

**Comportamiento de caracteres morfofisiológicos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110, luego de la aplicación de alternativas de fertilización biológica****Performance of morpho-physiological traits of *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110, after the application of biological fertilization alternatives**

Irma Cáceres-Amores<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0006-2985-8782>, Hilda Beatriz Wencomo-Cárdenas<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0002-1450-5611>, Orlando Saucedo-Castillo<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1743-5265>, Doris Torriente-Díaz<sup>3</sup> <https://orcid.org/0009-0008-8210-7982>, Yolanda Dora Cáceres Amores<sup>3</sup> <https://orcid.org/0009-0005-6073-2283>  
<sup>1</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. <sup>2</sup>Universidad Central Marta Abreu, Las Villas, carretera a Camajuaní km 5 ½. CP. 50100, Santa Clara, Cuba. <sup>3</sup>Sede Universitaria Dora Alonso, Perico, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: [irma.caceres@ihatuey.cu](mailto:irma.caceres@ihatuey.cu), [wencomo@ihatuey.cu](mailto:wencomo@ihatuey.cu)

**Resumen**

**Objetivo:** Caracterizar el comportamiento agronómico de *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110 en condiciones de campo con la aplicación de fertilización biológica.

**Materiales y Métodos:** Se evaluaron seis tratamientos: I-control sin fertilizante, II-Agromenas G- 1,5 t/ha, III-humus de lombriz - 4,0 t/ha, IV-Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E<sup>®</sup> L/ha, V-humus de lombriz 4,0 t/ha + FitoMas-E<sup>®</sup> L/ha, VI-control absoluto con fórmula completa (140 kg). Se evaluaron los indicadores productivos altura de la planta, diámetro del tallo, peso total de la biomasa, longitud y ancho de la panícula. Los datos se procesaron a través de un análisis de varianza simple para 5 % de significación.

**Resultados:** No hubo desigualdad estadística para la variable altura de la planta entre los tratamientos III, V y VI, pero difirieron del resto, con valores de 1,23; 1,24 y 1,23 m, respectivamente. La mayor longitud se presentó con los tratamientos III (18,4 cm) y VI (17,6 cm), que no difirieron entre sí. Tampoco hubo diferencias entre el VI y el V. Un comportamiento similar ocurrió entre los tratamientos II, IV y I, este último fue el de menor longitud (13,8 cm). Al comparar el peso total de la biomasa, el mejor resultado le correspondió al VI. No obstante, los tratamientos a los que se les aplicó abonos orgánicos (II, III y IV) obtuvieron valores de 0,14 kg y superaron al control sin fertilización (0,12 kg).

**Conclusiones:** La fertilización biológica es una opción viable para la producción del *S. bicolor* cv. UDG-110. La alternativa de fertilización biológica más efectiva fue la del humus de lombriz. Le siguió la combinación de humus más FitoMas-E<sup>®</sup>. A su vez, los indicadores del rendimiento no se afectaron con el uso de las alternativas de fertilización biológica.

**Palabras clave:** agricultura alternativa, biomasa, humus

**Abstract**

**Objective:** To characterize the agronomic performance of *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110 under field conditions with the application of biological fertilization.

**Materials and Methods:** Six treatments were evaluated: I-control without fertilizer, II-Agromenas G- 1,5 t/ha, III-earthworm humus - 4,0 t/ha, IV-Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E<sup>®</sup> L/ha, V-earthworm humus 4,0 t/ha + FitoMas-E<sup>®</sup> L/ha, VI-absolute control with complete formula (140 kg). The productive indicators plant height, stem diameter, total biomass weight, panicle length and width were evaluated. Data were processed through a simple variance analysis for 5 % significance.

**Results:** There was no statistical inequality for the variable plant height among treatments III, V and VI, but they differed from the others, with values of 1,23, 1,24 and 1,23 m, respectively. The greatest length occurred with treatments III (18,4 cm) and VI (17,6 cm), which did not differ from each other. There were also no differences between VI and V. Similar performance occurred among treatments II, IV and I, the last one being the shortest (13,8 cm). When comparing the total biomass weight, the best result corresponded to VI. However, the treatments to which organic fertilizers were applied (II, III and IV) obtained values of 0,14 kg and exceeded the control without fertilization (0,12 kg).

**Conclusions:** Biological fertilization is a viable option for the production of *S. bicolor* cv. UDG-110. The most effective biological fertilization alternative was earthworm humus. It was followed by the combination of humus plus FitoMas-E<sup>®</sup>. In turn, yield indicators were not affected by the use of the biological fertilization alternatives.

