



EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE *Clitoria ternatea* L. CV. TEHUANA

[EVALUATION OF PLANT SPACING ON SEED YIELD AND QUALITY OF *Clitoria ternatea* L. CV. TEHUANA]

Carlos Iván Medel Contreras¹, Bertín Maurilio Joaquín Torres^{1*}, Miguel Ángel Sánchez Hernández¹, María Luisa Parra López¹, Santiago Joaquín Cancino², Armando Gómez Vázquez³, Alfonso Hernández Garay²

¹Dpto. Zootecnia, Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Av Ferrocarril s/n, Col. Ciudad Universitaria. C.P. 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

E-mail: ivan_cito3@hotmail.com, bjoaquin@unpa.edu.mx, mangelsan@hotmail.com, qcmariyparra@hotmail.com

²Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230. Montecillo, Texcoco, México.

E-mail: santiagojoaquin7@hotmail.com, hernan@colpos.mx,

³División Académica de Ciencias Agropecuarias, Univ. Juárez Autónoma de Tabasco, Km 25 Carretera Villahermosa-Teapa. Centro, Tabasco, México. C.P. 86280.

E-mail: armando.gomez@daca.ujat.mx

*Corresponding author

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la distancia entre plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* L. cv. Tehuana. El experimento se realizó bajo condiciones de temporal, de diciembre de 2006 a septiembre de 2007, en la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca. Los tratamientos fueron: T1:voleo, T2:25*25, T3:50*50, T4:75*75 y T5:100*100 cm entre líneas y plantas respectivamente, distribuidos bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Se midió el rendimiento de semilla (RS), rendimiento de semilla por planta (RSP), número de vainas por planta, número de vainas por m², longitud de vaina, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas y porcentaje de germinación. El RS varió entre tratamientos (P<0.01), el mayor valor (482 kg ha⁻¹) ocurrió con el tratamiento T2, valor que fue similar (P>0.05) a lo obtenido en el tratamiento T1 y T3 (321 y 320 kg ha⁻¹, respectivamente), pero superior a los demás tratamientos (P<0.05). El RSP, número de vainas por planta, número de vainas por m² y número de semillas por vaina, presentaron diferencias entre tratamientos (P<0.01). El número de vainas por m², longitud de vaina y número de semillas por vaina fueron los componentes con mayor grado de asociación con el RS, con valores de 0.70, 0.57 y 0.52, respectivamente. El peso de 100 semillas y porcentaje de germinación fueron similares entre tratamientos (P>0.05). Se concluye que el mayor rendimiento de semilla de *C. ternatea* cv. Tehuana, se

obtiene con una distancia de 25*25 cm entre líneas y plantas, respectivamente. Mientras que la germinación de la semilla no fue mejorada por ninguno de los tratamientos evaluados.

Palabras clave: *Clitoria ternatea*, Clitoria, producción de semilla, distancia entre plantas, germinación.

SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the effect of plant spacing on *Clitoria ternatea* L. cv. Tehuana seed yield and quality. The experiment was carried out under rainfed conditions, from December 2006 to September 2007, at the Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, México. Five plant distances (T1:broadcast, T2:25*25, T3:50*50, T4:75*75, and T5:100*100 cm between rows and plants, respectively) were tested. Treatments were distributed in a randomized complete design, with three replicates. Seed yield (SY), seed yield per plant (SYP), number of pods per plant, number of pods per m², pod length, number of seeds per pod, 100-seed weight, and seed germination were evaluated. SY showed differences between treatments (P<0.01), the greater yield was found in T2 (482 kg ha⁻¹), similar to those obtained in T1 and T3 (321 y 320 kg ha⁻¹, respectively), but significantly different and higher (P<0.05) than those obtained in T4 and T5. SYP, number of pods per plant, number of pods per m², and number of seeds per pod, showed differences among

treatments ($P < 0.01$). Number of pods per m^2 , pod length, and number of seeds per pod were the yield components which showed a greater association with SY, with r values of 0.70, 0.57, and 0.52, respectively. 100-seed weight and germination percentage were not affected significantly by the plant spacing ($P > 0.05$). It can be concluded that the

INTRODUCCIÓN

La *Clitoria* (*Clitoria ternatea* L.) cv. Tehuana, es una leguminosa perenne, semiarbusciva, trepadora (Garza *et al.*, 1972), de fácil establecimiento y altamente productiva, con alto valor nutritivo; además se adapta a varios tipos de suelo y es capaz de fijar nitrógeno atmosférico (Barro y Ribeiro, 1983). Estas características, hacen de esta especie forrajera una importante alternativa para incrementar la producción animal de las áreas tropicales y subtropicales de México (Córdoba *et al.*, 1987; Villanueva *et al.*, 2004). Sin embargo, al igual que la mayoría de las leguminosas forrajeras tropicales, se usa poco, debido a la poca información que existe entre los ganaderos en cuanto a los beneficios que puede aportar en la producción de carne y leche, así como al desconocimiento de su manejo y utilización, pero el factor más importante, en la actualidad es la escasez de semilla (Enríquez y Quero, 2006). El principal problema de la escasez de semilla de esta especie forrajera en México, es la falta de tecnología para producirla.

