la República de Cuba, avalan la información anterior. De hecho, todas las áreas que se establecieron en las provincias de Matanzas y Cienfuegos en el año 2008, se sembraron mediante propágulos vegetativos, provenientes de las áreas de semilla básica de la EEPF "Indio Hatuey".

Salazar (1992) manifestó similares criterios y recomendó usar el primer tercio del material vegetativo para la siembra. Sin embargo, es frecuente observar siembras exitosas sin desechar ninguna porción del material cortado (Weaver, 1987).

No se debe transportar la semilla con hojas ni en vehículos destapados, ya que estas condiciones provocan la deshidratación del material vegetativo. Tampoco se recomienda demorar mucho la siembra después de cortada o troceada la semilla.

La titonia posee un gran volumen radicular, una habilidad especial para recuperar los esca-

adaptation range, tolerates soil acidity and low fertility conditions.

It flowers and produces fruit throughout the year, mainly in October and November. It is propagated by seeds or cuttings. Although it is easily propagated by seed, planting from vegetative material is recommended. In this regard, Ríos (1997) stated that no crops established in agroforestry systems are known in which sexual, gamic or true seeds have been used.

Hartmann and Kester (1995) report that the multiplication by cuttings from herbaceous plants produces more efficacious rooting, as long as the cutting and planting conditions are optimum, which provides a high survival percentage. The experience accumulated by the authors of this paper, in the work of agricultural extension in cooperative units and livestock production enterprises from three provinces of Cuba, support the above-stated information. In fact, all the areas that were established in the Matanzas and Cienfuegos provinces, in 2008, were planted by vegetative propagules, from the basic seed areas of the EEPF "Indio Hatuey".

Salazar (1992) expressed similar criteria and recommended to use the first third of the vegetative material for planting. However, it is frequent to observe successful plantings without discarding any portion of the cut material (Weaver, 1987).

The seed should not be transported with leaves or in uncovered vehicles, because these conditions cause the dehydration of the plant material. It is not recommended either to delay the planting much after the seed has been cut or chopped.

T. diversifolia has a great root volume, a special ability to recover the scarce soil nutrient and wide adaptation range; it can stand pruning at soil level, as well as burning (Wanjau *et al.*, 1998). It also grows rapidly and demands low inputs for its cultivation (Ríos, 1998).

It is a species with good biomass production capacity and quick recovery after pruning, which depends on planting density, soils and vegetative status.

los nutrientes del suelo y un amplio rango de adaptación; puede soportar la poda a nivel del suelo, así como la quema (Wanjau *et al.*, 1998). Además, tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos para su cultivo (Ríos, 1998).

Es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte, lo que depende de la densidad de siembra, de los suelos y del estado vegetativo.

Al comparar tres densidades de siembra (2,66; 1,77 y 1,33 plantas/m²), Ríos y Salazar (1995) obtuvieron rendimientos de biomasa de 82, 57 y 46 t/ha. No se evidenciaron diferencias en la mayoría de las variables estudiadas, ni tampoco entre las alturas de corte de 10 y 50 cm.

En estudios realizados en la EEPF "Indio Hatuey" (datos sin publicar), en un área de 1 200 m² y con una densidad de siembra de una planta por metro cuadrado, se obtuvo un rendimiento de 35 t/ha a los 60 días de sembrada la titonia.

Ríos (1998) reportó una producción potencial de forraje de 31,41 t/ha con distancias de siembra de 0,75 m x 0,75 m y una producción potencial de 21,2 t/ha con 1 m x 0,75 m, sin diferencias significativas entre ambas. No obstante, informó que es posible obtener mayor rendimiento por unidad de área con 0,5 m x 0,75 m, aunque se podrían correr los riesgos fitosanitarios inherentes a esta forma de cultivo. En cuanto a la recuperación del cultivo después del corte, este mismo autor encontró que, con distancias de siembra de 0,75 m x 0,75 m, las plantas lograron un crecimiento de 6,2; 19; 44 y 180 cm cuando se cortó a los 21, 35, 49 y 110 días, respectivamente.

En un estudio de altura (0, 15 y 30 cm) y frecuencia de corte (30 y 60 días), Hernández (2008) obtuvo 14 t/ha como promedio en la primera cosecha, lo que resultó bajo al compararlo con las 35 t que se obtuvieron en el establecimiento. Ello se debió a la poca cantidad de precipitaciones durante ese período, a diferencia de las que ocurrieron entre agosto y octubre (2007), que coincidió con la fase de establecimiento de la plantación. Este autor encontró que en el segundo corte

When comparing three planting densities (2,66; 1,77 and 1,33 plants/m²), Ríos and Salazar (1995) obtained biomass yields of 82,57 and 46 t/ha. No differences were observed in most of the variables studied, or between the pruning heights 10 and 50 cm.

In studies conducted at the EEPF "Indio Hatuey" (unpublished data) in a 1 200-m² area and with a planting density of one plant per square meter, a yield of 35 t/ha was obtained 60 days after planting *T. diversifolia*.

