

Distribución de materia seca, área foliar y calidad nutricional en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L.**Dry matter distribution, leaf area and nutritional quality in two genotypes of *Clitoria ternatea* L.**

Maribel del Carmen Ramírez-Villalobos¹ <https://orcid.org/0000-0001-5050-6454>, Aly Segundo Urdaneta-Fernández^{2,3} <https://orcid.org/0000-0001-6947-5002>, Hallely Suárez² <https://orcid.org/0000-0002-4923-1251>, Wilmer Mercado² <https://orcid.org/0000-0001-9472-1631> y Jesús Manuel Iglesias-Gómez⁴ <https://orcid.org/0000-0002-9501-1938>

¹Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, Zulia, Venezuela. ²Ingeniero Agrónomo, egresado de la Universidad del Zulia (LUZ). ³Unión de Ganaderos de El Laberinto (UGALAB), La Paz, Zulia, Venezuela. ⁴Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: maribelramirez089@gmail.com, mcramire@fa.luz.edu.ve

Resumen

Objetivo: Evaluar la distribución de materia seca, el área foliar y la calidad nutricional en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L.

Materiales y Métodos: Las plantas, de 30 días de edad, se establecieron en el campo en un sistema de conducción de espaldera vertical. Se aplicó un diseño experimental, completamente aleatorizado, con treinta repeticiones por genotipo y una planta como unidad experimental. A los 90 días de establecido el experimento, se evaluaron variables de crecimiento y calidad nutricional en los genotipos azul y blanco de *C. ternatea*.

Resultados: El genotipo afectó ($p < 0,05$) las variables de crecimiento y calidad nutricional, excepto los porcentajes de materia seca, ceniza, fibra bruta, y nutrientes digeribles totales. El genotipo azul mostró mayor contenido de materia seca por planta, proporción hoja/tallo, área foliar, porcentajes de proteína bruta y extracto etéreo. El blanco mostró mayores porcentajes de extracto libre de nitrógeno, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina ácido detergente. Ambos genotipos obtuvieron altos porcentajes de materia seca, proteína bruta y nutrientes digeribles totales, así como excelente valor relativo del forraje. El potencial de ingestión de materia seca fue excelente en el genotipo azul, y alto en el blanco.

Conclusiones: El crecimiento y el rendimiento de los genotipos fueron diferentes, mientras que la distribución de materia seca resultó similar, principalmente en las hojas. El genotipo azul se destacó por su mayor crecimiento vegetativo (hojas, ramas y tallo). El blanco sobresalió por la producción de frutos y flores. La composición bromatológica y la calidad nutricional de ambos genotipos fueron excelentes.

Palabras clave: conocimiento, leguminosas forrajeras, valor nutritivo

Abstract

Objective: To evaluate dry matter distribution, leaf area and nutritional quality in two *Clitoria ternatea* L. genotypes.

Materials and Methods: The plants, 30 days old, were established in the field in a vertical trellis training system. A complete randomized experimental design was applied, with thirty replications per genotype and one plant as experimental unit. Ninety days after the experiment was established, growth and nutritional quality variables were evaluated in the blue and white genotypes of *C. ternatea*.

Results: The genotype affected ($p < 0,05$) the growth and nutritional quality variables, except for the percentages of dry matter, ash, crude fiber, and total digestible nutrients. The blue genotype showed higher dry matter content per plant, leaf/stem ratio, leaf area, crude protein and ethereal extract percentages. The white genotype showed higher percentages of nitrogen-free extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and acid detergent lignin. Both genotypes had high percentages of dry matter, crude protein and total digestible nutrients, as well as excellent relative forage value. Dry matter intake potential was excellent in the blue genotype, and high in the white genotype.

Conclusions: Growth and yield of the genotypes were different; while dry matter distribution was similar, mainly in the leaves. The blue genotype stood out for its higher vegetative growth (leaves, branches and stem). The white genotype stood out for fruit and flower production. The bromatological composition and nutritional quality of both genotypes were excellent.

Keywords: growth, forage legumes, nutritive value

Recibido: 30 de septiembre de 2022

Aceptado: 20 de diciembre de 2022

Como citar este artículo: Ramírez-Villalobos, Maribel del Carmen; Urdaneta-Fernández, Aly Segundo; Suárez, Hallely; Mercado, Wilmer & Iglesias-Gómez, Jesús Manuel. Distribución de materia seca, área foliar y calidad nutricional en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. *Pastos y Forrajes*. 46:e01, 2023.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

La ganadería bovina tropical se basa en el pastoreo de monocultivos de gramíneas. Los pastos y los forrajes constituyen la fracción más importante de la dieta de los bovinos, así como la fuente de alimento más económica en la ración alimenticia de los rumiantes en general (Suárez *et al.*, 2012; Espinoza-Coronel *et al.*, 2020). Esto obedece a que estimulan la rumia y la salivación, lo que permite mantener el pH apropiado y la flora ruminal equilibrada. Sin embargo, en los trópicos, la producción y calidad de los pastos y forrajes se caracterizan por su irregularidad, lo que se debe a la especie, las condiciones edafoclimáticas y agroecológicas, el manejo del cultivo, entre otros factores que influyen en la digestibilidad y el contenido de nutrientes del forraje (Castrejón-Pineda *et al.*, 2017; Sosa-Montes *et al.*, 2020). En Venezuela, la mayor parte de la producción de leche o carne, y de ambas, se obtiene en los sistemas semiextensivos y extensivos, a partir de pastos y forrajes (principalmente gramíneas). Por tanto, para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales se utilizan suplementos balanceados de alto costo (Suárez *et al.*, 2012).

