

Tithonia diversifolia arbusto de interés para la ganadería

Autoría principal

Tomás Elías Ruiz Vázquez¹, Jatnel Alonso Lazo¹, Gustavo Julio Febles Pérez¹, Juana Luz Galindo Blanco², Lourdes L. Savón Valdés², Bertha B. Chongo García², Yuley Martínez Llanes³ y Orestes La O León³.

Otros autores

Delfín Gutiérrez González³, Verena Torres Cárdenas⁵, Idania Scull Rodríguez², Delia María Cino Nodarse¹, Gustavo Jacinto Crespo López¹, Luis Mora Castellanos⁴, Humberto Díaz Rodríguez¹, Geovani Achang Fraga¹ y Justo González¹.

Colaboradores

Denia Delgado Fernández², H. Joel Ortega⁶, Daimarys González¹, Silvano Fraga¹, Julio Achang⁴, Lucía Sarduy⁵, Niurka González Ibarra², Yasmila Hernández Herrera², Ana Irma Aldama², Onidia Moreira Cardó², Yuri Rodríguez Mendoza⁴, Andrés Zamora Mojena³, Damaris Fontes³ y Maritza Gutiérrez González.

Entidad ejecutora principal

Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

Filiación

¹Departamento de Pastos y Forrajes.

²Departamento de Fisiología Digestiva.

³Departamento de Manejo y Alimentación de Rumiantes.

⁴Departamento de Manejo y Alimentación de Monogástricos.

⁵ Departamento Biomatemática.

⁶ Departamento Veterinaria.

Autor para correspondencia

Dr. Tomás Elías Ruiz Vázquez

Instituto de Ciencia Animal

Carretera Central, Km. 47 ½, AP No. 24, San José de Las Lajas, Mayabeque. CP 3270

Teléfonos: (047) 99453 ó 99180 – 83

E-Mail: teruizv@ica.co.cu

Resumen

El presente material tuvo como objetivo evaluar un grupo de materiales de *Tithonia diversifolia* para conformar una tecnología para la producción de biomasa, comportamiento bajo corte y pastoreo, y estudiar el comportamiento biológico y fisiológico de animales que se emplean para el desarrollo ganadero. Así como contribuir a poder disponer de nuevos arbustos para su inclusión en sistemas silvopastoriles. La información que se ofrece, pone al servicio del sector científico y agropecuario las bondades de materiales colectados de esta planta en la zona central y occidental de Cuba. Los que son resultados de un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa de follaje abundante en el trópico y componente de la flora cubana. Se ofrece información sobre sus características adaptativas, botánicas, crecimiento, constituyentes químicos, nutritivos y productivos. Además, se obtienen tecnologías de producción en las variantes de follaje de corte, pastoreo y abono verde, así como la forma de plantación para establecimiento. También del efecto de este arbusto en el comportamiento de indicadores fisiológicos, productivos y de salud en cerdos en crecimiento, terneros y cabras, con sus beneficios biológicos y económicos. Todo lo anterior, ofrece la posibilidad de disponer de otra planta arbustiva para ser utilizada en Sistemas Silvopastoriles. Los resultados indicados anteriormente nos ponen en condiciones para que esta planta sea explotada de forma

correcta, y sean utilizados los materiales apropiados según el fin productivo que se desee. La introducción y difusión de la tithonia en la práctica social contribuirá a la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas productivos en la ganadería tropical. Los resultados alcanzados se divulgaron en 6 premios nacionales, 4 informes finales de proyectos, 24 publicaciones periódicas, 42 trabajos presentados en eventos nacionales e internacionales, 32 trabajos presentados en el Fórum de Ciencia y Técnica, de ellos 20 premiados, 2 maestrías, 6 tesinas, 8 metodologías, 1 manual técnico, 1 libro y se cuenta con 21 avales nacionales e internacionales. Esperamos que todo este trabajo sirva para una mejor utilización de esta planta, el avance del conocimiento y de la ganadería tropical.

Comunicación Corta

Introducción

Entre los recursos naturales, es sin lugar a dudas la flora de gran interés para el hombre. El conocimiento y manejo de este recurso constituye un reto para investigadores productores y docentes en el sentido que a través de ella podemos lograr un mejoramiento sustancial de la composición florística de las áreas ganaderas. Un método para lograr este objetivo es el que se refiere a la recolección de especies vegetales.

Tithonia diversifolia es una planta herbácea de la familia de las compuestas, (Asteracea), originaria de Centro América (Nash 1976 y Murgueito 2005) e introducida en el territorio restante de América Latina y el Caribe. Esta especie forma parte de la flora de Cuba, donde se ha naturalizado con el nombre vulgar de Margaritona. También se le conoce en Cuba como margarita gigante y margarita isleña (Roig 1928 y Roig 1974).

Por todo lo anterior, un grupo multidisciplinario del Instituto de Ciencia Animal elaboró y desarrolló un proyecto nacional de investigación para evaluar este arbusto en temas que se agrupan en agronomía, evaluación del potencial nutritivo y su efecto en la fisiología digestiva de bovinos y ovinos, alimentación de terneros y cabritos, efecto en la fisiología digestiva y comportamiento biológico de cerdos y su alimentación:

Agronomía

Las investigaciones concernientes a esta disciplina lograron integrar y profundizar en todos los aspectos esenciales de la evaluación de materiales de tithonia, establecimiento, producción de forraje y pastoreo lo que significó sentar las bases científico –prácticas necesarias para poder utilizar eficientemente la especie vegetal estudiada y prolongar su vida útil en función de la producción animal, mediante la ejecución de 19 experimentos en campo.

