

## II Simposio Internacional de *Tithonia diversifolia*

### *Tithonia diversifolia*, a different Asteraceae: its function in sustainable systems of cattle production<sup>1</sup>

### *Tithonia diversifolia*, una Asterácea diferente: su función en los sistemas sostenibles de producción agropecuaria<sup>1</sup>

E. Murgueitio

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV.

Carrera 25 # 6 – 62 Cali, Colombia

email: [enriquem@fun.cipav.org.co](mailto:enriquem@fun.cipav.org.co)

E. Murgueitio: <https://orcid.org/0000-0001-6956-4187>

*Generalities on the Asteraceae family and Tithonia diversifolia.* As part of the global flora, Asteraceae family is recognized by its abundance of species, which are calculated in 23,600 (between 24,000 and 30,000) and 1,690 genera, according to the Royal Botanic Gardens at Kew in England (2022). They represent between 8 and 10 % of the world flora. They are grass, shrubs, and trees spread around the world, except in Antarctica (Global Compositae Database 2022).

Around forty species have direct importance in human feeding such as vegetables (lettuce and artichokes) and oily seeds (sunflower). Through industrial processes, numerous products are extracted from hundreds of species of this family, which are used in pharmaceuticals and other economic sectors (Del Vitto and Pettenati 2009).

*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray is known in Spanish by several common names such as botón de oro, árnica de la tierra, falso girasol, acahual, jagureté po, quil amargo, among many others. According to the Royal Botanic Gardens at Kew in England (2022), it is a native plant in Arizona (United States), Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Central Mexico, the Gulf of Mexico, northeastern, northwestern, southeastern and southwestern Mexico, Nicaragua and Panama. Currently, it is cultivated or grows naturally in numerous countries in certain continents.

It is a perennial shrub that belongs to the Helianthae genetic group, the Asteraceae family, and has numerous medicinal attributes according to several ethnical groups and popular cultures of Mexico, Mesoamerica, the Caribbean, South America, Asia and Africa (Chagas *et al.* 2012). In agriculture, it has been studied, and its crops are used as green manure, attractive to beneficial entomofauna, and as strategic component of agroforestry (Calle and Murgueitio 2008). In the field of ecological renewal, it is outstanding for the

*Generalidades sobre la familia Asteraceae y Tithonia diversifolia.* En el conjunto de la flora global, la familia Asterácea se reconoce por su riqueza de especies, que se calcula en 23 600 (entre 24 000 y 30 000) y 1.690 géneros, según el Jardín Botánico Real Kew de Inglaterra (2022). Esto representa entre 8 y 10 % de la flora del mundo. Son hierbas, arbustos y árboles distribuidos alrededor del mundo, menos en la Antártida (Global Compositae Database 2022).

Unas cuarenta especies tienen importancia directa en la alimentación humana, como hortalizas (lechugas, alcachofas) y semillas oleaginosas (girasol). Mediante procesos industriales se extraen numerosos productos de centenares de especies de esta familia, los que se emplean en la farmacéutica y en otros sectores económicos (Del Vitto y Pettenati 2009).

*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray se conoce como botón de oro, girasol mexicano, margaritona, árnica de la tierra, falso girasol, acahual, jagureté po, quil amargo, entre otros muchos nombres. Según el Jardín Botánico Real Kew de Inglaterra (2022), es una planta nativa en Arizona (Estados Unidos), Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México central, golfo de México, noreste, noroeste, sureste y suroeste de México, Nicaragua y Panamá. En la actualidad se cultiva o crece espontáneamente en cientos de países en varios continentes.

Es una planta de tipo arbustivo perenne, que pertenece al grupo genético Helianthae, de la familia Asterácea, con numerosos atributos medicinales en diversas etnias y culturas populares de México, Mesoamérica, el Caribe, Suramérica, Asia y África (Chagas *et al.* 2012). En la agricultura se ha investigado y se aplica su cultivo como planta productora de abono verde, atrayente de entomofauna benéfica y componente estratégico de sistemas agroforestales (Calle y Murgueitio 2008). En el campo de la restauración ecológica, se destaca en la

<sup>1</sup>Lecture presented at II Simposio Internacional de *Tithonia diversifolia*, Varadero, Cuba, 2022

recovery of degraded soils and for renewing severe eroded soils such as landslides and badlands (Calle and Carvajal 2012).

*Tithonia diversifolia*, a special forage plant. Although its traditional use in medicine and apiculture is quite old, the forage attributes of this plant have been known for more than three decades in the feeding of numerous species of domestic animals (Navarro and Rodríguez 1990 and Ríos 1998). Since then, research and application in livestock productive systems grow incessantly, primarily in Latin America and the Caribbean (Ruiz *et al.* 2014, Murgueitio *et al.* 2015 and Mahecha *et al.* 2022).

As Asteraceae forage plant, *Tithonia diversifolia* has features that differentiate it from other plants of this family that are used in cattle systems or in the feeding of smaller animals. Thus, it is a shrub, not a tree as it is the case of *Montanoa quadrangularis*, which can be used in ecological renewal in the Andes, agroforestry (Calle and Murgueitio 2010), and feeding of domestic animals (Boada *et al.* 2017). It is not a weed of small size as most of the Asteraceae, and it is perennial unlike “palocote” (*Tithonia tubiformis*), which is annual (Rzedowski and Rzedowski 2005). *Tithonia diversifolia* does not produce edible tubers rich in inulin as “dalia” (*Dhalia imperialis*) (Ayala-Russi *et al.* 2015), “yacón” (*Smallanthus sonchifolius*) (Lopera-Marín 2020), “topinambur” or “alcachofa de Jerusalén” (*Helianthus tuberosus*) (Shariati *et al.* 2021). Nevertheless, it has the same domestication place as sunflower (*Helianthus annuus*): Mexico (Bye *et al.* 2009). It produces seeds rich in distilled oil for human intake. However, the byproduct of the extraction (sunflower cake) is used in animal feeding.