Esta situación promueve la búsqueda de nuevas estrategias de alimentación, con la inclusión de recursos fitogenéticos de mayor valor nutricional, adaptados a las condiciones agroecológicas de la zona. La leguminosa forrajera *Clitoria ternatea* L. (zapatico de la reina), por su amplio margen de adaptación, capacidad de producción y valor nutricional, se encuentra entre dichos recursos (Castrejón-Pineda *et al.*, 2017; Shamnad, 2019). Sus bondades contribuyen a mejorar la calidad de la dieta del animal, satisfacer la demanda de alimentos en la época de sequía y estimular la aplicación de técnicas sostenibles de producción animal, compatibles con el ambiente y los recursos naturales.

Con respecto a las gramíneas, la mayoría de las leguminosas posee mayor contenido de proteína bruta (PB) y digestibilidad de materia seca (MS), lo que estimula mayor consumo por parte del ganado. Esto sugiere su inclusión en las dietas basadas en gramíneas, con el propósito de cubrir los requerimientos nutricionales de los animales en pastoreo (Lagunes-Rivera *et al.*, 2019; Castro-Rincón *et al.*, 2021).

Varias investigaciones señalan las bondades de *C. ternatea*, en cuanto a rendimiento de MS y valor nutricional (Shamnad 2019; Sosa-Montes *et al.*, 2020). En Brasil y México se han registrado rendimientos de 30 t/ha/año, cultivada con riego (Abreu

et al., 2014; Castrejón-Pineda *et al.*, 2017). Por dichas razones, el objetivo de este estudio es evaluar la distribución de materia seca, el área foliar y la calidad nutricional en dos genotipos (azul y blanco) de *C. ternatea*.

Materiales y Métodos

Ubicación del experimento. Se realizó en el vivero universitario de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia (LUZ), estado Zulia, Venezuela. La instalación se encuentra a 10°41'12" de latitud Norte y 71°38'05" de longitud Oeste, a una altitud de 25 msnm, en una zona ecológica de bosque tropical, muy seco.

Condiciones edafoclimáticas. La precipitación promedio anual fue de 500 a 600 mm, la temperatura de 29 °C, la humedad relativa de 79 % y la evapotranspiración (ET) de 2 500 mm. Durante el experimento, la temperatura promedio diaria fue de 29,3 °C (mínima 24,1 °C; máxima de 35,0 °C), mientras que la precipitación total y diaria fue de 423 y 4,7 mm; respectivamente. El suelo correspondió a un *Typic haplargids*, francosa fina, de baja fertilidad natural, baja retención de humedad y pH entre 6,26 y 4,95 (Suárez *et al.*, 2012).

Diseño experimental. Se evaluaron dos tratamientos, correspondientes a dos genotipos (azul y blanco) de *C. ternatea*. Se estableció un diseño experimental completamente aleatorizado, con treinta repeticiones por genotipo, y una planta como unidad experimental.

Procedimiento experimental. El material vegetal se obtuvo de semillas de *C. ternatea* (genotipos azul y blanco), almacenadas a 10 °C en el laboratorio de propagación de plantas, de la Facultad de Agronomía, LUZ. Las plantas, de 30 días de edad, se establecieron en el campo, en un sistema de conducción de espaldera vertical, de acuerdo con lo indicado por Suárez *et al.* (2012). Se utilizaron seis hileras, de 5 m de largo, con 1 m de separación, cada una con una línea de alambre (calibre 18) a una distancia de 0,40 m del suelo. En cada hilera se realizaron diez hoyos, separados por 0,50 m, a los que se les agregó 1 kg de arena y estiércol de bovino (proporción 1:1), previamente lavado con agua, de acuerdo con lo señalado por Jiménez *et al.* (2017), sin la aplicación de fungicida. Luego, se sembraron los dos genotipos de *C. ternatea*, para un total de 30 plantas cada uno.

El riego y el control de arvenses se realizaron de forma manual, cada tres días. Las inspecciones sanitarias se llevaron a cabo quincenalmente. Para

el abonado con estiércol de bovino disponible en la región (1 kg/planta), se procedió una vez al mes. Entre las hileras de plantas también se colocó una cobertura de material vegetal seco, para disminuir la incidencia de malezas y proteger y mantener la humedad del suelo (Suárez *et al.*, 2012). El experimento se desarrolló a exposición solar plena.

Variables de estudio. A los 90 días de establecido el experimento, se seleccionaron al azar doce plantas por genotipo, sin considerar las que se encontraban en el extremo de cada hilera (Suárez *et al.*, 2012) para los análisis siguientes:

- *Distribución de MS.* Se determinó el contenido de MS por planta (parte aérea entera) y de sus componentes: hojas (folíolos y pecíolos), ramas y tallo, botones florales, flores y frutos. Además, se estimó la proporción hoja/tallo. La MS por planta se obtuvo luego de secar la parte aérea en una estufa a 65 °C durante 48 h. Después se pesaron por separado los órganos y las estructuras mencionadas. La proporción hoja/tallo se calculó mediante la relación de la MS de las hojas y de las ramas y tallo.
- *Área foliar por planta.* Para medir el área foliar se usó un planímetro óptico (Delta T-Devices Mkm²), seis plantas por genotipo y una muestra de veinte hojas por planta. Para la lectura, se utilizaron solo los folíolos de las hojas. El área foliar por planta se calculó al multiplicar el área específica de la muestra de las hojas por la MS de hojas por planta. El área específica de la muestra de hojas es la relación entre el área foliar y la MS de la muestra de hojas.