Producir semilla de *Clitoria* resulta difícil, ya que su floración es muy heterogénea y las vainas maduran irregularmente, lo que dificulta su cosecha. Esto ocasiona bajos rendimientos de semilla y baja calidad de la misma. Varios estudios han demostrado que con manejo agronómico, como es la manipulación de la densidad de plantas, fertilización, selección de la fecha óptima de cosecha, o la combinación de estas prácticas, se puede incrementar el rendimiento y calidad de la semilla de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales (Humphreys y Riveros, 1986). En este sentido, varios estudios indican que con una densidad óptima de plantas por unidad de área se producen altos rendimientos de semilla, mientras que con bajas o altas densidades el rendimiento se reduce (Humphreys y Riveros, 1986; Pérez y Reyes, 1989; Matías, 1996).

Otros estudios han mostrado la ventaja de la siembra en líneas, en comparación con la siembra al voleo para producir semilla de pastos tropicales (Humphreys y Davidson, 1967; Humphreys y Riveros, 1986;), ya que permite un mejor manejo del

highest seed yield was obtained at the 25*25 cm spacing between rows and plants, respectively. Seed germination was not affected by any of the treatments evaluated.

Key words: *Clitoria ternatea*, butterfly pea, seed production, plant spacing, germination.

cultivo y facilita la cosecha. Por tanto, para obtener altos rendimientos y calidad de semilla en leguminosas forrajeras tropicales, se deben buscar métodos de siembra adecuados y espacios óptimos entre líneas y plantas. Al respecto, varios estudios han reportado diferentes respuestas de la distancia entre líneas y plantas sobre el rendimiento y calidad de la semilla de leguminosas forrajeras tropicales. Por ejemplo, en *Lablab purpureus*, la distancia de 50 cm entre líneas fue la que presentó el mayor rendimiento y germinación de semilla (Matías *et al.*, 1990). En *Canavalia ensiformis*, la distancia 70*75 cm entre líneas y plantas, respectivamente, incrementó el rendimiento de semilla, pero no tuvo efecto en germinación de semilla (Matías, 1996). Mientras que en *Crotalaria juncea*, el rendimiento más alto de semilla se obtuvo con la distancia de 30 cm entre líneas, en comparación con la distancia de 45 cm (Tiparaddi *et al.*, 2006). Asimismo, en otras leguminosas tales como *Phaseolus vulgaris*, la distancia de 30*20 cm entre líneas y plantas, respectivamente fue la que presentó el mayor rendimiento de semilla por hectárea; sin embargo, fue el tratamiento que presentó el menor número de granos por planta (Arias, 1979). En cambio, en *Glycine max* las densidades de 10, 20 y 30 plantas por m^2 en surcos distanciados a 60 cm, no tuvieron efecto en el rendimiento de semilla, pero la calidad si fue mejorada (Nakagawa *et al.*, 1986). Sin embargo, en *Medicago sativa* la distancia de 45 cm entre líneas y una densidad de siembra de 1 kg ha^{-1} de semilla fue la que presentó el mayor rendimiento de semilla, pero la calidad de la semilla no se mejoró (Askarian *et al.*, 1995). Se ha indicado que el rendimiento de semilla y calidad de la misma es específica para cada región geográfica y están determinados por la especie de planta, el tipo de suelo, la fecha de siembra del cultivo, así como por las condiciones climáticas en que se desarrollan (Humphreys y Riveros, 1986; Crowder y Chheda, 1982).

En México, particularmente, para *Clitoria*, el efecto de la distancia entre plantas sobre el rendimiento y la calidad de semilla, no han sido estudiados. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la distancia entre plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se realizó en condiciones de temporal, de diciembre de 2006 a septiembre de 2007, en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca. Ubicado a 18° 01' 19" N, 95° 51' 33" W, con altura de 26 msnm. El clima del lugar es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano; con precipitación y temperatura media anual de 1,845 mm y 24.7 °C, respectivamente. La temperatura promedio y la precipitación mensual, registradas durante el periodo de estudio se presentan en la Figura 1 (FAM, 2007). El tipo de suelo es franco arenoso, con pH de 5.2, 2.9 % de MO, 22.3, 44.2, 216, 799 y 46.3 mg kg⁻¹ de N, P, K, Ca y Fe, respectivamente.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cinco distancias entre plantas, las cuales fueron: T1: voleo (control), T2: 25*25, T3: 50*50, T4:75*75 y T5:100*100 cm entre líneas y plantas, respectivamente, bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de 4x4 m. Sin embargo, debido a las diferentes distancias entre líneas y plantas, el área de muestreo dentro de la parcela experimental fue de 1 m² para los tratamientos T1, T2 y T3, de 2.25 m² para el T4 y de 4 m² para el tratamiento T5.

