

Nota técnica

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE PRODUCCIÓN Y DESARROLLO DE MUCUNA (*Mucuna pruriens* L. DC)Estefanny García-Abarca^{1/*}, Rubén Calderón-Cerdas²**Palabras clave:** *Mucuna pruriens*; densidad de siembra; fisiología de los cultivos.**Keywords:** *Mucuna pruriens*; plant spacing; crop physiology.**Recibido:** 18/05/2020**Aceptado:** 22/01/2021

RESUMEN


Introducción. La mucuna es una planta postrada y trepadora, cuya biomasa puede aportar anualmente al suelo hasta 331 kg de nitrógeno por hectárea. Actualmente, se utiliza como fertilizante natural y como cobertura vegetal en plantaciones de palma, mango y en rotación con maíz y frijol. **Objetivo.** El objetivo fue analizar el desarrollo de *M. pruriens* y establecer la densidad de siembra adecuada para la producción de semilla, en un sistema de espaldera. **Materiales y métodos.** El estudio fue desarrollado en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica. Se analizó el crecimiento y la productividad de la mucuna sembrada a densidades de 4900, 3267 y 2450 plantas.ha⁻¹. Se evaluó el desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta, la fenología y los grados día acumulados. Se determinó el índice de área foliar y de cosecha e se calculó el

ABSTRACT


Influence of planting density on production and growth of mucuna (*Mucuna pruriens* L. DC). Introduction. Mucuna is a prostrate and climbing plant, whose biomass can contribute annually to the soil up to 331 kg of nitrogen per hectare. Currently, it is used as a natural fertilizer and soil cover in palm and mango plantations and in rotation system with corn and beans. **Objective.** The objective was to analyze the development of *M. pruriens* and establish the appropriate sowing density for seed production, in a trellis system. **Materials and methods.** The study was developed at the Fabio Baudrit Moreno Experimental Station (EEAFBM) of the Universidad de Costa Rica. The growth and productivity of the mucuna sown at densities of 4900, 3267 and 2450 plants.ha⁻¹ were analyzed. The vegetative and reproductive development of the plant, the phenology and

* Autora para correspondencia. Correo electrónico: estefanny.garcia@ucr.ac.cr

1 Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

 0000-0001-6270-3156.

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronegocios, Cartago, Costa Rica.

 0000-0002-2791-0106.

rendimiento. **Resultados.** El ciclo total del cultivo abarcó 19 semanas. La productividad de las plantas sembradas a densidades de 4900, 3267 y 2450 plantas.ha⁻¹, fue de 2611, 1207 y 807 kg.ha⁻¹, respectivamente. Durante la semana 15 se alcanzó el valor máximo de índice de área foliar (5,8). A 4900 plantas.ha⁻¹ se obtuvo el mayor rendimiento (2611 kg.ha⁻¹), de índice de cosecha (0,19) y de vainas por planta (125). **Conclusión.** Con respecto al desarrollo de las plantas, no se encontraron diferencias entre las densidades utilizadas, sin embargo, con la densidad de 4900 plantas.ha⁻¹ se logró alcanzar un mayor rendimiento del cultivo.

the accumulated degree days were evaluated. The leaf area index, harvest index and yield were calculated. **Results.** The total cultivation cycle took 19 weeks. The productivity of the plants sown at densities of 4900, 3267 and 2450 plants.ha⁻¹, was 2611, 1207 and 807 kg.ha⁻¹, respectively. During week 15, the maximum value of the leaf area index (5,8) was reached. At 4900 plants.ha⁻¹ the highest yield was obtained (2611 kg.ha⁻¹), with a harvest index (0,19) and pods per plant (125). **Conclusion.** Regarding the development of the plants, no differences were found between the densities used, however, with the density of 4900 plants.ha⁻¹, a higher crop yield was achieved.

INTRODUCCIÓN

La mucuna (*Mucuna pruriens* L. DC.) es originaria del sureste asiático y es nativa de India. Actualmente su cultivo se encuentra distribuido por el trópico (Brunner *et al.* 2011). En Centroamérica fue introducida en la década de 1930 por las empresas bananeras, quienes la utilizaron como alimento para las mulas que transportaban el banano (Hernández 2004). Posteriormente se utilizó como cobertura para el combate de malezas. La mucuna se ha sembrado en asocio con cultivos como maíz, palma aceitera, café y yuca.

En los últimos años, debido al aporte neto de nitrógeno al suelo, la mucuna ha tenido auge como fertilizante natural. Además se ha determinado que durante la descomposición de la materia vegetal, libera compuestos orgánicos que fungen como nematicidas (Klassen *et al.* 2006, Bonilla 2015). Brunner *et al.* (2011), según el porcentaje de nitrógeno total de la mucuna, su peso seco y producción de materia verde, reportaron un aporte de nitrógeno total de 80,91 kg.ha⁻¹. En Puerto Rico se encontraron valores de hasta 331 kg de nitrógeno por ha. De modo comparativo,

la fijación simbiótica del nitrógeno por bacterias del género *Rhizobium* sp. es capaz de aportar hasta 150 kg.ha⁻¹ al año (Ravi *et al.* 2018).