- *Calidad nutricional.* Después del secado de la parte aérea de cada planta, a 65 °C por 48 h, el material (harina) se molió y se almacenó en bolsas plásticas de 1,0 kg de capacidad, selladas herméticamente e identificadas hasta su análisis. Se determinó MS, ceniza (Cz), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB), extracto libre de nitrógeno (ELN), nutrientes digeribles totales (NDT) (AOAC 1995); fibra neutro detergente (FDN), fibra ácido detergente (FDA), lignina ácido detergente (LDA) (Van Soest *et al.*, 1991). El potencial de ingestión de MS y el valor relativo del forraje se calcularon según Linn y Martín (1989).
- *Análisis estadístico.* Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del programa *Statistical Analysis System*. Cuando se detectaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Tukey para efectuar la comparación de medias (SAS, 2012).

Resultados y Discusión

El genotipo de *C. ternatea* afectó significativamente ($p < 0,05$) el contenido de MS por planta y el de los componentes: hojas, folíolos, pecíolos, ramas y tallo, botones florales, flores y frutos. De igual manera, influyó en la proporción hoja/tallo y en el área foliar (tabla 1). En dichas variables, el genotipo azul registró los mayores valores, excepto para la MS de botones florales y frutos. Los valores de MS por planta y área foliar en este estudio superaron ampliamente los informados en otras investigaciones.

Tabla 1. Contenido de materia seca, proporción hoja/tallo y área foliar en dos genotipos de la leguminosa forrajera *C. ternatea*.

Variable	Genotipo azul	Genotipo blanco	EE ±	Valor - P
MS, g				
Planta	61,5	44,1	4,320	0,013
Hojas	32,5	21,2	2,061	0,010
Folíolos	29,2	18,8	1,883	0,013
Pecíolos	3,2	2,4	0,183	0,021
Ramas y tallo	22,4	15,0	1,694	0,032
Botones florales	0,4	0,5	0,035	0,022
Flores	2,9	2,7	0,145	0,021
Frutos	3,4	4,8	0,738	0,017
MS, %	25,8	28,3	0,520	0,012
Proporción hoja-tallo	1,5	1,42	0,034	0,030
Área foliar, cm ²	7 593,0	6 712,67	264,052	0,018

Deminicis *et al.* (2018) indicaron 2,5 g/planta a los 120 días. Luna-Murillo *et al.* (2019) informaron 18,8 g/planta a los 60 días de cultivo. En tanto, Mahfouz *et al.* (2020) refirieron 5,9 g/planta y 980 cm² a los 60 días después del trasplante. Morales-Guzmán *et al.* (2020) registraron 0,07 g/planta y 245 cm², a los 30 días de establecidas.

Los rendimientos de MS, según la densidad de 20 000 plantas/ha utilizada en el experimento (1 m de separación entre hileras y 0,5 m entre plantas), fueron equivalentes a 1,230 y 0,882 t/ha en los genotipos azul y blanco, respectivamente. Este resultado contrasta con un estudio de Villanueva-Avalos *et al.* (2004), quienes refirieron 1,6-2,5 t/ha de rendimiento en condiciones de riego. En tanto, Mahfouz *et al.* (2020) registraron 1,3 t/ha a los 60 días después del trasplante. El rendimiento del genotipo azul superó lo que indicaron Jiménez-Guillén *et al.* (2013), quienes informaron 0,860 t/ha de MS en una asociación gramínea-leguminosa (tres hileras de pasto señal, dos hileras de *C. ternatea*), esta última sembrada a chorro corrido en surcos distanciados a 0,7 m. En el presente estudio, los rendimientos del genotipo blanco se corresponden con los de estos últimos autores. Sin embargo, no superaron la tonelada de MS por hectárea.

En la distribución de la MS, la parte aérea de la planta del genotipo azul estuvo constituida principalmente por hojas (52,9 %), luego por ramas y tallo (36,4 %) y, en menor proporción, por frutos (5,5 %), flores (4,7 %) y botones florales (0,6 %). El genotipo blanco mostró un comportamiento similar al azul en los componentes hojas (48,2 %) y ramas y tallo (33,9 %). Sin embargo, en frutos (10,8 %), flores (6,0 %) y botones florales (1,1 %), el genotipo blanco presentó los mayores porcentajes. Estos resultados difieren de los informados por Jiménez-Guillén *et al.* (2013), quienes en *C. ternatea* variedad Tehuana, asociada con *Brachiaria decumbens* Stapf., encontraron mayor proporción de tallos (50 %), le siguieron las hojas (35-39 %) y los frutos (10-12 %). La MS por planta de ambos genotipos estuvo representada básicamente por hojas, ramas y tallo: 89,2 % en el azul y 82,1 % en el blanco.

Cuando se analizó la MS, expresada en porcentaje, se encontró que el genotipo afectó significativamente ($p < 0,05$) el porcentaje de MS, siendo mayor en el genotipo blanco. Esto último se debe a que este genotipo para los 90 días de cultivo en campo presentó menor follaje, mayor cantidad de frutos con semillas (tabla 1) y menor contenido de humedad (71,7 %) en comparación con el genotipo

azul, que dejó ver mayor vigor y humedad (74,3 %). La mayor cantidad de frutos con semillas implica mayor demanda de fotoasimilados. De estos, desde otras partes de la planta, ambas estructuras constituyen órganos de destino o importadores irreversibles, que consumen y acumulan fotoasimilados -transportados vía floema- para el metabolismo, el crecimiento y el almacenamiento como reserva (Taiz *et al.*, 2015).