*Tithonia diversifolia* shares with many plants of the Asteraceae family, the production of flowers rich in nectar and pollen, which turns it into a species demanded by bees (Araujo-Mondragón and Redonda-Martínez 2019). Moreover, it is closely related to a diverse entomofauna and it is beneficial to crops. Although there are few scientific papers published in this respect, for many decades, beekeepers and honey manufacturers have cultivated plants of *Tithonia diversifolia* to feed bees all year round through practices of cutting per stage that permit keeping flowers as months pass by. This is an indispensable attribute due to the native and agricultural floral supply is extremely seasonal (Cardozo 2013).

Due to its agricultural applications, one of the most outstanding traits of *Tithonia diversifolia* is its capacity of adapting to a wide range of climatic environments, agroecosystems and soil types, evidencing great regrowth ability and green biomass yield. Therefore, in recent years, research has been conducted to document its productive behavior in different agroecological contexts and to deepen into the genetic differentiation of geographic origins for

recuperación de suelos degradados y en la recuperación de procesos de erosión severa, como deslizamientos y cárcavas (Calle y Carvajal 2012).

*Tithonia diversifolia*, una planta forrajera especial. Aunque su uso tradicional en medicina y apicultura es muy antiguo, desde hace más de tres décadas se conocen los atributos forrajeros de esta planta para alimentación de diversas especies de animales domésticos (Navarro y Rodríguez 1990 y Ríos 1998). Desde entonces, las investigaciones y la aplicación, en sistemas productivos pecuarios crece incesantemente, en especial en América Latina y el Caribe (Ruiz *et al.* 2014, Murgueitio *et al.* 2015 y Mahecha *et al.* 2022).

Como Asterácea forrajera, *Tithonia diversifolia* tiene características que la diferencian de otras plantas de esta familia, utilizadas en sistemas ganaderos o en la alimentación de animales menores. Así, ella es arbustiva, y no un árbol como el arboloco (*Montanoa quadrangularis*), que se puede emplear en restauración ecológica de bosques andinos, sistemas agroforestales (Calle y Murgueitio 2010) y alimentación de animales domésticos (Boada *et al.* 2017). No es una arvense de tamaño pequeño, como la mayoría de Asteráceas, y es perenne a diferencia del palocote (*Tithonia tubiformis*), que es anual (Rzedowski y Rzedowski 2005). *Tithonia diversifolia* no produce tubérculos comestibles ricos en inulina, como la dalia (*Dhalia imperialis*) (Ayala-Russi *et al.* 2015), el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Lopera-Marín 2020), el topinambur o alcachofa de Jerusalén (*Helianthus tuberosus*) (Shariati *et al.* 2021). No obstante, coincide con el girasol (*Helianthus annuus*) en su centro de domesticación (México) (Bye *et al.* 2009). *Tithonia diversifolia* produce semillas ricas en aceite destinado al consumo humano, pero el subproducto de la extracción (torta de girasol) se usa en alimentación animal.

*Tithonia diversifolia* comparte con muchas plantas de la familia Asterácea la generación de flores ricas en néctar y polen, lo que la convierte en una especie favorita para las abejas (Araujo-Mondragón y Redonda-Martínez 2019). Además, se relaciona estrechamente con una entomofauna diversa y benéfica para los cultivos. Aunque hay pocos trabajos científicos publicados al respecto, desde hace muchas décadas los apicultores y meliponicultores cultivan plantas de *Tithonia diversifolia* para alimentar las abejas durante todo el año mediante prácticas de cortes escalonados que les permiten mantener flores en el transcurrir de los meses, lo que resulta un atributo indispensable debido a la estacionalidad de la oferta floral nativa y agrícola (Cardozo 2013).

Para sus aplicaciones agropecuarias, uno de los rasgos más destacados de *Tithonia diversifolia* es la capacidad de adaptación a una amplia gama de entornos climáticos, agroecosistemas y tipos de suelo, donde evidencia gran capacidad de rebrote y producción de biomasa verde. Por esta razón, en los últimos años se han realizado investigaciones que documentan el comportamiento productivo en contextos agroecológicos diferentes, y profundizan en la diferenciación genética

genetic selection and improvement initiatives (Ruiz *et al.* 2014, Rivera *et al.* 2017, Rivera *et al.* 2018b, Santos-Gally and Boege *et al.* 2022 and Ziegler *et al.* 2022).

Despite its adaptability, in neo-tropical areas, and the use of this species in agroforestry and silvopastoral crops in which it tolerates a wide gradient of luminosity (Murgueitio *et al.* 2015 and Mahecha *et al.* 2022), it tends to do better (more production and survival time) under humid tropical agroecosystem conditions (rainfall between 1,000 and 3,000 mm per year, and average temperature higher than 20 degrees Celsius).

The growing interest of cattle farmers of all kinds in adopting silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* created a technological demand for spread methods because the most used method is agamic reproduction (cuttings). Establishing larger surfaces, the absence of artificial irrigation in most of the cattle areas, and the losses associated with the use of cuttings in changing climatic conditions are the main incentive for researchers to advance in recent years in studies of phenology dealing with details of floral biology and germination practices (Santos-Gally *et al.* 2019 and Rodríguez *et al.* 2019). Some studies have also focused on the effect of latency on germination (Santos-Gally *et al.* 2019), the determination of the seed harvest time (Padilla *et al.* 2018 and Padilla *et al.* 2020a), as well as the gamic seed production, quality and assessment of practices for their protection, and crop performance (Romero *et al.* 2014 and Padilla *et al.* 2020b), and even on research related to the germination capacity of gamic seeds of plants with different regional origin (Ruiz *et al.* 2018).