Ríos (1998) reported a potential forage production of 31,41 t/ha with planting distances of 0,75 m x 0,75 m and a potential production of 21,2 t/ha with 1 m x 0,75 m, without significant differences between them. Nevertheless, he reported that it is possible to obtain higher yields per area unit with 0,5 m x 0,75 m, although there would be the phytosanitary risks inherent to this cultivation form. Regarding the recovery of the crop after pruning, this author found that with planting distances of 0,75 m x 0,75 m, the plants grew 6,2; 19; 44 and 180 cm when cutting was performed after 21, 35, 49 and 110 days, respectively.

In a study of cutting height (0, 15 and 30 cm) and frequency (30 and 60 days), Hernández (2008) obtained 14t/ha as average in the first harvest, which was low as compared to 35 t obtained in the establishment period. This occurred because of the low rainfall during that period, unlike the rainfall occurred between August and October (2007), coincided with the establishment stage of the plantation. This author observed that in the second cutting of the treatment at soil level there were, as average, 5,9% dead plants; this constitutes a negative trend regarding plant persistence in time, which was not present in the treatments with 15 and 30 cm of height.

In high density protein banks, Ramírez *et al.* (2006) obtained a forage production of 5 t DM/ha/cutting. On the other hand, Ríos and Salazar (1995), when evaluating the production of the species under different planting densities and cutting heights, obtained a remarkable yield of fresh biomass (46-82 t/ha). The feasibility of

del tratamiento a nivel del suelo hubo, como promedio, un 5,9% de plantas muertas; esto constituye una tendencia negativa en cuanto a la persistencia de las plantas en el tiempo, lo que no se evidenció en los tratamientos de 15 y 30 cm de altura.

En bancos de proteína de alta densidad, Ramírez *et al.* (2006) obtuvieron una producción de forraje de 5 t de MS/ha/corte. Por su parte Ríos y Salazar (1995), al evaluar la producción de la especie bajo diferentes densidades de siembra y alturas de corte, obtuvieron un rendimiento considerable de biomasa fresca (46-82 t/ha). También se ha comprobado la factibilidad de asociarla con otras especies arbóreas y gramíneas (Canul *et al.*, 2006; Chay *et al.*, 2006).

Contenido nutricional y metabolitos secundarios

Existen evidencias de que las especies de plantas no leguminosas, como la titonia, acumulan tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas, además de que presentan altos contenidos de fósforo (Wanjau *et al.*, 1998). El follaje de titonia varía en su calidad nutritiva, en dependencia del estado vegetativo en que se encuentre. En los estados de crecimiento avanzado (30 días) y prefloración (50 días), se encontraron los valores más altos de proteína (tabla 1).

associating it with other tree and grass species has also been proven (Canul *et al.*, 2006; Chay *et al.*, 2006).

Nutritional content and secondary metabolites

There are evidences that non leguminous plant species, such as *T. diversifolia*, accumulate as much nitrogen in their leaves as legumes, in addition to presenting high phosphorus contents (Wanjau *et al.*, 1998). *T. diversifolia* forage varies in nutritional quality, depending in which vegetative status it is. In advanced growth status (30 days) and pre-flowering (50 days), the highest protein values were found (table 1).

In another study conducted with *T. diversifolia* (Rosales, 1992) values were found of 23% dry matter and 21,4% ash, 78,6% organic matter, moderate fiber values and 24,3% protein in dry matter (table 2).

According to the reports by Navarro and Rodríguez (1990) and Mahecha and Rosales (2005), in general, the *T. diversifolia* foliage has a high content of total nitrogen, high proportion of aminoacidic nitrogen, high phosphorus content, fast degradability and fermentation at ruminal level (which coincides with the estimations made by Mehrez and Ørskov, 1977), low proportion of insoluble-dietetic-fiber N, as well as low content of fiber and compounds of

Tabla 1. Contenido de nutrientes en *T. diversifolia* (%).

Table 1. Nutrient content in *T. diversifolia* (%).

	Estado vegetativo					Promedio	Fuente
	Crecimiento avanzado	Prefloración	Floración media	Floración completa	Pasada la floración		
Materia seca	14,1	17,2	17,2	17,7	23,2	17,9	Navarro y Rodríguez (1990)
						20,0	Wanjau <i>et al.</i> (1998)
						13,5	Solarte (1994)
						24,2	Rosales (1996)
Proteína cruda	28,5	27,4	22,0	20,2	14,8	22,6	Navarro y Rodríguez (1990)
						28,7	Wanjau <i>et al.</i> (1998)
						18,9	Solarte (1994)
						24,2	Rosales (1996)
Extracto etéreo	1,91	2,2	2,3	2,2	2,4	21,5	Vargas (1994)
						2,25	Navarro y Rodríguez (1990)
						1,40	Rosales (1996)

En otro estudio realizado con titonia (Rosales, 1992) se encontraron valores de 23% de materia seca y 21,4% de ceniza, 78,6% de materia orgánica, valores medios de fibra y 24,3% de proteína en la materia seca (tabla 2).