El porcentaje de MS del genotipo blanco fue similar al indicado a los 120 días (29,6 %) por Deminicis *et al.* (2018), aunque el valor del azul se ubicó por debajo. De igual manera, los porcentajes obtenidos en los dos genotipos (tabla 1) superaron a los que se informaron en otros trabajos. Abreu *et al.* (2014) en producción de semillas, en plantas de 90 días de edad, obtuvieron 19,7 %. Macías-Pettao *et al.* (2021) indicaron 22,1% a los 90 días del trasplante. Estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones experimentales, edafoclimáticas (precipitación) y de manejo (fertilización orgánica con estiércol de bovino).

Espinoza-Coronel *et al.* (2020) encontraron que la aplicación de fertilizantes biológicos comerciales, que incluyen microorganismos benéficos, ácidos orgánicos, aminoácidos, fitohormonas y ácidos húmicos, hongos endomicorrízicos, y otros nutrientes (N, P, K y MO), favoreció la producción de forraje fresco en *C. ternatea*.

En cuanto a la precipitación, Scull-Rodríguez *et al.* (2021) hallaron mayores porcentajes de MS en *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae) durante la época lluviosa con respecto a la de pocas precipitaciones.

Incluso, cuando los dos genotipos mostraron diferencias en la proporción hoja/tallo, a favor del genotipo azul, sus valores fueron altos (tabla 1), pues contrastan con lo informado por Villanueva-Avalos *et al.* (2004) para plantas de 84 días de edad (0,97). Esto demostró que el crecimiento de las hojas con respecto al tallo fue mayor.

Según Jiménez *et al.* (2017), la proporción hoja/tallo es un factor dependiente de la distribución de los fotoasimilados, en la que podrían influir estímulos ambientales y la capacidad vegetativa de la planta para modificar la distribución de biomasa en los diferentes órganos, y tolerar así condiciones adversas. Las hojas son la superficie de intercambio entre la planta y el ambiente, así como el lugar donde ocurre la fotosíntesis. La intensidad de estos intercambios y de la actividad fotosintética tiene una relación directa con el área foliar: a mayor área

foliar, mayor incremento de la actividad fotosintética, que conduce a la producción de fotoasimilados (Taiz *et al.*, 2015; Jiménez *et al.*, 2017).

La mayor cantidad de hojas observada en ambos genotipos, en términos de MS, proporción hoja/tallo y área foliar, se asoció al marco de siembra utilizado, que proporcionó mayor espaciamiento entre plantas, y redujo la competencia por luminosidad, humedad y nutrientes del suelo, lo que permitió la expresión de la capacidad de producción de biomasa por planta. Al respecto, Paniagua *et al.* (2020) y Jácome-Gómez y Ramírez-Villalobos (2021) señalaron que, en las condiciones de menor densidad de siembra y plena exposición solar respectivamente, las plantas tienen mayor fuente de energía e información para la fotosíntesis y la acumulación de carbohidratos y, por ende, mayor tasa de crecimiento y producción de biomasa.

Entre otros factores que pudieron haber favorecido el desarrollo de los dos genotipos de *C. ternatea*, se hallan el riego, la precipitación (423 mm, distribuidos durante los 90 días de cultivo) y la fertilización orgánica con estiércol de bovino. Taiz *et al.* (2015) y Jácome-Gómez y Ramírez-Villalobos (2021) indicaron que las condiciones ambientales y de manejo del cultivo ejercen su efecto a través de cambios en la diferenciación y el alargamiento de los órganos, así como en la captación y la distribución de los recursos entre los distintos órganos de la planta.

La aplicación de estiércol de bovino también contribuyó a la respuesta de los genotipos en estudio,

debido a sus propiedades fisicoquímicas y a su posible aporte en la nutrición de las plantas. En investigaciones realizadas en *C. ternatea* (Suárez *et al.*, 2012) y en otras especies, se informó que el estiércol incrementa el área foliar y la biomasa aérea, entre otras variables (Jiménez *et al.*, 2017; Pirella-Almarza *et al.*, 2018). A su vez, puede mejorar la estructura del suelo, al favorecer la aireación y retención de humedad; además, representa una alternativa de fertilización sencilla, práctica y ambientalista en el manejo agronómico (Jiménez *et al.*, 2017).

Con respecto a los análisis de calidad nutricional de la harina (tabla 2), no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos para la variable porcentaje de MS. El valor obtenido en ambos genotipos fue alto (89,5 y 90,3 %), y concuerda con lo informado por Suárez *et al.* (2012). Dichos resultados también se corresponden con el contenido de MS señalado por Villanueva-Avalos *et al.* (2004) para las diferentes etapas fenológicas de la planta: vegetativa (89,0 % - 42 días), floración (90,4 % - 56 días), formación de vainas o legumbres (90,7 % - 70 días) y producción de semillas (91,1 % - 84 días). -

Los genotipos no presentaron diferencias significativas para el porcentaje de Cz, fracción mineral. Los valores de ambos genotipos fueron altos, y difieren de los registrados en otros trabajos. Abreu *et al.* (2014) obtuvieron menor porcentaje de Cz a los 70 y 90 días (6,7 % y 6,1 %, respectivamente), mientras que Villanueva-Avalos *et al.* (2004) informaron 7,2 % a los 84 días y Sosa-Montes *et al.* (2020) 6,8 % a los 30

Tabla 2. Calidad nutricional de los genotipos azul y blanco de la leguminosa forrajera *C. ternatea*.