**Keywords:** alternative agriculture, biomass, humus

Recibido: 2 de abril de 2023

Aceptado: 14 de julio de 2023

Como citar este artículo: Cáceres-Amores, Irma; Wencomo-Cárdenas, Hilda Beatriz; Saucedo-Castillo, Orlando; Torriente-Díaz, Doris & Cáceres-Amores, Yolanda Dora. Comportamiento de caracteres morfofisiológicos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110, luego de la aplicación de alternativas de fertilización biológica. *Pastos y Forrajes*. 46e17, 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

En la actualidad, el panorama mundial de la producción de alimento plantea el reto de generar propuestas tecnológicas que impliquen la promoción de modelos agropecuarios sostenibles, con reducción considerable de los insumos externos para disminuir los costos e incrementar los beneficios económicos por unidad del producto, sin deteriorar el medio ambiente, según refieren informes de la FAO (1996). De acuerdo con lo planteado por esta organización, el déficit de granos previstos para el 2050 será de 450 millones de toneladas anuales, por lo que es necesario crear estrategias para incrementar la producción con altos rendimientos. Por ello, en la Agenda para el 2030, el Sistema de Naciones Unidas en Cuba plantea como objetivos y metas de desarrollo sostenible poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible. Para la mencionada fecha, es una prioridad insoslayable asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimento y aplicar prácticas agrícolas resilientes, que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático y a los fenómenos meteorológicos extremos (sequías, inundaciones y otros desastres) y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.

Entre las acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, se puede citar la aplicación de abonos orgánicos. Según criterios de Demanet-Filippi y Canales-Cartes (2020), esta actividad es de una importancia significativa, ya que la materia orgánica y, particularmente, el humus, es el sostén básico para la vida en este medio; además de que puede definir su potencial productivo. Los fertilizantes biológicos (humus de lombriz, cachaza, gallinaza, entre otros), al igual que los minerales naturales y los residuos (zeolita, dolomita, Agromena-G), contienen elementos útiles para el mejoramiento de las propiedades físico-químicas de los suelos y, por consiguiente, de los cultivos como productos naturales. Esos elementos incrementan la disponibilidad de nutrientes en el suelo y generan sustancias que estimulan el crecimiento vegetal. Ello se revierte en una agricultura más orgánica y sustentable, además de que repercute, de forma positiva, en el equilibrio de las poblaciones microbianas que habitan en el suelo (Santamaría-Gómez *et al.*, 2018).

Existe también la necesidad de aumentar de manera sostenible la producción de cereales, como una alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria y cubrir las necesidades siempre crecientes de los pueblos. Esto ha propiciado que los productores busquen elevar sus niveles de producción y obtener mayores rendimientos, al utilizar diferentes especies, variedades y alternativas de fertilización. Al respecto, *Sorghum bicolor* L. (sorgo) se puede citar como el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo, después de *Triticum aestivum* L. (trigo), *Zea mays* L. (maíz), *Oryza sativa* L. (arroz) y *Hordeum vulgare* L. (cebada), según lo referido por Santamaría-Gómez *et al.* (2018).

La planta de *S. bicolor* se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano en condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales, por lo que se le ha denominado “el cereal del siglo XXI”. Debido a su resistencia a la sequía, se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática y es poco susceptible a enfermedades. En los inicios de su producción, se empleaba fundamentalmente para la alimentación humana. Sin embargo, su consumo por parte de los animales se ha duplicado en la actualidad, así como su uso en la agricultura urbana para evitar la incidencia de insectos potencialmente plagas (Pérez *et al.*, 2010). *S. bicolor* produce altos volúmenes de biomasa con bajos niveles de insumos, nutrientes y agua. Tiene, además, alto potencial nutricional en condiciones sostenibles de producción. Este cultivo cumple una doble finalidad y tanto al grano como a la paja se les concede gran valor. En muchas zonas del mundo en desarrollo, la paja representa hasta 50 % del valor de la cosecha, especialmente en los años de sequía (Reyes-Moreno *et al.*, 2017).

A pesar de que existen varias investigaciones sobre este cultivo, son limitados los estudios acerca de las alternativas de fertilización biológica en la tecnología integral del *S. bicolor* en Cuba. Esto constituye una dificultad para alcanzar rendimientos estables y sostenibles. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el comportamiento agronómico de *S. bicolor* cv. UDG-110 en condiciones de campo, con el uso de alternativas de fertilización biológica.

## Materiales y Métodos

*Ubicación del área experimental.* El estudio se desarrolló en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), ubicada en la zona central de la provincia Matanzas, en el municipio Perico, en los 22° 48' y 7" de latitud Norte y

los 79° 32' y 2'' de longitud Oeste, a una altitud de 19,01 msnm (Hernández-Venereo, 2000).

**Suelo.** El suelo es de topografía llana, con pendiente de 0,5 a 1,0 %, clasificado como Ferralítico Rojo lixiviado (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015).

**Tratamiento y diseño experimental.** Se aplicó un diseño experimental de bloques al azar, con seis tratamientos y cuatro réplicas cada uno, para 24 parcelas en total. Los tratamientos fueron: I) control sin fertilizantes, II) Agromenas-G-1,5 t/ha, III) humus de lombriz - 4,0 t/ha, IV) Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, V) humus de lombriz 4,0 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, VI) control absoluto con fórmula completa (9-13-17), 140 kg aportados en dos momentos (50 % de fondo en el surco en el momento de la siembra y 50 % a los 25 días).