Another adaptation attribute recorded recently is the regrowth capacity of *Tithonia diversifolia* after frost, as well as its growth and biomass yield, with a range of light interception higher than those of many forage shrubs (González *et al.* 2017), which permits designing more complex agroforestry and silvopastoral systems with different components in prairies and in the higher tree stratum, and hence generating new opportunities of research including cattle management and behavior (Loto *et al.* 2021).

High contents of nitrogen, calcium, and phosphorus combined with mid to high digestibility, and mid fiber and secondary metabolite contents have accounted for good productive performance of *Tithonia diversifolia* in beef and milk or in mutton productive systems (Osuga *et al.* 2012, Ribeiro *et al.* 2016 and Gallego-Castro *et al.* 2017), whether through cutting and transporting or through forage banks (Solarte *et al.* 2013) or through direct browsing (Loto *et al.* 2015 and Rivera *et al.* 2015). Variability in these quality indicators have even been studied for several origins or ecotypes (Rivera *et al.* 2018b). Moreover, foliage preservation methods are noteworthy such as dehydration and silage (Fasuyi *et al.* 2010), the

de procedencias geográficas para iniciativas de selección y mejoramiento genético (Ruiz *et al.* 2014, Rivera *et al.* 2017, Rivera *et al.* 2018, Santos-Gally y Boege *et al.* 2022 y Ziegler *et al.* 2022).

A pesar de esta plasticidad, en zonas neotropicales, el desempeño de la especie en cultivos agroforestales y silvopastoriles, en los que tolera un gradiente amplio de luminosidad (Murgueitio *et al.* 2015 y Mahecha *et al.* 2022), tiende a ser mejor (más producción y duración en el tiempo) en condiciones de agroecosistemas del trópico húmedo (rangos de precipitación entre 1 000 y 3 000 mm anuales y temperaturas medias superiores a 20 grados Celsius).

El creciente interés de productores ganaderos de todas las condiciones para adoptar los sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* generó una demanda tecnológica acerca de los métodos de propagación, ya que el mecanismo más utilizado es la reproducción agámica (esquejes). El establecimiento de superficies mayores, la ausencia de riego artificial en la mayoría de los predios ganaderos y las pérdidas asociadas al establecimiento de esquejes en condiciones climáticas variables como las actuales, son el principal incentivo para los investigadores que han avanzado en los últimos años en estudios de fenología, que tienen que ver con detalles de la biología floral y prácticas de germinación (Santos-Gally *et al.* 2019 y Rodríguez *et al.* 2019). Algunos trabajos también se han centrado en el efecto de la latencia en la germinación (Santos-Gally *et al.* 2019), en la determinación del mejor momento de cosecha de semilla (Padilla *et al.* 2018 y Padilla *et al.* 2020a), así como en la producción, calidad de semilla gámica y evaluación de prácticas para su protección y comportamiento de los cultivos (Romero *et al.* 2014 y Padilla *et al.* 2020b) e incluso en investigaciones relacionadas con la capacidad germinativa de semillas gámicas de plantas con diferentes procedencias regionales (Ruiz *et al.* 2018).

Otro atributo adaptativo recientemente registrado es la capacidad de rebrote de *Tithonia diversifolia* después de las heladas, así como su crecimiento y producción de biomasa, con un rango de intercepción de luz mayor al de muchos arbustos forrajeros (González *et al.* 2017), lo que permite diseñar sistemas agroforestales y silvopastoriles intensivos más complejos, con diferentes componentes en la pradera y el estrato arbóreo superior, y de esta manera generar nuevas oportunidades de investigación, que incluyen el manejo y desempeño del ganado (Loto *et al.* 2021).

Los elevados contenidos de nitrógeno, calcio y fósforo, combinados en la digestibilidad de media-alta, tenores medianos de fibras y varios metabolitos secundarios, han permitido explicar el buen desempeño productivo de *Tithonia diversifolia* en sistemas productivos de carne y leche bovina, así como de carne ovina (Osuga *et al.* 2012, Ribeiro *et al.* 2016 y Gallego-Castro *et al.* 2017), bien mediante el corte y acarreo en bancos forrajeros (Solarte *et al.* 2013) o por el ramoneo directo (Loto *et al.* 2015 y Rivera *et al.* 2015). Se ha estudiado, incluso, la variabilidad de estos indicadores de calidad en diversas procedencias o ecotipos (Rivera *et al.* 2018b). Se destacan también métodos

latter being comparable to corn silage, with some advantages in highly-productive dairy cows (Angulo *et al.* 2022).

Scientific and empirical evidences are available about the use of foliage of this species (dry or fresh) for feeding other domesticated species such as laying hens or broilers (Rodríguez *et al.* 2018b by Gutiérrez-Castro and Hurtado-Nery 2019), pigs (Malavé 2021 and Scull *et al.* 2022), rabbits (Cano and Valencia 2018 and Cabrera *et al.* 2020), and Guinea pigs (Montero de la Cueva *et al.* 2019), where partial substitution (10-20 %) of concentrated feeds (feedstuffs) is necessary, bring about positive economic effects (Quiñones *et al.* 2022).

In scientific papers on climatic change and its mitigation through different mechanisms of reduction of greenhouse gases (GHG) (methane, CH<sub>4</sub>; nitrous oxide, N<sub>2</sub>O; and carbon dioxide, CO<sub>2</sub>), advances have been made as to knowledge on interactions between populations of rumen microorganisms, fermentative processes, actions of some secondary metabolites, interactions with pasture, and other components of ruminant diets, being relevant some reduction in emissions of CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O, attributable to presence of *Tithonia diversifolia* foliage (Molina *et al.* 2015, Rivera *et al.* 2018a, Galindo-Blanco *et al.* 2019, and Rivera and Chará 2021).