Variable	Genotipo azul	Genotipo blanco	EE ±	Valor - P
Porcentaje de MS	89,2	91,0	0,283	0,187
Porcentaje de Cz	9,7	9,7	0,159	0,341
Porcentaje de PB	31,9	29,4	0,256	0,012
Porcentaje de EE	5,1	4,2	0,108	0,024
Porcentaje de FB	19,2	20,0	0,552	0,219
Porcentaje de ELN	33,8	36,5	0,662	0,030
Porcentaje de FDN	35,1	40,8	0,134	0,015
Porcentaje de FDA	26,3	28,1	0,322	0,023
Porcentaje de LDA	5,4	7,1	0,276	0,040
Porcentaje de NDT	71,8	71,4	0,137	0,289
Potencial de ingestión de MS	3,5	3,0	0,053	0,035
Valor relativo del forraje	191,8	163,5	2,339	0,027

MS: materia seca, Cz: cenizas, PB: proteína bruta, EE: extracto etéreo, FB: fibra bruta, ELN: extracto libre de nitrógeno, FDN: fibra neutro detergente, FDA: fibra ácido detergente, LDA: lignina ácido detergente, NDT: nutrientes digeribles totales

días. En semillas de *C. ternatea*, Espinoza-Coronel *et al.* (2020) registraron 3,4 % de Cz. No obstante, el porcentaje de Cz obtenido en esta investigación se encuentra en el rango reportado para gramíneas forrajeras (7-13 %) (INTAGRI, 2018).

Para el porcentaje de PB, los genotipos de *C. ternatea* mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). El genotipo azul presentó el mayor porcentaje, resultado que coincide con los valores (32,1 y 29,6 %) indicados por Suárez *et al.* (2012). Ambos genotipos presentaron altos contenidos de PB y se ubicaron por encima del 22,7 % señalado por Sosa-Montes *et al.* (2020) en plantas de 30 días de edad. Estos resultados contrastan con los porcentajes de PB referidos en otros trabajos. Abreu *et al.* (2014) determinaron 24,1 % de PB a los 90 días, y Deminicis *et al.* (2018) 13,6 % a los 120. Macías-Pettao *et al.* (2021) informaron 22,2 % a los 90 días y Mahfouz *et al.* (2020) 20,1 % a los 60 días después del trasplante.

Los porcentajes de PB de ambos genotipos, a los 90 días de cultivo, superaron ampliamente lo señalado por Jusoh y Nur (2018) en legumbres de *C. ternatea* (25,5 %). De igual manera, los resultados de ambos genotipos sobrepasaron los indicados para árboles y arbustos (Cabrera-Núñez *et al.*, 2019) y otras leguminosas forrajeras (Alatorre-Hernández *et al.*, 2018; Jusoh y Nur, 2018) utilizadas en la alimentación del ganado bovino y ovino-caprino. El alto porcentaje en ambos genotipos refleja la alta calidad nutricional potencialmente aprovechable por el animal en sus procesos metabólicos para la ganancia de peso o la producción de leche, y para ambas. No obstante, los altos valores de PB obtenidos en los dos genotipos también se pueden asociar a la fase fenológica de las plantas: la reproductiva, por la presencia de frutos (tabla 1) con semillas. En esta última, Espinoza-Coronel *et al.* (2020) determinaron 40,8 % (base seca).

El genotipo de *C. ternatea* influyó significativamente ($p < 0,05$) en el porcentaje de EE. El mayor contenido lo alcanzó el genotipo azul, y es similar al 4,9 % señalado por Macías-Pettao *et al.* (2021) a los 90 días después del trasplante. Los porcentajes de ambos genotipos se consideraron altos con respecto a los trabajos de Sosa-Montes *et al.* (2020), quienes obtuvieron 3,1 % a los 30 días de edad. También lo fueron con relación al 3,5 % informado por Villanueva-Avalos *et al.* (2004). Sin embargo, resultaron diferentes (9,2 y 6,4 % a los 28 y 35 días de rebrote, respectivamente) de los informados por Castrejón-Pineda *et al.* (2017). Los valores aquí ob-

tenidos en los dos genotipos se ubican en el rango del porcentaje de EE (3-8 %) indicado para gramíneas forrajeras (INTAGRI, 2018).

En cuanto al porcentaje de FB, los genotipos no mostraron diferencias significativas. Los valores de ambos fueron bajos con respecto a otros trabajos. Villanueva-Avalos *et al.* (2004) notificaron 38,3 % a los 84 días. Sosa-Montes *et al.* (2020) determinaron porcentajes superiores a 40 % en plantas de 30 días de edad. Mahfouz *et al.* (2020) y Macías-Pettao *et al.* (2021) obtuvieron 19,2 y 29,6 % a los 60 y 90 días después del trasplante, respectivamente.

En cuanto al porcentaje de ELN, los dos genotipos presentaron diferencias ($p < 0,05$), con el mayor valor en el blanco. Los porcentajes de ambos se ubicaron por encima de lo registrado por Sosa-Montes *et al.* (2020) en plantas de 30 días (26,9 %) y por Villanueva-Avalos *et al.* (2004) (32,3 %). Además, tienen similitud con el valor referido por Macías-Pettao *et al.* (2021) a los 90 días después del trasplante (35,2 %).