**Procedimiento experimental.** Se marcaron las parcelas en el campo con estacas y cordeles, en correspondencia con el esquema de bloques al azar. Cada parcela se identificó con carteles, en los que aparecían los tratamientos empleados. Para el cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar en cada una, se procedió con la siguiente fórmula:

$$Y = a \times b / c \times 100$$

donde:

y = cantidad de fertilizante a utilizar en el área de la parcela en kg

a = dosis de nutrientes kg/ha

b = área de la parcela m<sup>2</sup>

c = contenido del nutriente en porcentaje (portador fertilizante).

Para la aplicación de la Agromenas-G, se usó igual procedimiento. Para el humus de lombriz, se recurrió a la misma fórmula. Para la aplicación foliar del FitoMas-E®, se utilizaron mochilas Jacto, con capacidad de 16 L de agua para su disolución, a razón de 1 L/ha. Las labores de fertilización se organizaron por tratamiento y réplica en días diferentes, aunque en todos se usó el método de forma localizada en el fondo del surco.

El experimento se sembró en franjas o parcelas de diez surcos cada una, con 7,50 m de ancho y 10 m de largo, para un área de 75 m<sup>2</sup> para cada tratamiento, representado en 24 parcelas para un área neta experimental de 0,18 ha y un área bruta de 0,307 ha. Las mediciones se realizaron en 10 subparcelas o réplicas de 0,75 x 1,00 m, distribuidas al azar.

**Evaluación de caracteres morfofisiológicos.** Se evaluaron los indicadores productivos siguiendo los criterios de Villamar-Alvarado (2014). La altura de la planta (m) se midió en el campo, desde la base

de la planta al nivel del suelo hasta su parte más apical. El grosor del tallo (cm) se determinó en el quinto nudo y el total de biomasa en 0,75 m<sup>2</sup>. Se cortó manualmente el total de las plantas (40 plantas muestras por tratamiento) y se pesó al momento del corte (peso del forraje, kg). De igual forma, se midió la longitud y el ancho de las panículas (cm).

**Análisis estadístico.** Los resultados se sometieron a un análisis de varianza, según modelo lineal de clasificación simple. Las medias se compararon mediante la dócima de Duncan para 5 % de significación, después de verificar que cumplieran con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianza. Se empleó el programa estadístico SPSS® versión 22,0 para Microsoft® Windows®.

### Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra el comportamiento de la altura en función de las alternativas de fertilización biológica. No existieron diferencias significativas entre los tratamientos III, V y VI, que difirieron del resto con valores de 1,23; 1,24 y 1,23 m, respectivamente. A su vez, tampoco las hubo entre el I, II y IV (1,10; 1,10 y 1,13 m, respectivamente).

Según Cardona-Fuentes (2018), la altura es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Está determinada por la elongación del tallo, al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez se transfieren al fruto durante el llenado del grano. Se puede afectar por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales: la luz, el calor, la humedad y los nutrientes. Asimismo, es una característica varietal y ambiental, resultado del número de nudos y la longitud de los entrenudos. En la altura influye el carácter genético de la variedad, tipo de suelo y manejo agronómico del cultivo. La altura de la planta se incrementa cuando se aplican abonos orgánicos, que suministran gradualmente los compuestos asimilables mediante reacciones en las que se degradan las proteínas y los carbohidratos complejos. No sucede así con los fertilizantes, que son sustancias solubles de fácil disolución, que favorecen la asimilación rápida por parte de la planta, pero también a un lavado rápido por las aguas de drenaje o la volatilización (INIA, 2020).

Los resultados con el tratamiento III fueron similares a los que informó Plaza-Rodríguez (2015) y se pueden relacionar con la composición del producto, fundamentalmente con los ácidos húmicos y flúvicos. De estos últimos se conocen sus efectos y participación en los distintos procesos fisiológicos