El rendimiento de semilla de mucuna varía conforme a la región y genotipo utilizado. Puerto Rico reportó entre 1700 a 3000 kg.ha⁻¹ en sistemas de producción de semillas donde se provee un soporte artificial (Asongwed y Onana 2002). En Nicaragua, Departamento de Carazo, se reportó 1290 kg.ha⁻¹ de semilla para el cultivo de *M. pruriens*, luego de un ciclo de vida de 6 meses (Carazo y Romero 2000) y para plantas cultivadas en Guatemala, Gálvez (1990) indicó rendimientos de 3796 a 3965 kg.ha⁻¹. En cuanto a la cantidad de semillas por vaina, se señaló que cada vaina puede contener en promedio 4,5 (Tenorio 2016) y de 4 a 6 semillas por vaina (Oudhia 2001).

Algunos beneficios de la mucuna en la agricultura son la conservación del suelo, el mantenimiento de la fertilidad y el potencial productivo. También, ayuda en la mejora de la estructura física y el aumento de la actividad biológica en profundidades mayores a la capa arable del suelo (Chakoma *et al.* 2016), debido a

la simbiosis con microorganismos micorrícicos (Philipp y Gamboa 2003).

La producción de mucuna en Costa Rica, se realiza principalmente en los cantones de Buenos Aires y Pérez Zeledón, provincias de Puntarenas y San José respectivamente (Hernández 2004). La producción de semillas de mucuna está en manos de pequeñas empresas productoras (<5 ha) de granos básico y obedece a una actividad secundaria, ya que su uso se enfoca en aprovechar los beneficios de la rotación de cultivos con frijol y maíz (Díaz y Estupinan 2004).

En la industria farmacéutica, la mucuna se ha utilizado como tratamiento para la enfermedad de Parkinson por su alta concentración de L-Dopa (6-7%), precursor de la dopamina en el sistema nervioso (Chakoma *et al.* 2016, Raghavendra *et al.* 2012, Manyam *et al.* 2004). Además, la mucuna es considerada rica en compuestos antioxidantes, antiepilépticos, analgésicos y antiinflamatorios (Hussian y Manyam 1998, Lampariello *et al.* 2012, Ravi *et al.* 2018).

La densidad de siembra afecta la eficiencia en la interceptación de la radiación, así como procesos de asimilación de nutrientes y consumo de agua (Wells 1991); además se relaciona con el desarrollo del área foliar de las plantas, la propagación e incidencia de enfermedades y de insectos plaga, así como la presencia y biomasa de las arvenses. Estos factores afectan directamente el rendimiento (Evans y Fischer 1999) y la eficiencia en el uso de los recursos, aspecto que ha llevado a estudiar la eficiencia de los sistemas productivos a través de la variación en la densidad de siembra y el arreglo espacial de los cultivos (Walker *et al.* 2010). Según lo anterior, se presenta esta investigación, con el objetivo de establecer la densidad de siembra adecuada para maximizar la producción de semilla de *M. pruriens* en un sistema de espaldera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEA-FBM) de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la provincia de Alajuela. La altitud es de 840 msnm y se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (Holdridge 1982).

La siembra de las plantas se realizó en setiembre del 2017 y se cosechó en marzo del 2018. Se escogió esa época de siembra, para que la etapa vegetativa de las plantas coincidiera con la época lluviosa y las etapas reproductiva y de cosecha con la época seca. Se utilizó como material de siembra 2 kg de semilla de *M. pruriens* de una variedad criolla de Costa Rica, la cual es el resultado de una mezcla de diversas variedades de mucuna que se han cruzado de forma natural en el sur del país, principalmente en la zona de Buenos Aires, Puntarenas (R. Gómez. 2019. Variedad de semilla criolla de *Mucuna pruriens*, utilizada en esta investigación. Comunicación verbal. Defensa pública). Las semillas producidas por estas plantas son de color café, con pintas de color beige, sus flores son moradas y su hábito de crecimiento es indeterminado y rastrero. La semilla que se utilizó fue cosechada en enero del 2017 en la EEA-FBM.

Dadas las condiciones homogéneas del terreno, se optó por un diseño experimental irrestricto al azar, constituido por 3 hileras de 83,5 m de longitud, para un total 2600 m². El ensayo contó con 3 tratamientos correspondientes a 3 densidades de plantas y cada unidad experimental utilizada correspondió a 6 plantas; se implementaron 3 repeticiones por tratamiento. En cada hilera se colocaron los 3 tratamientos. Para obtenerlos se varió únicamente las distancia entre plantas: 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m (Tabla 1). Cada hilera de plantas se encontró separada por 2 m de distancia entre sí.