Evaluación de germoplasma

Se informa por primera vez (Ruiz et al 2010 y 2010 a), las características botánicas y del desarrollo de 29 materiales colectados de *Tithonia diversifolia* en cinco provincias del centro – occidente de Cuba, mediante análisis multivariado. Se constató que en la estación lluviosa se explicó 81.16 % de la variabilidad, mientras que en la poco lluviosa fue de 94.34 %. Las variables de mayor preponderancia fueron hojas totales, verdes, amarillas, secas y caídas /planta y tallos/planta, todas con relación positiva.

En la estación lluviosa los materiales del Grupo 1 fueron 1,2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,22,23,24 y 26 mostrando valores mayores de los indicadores medidos, tanto en los componentes principales hoja y estructura (altura y grosor del tallo). Existió otro grupo donde se destacó el componente hoja en los materiales 14,17 y 29 (Grupo3), y el componente estructura en 4, 13, 19, 21,25 y 27 (Grupo 2).En esta misma estación, el Grupo 3 presentó los mayores valores del desarrollo y se indicaron como caracteres no deseados las cifras alcanzadas para el grosor del tallo (7,3 mm), número de flores /planta (152) y número de hojas caídas/planta (414).En sentido general , los Grupos 1 y 2 tuvieron un comportamiento semejante con relación a las medidas tomadas, y agrupan las plantas con un desarrollo intermedio: El Grupo 1 dispone de las plantas más altas (251 cm) de todo el material evaluado, así como también el mayor valor de la altura de la primera hoja (169 cm).El Grupo 2 posee un número más alto de hojas caídas (291) y secas (107) / planta y el mayor grosor del tallo (7,2mm).

En la estación seca se destacan en ambos componentes los materiales clasificados como 1,2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,19,21,22,23,24,25,26,28 y 29 (Grupo 1 y Grupo 4).En esta estación no existieron materiales que se aparten de este patrón común de manifestación en de los indicadores vegetales medidos y representan el 68,9 % del total de los materiales colectados. En la seca, el grupo 4 alcanzó los mayores valores para todas las medidas tomadas. Esto no siempre es positivo para indicadores como el número de hojas caídas (558) y la altura de la primera hoja verde (52 cm).Se observó que los materiales vegetales que forman los grupos 1 y 2 durante la estación seca, aunque tuvieron un comportamiento bastante semejante, también presentaron diferencias. Entre estas pueden referirse las plantas del grupo 1, que tuvieron menor número de tallos/planta (32), y las del grupo 2, que fueron de menor altura (71 cm) y menor número de hojas caídas (232).Además, tuvieron menor grosor del tallo (5,7 mm) y menor altura de la primera hoja verde (31 cm) en todos los materiales evaluados.

El comportamiento durante 16 semanas de 9 materiales destacados de *Tithonia diversifolia* en relación con algunos componentes morfológicos indicó (Ruiz et al 2012,2012 a, 2012 b y 2013), que el modelo de Richards no resultó adecuado para describir el comportamiento de ninguna de las variables estudiadas, mientras que los otros modelos: Exponencial, Gompertz, Logístico, Cuadrático y Lineal se ajustaron de forma diferente según las características del crecimiento de los materiales y la medida evaluada. Todas las plantas tienen un crecimiento lento en las primeras semanas después del corte para todas las medidas en estudio. Los materiales que integralmente presentan indicadores altos de crecimiento son el 5 y 23.Mientras el 10 es intermedio y el 16 y 17 bajo. La información encontrada nos pone en condiciones de poder desarrollar trabajos futuros relacionados con la producción de biomasa, ya sea para corte o pastoreo.

Se destaca como un aporte al conocimiento la capacidad de germinación que tienen las semillas gámicas de los 29 materiales evaluados (Ruiz et al, 2014), que osciló desde 3 hasta 73% y se comprobó que 12 de ellos, presentaron valores superiores al 28 %. Los materiales de mayor porcentaje fueron el 13,17 y 25.Lo que indica la posibilidad de sembrar esta planta por vía gámicica.

Las investigaciones de germoplasma desarrolladas posibilitaron disponer de mayor diversidad de materiales vegetales para ampliar el uso de la *Tithonia diversifolia* en condiciones prácticas según fin productivo lo que se informa por primera vez en la literatura. Además, se desarrolló una metodología original, sencilla y práctica de evaluación de árboles.

Producción de Forraje

Se alcanzó mayor rendimiento de tithonia a distancias de 0,5 m entre surco para ambas épocas del año y la plantación debe ser cortada a alturas entre 10 y 15 cm, con frecuencia de corte de 60 y 80 días en la estación de lluvia y seca respectivamente (Ruiz et al 2012c). El costo de establecimiento fue de 790,93 pesos. Se recomienda emplear los materiales vegetales de tithonia 5, 10, 16 y 23 para la producción de forrajes. La evaluación económica de la elaboración de la harina tiene una inversión monetaria en pesos de 108,84 / t y de 19,04 para forraje verde.

Plantación

La plantación de tithonia se debe realizar acostando el tallo en el fondo del surco y utilizando indistintamente la parte basal o media con grosor de 2,0 – 3,0 cm, a una profundidad de 0,10 m y dosis de 3 – 4 t/ha de tallos (Ruiz et al 2009), lo que logra plantas con mejor desarrollo, más población y mayor producción de biomasa.