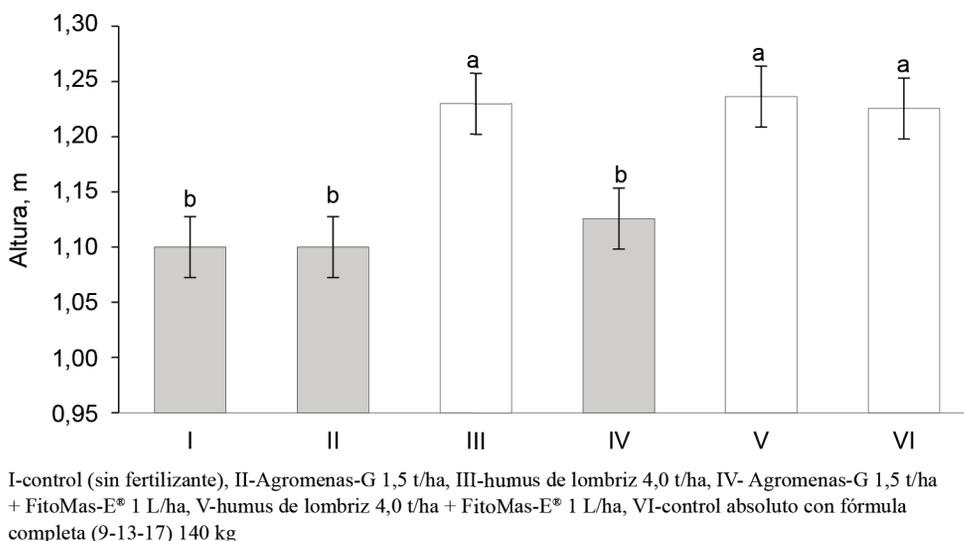


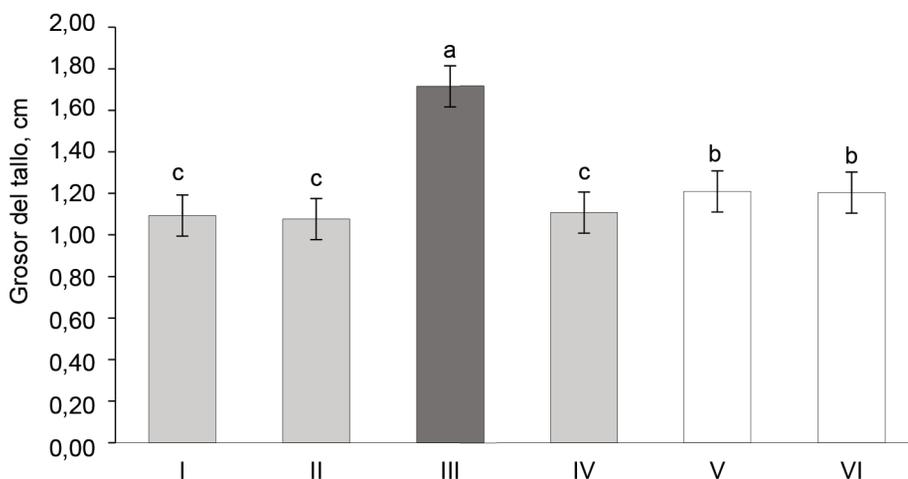
Figura 1. Comportamiento de la altura en función de los tratamientos.

y bioquímicos que tienen lugar en las plantas, y que intervienen positivamente en la respiración y en la velocidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs. Lo anterior propicia mayor producción de ATP e influye en los efectos selectivos sobre la síntesis proteica y el aumento de la actividad de diversas enzimas (Madrigales-Reátiga, 2019).

Para el tratamiento V, el resultado es lógico, y puede que se corresponda con que la unión de ambos productos (humus y FitoMas-E®) beneficia el comportamiento de este indicador por la constitución de ambos. El FitoMas-E® es un bioestimulante

que en su composición química contiene sustancias promotoras del crecimiento vegetal, como son los aminoácidos, proteínas, péptidos, carbohidratos y macroelementos ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ). Las plantas fabrican las proteínas que necesitan y las sintetizan a partir de aminoácidos, que se producen, a su vez, mediante un proceso bioquímico complejo que consume gran cantidad de energía bioquímica y biológica (Madrigales-Reátiga, 2019).

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos (figura 2). El de mejor comportamiento fue el III, en el que se hallaron



I-control (sin fertilizante), II-Agromenas-G 1,5 t/ha, III-humus de lombriz 4,0 t/ha, I- Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, V-humus de lombriz 4,0 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, VI-control absoluto con fórmula completa (9-13-17) 140 kg

Figura 2. Comportamiento del grosor del tallo en función de los tratamientos

tallos gruesos, a pesar de que su estatura en condiciones normales de producción, es más baja que otras variedades. Le siguieron el V y el VI, sin diferencias entre sí. Reyes-Moreno *et al.* (2017) obtuvieron resultados similares.

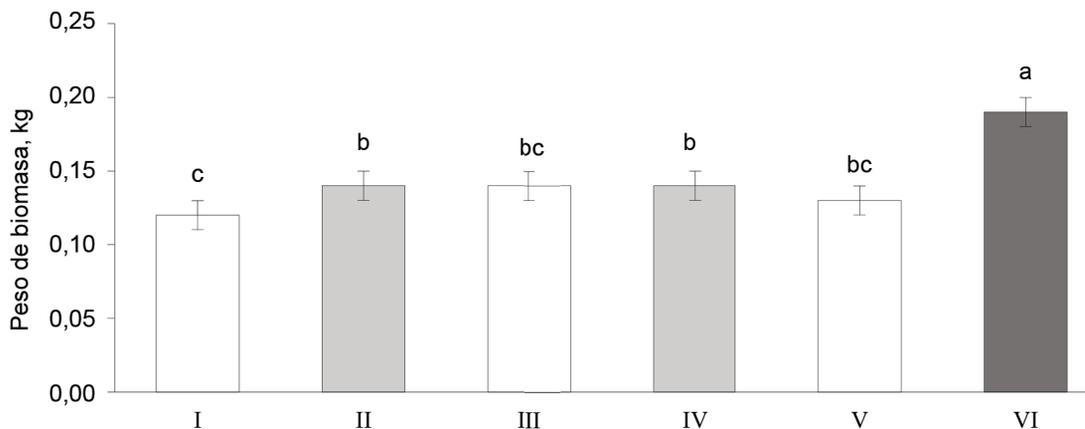
Informes de Chisi y Peterson (2018) refieren que el grosor del tallo es un indicador de gran importancia en las plantaciones de *S. bicolor*, ya que influye en el doblamiento de los tallos cuando se afectan por fuertes vientos. Del mismo modo, plantean que depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo. La resistencia que presenta la planta de *S. bicolor* a inclinarse depende, en gran medida, del diámetro del tallo, que tiende a disminuir cuando aumenta la densidad de siembra, debido a la competencia entre las plantas. Al respecto, Cardona-Fuentes (2018) señala que la aplicación de nitrógeno es uno de los factores que influye en el diámetro de las plantas.