Establecimiento y manejo del cultivo

La siembra se realizó en diciembre de 2006, empleando semilla cosechada en el 2005, depositando cinco semillas por mata, excepto en la siembra al voleo, donde se utilizó una densidad de 24 kg ha⁻¹ de semilla. Previo a la siembra, el terreno se preparó mediante un chapeo con machete y una aplicación del herbicida Glifosato para eliminar la vegetación presente, la cual fue *Paspalum notatum*. Después, se roturó el suelo con un paso de rastra a una profundidad de 10 cm. Posteriormente, en cada una de las parcelas, se trazaron líneas sobre las cuales se hicieron hoyos, a las distancias previamente señaladas, y a una profundidad aproximada de 5 cm, mientras que en las parcelas donde se sembró al voleo, se desmoronaron los terrones quedando una capa mullida sobre la cual se esparció la semilla y se cubrió con una capa delgada de tierra. Al mes después de la siembra, se realizó un aclareo dejando dos plantas por mata, excepto en la siembra al voleo y se fertilizó con 30, 100 y 50 kg de N, P y K, respectivamente. Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron urea (46 % N), superfosfato de calcio triple (46 % P₂O₅) y cloruro de potasio (60 % K₂O). Cuando las plantas estaban establecidas, se realizó un corte de uniformidad para producción de semilla, en forma manual con machete, el 4 de mayo de 2007, a una altura aproximada de 10 cm. Durante todo el ciclo del cultivo las malezas se controlaron mediante deshierbe manual.

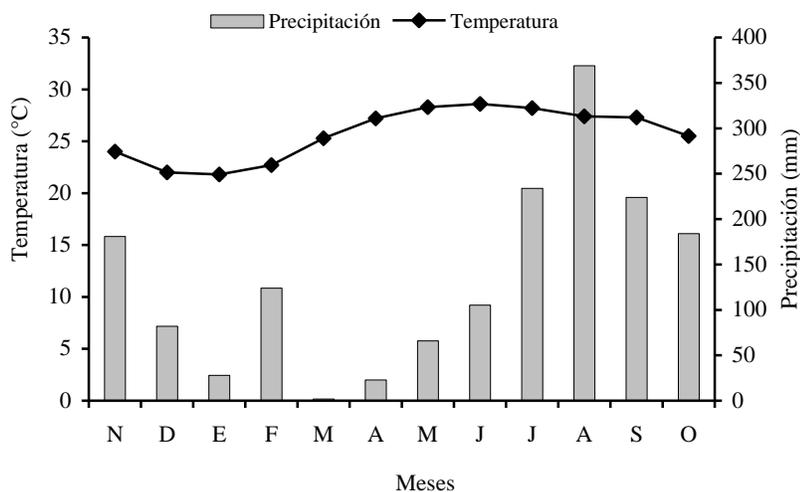


Figura 1. Promedio mensual de temperatura y precipitación durante el periodo de estudio en Loma Bonita, Oaxaca.

La cosecha de semilla se realizó en forma manual el 17 de agosto de 2007. El momento de cosecha se determinó mediante observación fenológica de las vainas. Se consideró que las vainas se encontraban maduras, cuando estaban amarillas. Para los tratamientos T1, T2 y T3, se cosecharon todas las vainas maduras presentes en las plantas dentro de 1 m²; mientras que para los tratamientos T4 y T5 se cosecharon todas las vainas maduras presentes en las plantas dentro de 2.25 y 4 m², respectivamente. Posteriormente, se realizó la trilla de vainas, limpieza y secado de la semilla en forma natural. La semilla obtenida se pesó, se colocó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio. Posteriormente, se efectuó una prueba de germinación estándar en el laboratorio químico-biológico de la Universidad del Papaloapan.

Variables evaluadas

Se avaluó el rendimiento de semilla por superficie (kg ha⁻¹), rendimiento de semilla por planta (g), los componentes del rendimiento de semilla: número de vainas por planta (NVP), número de vainas por m² (NV), longitud de vaina (LV, cm), número de semillas por vaina (NSV), peso de 100 semillas (PCS, g); y porcentaje de germinación de la semilla cosechada (PG).