Implementación y uso en sistemas de pastoreo

La utilización y desarrollo de elementos tecnológicos en sistemas de pastoreo con esta planta fueron pioneros en la literatura nacional e internacional y posibilitaron establecer las bases para su introducción en sistemas silvopastoriles. Lo que constituyó la clave fundamental para avanzar en los estudios específicos de manejo de la tithonia para estos fines. Los trabajos iniciales evaluaron diferentes intensidades de pastoreo con el objetivo de constatar su aprovechamiento. La experiencia, con una intensidad de pastoreo de 164 vacas secas ha⁻¹ mostró que después de la adaptación, el número de animales que consumieron este arbusto aumentó hasta 37 % durante el tercer pastoreo.

Al evaluar integralmente en pastoreo la colección de materiales disponibles de tithonia (Ruiz et al 2009 a y 2013a) se apreció que no todos (15, 20 y 28) fueron apetecidos por los animales, mientras que las colectas 3, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 fueron las más pastadas al ser ramoneadas en 100 %. A estas últimas se unen la 1, 2, 5 y 6 con 80 % de remoción de su follaje. De este trabajo se recomienda que los materiales menos pastados, entre 10 y 40 %, no deben ser descartados y sí incluirlos en trabajos futuros con esta especie. En las colectas 24 y 17 el porcentaje de animales que consumieron tithonia no sobrepasó el 20 %, mientras que para el resto de las colectas se alcanzaron cifras superiores y se destacaron 23, 10 y 13 con valores muy cerca al 30 % (Ruiz et al 2013 a).

Existió un comportamiento estacional para los materiales estudiados con animales para el número y peso de hojas / tallo. Los materiales 3, 5, 10 y 24 tuvieron igual comportamiento estacional, mientras 23 y 25 solo se destacaron en la estación lluviosa y el 16 en la seca. El 17 alcanzó los menores indicadores en ambas estaciones.

Haciendo un análisis integrado de las tres variables, los indicadores altura del plantón, peso de 100 hojas y peso de la planta íntegra (MV) evidenciaron que las colectas 5 y 23 son de alto porte y más hojas; la colecta 10 tuvo porte medio y peso de hojas intermedio y las colectas 16 y 17 fueron de porte bajo y tienen menos hojas.

A partir de estos estudios se definieron elementos tecnológicos para el uso de esta especie en sistemas silvopastoriles. El incremento de la distancia entre surco (0.75 vs 1.50 m), aumentó la cantidad de animales comiendo (Ruiz et al 2013a). Estos trabajos posibilitaron definir que este arbusto debe ser plantado, para pastoreo con bovinos adultos, a una distancia de 3 ó 4 metros entre surcos. El costo de establecimiento para este sistema es de 443,74 en pesos. El inicio del pastoreo se debe realizar cuando la planta tiene una altura entre los 1,00 y 1,50 m después del corte de establecimiento (Alonso et al .2013). El acceso de los animales al material disponible, cuando el pastoreo se inicia a mayores alturas, disminuye y dificulta el manejo de la plantación por bajo aprovechamiento del follaje de las plantas en pastoreo. Explotar el sistema con 45 - 60 y 70 - 90 días de reposo en el periodo lluvioso y poco lluvioso respectivamente, indicaron el mejor comportamiento productivo de la tithonia con disponibilidades por rotación de 2,28 y 2,93 t MS/ha para cada estación. En estos casos, los animales dedican entre el 20 – 50 % aproximadamente al pastoreo. Se recomienda emplear los materiales vegetales 3, 5, 10, 23, 24 y 25 para su pastoreo.

La información que se ofrece indica la oportunidad de disponer de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en Cuba, que pueden ser utilizado en sistemas de pastoreo. Conjuntamente, brinda elementos tecnológicos para el establecimiento y explotación de esta planta en pastoreo, lo que constituye una nueva posibilidad de utilización de este recurso arbóreo tropical en sistemas silvopastoriles.

Abono verde

La incorporación al suelo de 12 t/ha base fresca de esta planta (Crespo et al. 2013), con 6 semanas de edad, tanto en junio como en agosto, constituyó un excelente abono verde que incrementó significativamente el rendimiento del forraje sucesor *Pennisetum purpureum* vc Cuba CT-169 (17,0 t MS/ha) en un suelo Ferralítico rojo lixiviado, disminuyó la densidad aparente del suelo (0,79 g/m³) e incrementó los contenidos de MO (3,70 %), N-total (0,24 %), potasio (47,6 ppm) y magnesio (0,14 %). Adicionalmente, se produjo un efecto residual beneficioso del abono verde en el rendimiento de este forraje.

Evaluación del potencial nutritivo

Mediante la ejecución de 34 experimentos *in vitro*, *in situ* e *in vivo*, se estudió la composición química, el valor nutritivo de *T. diversifolia* y su efecto en la fisiología digestiva de animales rumiantes y monogástricos.

Efecto en la fisiología digestiva de bovinos y ovinos

El resultado que se presenta constituye un aporte de importancia en el campo de la fisiología ruminal de animales bovinos que consumen *Tithonia diversifolia* y permitió conocer las bases que rigen la utilización de este arbusto.