*Conclusions First International Symposium on "Botón de Oro" (Tithonia diversifolia) (Hemsl.) Gray in Cattle Production Systems.* In the Ninth International Silvopastoral Congress, held in the city of Manizales, in Colombia, the First International Symposium on "Botón de Oro" (*Tithonia diversifolia*) (Hemsl.) Gray in Cattle Production Systems was developed. Lectures and short papers were presented about various strategic topics, and there was ample discussion on research advances and challenges for the years ahead.

The principal conclusions of the symposium were the following:

- *Tithonia diversifolia* is a species with outstanding potential for animal feeding, in acid soils and mid temperatures (17 a 27 °C), and rainfall above 900 mm per year, having better performance in areas of short dry periods.

- Thanks to complex ecological relations that favor the cycle of key elements such as nitrogen and phosphorus, *Tithonia diversifolia* can reduce up to 15 % the cost of fertilization in associated crops.

- *Tithonia diversifolia* has an outstanding supply of nutrients (especially protein) to different species of domestic animals. Likewise, it has adaptative capacity that permits it to grow in diverse edaphoclimatic conditions (in equatorial regions starting from sea level up to 2,500 m above sea level).

- Its forage biomass yield is considered high, between 20 and 41 t of DM/ha/year, and between 2 and 5 kg of green forage per plant every 50 days.

de conservación del follaje, como la deshidratación y el ensilaje (Fasuyi *et al.* 2010). Este último comparable con el ensilaje de maíz, con algunas ventajas en vacas lecheras de alta producción (Angulo *et al.* 2022).

Se tienen evidencias científicas y empíricas del uso del follaje de esta especie (seco o fresco) en la alimentación de otras especies domésticas, como aves de postura y pollos de engorde (Rodríguez *et al.* 2018b y Gutiérrez-Castro y Hurtado-Nery 2019), cerdos (Malavé 2021 y Scull *et al.* 2022), conejos (Cano y Valencia 2018 y Cabrera *et al.* 2020) y cuyes (Montero de la Cueva *et al.* 2019), donde la sustitución parcial (10-20 %) de alimentos concentrados (piensos) es necesaria, con efectos económicos positivos (Quiñones *et al.* 2022).

En los trabajos científicos relacionados con el cambio climático y su mitigación mediante diferentes mecanismos de reducción de los gases con efecto de invernadero -GEI (metano, CH<sub>4</sub>; óxido nitroso, N<sub>2</sub>O y dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>), se han logrado avances en el conocimiento de las interacciones entre las poblaciones de microorganismos ruminales, los procesos fermentativos, la acción de algunos metabolitos secundarios, las interacciones con pastos y otros componentes de las dietas de rumiantes, donde se destacan reducciones en las emisiones de CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O, atribuibles a la presencia de follaje de *Tithonia diversifolia* (Molina *et al.* 2015, Rivera *et al.* 2018a, Galindo-Blanco *et al.* 2019 y Rivera y Chará 2021).

*Conclusiones I Simposio Internacional sobre Botón de Oro Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray en sistemas de producción pecuaria.* En el IX Congreso Internacional Silvopastoral, realizado en la ciudad de Manizales, en Colombia, se desarrolló el I Simposio Internacional sobre Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en sistemas de producción pecuaria. Se presentaron ponencias magistrales y trabajos cortos, que abordaron varios temas estratégicos y se discutió ampliamente acerca de los avances del conocimiento y los retos de investigación para los próximos años.

Las principales conclusiones del simposio fueron las siguientes:

- *Tithonia diversifolia* es una especie con destacado potencial para la alimentación animal, en suelos ácidos y temperaturas medias (17 a 27 °C), precipitaciones por encima de los 900 mm por año, con mejor desempeño en zonas de períodos secos cortos.

- Gracias a las complejas relaciones ecológicas, que favorecen el ciclo de elementos claves como el nitrógeno y el fósforo, *Tithonia diversifolia* puede reducir hasta en 15 % el costo de fertilización en cultivos asociados.

- *Tithonia diversifolia* tiene un destacado aporte de nutrientes (especialmente proteína) para diferentes especies de animales domésticos. Asimismo, posee capacidad adaptativa que le permite crecer en diversas condiciones edafoclimáticas (en regiones ecuatoriales desde el nivel del mar hasta los 2500 ms.n.m).

- Su producción de biomasa forrajera se considera alta, entre 20 y 41 t de MS/ha/año, y entre 2 y 5 kg de

- It is also noteworthy its high recovery capacity, after cutting and browsing, and its low demand of input for cultivation.

- Its growth capacity under shade effect is moderate (< 40 %), but superior to other forage species.

- In different agroecological conditions, *Tithonia diversifolia* is able of accumulating large nitrogen amounts in its green leaves and stems (crude protein values, near or superior to 20 %).

- It has low content of ADF and NDF (20 and 40 %, respectively), acceptable values of non-structural carbohydrates (near 11 %), and adequate values of minerals such as Ca, P and K.

- Dry matter (DM) degradability in *Tithonia diversifolia* forage surpasses 60 %, which is considered superior to that of many tropical pastures and forages.

- In Brazil, Colombia, Cuba, Mexico, and Venezuela, production and quality of cow milk and beef have been managed to be increased, thanks to the contribution of foliage of *Tithonia diversifolia*, as compared to diets based on tropical pastures.

- Partial substitution of balanced feeds (based mainly on cereals and soybean) has been proven in dairy cows of mid- and high-production without affecting yield and efficiency in the system (up to 20 %).

- Agroforestry in cattle systems (silvopastoral), where *Tithonia diversifolia* is tested and used the most, constitutes forage banks (pure or mixed) for cut and carry and direct browsing in intensive and non-intensive silvopastoral systems.

- There is scientific evidence permitting to state that *Tithonia diversifolia* foliage, as component of tropical diets for cattle can diminish methane emissions, modify fatty acids profile of milk, and enhance nitrogen use throughout the feeding system.