El rendimiento de semilla por superficie se estimó con base en kg de semilla cosechada en el área de muestreo, después de haber retirado las semillas vanas e impurezas. Para determinar el rendimiento de semilla por planta, número de vainas por planta, número de vainas por m², longitud de vaina y número de semillas por vaina, se cosecharon cuatro matas, previamente seleccionadas al azar dentro de la parcela útil, excepto en el tratamiento T1, donde se cosecharon cuatro plantas. La longitud de vaina se estimó al medir todas las vainas presentes por planta y la medición se realizó a partir del punto de inserción del pedicelo hasta el extremo superior de la vaina. El número de vainas por planta se estimó como el promedio de vainas presentes en las plantas cosechadas. El número de vainas por m² se estimó con base en la densidad de plantas por superficie. El número de semillas por vaina, se cuantificó como el promedio de semillas por vaina presentes en cada una de las plantas cosechadas. El peso de 100 semillas se estimó como el promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas. La prueba de germinación de la semilla se realizó 15 días después de la cosecha. Previo a la

prueba de germinación, las semillas se escarificaron mediante inmersión en agua caliente a 80 °C, durante cinco minutos. Para la obtención del porcentaje de germinación se utilizaron cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento. Posteriormente, las semillas se colocaron en papel absorbente, en cajas de plástico tipo “sandwichera” y colocadas dentro de una cámara germinadora a 30 °C, con luz constante, durante 30 días. Los valores de porcentaje de germinación se transformaron previamente a arco seno $\sqrt{\%/100}$ para su análisis y posteriormente fueron retransformados para su discusión.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables evaluadas, se sometieron a un análisis de varianza completamente al azar, para probar diferencias entre tratamientos. La comparación de medias de los tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5 %. Se realizó un análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre el rendimiento de semilla y sus componentes. El análisis se realizó con la ayuda del paquete estadístico SAS (SAS, 1998).

RESULTADOS

Rendimiento de semilla

Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para el rendimiento de semilla por superficie ($P<0.01$), donde el mayor rendimiento (482 kg ha⁻¹) se obtuvo con el tratamiento de 25*25 cm (T2), valor que es similar al rendimiento obtenido con los tratamientos al voleo (T1) y 50*50 cm (T3), con valores de 321 y 320 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabla 1). Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para el rendimiento de semilla por planta ($P<0.01$) y se observó un incremento del rendimiento de semilla conforme aumentó la distancia entre plantas ($P<0.05$), donde el mayor valor (4.99 g) se obtuvo con el tratamiento de 100*100 cm (T5), valor que es estadísticamente similar ($P<0.05$) a los obtenidos con los tratamientos de 25*25 cm (T2), 50*50 cm (T3) y 75*75 cm (T4), los cuales presentaron rendimientos de 1.51, 4.00 y 4.92 g por planta, respectivamente; pero diferente y superior al tratamiento al voleo (T1), el cual presentó un valor de 0.43 g por planta (Tabla 1)

Tabla 1. Rendimiento de semilla por superficie y planta en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre plantas.

Tratamiento	Rendimiento de semilla por superficie (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de semilla por planta (g)
T1	321 ^{ab}	0.43 ^b
T2	482 ^a	1.51 ^{ab}
T3	320 ^{ab}	4.00 ^{ab}
T4	175 ^{bc}	4.92 ^a
T5	100 ^c	4.99 ^a

T1:voleo, T2:25*25, T3:50*50, T4:75*75 y T5:100*100 cm entre líneas y plantas, respectivamente.

Valores con letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa (P<0.05).

Componentes del rendimiento y calidad de semilla

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en los componentes del rendimiento y calidad de semilla. Se encontraron diferencias estadísticas (P<0.01) entre tratamientos, para el número de vainas por planta, se observó un aumento de los valores conforme aumentó la distancia entre plantas, donde la mayor cantidad (21.3 vainas por planta) se obtuvo con el tratamiento de 75*75 cm (T4), valor que es similar (P>0.05) al obtenido con los tratamientos de 50*50 cm (T3) y 100*100 cm (T5), con valores de 17.4 y 19.9 vainas por planta, respectivamente, pero diferente y superior (P<0.05) al valor que presentaron los tratamientos al voleo (T1) y 25*25 cm (T2), los cuales presentaron un promedio de 4.2 y 6.4 vainas por planta, respectivamente. Asimismo, se encontraron diferencias estadísticas (P<0.01) entre tratamientos para el número de vainas por m², donde el mayor valor (298 vainas) se logró con el tratamiento al voleo (T1), valor que es similar (P>0.05) al obtenido con el tratamiento de 25*25 cm (T2), con 229 vainas. Aunque no hubo efecto significativo de la distancia entre plantas en la longitud de vaina (P=0.0510), se observó una mayor longitud con el tratamiento de

25*25 cm (T2), donde las vainas fueron 0.3 cm más largas que las obtenidas con el tratamiento al voleo (T1). En cuanto al número de semillas por vaina, se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (P<0.05), donde el mayor valor (6.9 semillas por vaina) se obtuvo con el tratamiento de 25*25 cm (T2), valor que es similar (P>0.05) al obtenido con los tratamientos de 50*50 cm (T3), 75*75 cm (T4) y 100*100 cm (T5), los cuales presentaron un promedio de 6.3, 6.5 y 6.3 semillas por vaina, respectivamente. No se encontró efecto de la distancia entre plantas (P>0.05) en el peso de 100 semillas y porcentaje de germinación.