Tabla 1. Densidad, distancia entre hileras, distancia entre plantas y espacio que puede ser ocupado por estas en cada tratamiento.

Tratamiento	Distancia entre hileras (m)	Distancia entre plantas (m)	Densidad (plantas/ha)	Espacio por planta ¹ (m ² /planta)
A	2	1,0	4 900	2
B	2	1,5	3 267	3
C	2	2,0	2 450	4

¹ Corresponde al espacio en m² que puede ocupar una planta. Se obtiene de la división de 10000 m²/ la cantidad de plantas por ha.

El suelo fue labrado y se elaboraron lomillos con 2 metros de separación. Se estableció un sistema con soporte de espaldera y se utilizaron 72 postes, a estos se les amarró una malla sintética reforzada con alambre metálico.

Asimismo, se determinó el índice de área foliar (IAF), el desarrollo del cultivo, variables climáticas, componentes del rendimiento, índice de cosecha y la acumulación de grados día durante todo el ciclo del cultivo. El índice de área foliar fue determinado a través de métodos directos e indirectos. Para la primera cuantificación del área foliar, las plantas eran muy pequeñas (4 semanas después de la siembra), para poder realizar la determinación de IAF y mejorar la precisión, se tuvo que utilizar un escáner de área foliar (Licor modelo Li3100).

A partir de la sexta semana después de la siembra, se realizaron de manera bisemanal las evaluaciones de IAF con un ceptómetro marca

Accupar, modelo LP-80. En cada evaluación se procedió a colocar el instrumento de manera horizontal para así realizar un transecto. Semanalmente, se realizaron 9 mediciones por tratamiento elegidos al azar en todas las ocasiones.

Para evaluar la fenología del cultivo, se llevó registro del crecimiento de las plantas y de las mediciones de la estación meteorológica de la EEAFBM. Para cada uno de los tratamientos se evaluó semanalmente el estado de desarrollo de las plantas de mucuna, en los cuales se utilizó, como parámetro, la escala de las etapas de desarrollo modificada por Montes de Oca y Cervantes (1996) a partir de lo establecido por White (1988) para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

En cuanto al rendimiento, para cada una de las 3 densidades de siembra se calculó a través de la multiplicación de la cantidad de plantas por hectárea, vainas por planta, semillas por planta y el peso de la semilla (Ecuación 1).

Ecuación 1

$$\text{Rendimiento} = (\text{plantas/ha} * \text{vainas/planta} * \text{semillas/vaina} * \text{peso semilla (kg)})$$

Para determinar la cantidad de vainas por planta, se contabilizaron las vainas por cada racimo nuevo que la planta emitió. Para evitar tomar racimos ya contados, se marcaron los racimos ya contabilizados con una cinta.

Por su parte, la cantidad de plantas por hectárea fue calculada a partir de las distancias entre plantas y entre hileras (Ecuación 2).

Ecuación 2

$$\text{Plantas/ha} = [(\text{ancho parcela/distancia entre hileras}) - 1\text{m}] * (\text{largo parcela/distancia entre plantas})]$$

Para el peso de las semillas, se tomó una muestra de 100 semillas y se pesó. Dicho peso se dividió entre 100 para obtener el peso promedio de una semilla.

Grados día. Con el objetivo de establecer el acumulado de grados día necesarios para que

el cultivo de mucuna llegara a cada etapa de desarrollo, se utilizaron los datos de la temperatura horaria de la estación meteorológica ubicada en la EEAFBM. Los grados día fueron calculados a partir de la temperatura diurna máxima y mínima (Ecuación 3).

Ecuación 3

$$\text{GD} = \frac{\text{Tmin} + \text{Tmax}}{2} - \text{Tbase}$$

La T base corresponde a la temperatura, en la cual, el metabolismo de la planta se ralentiza al punto de no permitir el crecimiento de la planta. La temperatura base utilizada fue de 11°C reportada por (Hartkamp *et al.* 2002) para este cultivo. Los grados día acumulados para alcanzar cada etapa de desarrollo corresponde a la sumatoria de los GD.

Índice de cosecha. Para cada una de las repeticiones, se tomó una muestra de 100 granos de mucuna cosechados en madurez fisiológica, además, de los tallos, los granos, hojas, semilla y vainas de 9 plantas por tratamiento, esto con el fin de determinar la biomasa aérea de la mucuna. Todo se colocó rotulado en la estufa por 48 horas a 76°C, para posteriormente determinar su peso.