Los resultados de la aplicación del humus de lombriz se pueden deber al alto contenido de nitrógeno, ya que este elemento favorece el crecimiento y el diámetro del tallo. Del mismo modo, influyó el estado de madurez de este abono, en el que existe mayor disponibilidad y asimilación de nutrientes por la planta. Este efecto también se pudo relacionar con el aporte de las sustancias húmicas de diferentes metabolitos, entre ellos el potasio y otros minerales que intervienen en la nutrición de las plantas, los que al absorberse por las raíces o por las hojas garantizan su desarrollo adecuado. En concentraciones apropiadas, estas sustancias propician un incremento del diámetro del tallo.

Al comparar el peso total de la biomasa en los tratamientos, hubo diferencias significativas (figura 3) entre ellos. El mejor resultado le correspondió al tratamiento VI. No obstante, los tratamientos a los que se les aplicó abonos orgánicos (II, III y IV) obtuvieron valores de 0,14 kg y superaron al control sin fertilización (0,12 kg).

Este comportamiento se puede catalogar de aceptable, según referencias de Taiz y Zeiger (2015), sobre todo si se considera la naturaleza de este cultivar, que es de doble propósito. Probablemente, el factor que influyó fue la rapidez en la asimilación de los fertilizantes químicos por las plantas, ya que la urea y los fertilizantes con amonio se someten a una rápida conversión en la mayoría de los suelos arables. Cuando la urea o los fertilizantes que la contienen se aplican, normalmente se hidroliza por la enzima ureasa en forma de carbonato de amonio. Este se descompone para producir  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$ , que se absorben directamente por el cultivo (Taiz y Zeiger, 2015).

El nitrógeno es un macronutriente esencial para los organismos vegetales y su disponibilidad afecta el crecimiento y el desarrollo vegetal. En ambientes naturales y agrícolas, este nutriente se encuentra en bajas cantidades. Por estos motivos, la producción de cultivos vegetales con altos rendimientos se asocia a la incorporación de grandes concentraciones de fertilizantes nitrogenados al suelo. Sin embargo, según referencias de Cuitiño *et al.* (2021), los cultivos solo son capaces de utilizar entre 40-50 % del nitrógeno aplicado, lo que causa efectos negativos en el medio ambiente. El nitrógeno restante no



I-control (sin fertilizante), II-Agromenas-G 1,5 t/ha, III-humus de lombriz 4,0 t/ha, I- Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, V-humus de lombriz 4,0 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, VI-control absoluto con fórmula completa (9-13-17) 140 kg

Figura 3. Comportamiento del peso total de la biomasa en función de los tratamientos.

utilizado por las plantas se pierde por diferentes mecanismos, lo que contamina los suelos y las fuentes de agua.

La relevancia fisiológica del nitrógeno para las plantas está claramente ejemplificada por sus efectos en el crecimiento de las hojas, la senescencia, la arquitectura del sistema radical y el tiempo de floración, entre otros aspectos. Además de su efecto en el crecimiento vegetal y sus procesos de desarrollo, el estado nutricional de la planta es un factor importante en la resistencia o susceptibilidad de diversos cultivos a ciertos patógenos. Diferentes estudios han demostrado que la disponibilidad de nitrógeno en la planta afecta el resultado final de la interacción planta-patógeno. Sin embargo, los mecanismos fisiológicos que explican esta interacción son poco conocidos y dependen de la especie vegetal y del patógeno en estudio. Por estos motivos, es difícil deducir reglas generales en lo que respecta a la función del nitrógeno y su efecto en la interacción de plantas y patógenos.