El genotipo afectó significativamente ($p < 0,05$) el porcentaje de FDN. El mayor valor lo alcanzó el genotipo blanco, que se acercó a lo indicado por Abreu *et al.* (2014) a los 90 días (42,3 %). Sin embargo, los resultados no se corresponden con otras investigaciones que han obtenido porcentajes más altos de FDN: 46,5 % a los 30 días (Sosa-Montes *et al.*, 2020); 54,2 % a los 84 días (Villanueva-Avalos *et al.*, 2004) y 66,8 % a los 120 días (Demicicis *et al.*, 2018).

De acuerdo con los estándares de calidad para forrajes, descritos por Linn y Martín (1989), el porcentaje de FDN en el genotipo azul se ubicó en la categoría menor de 40 % (calidad excelente) y la del genotipo blanco, entre 40 y 46 % (calidad alta).

La FDN está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina, y representa el total de fibra insoluble del forraje, por lo que las especies con bajo contenido de FDN ($< 41\%$), como los dos genotipos evaluados, tienen mayor potencial de ingestión por el animal y, por ende, son generalmente de mayor calidad y valor económico.

En lo que respecta al porcentaje de FDA, fracción menos digerible del forraje, el genotipo mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). El mayor valor lo registró el blanco. Los porcentajes de ambos genotipos fueron bajos, y distintos de los señalados por Villanueva-Avalos *et al.* (2004) a los 84 días (46,9 %).

En otras investigaciones se han informado porcentajes de FDA superiores. Sosa-Montes *et al.*

(2020) registraron 38,7 % a los 30 días. En tanto, Castrejón-Pineda *et al.* (2017) refirieron 31,1 y 34,5 %, a los 28 y 35 días de rebrote. Deminiciis *et al.* (2018) señalaron 53,8 % a los 120 días. No obstante, el porcentaje de FDA obtenido en los dos genotipos se halla en el parámetro indicado por Linn y Martin (1989) para la categoría menor del 31 % (calidad excelente), cuando las plantas tenían 90 días de cultivo en campo.

Los genotipos mostraron diferencias ($p < 0,05$) en el porcentaje de LDA. El mayor valor se encontró en el genotipo blanco, cercano a lo reportado por Abreu *et al.* (2014) con 7,6 %, a los 90 días. Sin embargo, difirió notablemente de lo indicado por Villanueva-Avalos *et al.* (2004) a los 84 días (16,1 %) y por Sosa-Montes *et al.* (2020) a los 30 (8,8 %). El porcentaje de LDA del genotipo azul fue ligeramente superior al 5 %, mientras que el del blanco se ubicó entre 5 y 10 %. Esto los clasifica de alto y medio valor nutritivo, respectivamente, según Vargas (2002). Incluso, cuando los dos genotipos tenían 90 días de cultivo en campo, sus contenidos de fibra y lignina se encontraron en los límites aceptables. En plantas adultas, dichos parámetros tienden a ser mayores, por lo que la digestibilidad y el consumo potencial de los forrajes se reducen. Por cada aumento de una unidad porcentual en lignina, la MS digestible disminuye tres o cuatro unidades porcentuales (Linn y Martin 1989).

Para el porcentaje de NDT no se encontraron diferencias significativas por efecto del genotipo. Los valores de los dos genotipos se hallaron en la categoría mayor de 65 % (calidad excelente) descrita por Linn y Martin (1989). Al respecto, otras investigaciones en *C. ternatea* han mostrado 68,9 y 69,9 % de digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la MS, en plantas de 30 días (Sosa-Montes *et al.*, 2020) y 61,1 % de digestibilidad *in vitro*, a los 35 días de rebrote (Castrejón-Pineda *et al.*, 2017).

Los genotipos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el potencial de ingestión de MS y en el valor relativo del forraje en dichas variables. El genotipo azul registró el mayor valor. De acuerdo con los estándares de Linn y Martin (1989), el potencial de ingestión de MS resultó de calidad excelente en el genotipo azul (mayor de 3), y alta en el genotipo blanco (3-2,6). En tanto que el valor relativo de forraje en ambos genotipos fue de calidad nutricional excelente (mayor de 151).

Al considerar de forma global los resultados obtenidos en la calidad nutricional de ambos genotipos, el genotipo azul obtuvo los mayores valores

de PB, EE, potencial de ingestión de MS y valor relativo del forraje. El blanco logró los mayores porcentajes de ELN, FDN, FDA y LDA. A pesar de estas diferencias, los dos genotipos presentaron altos porcentajes de MS, PB y NDT, así como valores aceptables de FDN, FDA, potencial de ingestión de MS y valor relativo del forraje. Estos parámetros demostraron la calidad nutricional y el valor energético de *C. ternatea*, excelente como suplemento alimenticio para el ganado.

Estos buenos resultados se pueden asociar al tipo de planta utilizada (leguminosa herbácea), a la fase fenológica, al manejo ecológico con estiércol y a la presencia de precipitaciones durante el experimento, que pudieron contribuir a que las plantas expresaran su máximo potencial de desarrollo, aún en un suelo pobre de baja actividad biológica y presencia de argílico, lo que se corresponde con lo señalado por Suárez *et al.* (2012). En gramíneas asociadas con la leguminosa *Lotus uliginosus* Schkur, Castro-Rincón *et al.* (2021) confirmaron el efecto favorable de la época de altas precipitaciones en el contenido de PB, lo que también se ha corroborado en la especie *S. campanulata* en un estudio de Scull-Rodríguez *et al.* (2021).