Ecuación 4

$$\text{IC} = \frac{\text{Peso de los granos}}{\text{Peso del rastrojo} + \text{peso de los granos}}$$

Análisis estadístico. Inicialmente, para cada una de las variables se analizó la normalidad, la homogeneidad y la aditividad, por medio de las pruebas de Shapiro-Wilk modificado y de Levene, respectivamente. Se realizó un análisis de variancia y una separación de medias a través de la prueba de Fisher. Para la discriminación entre tratamiento se utilizó un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plántulas de mucuna emergieron pasados 6 días después de su siembra. El ciclo del cultivo alcanzó 160 días y acumuló un total 2133 grados día. Independientemente de la densidad de siembra utilizada, las plantas no presentaron diferencias significativas ($p > 0,005$) en el desarrollo (Tabla 2).

Tabla 2. Desarrollo de plantas de *M. Pruriens*. según la duración de sus fases y etapas en grados día acumulados, semanas y días después de siembra.

Fase	Etapas desarrollo	Días después de siembra (DDS)	Grados día Acumulados (GDA)	Semanas (DDS)
V0	Germinación	4	13,5	0
V1	Emergencia	6	54,7	0
V2	Hojas primarias	9	82,9	1
V3	Segundas hojas trifoliadas	15	206,3	1
V4	Terceras hojas trifoliadas	19	256,8	2
R5	Prefloración	35	494,6	9
R6	Floración	65	1323,4	13
R7	Formación de vainas	77	1492,7	15
R8	Llenado	86	1613	16
R9	Madurez fisiológica	105	1737,7	18
C1	Cosecha	114	1870,2	19
C2	Cosecha	124	1930,6	20
C3	Cosecha	131	2034,3	21
C4	Cosecha	138	2133,7	22

En cuanto a las condiciones atmosféricas, durante el ensayo, la temperatura máxima fue de aproximadamente 30 C, mientras que la mínima fue de 19 C. La temperatura máxima fue alcanzada generalmente a las 13:00 horas. La temperatura mínima se ubicó entre 4:00 y 5:00 horas. La precipitación durante setiembre

y octubre fue de 270 y 234 mm, respectivamente. A partir de noviembre, se observó una disminución de la precipitación. La mayor parte de las lluvias se distribuyeron a lo largo de la etapa vegetativa y la disminución de estas, coincidieron con el inicio de la etapa reproductiva (Figura 1).