Tabla 2. Contenido de algunos nutrientes en el follaje de *T. diversifolia* (%).

Table 2. Content of some nutrients in the foliage of *T. diversifolia* (%).

Proteína cruda	24,3
Proteína soluble	40,2
Materia orgánica	78,6
Total carbohidratos solubles en agua	7,6
Azúcares totales	39,8
Azúcares reductores	35,0
Fibra detergente neutra (FDN)	35,3
Fibra detergente ácida	30,4

Acorde con lo reportado por Navarro y Rodríguez (1990) y Mahecha y Rosales (2005), en términos generales, el follaje de titonia se caracteriza por un alto contenido de nitrógeno total, una alta proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica, un alto contenido de fósforo, una rápida degradabilidad y fermentación a nivel ruminal (lo que coincide con las estimaciones de Mehrez y Ørskov, 1977), una baja proporción de N ligado a la fibra dietética insoluble, así como un bajo contenido de fibra y de compuestos del metabolismo secundario. Además, se presume la presencia de sustancias pigmentantes. Estos resultados, analizados de forma comparativa con los de las especies forrajeras de amplio uso, como *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* (Pedraza, 1994; Iglesias, 2003), muestran la viabilidad de su uso tanto en monogástricos como en ruminantes.

En un trabajo realizado en Ibagué, Colombia (Navarro y Rodríguez, 1990), se estudió el contenido de minerales y proteínas de la planta en cinco etapas de desarrollo (30, 50, 60, 74 y 89

secondary metabolism. In addition, the presence of pigmenting substances is presupposed. These results, comparatively analyzed with those of forage species widely used, such as *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* (Pedraza, 1994; Iglesias, 2003), show the viability of its use in monogastric animals as well as ruminants.

In a trial conducted in Ibagué, Colombia (Navarro and Rodríguez, 1990), the mineral and protein content of the plant was studied in five development stages (30, 50, 60, 74 and 89 days after planting). The crude protein content (dry base) was found to vary from 28,5% at 30 days of age to 14,8% at 89 days. The protein digestible by cattle (*in sacco* technique in fistulated cattle) also decreased from 22,2 to 10,1%, for the same growth stages.

The crude fiber percentage of dry matter was variable in time, with values between 1,63 and 3,83%; the humidity of the green forage varied from 85,9 (at 30 days of age) to 76,8% (89 days after planting).

The calcium and phosphorus contents, expressed as percentage of dry matter, decreased as the plant developed. The magnesium values varied between 0,05 and 0,06% dry matter (table 3). When comparing the mineral contents of *T. diversifolia* to those of the soil on which the crop was developed, a positive relationship was found between them. Mahecha *et al.* (2007), in evaluations carried out with the species, reported high mineral values, even in phosphorus, although they were below the nutritional needs of the animal.

These results, added to the reports made by Ríos (1998) on the recovery capacity of plants in successive cuttings (19 cm/35 days and 4 cm/49 days, using planting distance of 0,75 m x 0,75 m), could indicate that the most adequate moment for harvesting the forage with feeding purposes without causing deterioration in the crop, is its pre-flowering stage (cuttings every 49-50 days), in which it is feasible to obtain a biomass production around 30t/ha.

Regarding secondary metabolites, Ríos (1998) found one coumarin, probably colinin, but its rate

días). Se encontró que el contenido de proteína bruta (base seca) varió desde 28,5% a los 30 días de edad hasta 14,8% a los 89 días. La proteína digestible por los bovinos (técnica *in sacco* en bovinos fistulados) también disminuyó de 22,2 a 10,1%, para las mismas etapas de crecimiento.

El porcentaje de fibra cruda de la materia seca fue variable a través del tiempo, con valores entre 1,63 y 3,83%; la humedad del forraje verde varió de 85,9 (a los 30 días) hasta 76,8% (a los 89 días).

Los contenidos de calcio y fósforo, expresados como porcentaje de la materia seca, disminuyeron a medida que se desarrollaba la planta. Los valores de magnesio variaron entre 0,05 y 0,06% de la materia seca (tabla 3). Al comparar los contenidos de minerales de la titonia con los del suelo donde se desarrolló el cultivo, se encontró una relación positiva entre estos. Mahecha *et al.* (2007), en evaluaciones realizadas con la especie, reportaron tenores elevados de minerales, incluso en el fósforo, aunque estuvieron por debajo de las necesidades nutricionales del animal.

Estos resultados, sumados a los reportes de Ríos (1998) sobre la capacidad de recuperación de las plantas en cortes sucesivos (19 cm/35 días y 44 cm/49 días, utilizando distancias de siembra de 0,75 m x 0,75 m), podrían indicar que el momento más adecuado para cosechar el forraje con fines alimenticios, sin causar deterioro en el cultivo, es su estado de prefloración (cortes cada 49-50 días), en el cual es factible obtener una producción de biomasa de alrededor de 30 t/ha.