Por primera vez en Cuba se informó que la evaluación de materiales vegetales de *T. diversifolia* (3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 y 25) reveló valores de proteína, FND y hemicelulosa que oscilaron desde 18.26 a 26.40 %, 32.62 a 41.83 % y 14.79 a 25.74 % respectivamente, lo que denota amplia variabilidad interespecífica (La O et al, 2012). Esta planta presenta cantidades abundantes de reductores totales (+++), moderadas de taninos (++) , flavonoides y alcaloides, así como bajos valores (+) de saponinas, triterpenos y antocianidinas (Galindo et al, 2013).

Mientras que la combinación de diferentes niveles *T. diversifolia m. v. 10: P. purpureum* Cuba CT- 115 (control 0, T1, 15 %, T2, 30 % y T3, 100 %) indicó que la relación 15:85 permitió una mayor capacidad fermentativa del CT-115 y la inclusión del arbusto, provocó un aumento en la eficiencia y velocidad de producción de gas del CT-115, lo que pudiera favorecer la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos del rumen (La O et al 2009). Los resultados de la fermentación se ajustaron al modelo exponencial $Y = a + b * (1 - \exp(-c * t))$. La mayor velocidad de producción de gas (c) se obtuvo para 100 % de *Tithonia*, con 0.06 % h⁻¹ con respecto al CT-115 con 0.035 % h⁻¹. El comportamiento de la producción de gas acumulada se caracterizó por incrementar el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos, con valores de 33.3, 30.1, 28.06 y 30.1 a las 72 h, para 15 y 30 % de inclusión, *Tithonia diversifolia* y CT-115 solos, respectivamente. Los resultados obtenidos permiten sugerir, por los estudios *in vitro*, que el nivel de 15 % permite mayor capacidad fermentativa del CT-115 y que la inclusión de esta planta provoca aumento en la eficiencia y velocidad de producción de gas del CT-115.

Se demostró que el potencial fermentativo de la planta presentó valores de producción de gas desde 26.60 hasta 27.85, que se corresponden con los valores de proteínas solubles de hasta 40 % de la proteína total, altos contenidos de azúcares totales (39,8%) y carbohidratos solubles en agua (7.2 %) (La O et al, 2010). Al evaluar la edad de corte (30, 50, 70, 90 y 110 días) en la capacidad fermentativa y dinámica de degradación ruminal *in situ* de la materia seca de *T. diversifolia* se observó que la cinética se caracterizó por un incremento de la producción de gases con el tiempo de exposición de las muestras al ataque microbiano, con valores de 36.03, 32.12, 34.12, 37.11 y 34.7 para 30, 50, 70, 90 y 110 días de rebrote, respectivamente, con mayores valores en producción de gases a 90 h. De igual manera, los ritmos de velocidad de producción de gases (**c**) encontrados son similares a los obtenidos para diferentes plantas tropicales evaluadas con anterioridad por el grupo de investigación (La O et al, 2012). La evolución en la dinámica de degradación ruminal *in situ* de la MS mostró un aumento progresivo de tipo asintótico, mientras los valores de degradabilidad efectiva de MS para diferentes constantes de velocidad de recambio ruminal (k=0.03, 0.044 y 0.05 %/h) tuvieron un comportamiento similar en todos los nutrientes y oscilaron desde 46.39-60.46; 42.40-56.23; 41.75-53.86 y 41.18-53.31, para 30, 50, 70 y 90 días de rebrote, respectivamente (La O. et al., 2008). Por su parte, la digestibilidad verdadera de la MO, determinado mediante Daisy mostró valores entre 65,27 (*T. diversifolia* m.v.- 3) y 70,22 (*T. diversifolia* m.v.- 13) (La O et al.2012).

La información obtenida en la DAIVMS, MO, FND, FAD, así como en la DVIVMS, MO, FND, FAD, mediante el uso del incubador Daisy II® de diferentes materiales vegetales de

T. diversifolia, (3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 y 25) permitieron obtener estimados de digestibilidad aparente de MS y MO (DAIVMS y DAIVMO) con valores inferiores a las digestibilidades verdaderas de ambos constituyentes (DVIVMS y DVIVMO). Los valores de DAIVMS estuvieron en el rango de 72.25 a 79.77 %, y los de DAIVMO de 57.71 a 66.20 % con respecto a las cifras de DVIVMS y DVIVMO, que oscilaron de 81.08 a 85.66 %, y de 65.27 a 70.22 % respectivamente (La O et al.2012). Al estudiar las digestibilidades aparentes y verdaderas de la pared celular y la FAD se evidenció igual comportamiento de la MS y MO, con valores análogos en cuanto a la tendencia de las digestibilidades, verdaderas y aparentes, y diferencias significativas en los materiales vegetales. Los valores de DAIVMS, MO, FND, FAD, así como de DVIVMS, MO, FND Y FAD evidenciaron diferencias entre los ecotipos estudiados, con resultados de digestibilidades confiables y posibles de comparar. Las variaciones entre las digestibilidades verdaderas y aparentes estuvieron en el rango de 5 % para FND y hasta 2 % para FAD.

Los resultados alcanzados nos indican que es posible utilizar *T. diversifolia* en la alimentación de animales rumiantes y las edades entre 70 y 90 días son las que permiten un mayor aprovechamiento de los nutrientes por el animal.

Tithonia diversifolia es una planta promisoría para su empleo con fines de manipular la ecología microbiana ruminal, reducir la población de metanógenos, los protozoos, así como incrementó la población de bacterias celulolíticas cuando se empleó a razón de 10% de la MS total.