Conclusiones

El crecimiento de los genotipos azul y blanco, en términos de MS por planta, proporción hoja/tallo y área foliar, fue diferente. Sin embargo, la distribución de la MS y proporción hoja/tallo en ambos genotipos mostró un comportamiento similar, constituido principalmente por hojas. El genotipo azul destacó por su mayor crecimiento vegetativo, y el blanco por la producción de frutos y flores.

En ambos genotipos, la calidad nutricional fue excelente. Esto demostró el potencial, a corto plazo, de esta leguminosa forrajera en los sistemas de producción agropecuarios en Venezuela, debido a su excelente composición bromatológica.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad del Zulia por su contribución mediante los proyectos CONDES, VAC-CC-0542-13, CC-0243-14 y CC-0653-15, así como a la Unión de Ganaderos de El Laberinto por su colaboración para el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- Maribel Ramírez-Villalobos. Diseño y desarrollo de la investigación, procesamiento, análisis e

interpretación de los datos, revisión, edición y redacción del manuscrito.

- Aly Urdaneta Urdaneta-Fernández. Desarrollo de la investigación, procesamiento de datos y redacción del manuscrito.
- Hallely-Suárez. Desarrollo de la investigación, procesamiento de datos y redacción del manuscrito.
- Wilmer Mercado. Desarrollo de la investigación, procesamiento de datos y redacción del manuscrito.
- Jesús Manuel Iglesias-Gómez. Revisión técnica y redacción del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Abreu, M. L. C.; Vieira, R. A. M.; Rocha, N. S.; Araujo, R. P.; Glória, L. S.; Fernandes, A. M. *et al.* *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 27 (2):169-178, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13343>.
- Alatorre-Hernández, A.; Guerrero-Rodríguez, J. de D.; Olvera-Hernández, J. I.; Aceves-Ruíz, E.; Vaquera-Huerta, H. & Vargas-López, S. Productividad, características fisicoquímicas y digestibilidad *in vitro* de leguminosas forrajeras en trópico seco de México. *Rev. mex. de cienc. pecuarias.* 9 (2):296-315, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4361>.
- AOAC. *Official methods of analysis*. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- Cabrera-Núñez, Amalia; Lammoglia-Villagomez, M.; Alarcón-Pulido, Sara; Martínez-Sánchez, C.; Rojas-Ronquillo, Rebeca & Velázquez-Jiménez, S. Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico vet.* 9:1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21929/abavet2019.913>.
- Castrejón-Pineda, F. A.; Corona-Gochi, L.; Rosiles-Martínez, R.; Martínez-Pérez, Paulina; Lorenzana-Moreno, Angélica Valeria; Arzate-Vázquez, L. G. *et al.* *Características nutrimentales de gramíneas, leguminosas y algunas arbóreas forrajeras del trópico mexicano: fracciones de proteína (A, B1, B2, B3 y C), carbohidratos y digestibilidad in vitro*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. https://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/manuales_nutricion/Manual_Fracciones.pdf, 2017.
- Castro-Rincón, E.; Carulla-Formaguera, J. E. & Cárdenas-Rocha, E. A. Calidad nutricional de cinco gramíneas asociadas a *Lotus uliginosus* Schkuhr en el trópico alto de Colombia. *Pastos y Forrajes.* 44:eE07. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100007&lng=es&tlng=es, 2021.
- Deminicis, B. B.; Vieira, H. D.; Deminicis, Renata G. da S.; Lima, E. da S.; Valente, T. N. P.; Amorim, Mariá M. *et al.* Produção de matéria seca, composição química e radicular de leguminosas forrageiras tropicais sementeadas por fezes bovinas. *Sci. Agrar. Parana.* 17 (3):282-287. <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/19610/13434>, 2018.
- Espinoza-Coronel, A. L.; Franco-Ochoa, D. A.; Fajardo-Espinoza, P. G.; Real-Goya, G. E. & Pincaj-Ganchozo, R. A. Crecimiento y rendimiento de *Clitoria ternatea* con la aplicación de fertilizantes biológicos. *Nexo Agropecu.* 8 (2):43-51. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/30257>, 2020.
- INTAGRI. *Valor nutritivo de los forrajes y su relación con la nutrición proteica de rumiantes*. México: INTAGRI. Serie Ganadería, No. 05 <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/valor-nutritivo-de-los-forrajes-y-su-relacion-con-la-nutricion-proteica>, 2018.
- Jácome-Gómez, L. R. & Ramírez-Villalobos, Maribel del C. Incidencia del sombreado, biorreguladores y bioestimulante en el desarrollo y rendimiento del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.). *Rev. Fac. Agron (LUZ).* 38 (2):382-403. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/35505>, 2021.
- Jiménez, I. J.; Ramírez, Maribel; Petit, Belkis; Colmenares, Ciolys & Parra, I. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y estiércol de bovino en el crecimiento inicial y pigmentación en *Capsicum frutescens* L. *Bioagro.* 29 (2):137-144. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000200008&lng=es&tlng=es, 2017.
- Jiménez-Guillén, R.; Quero-Carrillo, A. R.; Pérez-Pérez, J.; Martínez-Hernández, P. A.; Hernández-Garay, A.; Tovar-Salinas, J. L. *et al.* Composición de la biomasa en una asociación de pasto señal con *clitoria* pastoreada a diferentes asignaciones de forraje. *Rev. mex. de cienc. pecuarias.* 4 (2):185-199. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000200005&lng=es, 2013.
- Jusoh, S. & Nur_Hafifah, C. S. Nutritive value, palatability and selectivity of 10 different legume herbage by rabbits. *Mal. J. Anim. Sci.* 21 (2):69-75. <http://mjas.my/mjas-v2/rf/pages/journal/v21i2/7-NutritiveShokri.pdf>, 2018.
- Lagunes-Rivera, S. A.; Guerrero-Rodríguez, J. de D.; Hernández-Vélez, J. O.; Ramírez-González, J. de J. M.; García-Bonilla, Dulce V. & Alatorre-Hernández, A. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas en la zona tropical de Hueytamalco, Puebla, México. *Rev. mex. de cienc. pecuarias.* 10 (4):1042-1053, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4660>.
- Linn, J. & Martin, N. *Forage quality tests and interpretation*. Extension Service Publication AG-F0-2637. St. Paul, USA: University of Minnesota Agriculture.