Con respecto a los metabolitos secundarios, Ríos (1998) encontró una cumarina, posiblemente colinina, pero no se cuantificó su nivel. No se

was not quantified. Intoxication symptoms were observed neither in cattle nor in rabbits which were fed forage from this species for several consecutive days.

In an analysis of secondary metabolites performed by Rosales (1992) neither phenols nor tannins were found; while Vargas (1994) reported a low phenol content and absence of saponins. Mungarulire *et al.* (1993) found the cytotoxic compound tagitinin; while Dutta *et al.* (1993), in addition to tagitinin, found hispidulin, to which repellent effects against insects are ascribed.

Menut *et al.* (1992) reported the characteristics of the substances present in the foliage of some Asteraceae plants including titonia. The inexistence of quantifiable values, but rather structural determinations of biologically active compounds present in the biomass of the species, which do not damage the animal, was corroborated.

Likewise, García *et al.* (2006) determined that the members of this family show an insignificant polyphenolic fraction, which is very positive from the nutritional point of view. However, the numerous presence of terpenoids, lactones and pyrans in the edible part of *T. diversifolia* constitutes a topic that should be further studied, although cytotoxic effect has been only reported from a small group of metabolites present in the species (Mungarulire *et al.*, 1993) and, besides, no problems have been empirically observed related to acute toxicity or adverse physiological effects on the animals fed with experimental diets based on this shrub (Ríos, 1997; Lauser *et al.*, 2006). In other studies conducted by Lamaty *et*

Tabla 3. Contenido de minerales en *T. diversifolia* (%).

Table 3. Mineral content in *T. diversifolia* (%).

	Estado vegetativo				
	Crecimiento avanzado	Prefloración	Floración media	Floración completa	Pasada la floración
Calcio	2,30	2,14	2,47	2,40	1,96
Fósforo	0,38	0,35	0,36	0,36	0,32
Magnesio	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06

Fuente: Navarro y Rodríguez (1990)

observaron manifestaciones de intoxicación en los bovinos ni en los conejos a los que se les suministró forraje de esta especie por varios días consecutivos.

En un análisis de metabolitos secundarios realizado por Rosales (1992) no se hallaron fenoles ni taninos; mientras que Vargas (1994) reportó un bajo contenido de fenoles y ausencia de saponinas. Mungarulire *et al.* (1993) encontraron el compuesto citotóxico tagitinin; mientras que Dutta *et al.* (1993), además del compuesto tagitinin, detectaron hispidulin, a los cuales se les atribuyen efectos repelentes contra los insectos.

Menut *et al.* (1992) informaron las características de las sustancias presentes en el follaje de algunas Asteraceas, donde se incluye la titonia. Se corroboró la no existencia de valores cuantificables, sino determinaciones estructurales de compuestos biológicamente activos presentes en la biomasa de la especie, que no perjudican al animal.

Así mismo, García *et al.* (2006) determinaron que los miembros de esta familia presentan una fracción polifenólica insignificante, lo cual es muy positivo desde el punto de vista nutricional. Sin embargo, la presencia cuantiosa de terpenoides, lactonas y piranos en la parte comestible de la titonia constituye un tema que debe ser investigado con mayor profundidad, aun cuando solamente se ha informado efecto citotóxico de un grupo pequeño de metabolitos presentes en la especie (Mungarulire *et al.*, 1993) y, además, empíricamente no se han observado problemas relacionados con toxicidad aguda ni efectos fisiológicos adversos en los animales alimentados con dietas experimentales basadas en esta arbustiva (Ríos, 1997; Lauser *et al.*, 2006). En otros estudios realizados por Lamaty *et al.* (1991) no existieron valores cuantificables de sustancias fitotóxicas para los animales.

Utilización de la titonia

Los estudios sobre la respuesta productiva de los animales que consumen forraje u otros alimentos derivados de la titonia aún son muy incipientes. Sin embargo Lon Wo, González *et*

al. (1991) there were no quantifiable values of phytotoxic substances for the animals.

Usage of *T. diversifolia*

The studies on the productive response of the animals that consume forage or other feedstuffs derived from *T. diversifolia* are still very incipient. However, Lon Wo, González *et al.* and Nieve *et al.* (cited by Savón, 2006) reported that the use of alternative raw materials in animal feeding to substitute imports and reduce the competitiveness with human feeding and preserve the environment, constitutes a challenge for nutrition specialists and small and medium farmers in the search for solutions to achieve ecologically sustainable and efficient productions. In spite of the observations of the use of *T. diversifolia* in animal feeding, especially by farmers, very few research works have been carried out worldwide on this field (Ríos, 1999).