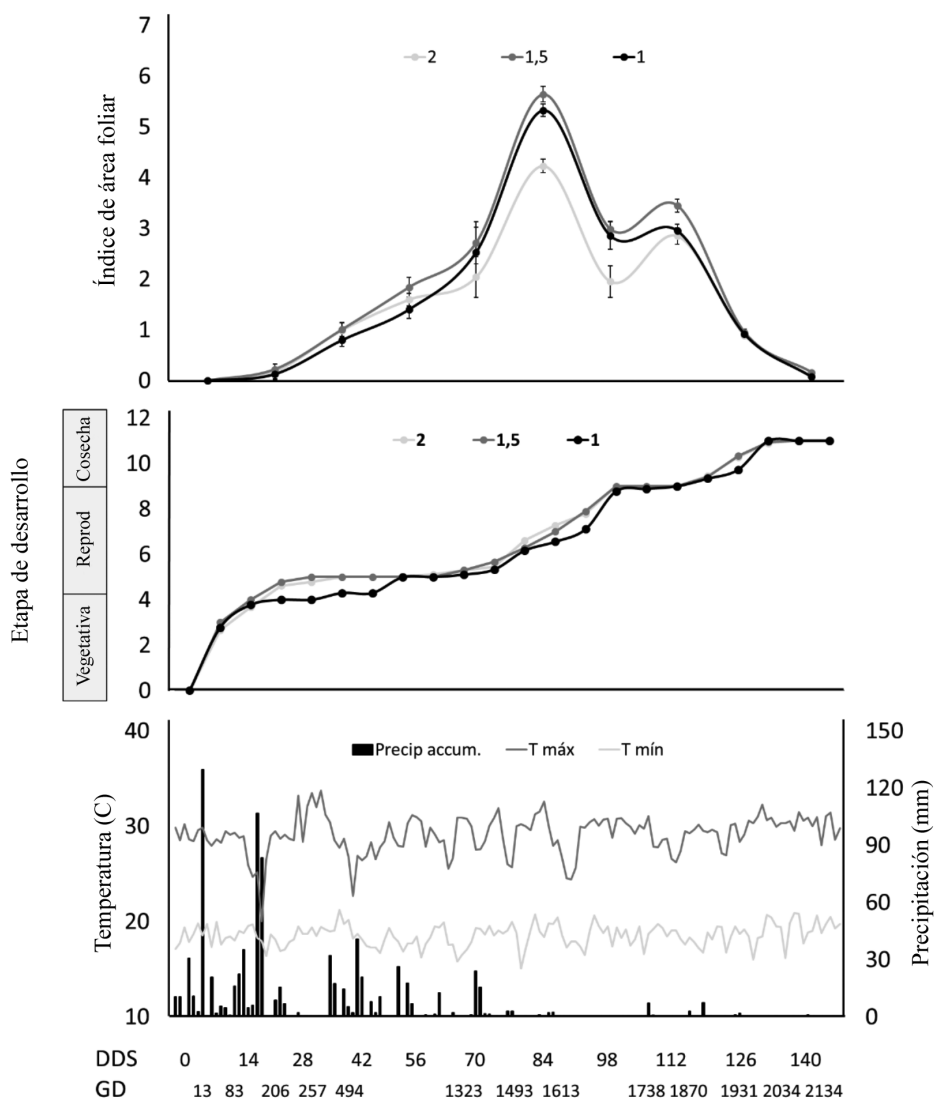


Figura 1. Dinámica del ciclo de desarrollo de la *Mucuna pruriens*.

Panel superior = índice de área foliar de mucuna sembrada a 1,0; 1,5 y 2,0 m entre plantas con $n = 9$.

Panel medio = etapas de desarrollo.

Panel inferior = condiciones del tiempo, temperatura máxima, mínima y precipitación diaria y grados día acumulados a lo largo del ciclo del cultivo. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, setiembre 2017 a marzo 2018.

La etapa reproductiva R6, según la escala elaborada, se alcanzó a partir de la semana 13. El patrón de lluvias sugiere que la época de siembra elegida fue adecuada. De acuerdo con

Araya y Hernández (2003), las etapas vegetativas deben coincidir con la época de lluvias y las etapas reproductivas deben experimentar una disminución en la precipitación. Durante la etapa

reproductiva, la partición de asimilados vulnera a las hojas de padecer de enfermedades de follaje (Agris 2005). Por ello, una disminución del régimen de precipitaciones tiende a mantener las plantas más sanas, lo que se traduce en mayor rendimiento (Ferreira *et al.* 2013).

Las etapas de desarrollo avanzaron con respecto al acúmulo de grados día, con un comportamiento similar para las 3 densidades de siembra estudiadas. La etapa que más tiempo y grados día tomó fue la R5, la cual corresponde al desarrollo entre la prefloración y la antesis. Para el tratamiento de 4900 plantas por hectárea, el tiempo requerido para completar la etapa R5 fue mayor en comparación con el resto de los tratamientos pues le tomó 30 GD más (Figura 1).

Índice de área foliar. El índice de área foliar aumentó conforme avanzó el estado de desarrollo de las plantas. Las plantas expusieron su mayor área foliar durante la semana 11 (Figura 1), con valores entre los 4,3 y 5,8. Luego de la semana 13, el área foliar en las plantas empezó a decrecer, hasta llegar a valores de 1 en la semana 18, y de 0 para la semana 20.

El índice de área foliar de las sembradas a las distancias entre plantas de 1,5 y 2 fue estadísticamente similar ($p > 0,05$) en todos los

momentos de evaluación. El distanciamiento de 1 m entre plantas, presentó un IAF menor a los otros 2 tratamientos (Figura 1). Al final del ciclo, se evidenció una caída del IAF. Se ha evidenciado que las plantas de senectud monocárpica, producen hojas para acumular fotoasimilados, las cuales son translocadas hacia las vainas (Ferreira *et al.* 2013). También se ha identificado que las hojas se convierten en fuente, disminuyen su biomasa y senescen (Taiz *et al.* 2015).

Componentes del rendimiento. Durante la semana 12 se observó y cuantificaron las primeras vainas formadas. En la semana 15, se produjo la mayor cantidad de vainas emitidas. Para cada distancia de siembra (1 m, 1,5 m y 2 m) se obtuvo un total de 125; 89 y 74 vainas por planta, respectivamente. La cantidad de vainas por planta fue mayor con la distancia de 1 m entre plantas en comparación con los otros distanciamientos; en la semana 15, esa diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Por otra parte, en la producción de vainas por planta para los distanciamientos de 1,5 m y 2,0 m, no se presentaron diferencias significativas ($> 0,05$) (Figura 2).

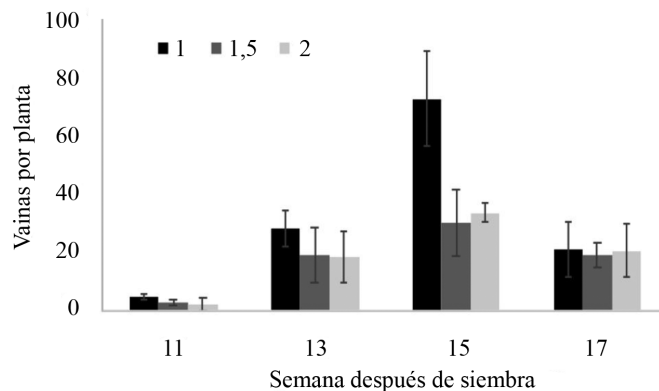


Figura 2. Cantidad de vainas por plantas que fueron producidas por *Mucuna pruriens* en las semanas 11, 13, 15 y 17 posteriores a la siembra en 3 densidades de siembra (1,0 m, 1,5 m y 2,0 m).