- https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/207442/MN2500_AGFO_2637_revised1989.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 1989.
- Luna-Murillo, R.; Espinoza-Coronel, Ana; Morales-Torres, Marioxy; Espinosa-Cunuhay, K.; Franco-Ochoa, D. & Zambrano-Montes, S. A. Rizosfera de las asociaciones de gramíneas y leguminosas de interés ganadero. *Revista Multidisciplinaria*. 1 (1). <https://dateh.es/index.php/main/article/view/35>, 2019.
- Macías-Pettao, R. K.; Tapia-Ramírez, C. S.; Pincay-Ganchozo, R. A. & Álvarez-Perdomo, G. R. Respuesta agronómica y composición química de *Clitoria ternatea* en el subtropico. *Nexo Agropecu*. 9 (2):13-18. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/35048>, 2021.
- Mahfouz, H.; Megawer, E. A.; Maher, A. & Shaaban, A. Integrated effect of planting dates and irrigation regimes on morpho-physiological response, forage yield and quality, and water use efficiency of clitoria (*Clitoria ternatea* L.) in arid region. *Arch. Agron. Soil Sci.* 66 (2):152-167, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1605165>.
- Morales-Guzmán, G.; Alarcón, A.; Ferrera-Cerrato, R.; Rivera-Cruz, María del C.; Torres-Bustillos, L. G. & Mendoza-López, Ma. Remedios. Efecto de bacterias emulsificantes en la atenuación de la fitotoxicidad de suelos contaminados con petróleo intemperizado. *Rev. biol. trop.* 68 (2):692-703, DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.39327>.
- Paniagua, L.; Arias, L. Alpizar, A.; Castillo, M.; Camacho, M.; Padilla, J. & Campos, M. Efecto de la densidad de siembra y edad de rebrote en la producción y composición bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):275-283. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000400275&lng=es&tlng=es, 2020.
- Pirela-Almarza, A. Y.; Aguirre-Serpa, O. E.; Ramírez-Villalobos, Maribel del C.; Petit, Belkis; Bracho, Belkys & Parra, I. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y del estiércol de ovino en el desarrollo inicial de la lechosa (*Carica papaya* L.) var. Maradol roja. *Bioagro*. 30 (1):79-86. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100008&lng=es&tlng=es, 2018.
- SAS. *SAS/STAT User's guide, Release 9.1.3*. Cary, USA: SAS Institute Inc, 2012.
- Scull-Rodríguez, Idania; Elías-Iglesias, A.; Pérez-Fuentes, D.; Savón-Valdés, Lourdes L.; Herrera-Villafranca, Magaly & Pompa-Castillo, Natacha. Efecto de la época del año en los componentes nutricionales de *Spathodea campanulata* Beauv. *Pastos y Forrajes*. 44:eE09. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100009&lng=es&tlng=es, 2021.
- Shamnad, J. Mineral and nutritional potential of *Clitoria ternatea* L. variants as forage. *J. Trop. Agric.* 57 (2):163-166. <http://jtrapag.kau.in/index.php/ojs2/article/view/867>, 2019.
- Sosa-Montes, E.; Alejos-de la Fuente, J. I.; Pro-Martínez, A.; González-Cerón, F.; Enríquez-Quiroz, J. F. & Torres-Cardona, María G. Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 11 (spe24):211-220, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2371>.
- Suárez, Hallely; Mercado, W.; Ramírez, Maribel; Bracho, Belkys; Rivero, J. & García, D. E. Caracterización morfoagronómica y evaluación del contenido proteínico en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. cultivados en un sistema de espalderas. *Pastos y Forrajes*. 35 (4):365-379. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400002&lng=es&tlng=es, 2012.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M. & Murphy, A. *Plant physiology and development*. Sunderland, USA: Sinauer Associates, 2015.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. & Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10):3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Vargas, B. *Pastos y forrajes*. Serie Tecnología Agropecuaria, No. 6. Bogotá: Editorial Guadalupe Ltda. ICFES, 2002.
- Villanueva-Avalos, J. F.; Bonilla-Cárdenas, J. A.; Rubio-Ceja, J. V. & Bustamante-Guerrero, J. de J. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc. Pec. Méx.* 42 (1):79-96. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61342107>, 2004.