Nevertheless, Pedroso (2008) reported gains of more than 600 g/day in pigs weighing 20 kg to which a ratio containing sorghum and feed, complemented with 30% pre-dried and ground *T. diversifolia*, without detecting health problems or any other deficiency. This author refers that the *T. diversifolia* forage (especially when supplied fresh) is rejected at first, although afterwards the animals get adapted and consume it normally. He also recommends supplying it as feed, pre-dried and ground with other grains, because it has been proven in integral studies that sesquiterpenolactones have remarkable influence on the acceptability by monogastric animals, because these compounds provide the forage with a strong bitter taste (Personious *et al.*, 1987; Villalba and Provenza, 2005).

Vargas, J. E. (unpublished) conducted an acceptance evaluation of *T. diversifolia* with four coarse hair sheep, which were fed 50 and 100% of the basic diet from *T. diversifolia* (particles from 2 to 4 cm) for five days. *T. diversifolia* was beginning to flower when it was harvested. Both diets were supplemented with multinutritional blocks (10% urea) *ad libitum* and *Gliricidia sepium* foliage at a rate of 3 kg/100 kg LW on fresh base. In the case of the diet with 50% *T.*

al. y Nieve *et al.* (citados por Savón, 2006) señalaron que el uso de materias primas alternativas en la alimentación animal para sustituir importaciones y reducir la competitividad con la alimentación humana y preservar el ambiente, constituye un reto para los nutricionistas y los pequeños y medianos productores en la búsqueda de soluciones para lograr producciones ecológicamente sostenibles y eficientes. A pesar de las observaciones del uso de la titonia en la alimentación animal, especialmente por campesinos, se han realizado muy pocos trabajos investigativos a nivel mundial en este campo (Ríos, 1999).

No obstante, Pedroso (2008) informó ganancias de más de 600 g/día en cerdos de 20 kg de peso a los que se les suministró una ración que contenía sorgo y pienso, complementada con titonia presecada y molida en un 30%, sin que se detectaran problemas de salud u otra deficiencia. Este autor refiere que el forraje de titonia (sobre todo cuando se suministra fresco) es rechazado al inicio, aunque después los animales se adaptan y lo consumen normalmente. Recomendación, además, suministrarlo en forma de pienso, presecado y molido con otros granos, ya que se ha demostrado en estudios integrales que las sesquiterpenlactonas tienen una marcada influencia en la aceptabilidad por los monogástricos, debido a que estos compuestos le confieren al forraje un acentuado sabor amargo (Personious *et al.*, 1987; Villalba y Provenza, 2005).

Vargas, J.E. (inédito) realizó una evaluación de aceptación de titonia con cuatro carneros de pelo, a los cuales se les suministró el 50 y 100% de la dieta básica a partir de titonia (partículas de 2 a 4 cm) durante cinco días. La titonia estaba comenzando la floración cuando se cosechó. Ambas dietas se complementaron con bloque multinutricional (10% de urea) a voluntad y follaje de matarratón a razón de 3 kg/100 kg de PV en base fresca. En el caso de la dieta con 50% de titonia, se complementó con cogollo de caña picado.

El consumo de titonia en la dieta de 50% fue de 369 g de MS/día, mientras que en la dieta de 100% consumieron 712 g de MS/día. Estos re-

diversifolia, it was supplemented with chopped sugarcane heart.

The *T. diversifolia* intake in the 50% diet was 369 g DM/day, while in the 100% diet the animals consumed 712 g DM/day. These results show the possibility of using this species for feeding small ruminants, for which it is recommended to be harvested in pre-flowering, when it has a higher protein percentage.

In Colombia and other tropical countries the use of *T. diversifolia* foliage for feeding does and fattening animals is a practice (Rosales, 1992; 1996; Ríos and Salazar, 1995; Ríos, 1999). The foliage is mixed with concentrate and cut pasture in the feed adaptation stage and it is later used as alternative protein source. Rodríguez and Navarro (cited by Rodríguez, 1990) also reported that cattle, goats, sheep, Guinea pigs and rabbits consume well this forage without being chopped, with a stem diameter up to 1,0-1,5 cm, especially when it is supplied fresh (about 50 days of age), stage in which it shows good nutritional value.

Mahecha and Rosales (2005) reported that *T. diversifolia* is a source of carotenoids to pigment the egg yolks of hens and also refer it as insecticide for controlling *Atta insularis*, improver of degraded soils (especially for the absorption of phosphorus) and as windbreakers and living fences. Giraldo *et al.* (2006) reported that the extracts and plants have insecticide properties, which makes this shrub a protector of the other plants and crops that are used as food and wood by humans.

According to Nash and Williams (1976) *T. diversifolia* is widely cultivated as ornamental in the tropics, where it is a plant appreciated in many gardening sites. The infusion of its leaves, which contain a bitter oil, is sometimes used as a remedy against malaria and for treating the eczema of the skin of domestic animals; anti-inflammatory effects are also ascribed to it (Ríos, 1998). The leaves, in alcoholic maceration, are used as the real arnica in Cuba (Souza, cited by Roig, 1974) and as remedy against malaria (Hoyos, 1999).