- In Cuba, the Institute of Animal Science managed to prove great morphological and genetic diversity in plant materials from *Tithonia diversifolia* that have better attributes of growth, palatability and functionality, whether for cut and carry or for browsing. These differences were also found in studies of molecular diversity in Colombia (CIPAV) and Mexico (Instituto Tecnológico de Tlajomulco in Jalisco), having expressions in the agronomic and nutritional characteristics.

- In order to expedite cultivation of *Tithonia diversifolia* at larger scale, research breakthroughs are known as to its agamic spread (cuttings). In this instance, the parts that take root the most are half-lignified stems from the middle part of the branch. Besides, in Colombia, Cuba and Mexico, advances have been made by identifying procedures to produce gametic seeds (sexual), based on figuring out time for flower collection, plant origin, and processing after collection. The germination capacity in gametic seeds is highlighted in some plant materials under test, with values up to 73 %. It is shown that seeds should be harvested when the achene is green,

forraje verde por planta cada 50 días.

- Se destaca también la elevada capacidad de recuperación, después de cortes o ramoneos y baja demanda de insumos para su cultivo.

- La capacidad de crecimiento bajo el efecto de la sombra es moderada (< 40 %), pero superior a otras especies forrajeras.

- En diferentes condiciones agroecológicas, *Tithonia diversifolia* es capaz de acumular importantes cantidades de nitrógeno en sus hojas y tallos verdes (valores de proteína cruda, cercanos o superiores a 20 %).

- Tiene bajos contenidos de FDA y FDN (20 y 40 %, respectivamente), aceptables carbohidratos no estructurales (cercanos al 11 %) y valores admisibles de minerales, como Ca, P y K.

- La degradabilidad de la materia seca (MS) del forraje de *Tithonia diversifolia* supera el 60 %, lo que se considera superior a muchos pastos y forrajes tropicales.

- En Brasil, Colombia, Cuba, México y Venezuela, se ha logrado incrementar la producción y calidad de leche y carne bovina, gracias al aporte del follaje de *Tithonia diversifolia*, con respecto a dietas basadas en pasturas tropicales.

- Se ha comprobado la sustitución parcial de alimento balanceado (base principal cereales y soya) de vacas lecheras de mediana y alta producción, sin afectar el rendimiento y la eficiencia del sistema (hasta 20 %).

- Los sistemas agroforestales pecuarios (silvopastoriles), donde más se investiga y se usa *Tithonia diversifolia*, son los bancos forrajeros (puros o mixtos) para corte y acarreo y el ramoneo directo en sistemas silvopastoriles intensivos y no intensivos.

- Existen evidencias científicas que permiten afirmar que el follaje de *Tithonia diversifolia*, como componente de dietas tropicales para bovinos, puede disminuir las emisiones de metano, modificar el perfil de ácidos grasos en leche y mejorar el uso del nitrógeno en todo el sistema de alimentación.

- En Cuba, el Instituto de Ciencia Animal logró comprobar que existe destacada diversidad morfológica y genética de materiales de *Tithonia diversifolia*, que tienen mejores atributos de crecimiento, palatabilidad y funcionalidad, ya sea para corte o pastoreo. Estas diferencias se encontraron también en estudios de diversidad molecular en Colombia CIPAV (Colombia) y México (Instituto Tecnológico de Tlajomulco en Jalisco), los que tienen expresiones en las características agronómicas y nutricionales.

- Para acelerar la adopción de cultivos de *Tithonia diversifolia* a mayor escala, se conocen avances de investigación acerca de su propagación agámica (estacas). En este caso, las fracciones de mayor prendimiento son los tallos mediamente lignificados y de la parte media de la rama. También en Colombia, Cuba y México, se ha avanzado en la identificación de procedimientos para lograr semilla gámica (sexual), basados en la identificación del momento de colecta de las flores, origen

without petals, or dry, with dark coloration, and there are high values in number and weight for full seeds and a thousand seeds.

Due to the above-mentioned, *Tithonia diversifolia* is regarded as a species of great interest for farmers, technicians, professionals, and researchers from several countries in Latin America and the Caribbean.

Between 2017 and 2022, work with *Tithonia diversifolia* in cattle systems continues quite active in Latin America and the Caribbean, regardless COVID 19 pandemic and socioeconomic crises related to its impact, and stronger manifestation of climatic change. Research, training, communication, rural extension, and technical assistance are multiplied in countries like Argentina, Bolivia, Brazil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Dominican Republic and Venezuela. During the eleventh International Silvopastoral Congress, held in Mexico in 2021, numerous research papers and successful experiences by farmers from various countries were presented (Rivera *et al.* 2021).

### Conclusions

For more than three decades, *Tithonia diversifolia* forage attributes have been known. In recent years, scientific and technical knowledge has been consolidated permitting the feeding of numerous species of domestic animals.

Research on *Tithonia diversifolia* in cattle systems grows incessantly, especially in silvopastoral systems as part of numerous ecosystems of Latin America and the Caribbean. It is also studied in Africa and Asia.

Positive aspects and knowledge are sufficient to scale up to cattle landscapes and territories by using this species in urgent processes of climatic and socioeconomic resilience demanded in the fields.

de la planta y proceso después de su colecta. Se destaca la capacidad de germinación que tienen las semillas gámicas de algunos materiales evaluados, con valores de hasta 73 %. Se indica que la semilla se debe cosechar cuando el aquenio esté verde, sin pétalos o seco, con color oscuro y mayores valores para número y peso de semillas llenas y peso de mil semillas.

Por todo lo anterior, *Tithonia diversifolia* se considera una especie de gran interés para productores, técnicos, profesionales e investigadores de varios países de América Latina y el Caribe.