La investigación que se realizó pone a disposición de la comunidad científica la información relativa al hecho de que diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* (MV 3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 y 25) reducen la representación de los microorganismos del dominio de las Archaea o metanógenos en el rumen. *T. diversifolia* m.v. 23 resultó ser más promisoría, al proveer de $13,4 \times 10^9$ ufc/mL metanógenos. Los conteos de metanógenos fueron 23,5; 21,3; 16,2; 20,0; 19,4; 22,5 y 20,2 para los materiales vegetales 3, 5, 6, 10, 13, 17, 24 y 25, respectivamente) (Galindo et al, 2013). La suplementación de *P. purpureum* con 20% de *Tithonia* m.v. 23 produjo un marcado efecto reductor de la población de protozoos en el rumen y disminuyó la población de metanógenos ruminales ($45.5; 27.5$ y 16.0×10^9 ufc/mL para los niveles 0; 10 y 20% en base a materia seca, respectivamente). Asimismo, la suplementación con 10% de esta planta promueve una mayor población de bacterias celulolíticas y de viables totales en el rumen de los animales. Todos los materiales vegetales de *T. diversifolia* evaluados redujeron la población de metanógenos ruminales y se destacaron como los más promisorios los No. 10 y 23. La utilización de esta planta permitió mitigar las emanaciones de metano a la atmósfera, procedente de la fermentación ruminal, lo que contribuyó a reducir el efecto que este gas ejerce como efecto invernadero. (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

La comparación de los dos materiales vegetales de *T. diversifolia* más promisorios: (*T. diversifolia* m .v. 23 y *T. diversifolia* m.v. 10) con las plantas *Samanea saman*, *Albizia lebeck*, *Azadirachta indica*, *Cordia alba*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecelobium dulce*,

Moringa oleifera, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Enterolobium cyclocarpum* con la gramínea tropical *Cynodon nlemfuensis* permitió informar que el contenido en proteína bruta de las mismas se encuentra entre 14.25% en *A. indica* hasta 29.47% en *L. leucocephala* (Galindo et al, 2014). El tamizaje fitoquímico del follaje de estos árboles y arbustos indicaron en *A. indica*, *L. leucocephala* y *E. cyclocarpum* una alta presencia (+++) de taninos, moderadas cantidades de este metabolito en *S. saman*, *G. ulmifolia* y en los dos materiales vegetales de *T. diversifolia* que se evaluaron. Ninguna de las plantas se destacó por altas cantidades de saponinas. Las más sobresalientes fueron *A. lebbeck*, *L. leucocephala* y *G. sepium*, las que presentaron moderada respuesta (++), aunque en el resto se detectó (+) presencia de este metabolito. La presencia de reductores (+), flavonoides, triterpenos, esteroides, alcaloides y antocianidinas fue variable entre las diferentes plantas mientras que en *Moringa oleifera* no se detectó la presencia (-) de esteroides y antocianidinas (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

La capacidad anti protozoaria de las plantas fue demostrada. Todas reducen estos grupos microbianos en condiciones in vitro. Sus poblaciones fueron: 4,5; 3,7; 4,5; 4,6; 4,6; 4,5; 4, 4,6; 6; 6; 5; 6 y 9×10^6 células/ml para las plantas *S. saman*, *A. lebbeck*, *T. diversifolia mv-23*, *C. alba*, *L. leucocephala*, *P. dulce*, *M. oleifera*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *T. diversifolia mv-10*, *E. cyclocarpum* y *C. nlemfuensis*, respectivamente. En otra investigación se demostró que el empleo de 30% de *S. saman*, *A. lebbeck*, *T. diversifolia m.v.-23* en fermentaciones con pasto estrella mostró que no hubo efectos en la población de bacterias viables totales. La reducción en los metanógenos en relación al control fue de 37; 50 y 50% para *S. saman*, *A. lebbeck* y *T. diversifolia*, respectivamente. *A. lebbeck* y *T. diversifolia* incrementaron las bacterias celulolíticas y *S. saman* redujo esta población (Galindo et al, 2012).

La sustitución de maíz y soya por *T. diversifolia m.v.-23* en un suplemento para vacas lecheras y su comparación con un suplemento similar, pero sin sustituir las materias primas mencionadas, permitió la obtención de dos productos isoproteicos, pero sus contenidos en EM fueron de 2,74 Mcal/kg de MS y 3,03 Mcal/kg para el producto con y sin tithonia, respectivamente. El efecto de un suplemento con tithonia produjo 43×10^6 ufc/ml bacterias celulolíticas, mientras que en el control la población de este grupo fue 39×10^6 ufc/ml. Las bacterias amilolíticas y hongos celulolíticos no se modificaron por la inclusión de tithonia en el suplemento y las bacterias totales se redujeron en 27% su población debido a la inclusión de tithonia. *T. diversifolia* en el suplemento redujo a $\frac{1}{2}$ la población de protozoos del rumen, incrementó el pH y la concentración de NH_3 (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

Al estudiar el ensilaje de proporciones diferentes de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum purpureum* vc. *Cuba CT-169*, inoculadas con el producto biológico VITAFERT (Gutiérrez et al. 2014), mostró incremento en el contenido de PB y ceniza, y reducción de FND en la totalidad de las mezclas inoculadas con VITAFERT. La combinación 20:80 Tithonia: Pennisetum con 4.5 % de VITAFERT en la mezcla, logró mayor degradabilidad (48 %) en menor tiempo (30 h), velocidad de degradación ($c=13 \text{ \% h}^{-1}$) y degradabilidad efectiva, ($\text{DE k } 0.02= 42.49 \text{ \%}$, $\text{k } 0.04= 38.32 \text{ \%}$).