T. diversifolia is believed to destroy intestinal parasites in cattle and bitter results aid the

sultados demuestran la posibilidad de usar esta especie en la alimentación de los rumiantes menores, para lo cual se recomienda cosechar en prefloración, cuando posee un mayor porcentaje de proteína.

En Colombia y otros países del área tropical es una práctica el uso del follaje de titonia en la alimentación de conejas de cría y animales de ceba (Rosales, 1992; 1996; Ríos y Salazar, 1995; Ríos, 1999). El follaje se mezcla con concentrado y pasto de corte en la fase de adaptación de los alimentos y posteriormente se utiliza como fuente alternativa de proteína. También Rodríguez y Navarro (citados por Rodríguez, 1990) informaron que el ganado, las cabras, las ovejas, los cuyes y los conejos consumen bien este forraje sin necesidad de ser troceado, hasta un diámetro de tallo de 1,0 a 1,5 cm, especialmente cuando se suministra tierno (alrededor de 50 días de edad), época en la cual presenta un buen valor nutricional.

Mahecha y Rosales (2005) reportaron que la titonia es una fuente de carotenoides para pigmentar las yemas de los huevos de las gallinas y también la citan como insecticida para controlar las hormigas arrieras (bibijaguas, en Cuba), mejoradora de los suelos degradados (sobre todo para la absorción de fósforo) y como cortinas rompevientos y cercas vivas. Giraldo *et al.* (2006) informaron que los extractos y las plantas tienen propiedades insecticidas, lo que hace de este arbusto un protector de las demás plantas y cultivos que sirven al hombre como alimento y maderables.

Según Nash y Williams (1976) la titonia se cultiva ampliamente como ornamental en los trópicos, donde es una planta apreciada en muchos sitios de jardinería. La infusión de sus hojas, que contienen un aceite amargo, se usa algunas veces como remedio contra la malaria y tratamiento para el eczema de la piel de animales domésticos; también se le atribuyen efectos antiinflamatorios (Ríos, 1998). Las hojas, en maceración alcohólica, son utilizadas como la verdadera árnica en Cuba (Souza, citado por Roig, 1974) y como remedio contra la malaria (Hoyos, 1999).

digestion of the fibrous material that is used as straw for the bedding of cattle, a process that increases the quantity and quality of barn manure (Wanjau *et al.*, 1998).

In Costa Rica *T. diversifolia* has been used at experimental level for increasing bean production in improved fallow lands; while in the Philippines it is used as green manure in rice crops (Ríos, 1998) and in Kenya for corn crops (Wanjau *et al.*, 1998).

In Colombia it is sown as living fence to surround sites where beehives are placed, in forest areas for protecting water sources, as ornamental species in agricultural production plots with high diversity for attracting beneficial insects and the leaves are used cooked for chill and as medicine for liver problems (Ríos, 1998). In addition it is used as cut forage for cows and rabbits (Ríos, 1998); in silvopastoral systems with cows in Rio Negro, Antioquia (Murgueitio and Calle, 1998); as well as in pigs (Solarte, 1994), in buffalo (Ríos, 1997) and sheep (Vargas, 1992).

Mahecha and Rosales (2005) reported that in Venezuela it is used in animal health, to decrease abortion and cannibalism in rabbits and also to stimulate the depuration and expulsion of the placenta.

The group of extensionism and technology transference researchers of the EEPF "Indio Hatuey" has been developing in the last two years a work of propagation and dissemination of this forage plant among the pig producers of the Matanzas and Cienfuegos provinces, supported by the results of the Project of the Ministry of Science, Technology and Environment (CITMA) of Matanzas province "Evaluation of forage plants as protein source and sorghum as energy source in pig feeding", which proposes to supply with grain sorghum and *T. diversifolia* forage 30% of the base ration of pigs, which would reduce production costs and, in turn, the sale prices of this valued meat.

There is acceptance by producers for the introduction of this plant, which, in addition to being easily established in fields and farm boundary strips, has been an important relief in the periods of concentrate scarcity and moments

También se cree que la titonia destruye los parásitos intestinales del ganado y que los residuos amargos ayudan a la digestión del material fibroso que se usa como paja para cama del ganado, un proceso que aumenta la cantidad y calidad del estiércol de corral (Wanjau *et al.*, 1998).

En Costa Rica se ha utilizado la titonia a nivel experimental para incrementar la producción de frijol en barbechos mejorados; mientras que en Las Filipinas se emplea como abono verde en cultivos de arroz (Ríos, 1998) y en Kenya para cultivos de maíz (Wanjau *et al.*, 1998).