Entre 2017 y 2022, la actividad con *Tithonia diversifolia* en sistemas pecuarios continúa muy activa en América Latina y el Caribe, a pesar de la pandemia del COVID 19 y las crisis socioeconómicas relacionadas con su impacto y las manifestaciones cada vez más fuertes del cambio climático. Los trabajos de investigación, capacitación, divulgación, extensión rural y asistencia técnica se multiplican en países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Venezuela. Durante el XI Congreso Internacional Silvopastoral, organizado en México en el 2021, se presentaron numerosos trabajos de investigación y experiencias exitosas de productores en varios países (Rivera *et al.* 2021).

### Conclusiones

Desde hace más de tres décadas, se conocen los atributos forrajeros de *Tithonia diversifolia*. En los últimos años, se ha consolidado un conjunto de conocimientos científicos y técnicos que permiten la alimentación de diversas especies de animales domésticos.

Las investigaciones en sistemas productivos pecuarios, que involucran a *Tithonia diversifolia* crecen incesantemente, en especial en sistemas silvopastoriles que forman parte de numerosos agroecosistemas de América Latina y el Caribe. También se estudia en África y Asia.

Existen suficientes bondades y conocimientos para escalar en paisajes y territorios ganaderos y campesinos, con la utilización de esta especie en los urgentes procesos de resiliencia climática y socioeconómica que se requieren en el campo.

### References

- Angulo-Arizala, J., Nemocón-Cobos, A.M., Posada-Ochoa, S.L. & Mahecha-Ledesma, L. 2022. "Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas Holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz". Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 20(1): 27-40, ISSN: 1909-9959. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1535>.
- Araujo-Mondragón, F. & Redonda-Martínez, R. 2019. "Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México". Acta Botánica Mexicana, 126: e1444, ISSN: 2448-7589. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1444>.
- Ayala Russi, A.M., Rincón Camacho, J.C., Navas Panadero, A. & Gonzales Guarín, J. 2015. "Evaluación de la selectividad de especies arbóreas con potencial forrajero en bovinos en ecosistemas de bosque húmedo premontano". Revista Ciencia Animal, 1(9): 4, ISSN: 2389-8879.
- Bohada-Hurtado, C.M., Ospina, L.A. & Vargas-Sánchez, E. 2017. "Identificación y caracterización de especies vegetales con potencial forrajero en trópico alto de la cuenca del río Tapias". Livestock Research for Rural Development, Volume 29, Article #100. Retrieved: April 15, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd29/5/karm29100.html>.
- Bye, R., Linares, E. & Lentz, D.L. 2009. "México: Centro de Origen de la Domesticación del Girasol". Tip Revista Especializada

- en Ciencias Químico-Biológicas, 12(1): 5-12, ISSN: 1405-888X.
- Cabrera Díaz, L.R., Álvarez Sánchez, A. & Casanovas Cosío, E. 2020. "Sustitución parcial del concentrado por harina de forraje deshidratado de *Tithonia diversifolia* como alternativa en la ceiba de conejos Pardo Cubano". Revista Científica Agroecosistemas, 7(3): 123-127, ISSN: 2415-2862.
- Calle, Z. & Carvajal, M. 2012. Cómo vivir en las montañas sin agotar el suelo. Fundación CIPAV - ISAGEN. Cali, Colombia. 56 p. ISBN 978-958-9386-69-9.
- Calle, Z. & Murgueitio, E. 2008. "El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña". Revista Carta Fedegán, 108: 54-63, ISSN: 0123-2312.
- Calle, Z. & Murgueitio, E. 2010. "El arboloco: un árbol extraordinario para los sistemas ganaderos de los Andes tropicales". Revista Carta Fedegán, 120: 70-77, ISSN: 0123-2312.
- Cano Cardozo, N.E. & Valencia Trujillo, F.L. 2018. Matarratón (*Gliricidia sepium*), Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y Morera (*Morus alba*) tres especies forrajeras usadas como alternativa en la alimentación de conejos: revisión sistémica y meta-análisis. ECAPMA, 2(1). <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2779>.
- Cardozo, B.A. 2013. Abejicultura Natural Extensiva: La Finca en el Aire para los Sistemas Agrosilvopastoriles. I Encuentro Agrosilvopastoril Venezolano 17 al 19 de Octubre, San Javier, estado Yaracuy, Venezuela.
- Chagas-Paula, D.A., Oliveira, R.B., Rocha, B.A. & Da Costa, F.B. 2012. "Ethnobotany, chemistry, and biological activities of the genus *Tithonia* (Asteraceae)". Chemistry and Biodiversity, 9(2): 210-235, ISSN: 1612-1880. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201100019>.
- Del Vitto, L.A. & Petenatti, E.M. 2009. "Asteráceas de importancia económica y ambiental: Primera parte. Sinopsis morfológica y taxonómica, importancia ecológica y plantas de interés industrial". Multequina, 18(2): 87-115, ISSN: 1852-7329.
- Fasuyi, A.O., Dairo, F.A.S. & Ibitayo, F. J. 2010. "Ensiling wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves with sugar cane molasses". Livestock Research for Rural Development, Volume 22, Article #42, ISSN: 2521-9952. Retrieved: October 3, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd22/3/fasu22042.htm>.
- Galindo-Blanco, J.L., Rodríguez-García, I., González-Ibarra, N., García-López R. & Herrera-Villafranca, M. 2018. "Silvopastoral system with *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: effect on the rumen microbial population of cows". Pastos y Forrajes, 41(4): 273-280, ISSN: 2078-8452.
- Gallego-Castro, L.A., Mahecha-Ledesma, L. & Angulo-Arizala, J. 2017. "Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto". Agronomía Mesoamericana, 28(1): 213-222, ISSN: 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>.
- Global Compositae Database 2022. <https://www.compositae.org/gcd.php>.
- González, P.A., Loto, M., Rossner, M.B., Colcombet, L., Rogerio, M. & Kimmich, G. 2017 Productividad de *Tithonia diversifolia* bajo distintos niveles de sombra en la Provincia de Misiones, Argentina. Proceedings of the IX Congreso internacional de sistemas silvopastoriles, Manizales, Colombia, 6-8 September, p. 471-477.
- Gutiérrez-Castro, L. & Hurtado-Nery, V. 2019. "Uso de harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de pollos de engorde". Orinoquia, 23(2):56-62, ISSN: 2011-2629. <https://doi.org/10.22579/20112629.569>.
- Lopera-Marín, J.J., Angulo-Arizala, J., Murgueitio Restrepo, E. & Mahecha-Ledesma, L. 2020 "Producción de tubérculos y biomasa aérea del yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. (Asteraceae), para alimentación animal en el trópico alto colombiano". Livestock Research for Rural Development, Volume 32, Article #135, ISSN: 2521-9952. Retrieved: September 25, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd32/8/jjlop32135.html>.
- Loto, M., Colcombet, L., Kimmich, G., Kimmich, D., González, P., Rossner, M. B. & Ziegler, A. 2021. Respuesta productiva en la cría de hembras de reposición bajo un Sistema Silvopastoril Triestrato y pastura a cielo abierto en Misiones, Argentina. En: Rivera J., Colcombet L., Santos-Gally R., Murgueitio E., Díaz M., Mauricio R., Peri P., Chará J. 2021. Sistemas Silvopastoriles: Ganadería Sostenible con Arraigo e Innovación. CIPAV. Cali, Colombia. ISBN: 978-958-9386-99-6.
- Loto, M., Rossner, M.B., Colcombet, L. & Kimmich, G. 2015. Análisis preliminar de la calidad forrajera de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en el Norte de Misiones, Argentina. Actas del III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Puerto Iguazú, Misiones, 7 al 9 de Mayo de 2015.
- Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J. & Argüello-Rangel, J. 2022. Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI. En: H. Rodríguez Espinosa (Ed.), Innovación en la investigación agropecuaria (pp. 103-143). Universidad de Antioquia, Colombia. Fondo Editorial Biogénesis. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/349667/20808174>
- Malavé Tumbaco, D.A. 2021. Evaluación del comportamiento productivo en cerdos en crecimiento alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia*. La Libertad. UPSE, Ecuador. Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis de Grado Ingeniero Agropecuario. 23p.
- Molina, I. C., Donney's, G., Montoya, S., Villegas, G., Rivera, J.E., Lopera, J. J., Chará, J. & Barahona, R. 2015. Emisiones in vivo de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Tithonia diversifolia*. En: Memorias 3º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Puerto Iguazú, Misiones, Argentina. INTA. 678 – 682 pp.
- Montero de la Cueva, J.V., Macas Moreira, K.M., González Buitrón, K.T. & Mendoza Vélez, C.F. 2019. "Evaluación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la alimentación de cuyes". IDESIA, 37(4): 5-9, ISSN: 0718-3429. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000400005>.
- Murgueitio, E., Xóchitl, M., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C.H. & Uribe F. 2015. Productividad en Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica, Informe Técnico 402 CATIE,

- Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p. ISBN: 978-958-9386-74-3.
- Navarro, F. & Rodríguez E, F. 1990. Estudios de algunos aspectos bromatológicos de Mirasol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.
- Osuga, I.M., Abdulrazak, S.A., Muleke, C.I. & Fujihara T. 2012. "Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya". Journal of Food, Agriculture & Environment, 10(2): 632-635, ISSN: 1459-0263.
- Padilla, C., Rodríguez, I., Herrera, M., Ruiz, T., Mesa, Y. & Sarduy, L. 2020. Mejor momento de cosecha en la producción y calidad de semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray según estado fenológico de la estructura floral. Livestock Research for Rural Development, Volume 32, Article #146, ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd32/9/idal32146.html>.
- Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T.E & Herrera, M. 2018. "Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray". Livestock Research for Rural Development, Volume 30, Article #71, ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd30/4/idal30071.html>.
- Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T.E., Ojeda, M., Sarduy, L. & Díaz, L. 2020. "Evaluación de diferentes prácticas de protección de la semilla gámica en el establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray vc material 16". Livestock Research for Rural Development, Volume 32, Article #50, ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd32/3/idal32050.html>.
- Quiñones, N., Rodríguez, B., Ruiz, T.E., Vázquez, Y. & Rodríguez, H. 2022. "Resultados económicos del empleo de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* en la dieta de diferentes categorías de aves". Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 10(2): 149–155, ISSN: 2346-3775. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(10\)149-155](https://doi.org/10.17138/TGFT(10)149-155).
- Ribeiro, R.S., Terry, S.A., Sacramento, J.P., Silveira, S.R., Bento, C.B.P., da Silva, E.F., Montovani, H.C., da Gama, M.A.S., Pereira, L.G.R., Tomich, T.R., Mauricio, R.M. & Chaves A.V. 2016. "*Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows". PLoS ONE, 11(12): e0165751, ISSN: 1932-6203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165751>.
- Ríos, C.I. 1998. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Rios14.htm>
- Rivera, J.E. & Chará, J. 2021. "CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from cattle excreta: A review of main drivers and mitigation strategies in grazing systems". Frontiers in Sustainable Food Systems, 5: 657936, ISSN: 2571-581X. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.657936>.
- Rivera, J.E., Chará, J. & Barahona, R. 2018a. "CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from grasslands and bovine excreta in two intensive tropical dairy production systems". Agroforestry Systems, 93(3): 915–928, ISSN: 1572-9680. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0187-9>.
- Rivera, J.E., Chará, J., Gómez-Leyva, J.F., Ruiz, T. & Barahona, R. 2018b. "Phenotypic variability and phytochemical composition of *Tithonia diversifolia* A. Gray for sustainable animal production". Livestock Research for Rural Development, Volume 30, Article#200, ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. [lrrd.org/lrrd30/12/rive30200.html](http://www.lrrd.org/lrrd30/12/rive30200.html).
- Rivera J., Colcombet L., Santos-Gally R., Murgueitio E., Díaz M., Mauricio R., Peri P. & Chará J. 2021. Sistemas Silvopastoriles: Ganadería Sostenible con Arraigo e Innovación. CIPAV. Cali, Colombia.656 p.
- Rivera, J.E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, O., Hurtado, E.A., Arenas, F.A., Chará, J. & Murgueitio, E. 2015. "Effect of an intensive silvopastoral system (iSPS) with *Tithonia diversifolia* on the production and quality of milk in the Amazon foothills, Colombia". Livestock Research for Rural Development, Volume 27, Article#189 (In Spanish), ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. [lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html](http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html).
- Rivera, J.E., Gómez-Leyva, J.F., Castaño, K., Morales, J.G., Barahona, R. & Del Val, R. 2017. Molecular, chemical and morphological diversity in *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray for animal feed in Colombia and Mexico. Libro de Actas IX Congreso Internacional Sobre Sistemas Silvopastoriles. Manizales, Colombia, 6–8 September 2017. p. 249–255. (In Spanish).
- Rodríguez, I., Crespo, G., Herrera, M. & Medina, Y. 2018a. "Comportamiento del pH, P asimilable y Ca y Mg cambiables en un suelo Ferralítico ocupado por un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y gramíneas asociadas". Livestock Research for Rural Development, Volume 30, Article #153, ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd30/9/irod30153.html>.
- Rodríguez, I., Padilla, C. & Ojeda, M. 2019. "Características de la germinación de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de vivero". Livestock Research for Rural Development, Volume 31, Article #69, ISSN: 2521-9952. Retrieved: May 11, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd31/5/idalma31069.html>.
- Rodríguez, B., Savón, L., Vázquez, Y., Ruiz, T.E. & Herrera, M. 2018b. "Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras". Livestock Research for Rural Development, Volume 30, Article #56, ISSN: 2521-9952. Retrieved: October 3, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/brod30056.html>.
- Romero Medina, O., Galindo Ospina, A., Murgueitio Restrepo, E. & Calle Díaz, Z. 2014.
- Royal Botanical Garden Kew. 2022. Asteraceae Bercht. & J. Presl. Accepted Genera. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:319342-2>.
- Royal Botanical Garden Kew. 2022. Asteraceae *Tithonia* Desf. ex Juss. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:11315-1>.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Achan, G., Díaz, H. & González, J. 2018. "Capacidad germinativa de semilla gámica de materiales colectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba". Livestock Research for Rural Development, Volume30, Article #5, ISSN: 2521-9952. Retrieved: October 3, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd30/5/ruiz30081.html>.