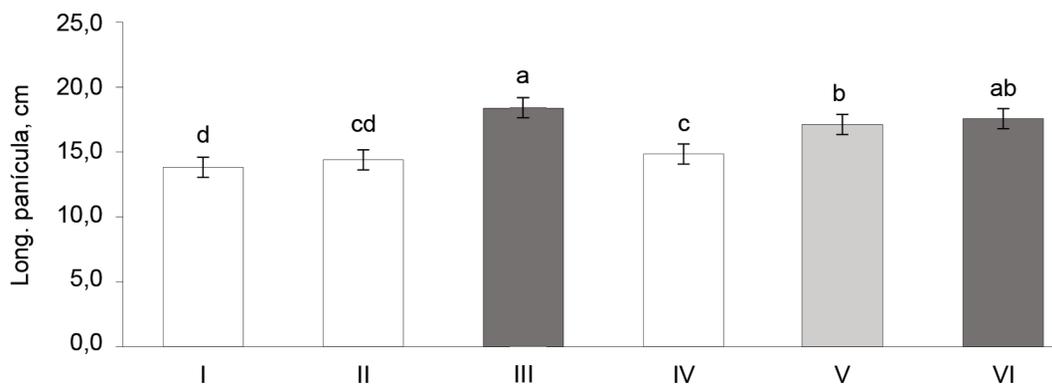
En cuanto al comportamiento de los tratamientos con abono orgánico, puede deberse a que al aplicarlos no hayan tenido el tiempo suficiente para su descomposición y aportar los nutrientes necesarios al cultivo. Se puede considerar que el P, el K, los elementos secundarios y los oligoelementos que contienen estos residuos están en formas directamente asimilables para el cultivo o que se convertirán en un plazo razonablemente corto (Salas-López *et al.*, 2018). En cambio, la situación del N es mucho más compleja, ya que está ligada a la evolución de la materia orgánica del residuo que, una vez en el suelo, se somete a dos procesos paralelos: la mineralización y la humificación.

En la figura 4 se muestra el comportamiento de la longitud de la panícula, descriptor de la fase fenológica de la floración, en función de los tratamientos. Hubo diferencias significativas entre ellos. La mayor longitud se presentó con el III (18,4 cm) y VI (17,6 cm), que no difirieron entre sí, como tampoco las hubo entre el VI y el V. Similar comportamiento ocurrió entre los tratamientos II, IV y I. Este último fue el de menor longitud (13,8 cm).

Los mayores valores de la longitud de la panícula se obtuvieron en los tratamientos III (18,4 cm) con humus de lombriz y VI (17,6 cm), que fue el control absoluto con fertilizantes. Sin embargo, ninguno de los tratamientos alcanzó el desarrollo de acuerdo con lo descrito por Reyes-Moreno *et al.* (2017).

Cardona-Fuentes (2018) informó resultados similares cuando evaluó el comportamiento de cuatro híbridos de *S. bicolor* dulce para la producción de biomasa y azúcares fermentables para la obtención de biocombustibles. Se pudiera inferir que esto estuvo estrechamente relacionado con las condiciones edafoclimáticas del área experimental y de la agrotecnia mínima que se dio durante el ciclo del cultivo.

Los resultados en los que los abonos orgánicos demostraron igualdad o superioridad en el comportamiento de la variable evaluada se pueden deber a que según Venkateswaran *et al.* (2019) y Lus (2020) proporcionan un sistema en el que los nutrientes se reciclan y mejoran el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, especialmente la porosidad, con la correspondiente reducción de la densidad aparente y el incremento en la cantidad



I-control (sin fertilizante), II-Agromenas-G 1,5 t/ha, III-humus de lombriz 4,0 t/ha, I- Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, V-humus de lombriz 4,0 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, VI-control absoluto con fórmula completa (9-13-17) 140 kg

Figura 4. Comportamiento de la longitud de la panícula en función de los tratamientos.

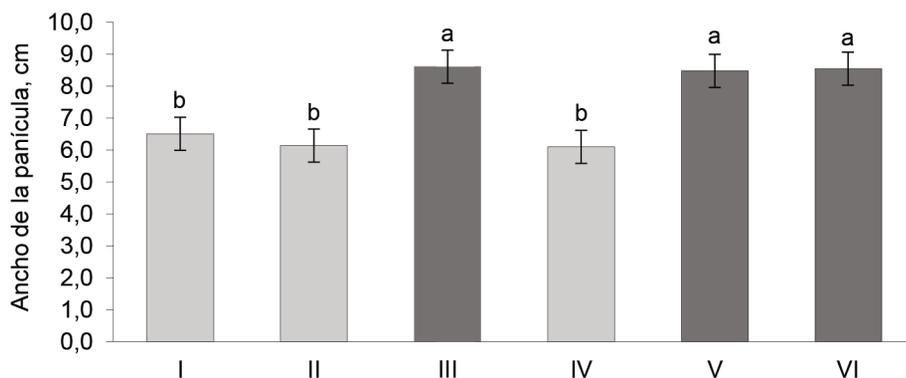
de nutrimentos disponibles. Asimismo, mejoran el intercambio catiónico y además de contener N, P y K, aportan otros elementos menores, importantes para el buen crecimiento de la planta.