En el presente estudio, se encontró que el número de vainas por superficie, longitud de vaina y número de semillas por vaina fueron los componentes que presentaron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla por superficie, con valores de 0.70, 0.57 y 0.52, respectivamente. Mientras que el número de vainas por planta y peso de 100 semillas fueron los componentes que tuvieron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla por planta, con valores de 0.96 y 0.62, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 2. Componentes del rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre plantas.

Tratamiento	NVP	NV (no m ⁻²)	LV (cm)	NSV	PCS (g)	PG (%)
T1	4.2 ^b	298 ^a	6.9 ^a	6.1 ^b	3.539 ^a	74.3 ^a
T2	6.4 ^b	229 ^{ab}	7.2 ^a	6.9 ^a	3.567 ^a	68.1 ^a
T3	17.4 ^a	139 ^{bc}	6.3 ^a	6.3 ^{ab}	4.101 ^a	73.1 ^a
T4	21.3 ^a	75 ^c	6.5 ^a	6.5 ^{ab}	3.889 ^a	71.2 ^a
T5	19.9 ^a	40 ^c	6.5 ^a	6.3 ^{ab}	4.192 ^a	79.2 ^a

NVP=número de vainas por planta; NV=número de vainas por m²; LV=longitud de vaina; NSV=número de semillas por vaina; PCS=peso de 100 semillas; PG=porcentaje de germinación. T1:voleo, T2:25*25, T3:50*50, T4:75*75 y T5:100*100 cm entre líneas y plantas, respectivamente.

Valores con letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa (P<0.05).

Tabla 3. Coeficiente de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y los componentes de dicho rendimiento en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana

Componentes del rendimiento	Rendimiento de semilla por superficie	Rendimiento de semilla por planta
Número de vainas por superficie	0.7036**	-0.7159**
Número de vainas por planta	-0.5450*	0.9644***
Longitud de vaina	0.5776*	-0.3481 ^{ns}
Número de semillas por vaina	0.5238*	0.1375 ^{ns}
Peso de 100 semillas	-0.4291 ^{ns}	0.6269*

* = P < 0.05; ** = P < 0.01; *** = P < 0.001; ns = no significativo.

DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en este estudio indican que la distancia entre plantas tiene efecto en el rendimiento de semilla de *C. ternatea* cv. Tehuana y que el rendimiento máximo de semilla fue de 482 kg ha⁻¹ en el tratamiento de 25*25 cm (T2), valor que fue mayor en un 50 y 352 %, respectivamente, con respecto al rendimiento obtenido con la siembra al voleo (T1) y la distancia de 100*100 cm (T5). Estos resultados difieren con lo reportado por Villanueva *et al.* (2004), quienes para esta misma especie forrajera recomendaron la siembra en líneas distanciadas 60 a 80 cm. Respuestas similares a la encontrada en este estudio se reportan para otras especies de leguminosas. Por ejemplo, Matías *et al.* (1990) encontraron una respuesta positiva a la densidad de plantas en el rendimiento de semilla de *L. purpureus*; sin embargo, reportan que los mayores rendimientos se registraron a 50 cm entre líneas, la cual fue la menor distancia evaluada. En *C. ensiformis*, se reportó que la distancia 70*75 cm entre líneas y plantas, respectivamente, incrementó el rendimiento de semilla (Matías, 1996), mientras que en *C. juncea* la distancia de 30 cm entre líneas fue la que presentó el mayor rendimiento de semilla, en comparación con la distancia de 45 cm (Tiptaraddi *et al.*, 2006). En *M. sativa* el mayor rendimiento de semilla se obtuvo con la distancia de 45 cm entre líneas y la densidad de 1 kg ha⁻¹ de semilla (Askarian *et al.*, 1995). Lo anterior muestra que la respuesta a la densidad de plantas en el rendimiento de semilla es muy fluctuante, la cual puede deberse a varios factores, tales como especie forrajera, fertilidad del suelo, prácticas de manejo del cultivo y condiciones climáticas durante el proceso de producción.

El mayor rendimiento de semilla obtenido (482 kg ha⁻¹) con la distancia de 25*25 cm (T2), es superior al promedio reportado por Villanueva *et al.* (2004) para esta especie forrajera, quienes indicaron que para condiciones de temporal el rendimiento de semilla fluctúa de 201 a 480 kg ha⁻¹. Un rendimiento similar

al anterior fue reportado por Carvajal (1988), quien obtuvo un rendimiento de semilla de 413 kg ha⁻¹, en una sola cosecha; mientras que García y Montiel (1999) encontraron que *C. ternatea* produjo 125 kg ha⁻¹ de semilla. Estas discrepancias de resultados posiblemente se deban a las condiciones climáticas, edáficas y de manejo en que se desarrollaron los experimentos. En el presente estudio el mayor rendimiento de semilla obtenido con el tratamiento de 25*25 cm (T2), en comparación con los demás tratamientos, se atribuyó a un incremento en el número de vainas por m², longitud de vaina y número de semillas por vaina, ya que estos parámetros fueron los que presentaron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla (Tabla 3). Al respecto, se ha indicado que el número vainas por planta es el parámetro que está más relacionado con el rendimiento de semilla en leguminosas (Pérez y Reyes, 1989; Pérez y Reyes, 1991).