Alimentación de terneros

Se demostró una composición química favorable del material vegetal 10 de *Tithonia* evaluado para la dieta de animales rumiantes en crecimientos (terneros y corderos) basado en las características de sus componentes (Chongo et al.2009), fracciones proteicas que estuvo compuesta por 34,26 % de albuminas , 31,59% de globulinas,13,84 de prolaminas y 24,28 % de glutelinas, y metabolitos secundarios, que indicaron alta presencia de grupos aminos 1^{ri}os y 2^{ri}os, media de alcaloides, baja de compuestos fenólicos, taninos , triterpenos / esteroides y saponinas (baja) y no detectado glicósidos. Además se ofrece el comportamiento de la DAIVMS (79,77); DAIVMO (66,30) y las DAIVFND (26,03) y DAIVFAD (14,22) que indicaron resultados alentadores para esta categoría de rumiantes. (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

Se observó, por primera vez en Cuba, que la Producción de Gas in vitro (PGIV), con inóculo ruminal de terneros con diferentes edades, de la dieta integral con diferentes niveles de harina de *Tithonia diversifolia material vegetal 10* no se afectó con el nivel de harina de esta especie en la dieta integral y se incrementó con la edad de los terneros donantes del inóculo (Chongo et al. 2009 y Martínez et al. 2013). Cuando *T. diversifolia* se combinó con los *Pennisetum purpureum Cuba CT-115* y *Cuba CT-169*, la PGIV mostró una mayor expresión cuando estos se combinaron hasta 50% y fue superior con el *Pennisetum purpureum Cuba CT – 169*.

Se demostró que las características del consumo y la rumia de los terneros estuvieron beneficiadas (Martínez et al, 2010) por la inclusión de harina de *Tithonia diversifolia en la dieta integral (nivel de inclusión 5 -15 %)*. Se alcanzó buen consumo hasta los 120 días de edad, con un promedio por animal (30 – 120 días) de 2.65 kg /animal/ día en base seca y de 3,35 – 3,58 kg MS/100 kg PV.

Mientras el comportamiento alcanzado en la prueba biológica (30 a 120 días de edad) permitió lograr ganancias medias diarias entre 739 a 783 g/a/d y de 109 a 117 kg de PV promedio a los 120 días en las combinaciones de harina de *T. diversifolia* y heno (Martínez et al. 2009), además fueron superiores a las pronosticadas en los modelos estudiados y semejantes al control. Además, se logró que los terneros superaran los 100 kg de peso vivo a los 4 meses.

El empleo de la harina de *T. diversifolia* en la dieta integral permitió los indicadores de salud adecuados de los terneros durante el estudio, resulta interesante destacar que los niveles de hemoglobina fueron de 118.0-134 g L⁻¹ a los 120 días (Martínez,2009 a), lo que indicó que en su composición este material vegetal parece aportar componentes beneficiosos para estos indicadores.

Al utilizar la *tithonia* en la dieta integral en los niveles propuestos (5- 15 %) siempre fue superior a la dieta tradicional, al tener un costo estimado entre 1.39 – 1.42 pesos por cada kg de peso vivo producido (Cino et al, 2012). Por lo cual, la misma posibilitan una reducción de los costos de crianza, esto se debe a mejora de la calidad de las dietas, el comportamiento productivo de los animales, además contribuye a reducir en parte

materias primas costosas de la dieta, haciéndola más viable para el pequeño productores. En términos de proteína, contribuye a 1,47 – 4,62 % de proteína de la dieta, aporta de energía metabolizable 29,66 – 29,92 MJ entre otros componentes sin afectar en comportamiento de los terneros Chongo, 2009).

Se presenta una metodología que por primera vez permite evaluar dietas integrales con el inóculo del animal joven, con buenos resultados, uso de métodos menos invasivos y de actualidad, al mismo tiempo que permite economizar recursos y tiempo. Lo que también permitió aportar criterios de evaluación con el desarrollo ruminal del ternero.

Alimentación de cabritos

Resultó posible incluir hasta el 50% de esta especie forrajera en una dieta integral para cabritos a partir de los 7 días de nacidos como suplemento proteico que garantice un nivel de proteína (16 – 18 %) estable que garantizó el crecimiento acelerado y regular, al favorecer el consumo voluntario de materia seca y mejorar parámetros productivos y de eficiencia de la ración (Gutiérrez et al. 2010). Redujo el tiempo de crianza del cabrito lactante a unas 13 semanas (*sistema convencional 18 semanas*), y se sustituyó dentro de la mezcla comercial de concentrado 50% del material proteico con esta planta, sin que se afecte el aporte esperado en la mezcla y los estandartes de alimentación de la especie y categoría. Se alcanza en la etapa prerumiantes ganancia diaria de peso 60-90gr, consumo de fibra bruta entre 0.50-0.98% del peso vivo y mejora en la eficiencia de conversión alimentaria de manera que los animales puedan excluir a edades temprana la alimentación láctea, sin que se produzcan estancamientos ni depresiones en el crecimiento. El costo estimado fue 11.75 pesos por cada kg de peso vivo producido. (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

Efecto en la fisiología digestiva y comportamiento biológico de cerdos

El resultado que se presenta constituye un aporte de importancia en el campo de la fisiología de animales monogástrico que consumen *Tithonia diversifolia* y permitió conocer las bases que rigen la utilización de este arbusto.