Del mismo modo, los abonos orgánicos se consideran fertilizantes de lenta liberación, cuya acción se prolonga en el tiempo, lo que contribuye a mejorar la calidad del medio ambiente y la producción de los cultivos. Estos datos evidencian que el humus tiene aceptable disponibilidad de nutrientes, los que son fácilmente asimilables por la planta. Se puede usar en todos los cultivos y en cualquier etapa porque la liberación de nutrientes se adapta a las necesidades de las plantas. En tiempos de calor, las plantas crecen más y también la transformación de la materia orgánica es más rápida, además de que entrega los nutrientes en suficiente cantidad a las raíces de los cultivos. Resultados similares obtuvieron Montossi *et al.* (2020), lo que respalda la respuesta obtenida, debido a que en la zona donde se realizó el estudio predominaron las temperaturas altas. Esto facilitó la transformación de la materia orgánica. Igualmente, se puede decir que hay una relación directa entre la cantidad de abono orgánico añadido y la producción total de biomasa de las plantas. Se puede sustituir así parte importante del nitrógeno inorgánico por nitrógeno orgánico del abono, sin afectar el contenido total de azúcares presente en las plantas (de hecho, lo incrementa). Otro de los elementos que pudieron incidir en el comportamiento de la longitud de la paja o panícula es la dependencia de los factores ambientales (fundamentalmente la temperatura) y nutricionales en los que se desarrolla el cultivo, al igual que la influencia del fotoperíodo.

El comportamiento del ancho de la panícula dejó ver diferencias significativas (figura 5). Los mejores valores se lograron con los tratamientos III, V y VI. Los resultados coinciden con lo informado por Pérez *et al.* (2010), quienes plantearon que el rango óptimo de este indicador para el cv. UDG-110, varía entre 6 y 10 cm, lo que se manifiesta en casi todos los tratamientos, excepto en el I (control sin fertilizantes).

Es válido mencionar que el indicador ancho de la panícula es inversamente proporcional a la longitud de la panícula. Por ello se infiere que la expresión de este resultado puede que se deba a la influencia que tienen los factores ambientales y nutricionales en este indicador. Al respecto, Cuizara-Felipe *et al.* (2021) expresaron que la fertilidad del suelo, la temperatura, la luminosidad, la edad de la planta y las estaciones, influyen en la expresión de este tipo de descriptor morfológico.

El comportamiento del tratamiento V se puede deber a la acción combinada del humus de lombriz más FitoMas-E®. Se conoce que el uso de bioestimulantes vegetales estimula la emergencia y el crecimiento vegetal, debido a que están compuestos por sustancias naturales, como carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y aminoácidos, activadores de las funciones fisiológicas de las plantas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Según informes de Pérez *et al.* (2010) representa una opción para enfrentar problemas de estrés abiótico, salinización de los suelos, sequías y exceso de humedad. De igual modo, potencia la acción de los herbicidas y de otros plaguicidas, lo que permite reducir las dosis, acelerar el proceso de compostaje y la degra-



I-control (sin fertilizante), II-Agromenas-G 1,5 t/ha, III-humus de lombriz 4,0 t/ha, I- Agromenas-G 1,5 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, V-humus de lombriz 4,0 t/ha + FitoMas-E® 1 L/ha, VI-control absoluto con fórmula completa (9-13-17) 140 kg

Figura 5. Comportamiento del ancho de la panícula en función de los tratamientos.

dación de los residuos de cosecha e incrementar los rendimientos.

El comportamiento relacionado con el tratamiento VI es lógico, debido a que en los fertilizantes químicos existe tendencia a propiciar los mejores resultados en los cultivos.

### Conclusiones

La fertilización biológica es una opción viable para la producción del *S. bicolor* cv. UDG-110. La alternativa de fertilización biológica más efectiva fue la del humus de lombriz, le siguió la combinación de humus más FitoMas-E®. A su vez, los indicadores del rendimiento no se afectaron con el uso de las alternativas de fertilización biológica.

### Agradecimientos

Se agradece a la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey por posibilitar el desarrollo de la investigación.

### Conflicto de intereses

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

### Contribución de los autores

- Irma Cáceres-Amores. Montaje del experimento, toma y procesamiento de datos, redacción y arreglos del manuscrito.
- Hilda Beatriz Wencomo-Cárdenas. Asesoramiento de la investigación, desarrollo del diseño y montaje del experimento, procesamiento e interpretación de datos.
- Orlando M. Saucedo-Castillo. Génesis de la idea de investigación, recolección, interpretación de datos y análisis de los resultados, preparación y revisión del manuscrito.
- Doris Torriente-Díaz. Toma y procesamiento de datos.
- Yolanda Dora Cáceres-Amores. Toma, procesamiento e interpretación de los datos.

### Referencias bibliográficas

- Cardona-Fuentes, J. C. *Evaluación del comportamiento de 4 híbridos de sorgo dulce Sorghum bicolor M. para la producción de biomasa y azúcares fermentables confines en la producción de biocombustibles, en la Altillanura, en el municipio de Puerto López, Meta*. Trabajo de grado-Pregrado. Villavicencio, Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1376>, 2018.
- Chisi, M. & Peterson, G. Breeding and agronomy. In: J. R. N. Taylor and K. G. Duodu, eds. *Sorghum and millets: Chemistry, technology, and nutri-*

*tional attributes*. 2nd ed. Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing, AACC International Press. p. 23-50, 2018.