Los resultados del presente estudio confirman lo reportado por Humphreys y Riveros (1986), quienes señalaron que el rendimiento de semilla en pastos forrajeros tropicales, incrementa con la densidad de planta, hasta alcanzar un punto óptimo; densidades de plantas mayores a la óptima, incrementan la competencia por luz, agua y nutrientes, lo que ocasiona reducción en el rendimiento de semilla. Al respecto, se ha indicado que el rendimiento de semilla y calidad de la misma en pastos tropicales es específica para cada región geográfica y están determinados por la especie de planta, el tipo de suelo, la fecha de siembra del cultivo y por las condiciones climáticas en que se desarrollan (Humphreys y Riveros, 1986; Crowder y Chheda, 1982).

En este estudio, se observó que el tratamiento de 25*25 cm (T2) produjo 4.3, 13.0 y 52.0 % más longitud de vaina, número de semillas por vaina y vainas por planta, respectivamente en comparación con la siembra al voleo, posiblemente a la menor competencia entre nutrientes y luz, lo que indica que

una alta densidad de plantas produce pocas vainas por planta, menor longitud y número de semillas por vaina. En cambio, al disminuir la densidad de plantas por superficie, se incrementa el número de vainas por planta y número de semillas por vaina hasta alcanzar un máximo en la densidad óptima, después de la cual tienden a disminuir. Diferentes respuestas de la distancia entre líneas en los componentes del rendimiento de semilla fueron reportadas para otras especies de leguminosas. Por ejemplo, Pérez y Reyes (1989) en *L. purpureus* cv. Rongai no encontraron efecto de la densidad de siembra en el número de semillas por vaina, pero se detectó un efecto significativo en el número de vainas por planta, donde la densidad de 5 kg ha⁻¹ de semilla y la distancia de 50 cm entre líneas presentó el valor más alto, con 30 vainas por planta. Un comportamiento similar al anterior fue reportado por Pérez y Reyes (1991) en *Vigna unguiculata*, quienes encontraron que la densidad de siembra de 5 kg ha⁻¹ de semilla y la distancia de 50 cm entre líneas fue el tratamiento que presentó el mayor número de vainas por planta y número de semillas por vaina, con valores de 33 vainas y 17 semillas por vaina, respectivamente. Asimismo, en *C. ensiformis* se reportó que la longitud de vaina y semillas por vaina fueron mayores en las distancias 50 a 100 cm entre líneas, en comparación con 25 cm (Matías, 1996); mientras que en *C. juncea* se encontró que el mayor número de vainas por planta (42.6 vainas) y semillas por vaina (10 semillas) se obtuvo con la distancia de 30 cm entre líneas, en comparación con la distancia de 45 cm, la cual presentó valores de 40 vainas por planta y 9.57 semillas por vaina (Tiptaraddi *et al.*, 2006).

En este estudio se observó que el número de vainas por planta fue mayor a medida que incrementó la distancia entre plantas, con valores de 4.2 vainas por planta en la siembra al voleo hasta 21.3 vainas por planta en la distancia de 75*75 cm (Tabla 2). Sin embargo, el mayor número de vainas por planta en las distancias de 50*50, 75*75 y 100*100 cm no se reflejó en un mayor rendimiento de semilla por superficie, debido a la disminución del número de plantas por m² conforme se aumentó la distancia entre plantas. Por tanto, al haber un menor número de plantas en los tratamientos de 50*50 (T3), 75*75 (T4) y 100*100 cm (T5), el número de vainas por m² fue menor al de los tratamientos al voleo (T1) y 25*25 cm (T2). En cambio, en la siembra al voleo y la distancia de 25*25 cm el número de vainas por planta fue menor, en comparación a las distancias mayores, pero al haber mayor número de plantas por superficie, en los tratamientos al voleo (T1) y 25*25 cm (T2) el número de vainas por m² fue mayor a las distancias más amplias de 50*50, 75*75 y 100*100 cm (Tabla 2).

De acuerdo con Askarian *et al.* (1995) el rendimiento de semilla está asociado con la densidad de plantas, ya que la competencia entre y dentro de plantas influye en el desarrollo vegetativo y reproductivo, lo que indica que a altas densidades de plantas el número de inflorescencias por m² es menor, debido a mayor competencia por luz, humedad y nutrientes entre plantas; además, en altas densidades de plantas los tallos son más delgados y de menor peso. Contrariamente, las densidades bajas provocan problemas de malezas y desperdicio de terreno (Pérez y Reyes, 1991; Njoka *et al.*, 2004), con lo que se disminuye el rendimiento; sin embargo, con bajas densidades de plantas y una óptima distancia entre líneas y plantas se proporciona mejor luz para la floración de tallos y se reduce la competencia entre plantas, ya que se asegura mejor suministro de humedad y nutrientes, además se facilita el control de malezas y la cosecha de semilla. Por tanto, la obtención de rendimientos máximos de semilla, se puede lograr mediante la densidad óptima de plantas. En el presente estudio, se encontró que la densidad óptima de plantas para producir semilla de *C. Ternatea* cv. Tehuana es de 160,000 matas ha⁻¹, la cual se obtiene con una distancia de 25*25 cm entre líneas y plantas, respectivamente.