Los estudios de composición química en proteína bruta (24,15 y 24,38 %), proteína verdadera (20,75 y 22,55 %), FDN (33,26 y 37,33 %), lignina (6,92 y 5,45 %), FDA (28,84 y 30,89 %), celulosa (21,13 y 24,55 %), hemicelulosa (4,42 y 6,44 %) y propiedades físicas de las harinas de forraje de *T. diversifolia* material vegetal 10 a diferentes edades de corte indicó que el mejor período para cortarla entre los 70 y 90 días, así como que el contenido de polifenoles (1,6 – 3,5 %) se incrementaba en la harina de forraje de tithonia con la edad de corte (Scull et al, 2008 y Savón et al, 2013). El tamizaje fitoquímico de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* material vegetal 10 indicó una presencia baja de taninos, alcaloides, saponinas y elevadas de carbohidratos. Se determinó que el contenido de polifenoles se incrementaba en la harina de forraje de tithonia con la edad de corte.

Los resultados del efecto de *T. diversifolia* en la fisiología de animales monogástricos constituye un aporte de importancia que permitió conocer las bases que rigen la utilización de este arbusto. La sustitución del 10 y 20% del pienso comercial para cerdos

por harina de follaje de tithonia mejoró las características nutricionales por un aumento del contenido proteico (12,22 y 13,24 %), así como una disminución de la fracción fibrosa, representado por la FDN (31,40 y 34,09 %), FDA (17,67 y 21,51%) y la celulosa (9,55 y 14,63) y no influyó negativamente en los coeficientes de DMS de las dietas (90,10 y 90,87 %), ni en la morfometría del tracto gastrointestinal (TGI), sin ocasionar trastornos en los indicadores sanguíneos y de salud (Savón et al., 2008). Se indica que tithonia en la dieta no afectó su volumen, sin embargo mejoró la capacidad de absorción de agua y disminuyó su solubilidad con el 10% (Savón et al, 2009).

Mientras se observó un comportamiento superior para la digestibilidad de la FDN en las dietas con el 10% y el 20% de sustitución de tithonia tanto con el uso del inóculo cecal como el fecal, en comparación con los resultados que mostró este indicador en la dieta control (28,73 -49,62 %). No se observaron diferencias significativas en la DMS entre las diferentes dietas e inóculos (83,43 – 84,86 %). No se apreció interacción en la Hg y el Hto independientemente de las dietas utilizadas y el momento en que fueron muestreados los animales. El tipo de alimento no influyó en la hemoglobina 113 -107,2 g/l (Hb) y en el hematocrito 0,35 -0,38 l/L (Hto), ya que sus valores se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos. Al considerar estos resultados, la sustitución del 10% y el 20% de tithonia pudiera ser una fuente de alimento importante para ser incluido en dietas para cerdos en ceba. Los linfocitos y neutrófilos tampoco mostraron interacción entre las dietas y el tiempo de muestreo, manteniéndose también dentro del rango fisiológico para la especie (Savón et al., 2009).

Hubo interacción ($P < 0.001$) entre las dietas y el tiempo de muestreo en el comportamiento de los eosinófilos ($0,1 - 0,5, C \times 10^9 / L$). El valor más elevado se observó en los animales que consumieron la dieta control ($1,7 C \times 10^9 / L$) en el momento del primer muestreo difiriendo significativamente ($P < 0.05$) del resto de las interacciones. Este resultado indica que los eosinófilos se encontraron por encima de sus niveles fisiológicos [$0.11 - 1.1 \pm 0,45 C \times 10^9 / L$] en la dieta control.

La población de bacterias proteolíticas y hongos se incrementaron con los niveles de tithonia, sin embargo se observó un comportamiento inusual en el comportamiento de las bacterias viables totales y celulolíticas que disminuyeron con el 10% de sustitución del pienso por harina de forraje de tithonia.

No se debe dejar de señalar en los componentes de la harina demostraron un ligero poder inmunogénico al estimular localmente las formaciones linfocíticas en aquellas asociadas a las mucosas en las placas de Peyer de los intestinos y en la pulpa blanca del bazo (corpúsculo de Malpigio) en los tratamientos experimentales (10 y 20%) de harina de forraje de Tithonia (Ortega et al., 2011). El nivel de inclusión más alto (20%) mostró efecto inmunosupresor en el bazo y reducción de las células del sistema del retículo endotelial. El porcentaje de sustitución en la dieta se manifestó sobre la mucosa intestinal a través de la hiperplasia del epitelio (20% de sustitución) y de las criptas conjuntamente con las células caliciformes o del acortamiento de las vellosidades que suponen la necesidad fisiológica para responder a la digestión de los factores antinutricionales presentes en la dieta.