- Ruíz, T.E., Febles, G.J., Galindo, J. L., Savón, L. L., Chongo, B.B., Torres, V., Cino, D.M., Alonso, J., Martínez, Y., Gutiérrez, D., Crespo, G.J., Mora, L., Scull, I., La O, O., González, J., Lok, S., González, N. & Zamora, A. 2014. "*Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos". Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48 (1): 79-82, ISSN: 0034-7485.
- Rzedowski, G.C. de & Rzedowski, J. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Santos-Gally, R. & Boege, K. 2022. Biodiversity Islands: The Role of Native Tree Islands Within Silvopastoral Systems in a Neotropical Region. In: Montagnini, F. (eds) Biodiversity Islands: Strategies for Conservation in Human-Dominated Environments. Topics in Biodiversity and Conservation, vol 20. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92234-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92234-4_5).
- Santos-Gally, R., Boege, K., Fornoni, F. & Domínguez, C. 2019. Ganadería sostenible en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México: el equilibrio entre la producción y la conservación de la biodiversidad. Chará, J., Peri, P. & Rivera, J. (eds). Actas IX Congreso Sistemas Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible. Cali, Colombia, p. 318.
- Santos-Gally, R., Muñoz, M. & Franco, G. 2019. Efecto de la latencia sobre la germinación de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). X Congreso Internacional de sistemas silvopastoriles por una producción sostenible. Libro de Actas. EDITORES: Julián Rivera, Pablo Peri, Julián Chará, Maura Díaz, Luis Colcombet, Enrique Murgueitio. ISBN: 978-958-9386-91-0. 2019. Editorial CIPAV. p.420.
- Shariati, M.A., Khan, M.U., Hleba, L., Krebs de Souza, C., Tokhtarov, Z., Terentev, S., Konovalov, S., Arduvanova, F., Batischeva, N., Shigapov, I., Ekaterina, S. & Kantimerova, M. 2021. "Topinambur (the Jerusalem artichoke): Nutritional value and its application in food products: An updated treatise". Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 10(5): e4737, ISSN: 1338-5178. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4737>.
- Scull, I., Savón, L., Ruíz, T.E. & Rodríguez, Y. 2022. "Componentes químicos y efecto de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) en la calidad de la carne de cerdos en crecimiento-ceba". Livestock Research for Rural Development, Volume 34, Article #33, ISSN: 2521-9952. Retrieved: October 3, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd34/4/3433idan.html>.
- Solarte, L.H., Murgueitio, E., Gonzales, J. G., Uribe, F., Manzano, L. & Rivera, J.E. 2013. "Aporte nutricional de los Bancos Mixtos Forrajeros (BMF) a los sistemas de producción bovinos bajo pastoreo". Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 26 (3): 442, ISSN: 0120-0690.
- Ziegler, A., Rossner, M. B. & Yáñez, E.A. 2022. "Defoliation frequency and intensity effects on biomass production and the morphology of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray". Livestock Research for Rural Development, Volume 34, Article #62, ISSN: 2521-9952. Retrieved: September 25, 2022. <http://www.lrrd.org/lrrd34/7/3462ari.html>.

**Received: January 5, 2022**

**Accepted: February 22, 2022**