Aunque no se encontró efecto de la distancia entre plantas en la longitud de vaina, se observó que los mayores valores se obtuvieron con la siembra al voleo y la distancia de 25*25 cm, con promedios de 6.9 y 7.2 cm, respectivamente. Diferentes resultados fueron reportados por Matías (1996), quien encontró que la longitud de vaina de *C. ensiformis* fue mayor en las distancias de 50, 75 y 100 cm entre plantas, en comparación con la distancia de 25 cm. En este estudio, la mayor longitud de vaina en las distancias menores puede indicar que hubo una mejor utilización de luz, humedad y nutrientes.

En general, los resultados obtenidos en el presente estudio, indican que la distancia de 25*25 cm (T2) fue el tratamiento que presentó el mayor rendimiento de semilla, debido a un mayor número de vainas por m² (229 vainas), longitud de vaina (7.2 cm) y semillas por vaina (6.9 semillas). Lo anterior indica que con una densidad óptima de plantas, se aumenta el número de vainas por superficie, longitud de vaina, y el número de semillas por vaina, y en consecuencia, se produce una mayor cantidad de semilla. Si bien, no se encontró efecto significativo de la distancia entre plantas en el peso de 100 semillas, se observó un mayor peso con los tratamientos de 50*50 (T3), 75*75 (T4) y 100*100 cm (T5), los cuales superaron en 16, 10 y 18 % al peso obtenido con el tratamiento al voleo (T1). Resultados diferentes fueron reportados para otras especies de leguminosas. Por ejemplo, en

C. juncea, se reportó un efecto positivo de la densidad de plantas en el peso de 1,000 semillas, donde el valor más alto (44.14 g) se obtuvo con 30 cm entre líneas, en comparación con la distancia de 45 cm (42.35 g); la disminución del peso de 1,000 semillas conforme aumentó la distancia entre plantas, se debió a la mayor competencia entre plantas y malezas para la mejor utilización de nutrientes, humedad y radiación solar (Tiparaddi *et al.*, 2006). Mientras que en *C. ensiformis* el peso de 1,000 semillas fue mayor en la distancia de 70*50 cm entre líneas y plantas, respectivamente, en comparación con la distancia de 25 cm (Matías, 1996). Esta inconsistencia de resultados en el peso de las semillas puede deberse a la especie forrajera, el tipo de suelo, prácticas de manejo del cultivo y a las condiciones ambientales de luz y temperatura en que se desarrollaron (Humphreys y Riveros, 1986). En este estudio, se observó que el mayor peso de 100 semillas obtenido en las distancias de 50*50 (T3), 75*75 (T4) y 100*100 cm (T5) no se reflejó en un mayor rendimiento de semilla, debido al menor número de plantas por superficie.

En relación a la calidad fisiológica, se observó que la distancia entre plantas no influyó en el porcentaje de germinación de la semilla cosechada. Resultados similares fueron reportados para otras especies de leguminosas forrajeras. Por ejemplo, en *L. purpureus* (Pérez y Reyes, 1989), *V. unguiculata* (Pérez y Reyes, 1991) y *C. ensiformis* (Matías, 1996) no se encontró efecto de la distancia entre plantas en la germinación de la semilla. Sin embargo, Matías *et al.* (1990) reportaron que la distancia entre líneas tuvo efecto en la germinación de semillas de *L. purpureus*, aunque la mayor germinación (86 %) se obtuvo con 50 cm entre líneas. La discrepancia de resultados en la germinación de la semilla por efecto de la distancia entre plantas puede deberse a varios factores, tales como especie forrajera, momento de cosecha, período y condiciones de almacenamiento, metodología utilizada en su determinación, manejo postcosecha de la semilla y a las condiciones climáticas ocurridas durante el proceso de producción y almacenamiento. No obstante, el valor promedio de germinación (73 %) encontrado en el presente estudio es superior al reportado por Sebastián y Sigarroa (1992), quienes para esta misma especie encontraron una germinación de 65 %. Las diferencias entre los valores de germinación encontrados en el presente estudio con los reportados por otros autores para esta misma especie pueden deberse al tratamiento de escarificación que se le dio a la semilla, previo a la prueba de germinación, que consistió en la inmersión de la semilla en agua caliente a 80 °C durante cinco minutos, ya que se ha señalado que la semilla recién cosechada de esta especie forrajera presenta problemas para germinar debido a su alto contenido