La sustitución de pienso por 5% y 10 % de harina de forraje de 80 días de edad, originó ganancias aceptables en las categorías destete y crecimiento – ceba respectivamente, para la pequeña y mediana producción porcina (Savón et al.2008 y Mora et al., 2007). La sustitución del 5 % de pienso para cerdo recién destetado por harina de tithonia logra ganancia/animal de 201g vs 236g la dieta tradicional. Los resultados mostraron que es posible sustituir hasta el 10% del pienso para cerdos en crecimiento por harina de forraje de tithonia con ganancias aceptables de 528g/día vs 606g/día la dieta tradicional y que el nivel de sustitución del 20% también pudiera reportar beneficios económicos y ganancias similares al 10% con 508 g/animal/día. La misma tampoco afecte la composición nutricional de la carne y por ende su calidad (Scull et al.,2009). Lo anterior nos indica, que es posibles sustituir parte del pienso por harina de tithonia (10 y 20 %), alcanzando un menor costo de alimentación/ animal en moneda nacional para las dietas con inclusión de tithonia de 30,56 y 27,29 pesos respectivamente. Mientras el costo de alimentación total / unidad de ganancia fue algo superior 1,04 y 1,01 vs 0,98 pesos para la dieta tradicional. Igual comportamiento se presentó para el costo de alimentación pienso/unidad ganancia 1,00 y 0,94 vs 0,98 para la dieta tradicional (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

Un aspecto sobresaliente acerca del uso de esta planta en la alimentación, es que se apreció por primera vez en nuestro país (Savón et al, 2012) el posible efecto antiparasitario de la harina de follaje de tithonia con el material vegetal 10 cortado a 80 días de edad cuando se incluyó a niveles de 20% en sustitución del pienso total (tradicional), contribuyendo a mejorar el estado sanitario de cerdos. No se observó presencia de trichuris, ni de coccidias en el tracto digestivo y las heces fecales de los animales, lo que se corroboró por los resultados obtenidos en el análisis de eosinófilos en sangre total de los cerdos.

Debemos señalar que los resultados alcanzados con esta planta se indican en instructivo técnico con un lenguaje ameno y didáctico, que puede llegar hasta el productor primario, pone al servicio del sector agropecuario las bondades de esta planta, mostrando sus características botánicas, adaptativas, químicas y productivas. Además, se describen las tecnologías de producción en las variantes de follaje de corte, pastoreo y como abono verde. Así como, sus posibilidades de empleo en la alimentación animal con sus beneficios biológicos y económicos.

Novedades científicas que se derivan del trabajo

1. Se informa por primera vez, las características botánicas y del desarrollo de 29 materiales colectados de *Tithonia diversifolia* en cinco provincias del centro – occidente de Cuba .La variabilidad encontrada dio la posibilidad de disponer de un grupo de materiales de tithonia, que pueden ser pastoreados por animales bovinos (3, 5, 10, 23, 24 y 25) o empleados para la producción de forraje (5, 10,16 y 23).
2. Se destaca como un aporte al conocimiento la capacidad de germinación que tienen las semillas gámicas de los 29 materiales evaluados, que osciló desde 3 hasta 73% y se comprobó que 12 de ellos, presentaron valores superiores al 28 %. Los materiales de mayor porcentaje fueron el 13,17 y 25.Lo que indica la posibilidad de sembrar esta planta por vía gámica.

3. La utilización y desarrollo de elementos tecnológicos en sistemas de pastoreo con esta planta fueron pioneros en la literatura nacional e internacional y posibilitaron establecer las bases para su introducción en sistemas silvopastoriles.
4. El resultado que se presenta constituye un aporte de importancia en el campo de la fisiología ruminal de animales bovinos que consumen *Tithonia diversifolia* y permitió conocer las bases que rigen la utilización de un grupo de materiales destacados de este arbusto.
5. *Tithonia* es una planta promisoría para su empleo con fines de manipular la ecología microbiana ruminal, reducir la población de metanógenos, los protozoos, así como incrementar la población de bacterias celulolíticas.
6. La utilización de esta planta permite mitigar las emanaciones de metano a la atmósfera, procedente de la fermentación ruminal, lo que contribuye a reducir el impacto que este gas ejerce como efecto invernadero.
7. Se realizó un estudio integral de la caracterización química y física de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* material vegetal 10 y su efecto en indicadores fisiológicos, bioquímicos, productivos y de salud en terneros y cerdos en crecimiento, que constituyen un aporte importante en el campo de la fisiología de animales que consumen este alimento.
8. El empleo de la harina de forraje de *tithonia* propicia sustituir determinadas cantidades de pienso sin afectar indicadores fisiológicos, productivos y de salud en cerdos en crecimiento, terneros y cabras, que permite la sustitución parcial o moderada de fuentes de importación y de elevados costos.
9. Un aspecto sobresaliente acerca del uso de esta planta en la alimentación, es que se apreció por primera vez en nuestro país, el posible efecto antiparasitario de la harina de follaje de *tithonia*, contribuyendo a mejorar el estado sanitario de cerdos.

Aportes científicos e importancia del trabajo

1. Las investigaciones de germoplasma desarrolladas posibilitaron disponer de mayor diversidad de materiales vegetales para ampliar el uso de la *Tithonia diversifolia* en condiciones prácticas según fin productivo lo que se informa por primera vez en la literatura. Además, se desarrolló una metodología original, sencilla y práctica de evaluación de árboles.
2. Se presenta una metodología que por primera vez permite evaluar dietas integrales con el inóculo del animal joven, con buenos resultados, uso de métodos menos invasivos y de actualidad, al mismo tiempo que permite economizar recursos y tiempo. Lo que también permitió aportar criterios de evaluación con el desarrollo ruminal del ternero.
3. Se implementa la posible utilización de un producto natural como un alimento alternativo, ampliamente distribuido no sólo en Cuba sino prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales. Existe una nueva posibilidad de disponer de otras plantas arbustivas para ser utilizadas en Sistemas Silvopastoriles.
4. El beneficio social de estos resultados radica en que se ofrece a los productores, investigadores y estudiantes de pre y post grado, el resultado de un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa abundante en el trópico como es *Tithonia diversifolia*.