Letras diferentes denotan diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Las comparaciones se realizaron entre tratamientos para cada una de las semanas evaluadas.

Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Marzo 2018.

La plasticidad fenotípica de las plantas permite variaciones como el número y el tamaño de sus órganos (Villalobos Rodríguez 2001) y la partición de los asimilados (Marschner 2012). La densidad de siembra con la cual se obtuvo el mayor rendimiento también fue la que produjo mayor cantidad de vainas por planta, esto coincide con los resultados obtenidos por (Calero *et al.* 2018, Zaldiva *et al.* 2017) en sus respectivos estudios, donde se analizan las vainas por planta como componente de rendimiento en frijol *Phaseolus vulgaris* L.

La cantidad de semillas por vaina fue de 5,0; 4, 6 y 4,8 para las distancias de 1,0 m, 1,5 m y 2,0 m respectivamente. La cantidad de semillas fue significativamente mayor ($p < 0,05$), para el tratamiento de 1m de distancia entre plantas. Los valores coinciden con otros estudios que indican que por cada vaina se encuentran de 2 a 7 semillas, con un promedio de 4,5 (Tenorio 2016) y de 4 a 6 semillas (Oudhia 2001).

En cuanto al peso de las semillas, las plantas de mucuna sembradas a 2 m, obtuvieron el mayor peso de semillas (93 g/100 semillas), similar a los 94,8 g/100 semillas reportados por (Díaz y Estupinan 2004). Este valor difirió estadísticamente con el tratamiento de mayor densidad de siembra, cuyas semillas tuvieron un peso de 85 g/100 semillas. Por su parte, el peso de la semilla del tratamiento de 1,5 m, alcanzó los 90,1 g; sin diferencias con respecto a los tratamientos de 2 m y 1 m entre plantas.

Que la menor distancia de siembra (1,0 m entre plantas) resultara con menor peso de semilla, pudo deberse a que al producir el mayor número de vainas por planta, la translocación de fotoasimilados y su partición debe hacerse de los órganos fuente (hojas) a un número mayor de órganos sumideros (vainas y semillas) (Schiltz 2005), por lo que el peso de estas últimas disminuyó en comparación con la distancia de siembra superior (2,0 m entre plantas), con la cual se obtuvo un mayor peso de semilla (White 1988).

Rendimiento. El rendimiento obtenido fue proporcional a la densidad de siembra lo que

significa que, a mayor densidad mayor rendimiento. El rendimiento del sistema con distancia de siembra de 1,0 m entre plantas y densidad de 4900 plantas.ha⁻¹, fue el más alto (2611,5 kg.ha⁻¹), seguido por 1206,6 kg.ha⁻¹ del sistema con plantas sembradas a 1,5 m y finalmente el rendimiento menor se obtuvo del sistema con 2,0 m distancia entre plantas (806,9 kg.ha⁻¹).

El cultivo de *M. pruriens*, al utilizar espaldera con una densidad de siembra baja (2450 plantas.ha⁻¹) y plantas separadas entre sí por 2,0 m, expuso un desaprovechamiento de los recursos luz, espacio y agua (Walker *et al.* 2010). Al incrementar la densidad y utilizar una menor distancia entre plantas (4900 plantas.ha⁻¹ y 1,0 m), se logra cubrir una mayor área de suelo y así capturar más energía lumínica desde etapas previas a la reproducción, lo que promueve la eficiencia en la interceptación de la luz (Zhu *et al.* 2010) y, por tanto, rendimiento (Osuna *et al.* 2018).

El rendimiento de semilla producida por planta para cada una de las distancias de siembra utilizadas (1 m; 1,5 m y 2 m) fueron, respectivamente: 0,5 kg; 0,4 kg y 0,3 kg. Hasta el momento, en Costa Rica el único registro que existe sobre rendimiento en mucuna es el mencionado por Hernández (2004), quien reporta de 3 a 4 kg de semilla por planta, al ser cultivadas sobre cercas vivas de árboles de poró (*Erythrina poeppigiana*). Que el rendimiento por planta obtenido, en esta investigación, sea menor al de las plantas de mucuna en cercas de poró, podría relacionarse con los beneficios obtenidos del asocio entre la mucuna y ese árbol. El poró aporta nitrógeno mediante la fijación atmosférica, mejora la infiltración de agua y reduce la evaporación en suelo, aporta materia orgánica y brinda soporte natural y protección contra el viento (Acosta 2005). La mucuna, al igual que el poró, tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis con el género de bacterias *Rhizobium* (Peter *et al.* 1996). Este nitrógeno es utilizado por la planta en sus procesos desarrollo y crecimiento, y propicia el aumento de la fertilidad de un suelo, lo cual beneficia a todo tipo de plantas que crecen en él (Acosta 2005).