- Cuitiño, M.; Purtscher, I.; Stewart, S.; Morales, X. & Cardozo, V. *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero*. Montevideo: INIA. [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_CV/Ano2020/PubSorgoForrajeroPeriodo2020.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2020/PubSorgoForrajeroPeriodo2020.pdf), 2021.
- Cuizara-Felipe, Zoraida; Castellón-Urdininea, E.; Espinoza-Herrera, J.; Camacho-Márquez, E.; Campos-Garvizu, H. & Meneses-Arce, R. Evaluación comparativa de la producción de forraje verde y chala de sorgo y maíz, en condiciones de secano en Tejería (Pasorapa). *Revista de Agricultura*. 64:1-13, <http://www.agr.umss.edu.bo/revAGRIC/pdf/rev64/rev64-6.pdf>, 2021.
- Demagnet-Filippi, R. & Canales-Cartes, C. *Manual cultivo del sorgo forrajero*. Temuco, Chile: Universidad de La Frontera. <http://www.watts.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-cultivo-del-sorgo-forrajero-versi%C3%B3n-final-01-09-2020.pdf?status=Temp&sfvrsn=0.6040716198441742>, 2020.
- FAO. *La economía del sorgo y del mijo en el mundo: hechos, tendencias y perspectivas*. Roma: FAO. 1996.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Hernández-Venereo, I. *Utilización de las leguminosas arbóreas Leucaena leucocephala, Albizia lebbek y Bauhinia purpurea en sistemas silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Matanzas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, EEPF Indio Hatuey, 2000.
- INIA. *Algunos conceptos sobre calidad de forrajes*. Ficha técnica No. 33. Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11188/1/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>, 2020.
- Lus, J. *Sorgos BMR para pastoreo Implicancias productivas de la tecnología BMR en sorgos*. Pergamino, Argentina: PGG Wrightson Seeds. <https://www.pgwseeds.com.ar/notas/7/sorgos-bmr-para-pastoreo/>, 2020.
- Madrigales-Reátiga, Luisa F. *Procesamiento secuencial (Germinación/Extrusión) para obtener harina funcional de sorgo (Sorghum bicolor L.) con valor nutricional/nutracéutico alto*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Culiacán de Rosales, México: Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa. <https://mcta>

- uas.edu.mx/pdf/repositorio/2016-2018/10\_Madrigales\_Reatiga\_Luisa\_Fernanda.pdf, 2019.
- Montossi, F.; Lima, J. M. S. de & Cuadro, R. Uso estratégico de sorgos forrajeros y suplementación en sistemas ganaderos: una alternativa tecnológica INIA para acelerar la recría estival de novillos. *Revista INIA*. 9-13. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14707/1/Revista-INIA-62-Setiembre-2020-p-9-13.pdf>, 2020.
- Pérez, A.; Saucedo, O.; Iglesias, J.; Wencomo, Hilda B.; Reyes, F.; Oquendo, G. *et al.* Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*. 33 (1):1-26. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942010000100001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000100001&lng=es&tlng=es), 2010.
- Plaza-Rodríguez, Jéssica De J. *Evaluación del comportamiento agronómico y rendimiento de grano del híbrido de sorgo (Sorghum vulgare L.) pioner 83G19, sometido a tres densidades de siembra y tres distancias entre hileras en la zona de Vinces*. Título de Ingeniera Agrónoma. Los Ríos, Ecuador: Facultad de Ciencias para el Desarrollo, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12240?mode=full>, 2015.
- Reyes-Moreno, C.; Reyes-Fernández, Perla C.; Cuevas-Rodríguez, Edith O.; Milán-Carrillo, J. & Mora-Rochín, Saraid. Changes in nutritional properties and bioactive compounds in cereals during extrusion cooking. In: S. Z. Qamar, ed. *Extrusion of metals, polymers, and food products*. Rijeka, Croacia: IntechOpen, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.68753>.
- Salas-López, F.; Gutiérrez-Dorado, R.; Milán-Carrillo, J.; Cuevas-Rodríguez, Edith O.; Canizales-Roman, V. A.; León-Sicairos, Claudia del R. *et al.* Nutritional and antioxidant potential of a desert underutilized legume-tepary bean (*Phaseolus acutifolius*). Optimization of germination bioprocess. *Food Sci. Technol*. 38, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.25316>.
- Santamaría-Gómez, J. M.; Piloni-Martini, J.; Quintero-Lira, A.; Bernardino-Nicator, A. & Güemes-Vera, N. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante antes y después del proceso de extrusión. *Investig. Desarro. Cienc. Tecnol. Aliment*. 3:406-410, <http://www.fcb.uanl.mx/ID-CyTA/files/volume3/4/8/67.pdf>, 2018.
- Taiz, L. & Zeiger, E. *Fisiología vegetal*. 5 ed. Porto Alegre, Brasil: Artmed. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>, 2015.
- Venkateswaran, Kamala; Elangovan, M. & Sivaraj, N. Origin, domestication and diffusion of *Sorghum bicolor*. In: C. Aruna *et al.*, eds. *Breeding Sorghum for diverse end uses*. Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing. p. 15-31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00002-4>.
- Villamar-Alvarado, María. *Evaluación agronómica de 10 híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) en la zona de Julio Moreno, provincia de Santa Elena*. Título de Ingeniería Agropecuaria. La Libertad, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agropecuaria, Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/2238>, 2014.