En Colombia se siembra como cerca viva para rodear sitios donde se ubican colmenas, en áreas de bosque para la protección de las fuentes de agua, como especie ornamental en parcelas de producción agrícola con alta diversidad para atraer insectos benéficos y las hojas se usan en cocción para el “pasma” y como medicina para problemas del hígado (Ríos, 1998). Además, se utiliza como forraje de corte para las vacas y los conejos (Ríos, 1998); en silvopastoreo con vacas en Río Negro, Antioquia (Murgueitio y Calle, 1998); así como en cerdos (Solarte, 1994), en búfalos (Ríos, 1997) y en ovinos (Vargas, 1992).

Mahecha y Rosales (2005) informaron que en Venezuela se usa en la salud animal, para disminuir los abortos y el canibalismo en los conejos y también para estimular la depuración y expulsión de la placenta.

El colectivo de investigadores de extensionismo y transferencia de tecnologías de la EEPF “Indio Hatuey” ha venido desarrollando en los dos últimos años una labor de propagación y disseminación de esta planta forrajera entre los productores porcinos de las provincias de Matanzas y Cienfuegos, avalada por los resultados del Proyecto del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de la provincia de Matanzas “Evaluación de plantas forrajeras como fuente proteica y el sorgo como fuente energética en la alimentación porcina”, el cual propone suplir con sorgo de grano y forraje de *T. diversifolia* el 30% de la ración base de los cerdos, lo que reduciría los costos de produc-

of extreme drought, when the availability of additional feedstuffs is very limited.

Conclusions

The shrub *T. diversifolia* is a species that shows great ecological plasticity, capable of adapting to the most diverse conditions. Its rusticity, nutritional value and bromatological composition, the little demand of field works and the high biomass yields, which can be consumed by different species, make it practically an exceptional forage resource.

This is also because it can be used as protein source under grazing conditions or as forage for ruminants and monogastric animals, and can be supplied pre-dried or ground as meal or feed; in addition, it is possible to store it for relatively long periods.

It is a highly accepted resource, unlike other crops which have been more studied and recommended. It is undoubtedly a new feedstuff choice that can be used to relieve the feeding deficit, especially in tropical countries with insufficient inputs and resources.

--End of the English version--

ción y, a su vez, los precios de venta de esta preciada carne.

Existe aceptación por parte de los productores para la introducción de esta planta, la cual, además de ser fácil de establecer en campos y linderos de las fincas, ha resultado un paliativo importante en los períodos de escasez de concentrados y en momentos de extrema sequía, cuando la disponibilidad de alimentos adicionales es muy limitada.

Conclusiones

La planta arbustiva *T. diversifolia* es una especie que muestra gran plasticidad ecológica, capaz de adaptarse a las más diversas condiciones. Su rusticidad, valor nutricional y composición bromatológica, la poca exigencia a las labores fitotécnicas y los elevados rendimientos de biomasa, la cual puede ser consumida por

diversas categorías de animales, la hacen prácticamente un recurso fitogenético excepcional.

A esto también contribuye que puede ser empleada como fuente proteica en pastoreo o como forraje para los rumiantes y los monogástricos, y suministrarse presecada o molida en forma de harina o pienso; además, es posible almacenarla por períodos relativamente largos.

Es un recurso que tiene gran aceptación, a diferencia de otros cultivos que han sido más estudiados y recomendados. Sin dudas, es una nueva opción de alimento que puede ser empleada para paliar la carencia alimentaria, sobre todo en los países del trópico con insuficientes insumos y recursos.

Referencias bibliográficas

- Cairns, M.F. 1996. Study on farmer management of wild sunflowers (*Tithonia diversifolia*). Short communication. ICRAF S E. Asian Regional Research Programme.
- Canul, J.R. *et al.* 2006. Influencia de la asociación *Gliricidia sepium*-*Tithonia diversifolia*-*Cynodon nlemfuensis* en el rendimiento y componente del forraje. Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p.11
- Chay, A.J. *et al.* 2006. Productividad de *Tithonia diversifolia* intercalado a *Cynodon nlemfuensis* y *Gliricidia sepium* abonado con ovinaza. Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 29
- Dutta, P. *et al.* 1993. Insect feeding deterrents from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *J. of Environmental Biology*. 14 (1):27
- García, D.E. *et al.* 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootecnia*. 55 (212):373
- Giraldo, C. *et al.* 2006. Efecto de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) sobre herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 113
- Hartmann, H. & Kester, D. 1995. Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial Continental. Ciudad de México, México. 760 p.
- Hernández, A. 2008. Factores agronómicos que influyen en la producción de *Tithonia diversifolia* en la provincia de Matanzas. Trabajo de Curso. EEPF "Indio Hatuey"-Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba. 23 p. (Mimeo)
- Hoyos, J. 1999. Plantas tropicales ornamentales de tallo herbáceo. Monografía N° 46. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas, Venezuela. p. 311
- Iglesias, J.M. 2003. Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA. La Habana, Cuba. 110 p.
- Lamaty, G. *et al.* 1991. Aromatic plants of tropical central Africa. III. Constituents of the essential oil of the leaves of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray from Cameroon. *Journal of Essential Oil Research*. 3 (6):399
- Lauser, D.K. *et al.* 2006. Evaluar la ganancia diaria de peso en animales de raza cebuina en crecimiento sometidos a una dieta que incluye botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Resúmenes. XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". San Juan de los Morros. Guárico, Venezuela. p. 280
- Mahecha, L. *et al.* 2007. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F₁ (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*. 19 (2):1-6. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Mahecha, L. & Rosales, M. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (9):1. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/mahe17100.htm>
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Mehrez, A.Z. & Ørskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. 88:645
- Menut, C. *et al.* 1992. Aromatic plants of tropical central Africa. IX. Chemical composition of flower