El rendimiento obtenido con la densidad de 4900 plantas fue de 2611 kg.ha⁻¹, se encuentra dentro del rango de los rendimientos que se reportan en Puerto Rico (1700- 3000 kg.ha⁻¹). Este reporte refiere a sistemas de producción de semilla donde se provee un soporte artificial y manejo agronómico. En Nicaragua (Departamento de Carazo) se reportó 1290 kg.ha⁻¹ (Brunner *et al.* 2011, Carazo y Romero 2000). El rendimiento obtenido por Gálvez (1990) para plantas de mucuna cultivadas en Guatemala fue de 3796-3965 kg.ha⁻¹.

La diferencia entre el rendimiento de mucuna reportado en Guatemala y el obtenido en esta investigación, podrían deberse a que las condiciones de la EEAFBM son cálidas y secas, condiciones que favorecen a las plantas con metabolismo fotosintético C4. La mucuna, al ser una planta C3, posee una menor eficiencia cuántica por cada molécula de agua absorbida (Way *et al.* 2014: 4), por lo que le favorecen condiciones de temperatura cercanas a los 25 C y basta disponibilidad de agua. La EEAFBM se encuentra en la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical (Holdridge 1982), mientras que el rendimiento reportado en Guatemala corresponde a siembra en un Bosque húmedo subtropical templado (Carazo y Romero 2000).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los departamentos de Manejo de Malezas y Plantas Arvenses, Leguminosas de Grano y Ecofisiología de los Cultivos Tropicales de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- Acosta, C. 2005. Narraciones de la ciencia: Los árboles fijadores de nitrógeno y sus mecanismos biológicos. *Inventio, la genesis de la cultura universitaria en Morelos* 37(1):23-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.30973/inventio/2019.15.37>.
- Agrios, G. 2005. *Plant pathology*. Burlington, MA, Elsevier Academic Press. 952 p.
- Araya, C; Hernández, JC. 2003. Distribución agroecológica de enfermedades del frijol en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 68(1):26-33.
- Asongwed, A; Onana, J. 2002. Variability in productivity of *Mucuna pruriens* varieties in a semi-arid environment. Maroua, Camerun, Institute of Agricultural Research for Development. 6 p.
- Bonilla, S. 2015. Caracterização e avaliação da atividade nematicida de constituintes químicos da parte aérea de *Mucuna pruriens* var. utilis. Tesis M.Sc. Viçosa, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 79 p.
- Brunner, B; Beaver, J; Flores, L. 2011. Hoja Informativa *Mucuna pruriens*. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental Agrícola de Lajas, Puerto Rico. Yumpu (1):1-5.
- Calero, A; Castillo, Y; Quintero, E; Pérez, Y; Olivera, D. 2018. Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias* 7(1):88-100. DOI: 10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67773.
- Carazo J; Romero, LF. 2000. Evaluación de las concentraciones y extracciones de macro y micronutrientes por el cultivo de maíz (*Zea mays* L) bajo la incorporación de diferentes abonos verdes en un suelo. Tesis Ing. en Suelos y Aguas. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 92 p.
- Chakoma, I; Godfrey, M; Lovemore, G; Siboniso, M; Sikhhalazo, D. 2016. The agronomy and use of *Mucuna pruriens* in smallholder farming systems in southern Africa. *International Livestock Research Institute* 4(1):1-4.
- Díaz, G; Estupinan, K. 2004. La mucuna como cultivo de cobertura alternado con el maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias I(1):3-15.
- Evans, LT; Fischer, RA. 1999. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Science* 39(6):1544-1551. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961544x>.
- Ferreira, EP; Stone, LF; Didonet, AD. 2013. Green manure species and sowing time effects on the agronomic performance of common bean. *Agronomy Journal* 105(6):1721-1727. DOI: 10.2134/agronj2012.0478.
- Gálvez, M. 1990. Producción de semilla de frijol terciopelo *Mucuna pruriens* (L) (DC) en tres diferentes zonas ecológicas de Guatemala con distintas densidades de siembra. Tesis Lic. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 187 p.
- Hartkamp, A; Hoogenboom, G; Gilbert, R; Benson, T; Tarawali, S; Gijssman, A; Bowen, W; White, J. 2002. Adaptation of the CROPGRO growth model to velvet bean (*Mucuna pruriens*). *Field Crops Research*. 78(1):27-40. DOI: 10.1016/S0378-4290(02)00090-4.
- Hernández, JC. 2004. Una alternativa para mejorar los suelos y combatir las malezas. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería, SUNNI. 6 p.

- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zona de vida. San Jose, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Hussian, G; Manyam, B. 1998. *Mucuna pruriens* proves more effective than L-DOPA in Parkinson's disease animal model. *Phytotherapy Research* 11(6): 419-423. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1573(199709)11.
- Klassen, W; Codallo, M; Zasada, I; Abdul, A. 2006. Characterization of velvetbean (*Mucuna Pruriens*) lines for cover crop use. Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society 119:258-262.
- Lampariello, L; Cortelazzo, A; Guerranti, R; Sticozzi, C; Valacchi, G. 2012. The Magic Velvet Bean of *Mucuna pruriens*. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 2(4):331-339. DOI: 10.1016/S2225-4110(16)30119-5.
- Manyam, BV; Dhanasekaran, M; Hare, TA. 2004. Neuroprotective effects of the antiparkinson drug *Mucuna pruriens*. *Phytotherapy Research* 18(9):706-712. DOI: 10.1002/ptr.1514.
- Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Adelaide, Australia, Academic Press. 672 p. DOI: 10.1016/C2009-0-63043-9.
- Montes de Oca, P; Cervantes, C. 1996. Fenología de la *Mucuna* sp. y el efecto de la cobertura en los contenidos de materia orgánica y nitrógeno en un andisol del valle central de Heredia. Memoria del Congreso Agronómico, Costa Rica. 170 p.
- Osuna, E; Reyes, L; Padilla, J; Martínez, M. 2018. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7):1389-1400. DOI: 10.29312/remexca.v3i7.1345.
- Oudhia, P. 2001. Kapikacchu or Cowhage (*Mucuna pruriens*). Raipur, India, Society for Parthenium Management Purdue University. 1 p.
- Peter, J; Young, W; Haukka, KE. 1996. Diversity and phylogeny of rhizobia. *New Phytologist* 133(1):87-94. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1996.tb04344.x.
- Philipp, D; Gamboa, W. 2003. Observaciones sobre el sistema mucuna-maíz en laderas de Waslala, región Atlántica de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana* 14(2):215-221.
- Raghavendra, S; Kumar, V; Ramesh, C; Khan, M. 2012. Enhanced production of L-DOPA in cell cultures of *Mucuna pruriens* L. and *Mucuna prurita* H. *Natural Product Research* 26(9):792-801. DOI: 10.1080/14786419.2011.553721.
- Ravi, C; Hadapad, B; Shetty, R; Shrivaprasad, M; Bindu, H; Prasad, M. 2018. Evaluation of velvet bean (*Mucuna pruriens* L.) genotypes for growth, yield, L-dopa content and soil nitrogen fixation in rubber plantation under hill zone of Karnataka. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(3S):26-29.
- Schiltz, S. 2005. Dynamics of exogenous nitrogen partitioning and nitrogen remobilization from vegetative organs in pea revealed by ¹⁵N in vivo labeling throughout seed filling. *Plant Physiology* 137(4):1463-1473. DOI: 10.1104/pp.104.056713.
- Taiz, L; Zeiger, E; Møller, IM; Murphy, AS. 2015. Plant physiology and development. Massachusetts, USA, Sinauer Associates, Inc., Publishers. 761 p.
- Tenorio, P. 2016. Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México *Mucuna pruriens* utilis (L.) (en línea). Consultado 15 ene. 2020. Disponible en https://procurement-notice.undp.org/view_file.cfm?doc_id=56983
- Villalobos Rodríguez, E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 229 p.
- Walker, ER; Mengistu, A; Bellaloui, N; Koger, CH; Roberts, RK; Larson, JA. 2010. Plant Population and Row-Spacing Effects on Maturity Group III Soybean. *Agronomy Journal* 102(3):821-826. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0219>.
- Way, DA; Katul, GG; Manzoni, S; Vico, G. 2014. Increasing water use efficiency along the C3 to C4 evolutionary pathway: a stomatal optimization perspective. *Journal of Experimental Botany* 65(13):3683-3693. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru205>.
- Wells, R. 1991. Soybean Growth Response to Plant Density: Relationships among Canopy Photosynthesis, Leaf Area, and Light Interception. *Crop Science* 31(3):755-761. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100030044x>.
- White, J. 1988. Conceptos básicos de la fisiología del frijol: Guía de estudio. Cali, Colombia, Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). p. 46-47.
- Zaldiva, JC; Torres, A; Patterson, AB; Infante, G. 2017. Evaluación agroproductiva de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la CCS Reytel Jorge del municipio Jesús Menéndez. *Ojeando la Agenda* 45(1):36-53.
- Zhu, X-G; Long, SP; Ort, DR. 2010. Improving Photosynthetic Efficiency for Greater Yield. *Annual Review of Plant Biology* 61(1):235-261. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112206.