de semillas duras, por tanto, al momento de la siembra se recomienda la escarificación sumergiendo la semilla en agua a 75 °C (Faria *et al.*, 1996; Funes *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que la distancia entre plantas afectó el rendimiento de semilla. El mayor rendimiento de semilla se obtuvo con la distancia de 25*25 cm entre líneas y plantas, respectivamente. El incremento en el rendimiento de semilla obtenido, se puede atribuir al mayor número de vainas por m², mayor longitud de vaina y número de semillas por vaina. La calidad fisiológica de la semilla, en términos de germinación, no fue afectada por las distancias evaluadas. Desde el punto de vista de la producción de semilla de *C. ternatea* cv. Tehuana, se recomienda la distancia de 25*25 cm entre líneas y plantas, respectivamente.

REFERENCIAS

- Arías, M. I. A. 1979. Distancias de siembra en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en las vegas inundables del río Orinoco. *Agronomía Tropical*. 29(4):341-347.
- Askarian, M., Hampton, J. G. y Hill, M. J. 1995. Effect of row spacing and sowing rate on seed production of Lucerne (*Medicago sativa* L.) cv. Grasslands Oran. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 38(1):289-295.
- Barro, C., Ribeiro, A. 1983. The study of *Clitoria ternatea* L. hay as a forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stages. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 34:780-782.
- Carbajal, A. J. J. 1988. Caracterización fenológica de 8 leguminosas en Yucatán. En: Pizarro, E. A. (ed). I Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. INIFAP-CIAT. Veracruz, México. pp. 492-495.
- Córdoba, B. A., Peralta, M. A., Ramos, A. 1987. Producción estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* con tres cargas animales en dos sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales*. 9:27-31.
- Crowder, L. V., Chheda, H. R. 1982. Tropical grassland husbandry. Longman Group Limited. London and New York.

- Enríquez, Q. J. F., Quero, C. A. R. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Libro Técnico Núm. 11. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México.
- FAM (Fuerza Aérea Mexicana). 2007. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- Faría, J., García-Aguilar, L., González, B. 1996. Métodos de escarificación de cuatro leguminosas forrajeras tropicales. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). 13:573-579.
- Funes, F., Yañez, S., Zambrana, T. 1998. Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para la producción sostenible. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Asociación Cubana de Producción Animal. La Habana, Cuba.
- García, R. J. C., Montiel, M. A. 1999. Evaluación agronómica de diez especies de leguminosas con potencial como abonos verdes y cultivos de cobertura en la Esmeralda, Santa María Chimalapa, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Garza, T. R. Portugal, G. A., Ballesteros, W. H. 1972. Establecimiento de tres leguminosas tropicales en un potrero de zacate Pangola. Técnica Pecuaria en México. 22:5-11.
- Humphreys, L. R., Davidson, D. E. 1967. Some aspects of pasture seed production. Tropical Grasslands. 1(1):84-87.
- Humphreys, L. R., Riveros, F. 1986. Tropical pasture seed production. FAO. Plant Production and Protection Paper 8. Rome, Italy.
- Matías, C. 1996. Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de *Canavalia ensiformis*. Pastos y Forrajes. 19:225-229.
- Matías, C., Esperance, M., Ruz, V. 1990. Efecto de los momentos y la distancia de siembra en la producción de semilla de *Lablab purpureus* cv. Rongai. Pastos y Forrajes. 13:149-156.
- Nakagawa, J., Machado, J. R., Roselem, C. A. 1986. Efeito da densidade de plantas e da época de sementeira na produção e qualidade de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes. 8(3):99-112.
- Njoka, E. M., Muraya, M., Okumu, M. 2005. Plant density and thinning regime effect on maize (*Zea mays*) grain and fodder yield. Australian Journal of Experimental Agriculture. 44:1215-1219.
- Pérez, A., Reyes, M. I. 1989. Influencia de la densidad de siembra sobre la producción de semillas de *Lablab purpureus* cv. Rongai. Pastos y Forrajes. 12:141-146.
- Pérez, A., Reyes, M. I. 1991. Influencia de la densidad de siembra sobre la producción de semilla de *Vigna unguiculata*. Pastos y Forrajes. 14:219-225.
- SAS Institute. 1988. User's guide. SAS Institute: Cary, NC, USA.
- Sebastian, C. V. M., Sigarroa, T. L. 1992. Evaluación comparativa de la germinación de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Tiparaddi, A., Biradarpatil, N. K., Shekhargouda, M. 2006. Effects of dates of sowing, spacing and seed rate on flowering, seed yield and quality of Sunnhemp. Seed Research 34:140-145.
- Villanueva, A. J. F., Bonilla, C. J. A., Rubio, C. V., Bustamante, G. D. J de. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. Técnica Pecuaria en México. 42:79-96.

Submitted February 02, 2010– Accepted July 06, 2010

Revised received February 02, 2012