- essential oils of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray from Cameroon. *Journal of Essential Oil Research*. 4 (6):651
- Mungarulire, J. *et al.* 1993. Some developments in the search for cytotoxic constituents from Rwandese medicinal plants. *Acta Horticulturae*. 333:211
- Murgueitio, E. *et al.* 2001. Agroforestería para la producción animal sostenible. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia. 67 p.
- Murgueitio, E. & Calle, S. 1998. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica
- Nash, D. 1976. Flora de Guatemala. En: Fieldiana: Field Museum of Natural History. Botany. Vol. 24, Part XII, p. 323
- Nash, D.L. & Williams, L.O. (Eds.). 1976. Flora of Guatemala, Compositae. Part XII. Fieldiana Botany. 24:96
- Navarro, F. & Rodríguez, E.F. 1990. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis. Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia
- Pedraza, R.M. 1994. Rendimiento, composición química y digestibilidad del follaje de postes vivos de *Gliricidia sepium* a diferentes edades de rebrote. *Pastos y Forrajes*. 17 (2):175
- Pedroso, A. 2008. Empleo de la *Tithonia* en la preceba de cerdos en la EEPF "Indio Hatuey". Trabajo de Curso. EEPF "Indio Hatuey" - Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba. 38 p. (Mimeo)
- Personious, T.L. *et al.* 1987. Crude terpenoid influence on mule deer preference for sagebrush. *J. of Range Management*. 40 (1):84
- Ramírez, U. *et al.* 2006. Productividad agronómica del arbusto forrajero *Tithonia diversifolia* en Yucatán, México. Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. p. 35
- Ríos, C.I. 1993. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en sistemas agropecuarios sostenibles. Convenio CETEC-IMCA-CIPAV. Informe de avance. Cali, Colombia. p. 81
- Ríos, C.I. 1997. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. 2^{da} edición. Colciencias-CIPAV. Cali, Colombia. p. 115
- Ríos, C.I. 1998. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica
- Ríos, C.I. 1999. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Sánchez M.D. y Rosales, M., Eds). Estudio FAO Producción y Sanidad Animal N° 143. FAO, Roma. p. 311
- Ríos, C.I. & Salazar, A. 1995. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 6 (3):75
- Rodríguez, E. 1990. Mirasol (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray). Posible alternativa forrajera no convencional para la alimentación animal en el trópico. www.utafoundation.org/botondeoro.htm
- Roig, J.T. 1974. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Ediciones de Ciencia y Técnica. Instituto del Libro. La Habana. 949 p.
- Rosales, M. 1992. Nutritional value of colombian fodder trees. Internal report. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria and Natural Resources Institute, United Kingdom. 50 p.
- Rosales, M. 1996. *In vitro* assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. D. Phil. Department of Plant Sciences, Oxford University, Oxford, UK. 214 p.
- Salazar, A. 1992. Evaluación agronómica del Botón de oro (*Tithonia diversifolia*-familia compuesta) y el Pinocho (*Malvaviscus penduliflorus*-familia Malvaceae). Informe de becarios de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia. p. 27
- Savón, Lourdes. 2006. Alimentación no convencional de especies monogástricas: utilización de alimentos altos en fibras. Conferencia Magistral. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Solarte, A. 1994. Experiencias de investigación participativa en sistemas de producción animal en dos zonas del Valle del Cauca. Memorias III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Cali, Colombia. p. 49

- Vargas, J.E. 1994. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. En: Memorias II Seminario Internacional Desarrollo sostenible de Sistemas Agrarios. Maestría en Sistemas Sostenibles de Producción Animal en los Trópicos. Cali, Colombia. p. 135
- Villalba, J.J. & Provenza, F.D. 2005. Foraging in chemical diverse environments: energy, protein and alternative foods influence ingestion of plant secondary metabolites by lambs. *J. of Chemistry Ecology*. 31 (1):123
- Wanjau, S. *et al.* 1998. Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. LEISA. 13 (3):25
- Weaver, R.J. 1987. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas. Quinta edición. Maracay, Venezuela. p. 143

Recibido el 29 de enero del 2009
Aceptado el 18 de febrero del 2009

Copyright of Pastos y Forrajes is the property of Estacion Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.