



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTAS EN
EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE
Clitoria ternatea CV. TEHUANA**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA:

CARLOS IVÁN MEDEL CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS

DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES

LOMA BONITA, OAXACA, JUNIO DEL 2008

DEDICATORIA

A mí querida esposa: **Flor Sánchez Zanatta**

Por ser la fuente de inspiración de esta tesis, por su apoyo y desvelos incondicionales en todo momento; por estar a mi lado motivándome a salir adelante siempre

A mí madre: **Jechebel Ivette Contreras Córdoba**

Por ofrecerme el amor, la confianza y apoyo necesarios

A mí abuelita: **Edna Córdoba Vázquez**

Por haberme apoyado desde que era un niño para salir adelante

A mí abuelito: **José Luis Contreras Lara (+)**

Por haber hecho de mí un hombre de bien

En general a toda la familia Contreras Córdoba

A todos, Dios les Bendiga.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis suegros:

Elvia Zanatta Gasperín y Regino Sánchez Guzmán

Por brindarme confianza y amistad

A mis cuñados y concuños:

Por brindarme momentos de alegría

A mis compañeros de generación:

Carol, Eloina, Eliaquin y Gerardo haciendo de la escuela algo más ligero

A los del taller el Mofles

Por ayudarme en todo momento cuando requerí de su apoyo

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Al Dr. Bertín Maurilio Joaquín Torres, por no solo ser mí director de tesis y maestro, si no por ser también un gran amigo; por brindarme su apoyo incondicional para alcanzar el objetivo final.

A mis profesores por haberme enseñado con esmero y dedicación durante toda mi carrera.

Al personal de laboratorio y jardinería por apoyarme en la parte practica de este trabajo.

A mis revisores Dr. Miguel Angel y M. C. Natanael por dedicarle tiempo, esfuerzo a este trabajo y darme sugerencias.

ÍNDICE

Página	
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen, distribución, características botánicas agronómicas y zootécnicas de <i>Clitoria ternatea</i>	4
2.2. Importancia de la producción de semilla de especies	7
forrajeras	
2.3. Factores que afectan la producción de semilla de	9
especies forrajeras	
2.3.1. Temperatura	9
2.3.2. Luz	11
2.3.3. Humedad	12
2.3.4. Suelo	13
2.4. Importancia de la calidad de la semilla de especies	13
forrajeras	
2.5. Factores que afectan la calidad de la semilla de	15
especies forrajeras	

2.6.	Manejo del cultivo de <i>Clitoria</i> para la producción de semilla	16
2.6.1.	Siembra y establecimiento	16
2.6.2.	Prácticas de manejo del cultivo	17
2.7.	Estudios sobre evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla de <i>Clitoria ternatea</i> y otras especies de leguminosas forrajeras	19
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1.	Localización del área experimental	23
3.2.	Clima y suelo	23
3.3.	Material genético	23
3.4.	Tratamientos y diseño experimental	25
3.5.	Establecimiento y manejo del cultivo	25
3.6.	Variables evaluadas	27
3.7.	Análisis estadístico	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla, componentes del rendimiento y calidad de la semilla en la primera cosecha	29
4.2.	Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla, componentes del rendimiento y calidad de la semilla en la segunda cosecha	34
4.3.	Correlación entre el rendimiento de semilla y sus componentes	38
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
6.	LITERATURA CITADA	42
7.	APÉNDICE	49
8.	ANEXOS	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características físicas y químicas del suelo antes de iniciar el experimento.	24
2	Tratamientos evaluados en el experimento. Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana.	25
3	Rendimiento de semilla pura y altura de planta de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana a diferentes densidades de plantas.	29
4	Componentes del rendimiento de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas.	32
5	Calidad física y fisiológica de semillas de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana a diferentes densidades de plantas.	33
6	Rendimiento de semilla pura y altura de planta de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes densidades de plantas.	35
7	Componentes del rendimiento de semilla de <i>Clitoria Ternatea</i> cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas.	36
8	Calidad física y fisiológica de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana a diferentes densidades de población de plantas.	38
9	Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y sus componentes en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana. (Primera cosecha).	39
10	Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y sus componentes en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana. (Segunda cosecha).	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Promedio de temperatura y precipitación de enero a noviembre del año 2007 para Loma Bonita, Oaxaca, México.	24

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro		Página
1A	Cuadrados medios de rendimiento, calidad física y fisiológica de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas (Primera cosecha).	49
2A	Cuadrados medios de rendimiento, calidad física y fisiológica de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas (Segunda cosecha).	50

RESUMEN

La baja calidad nutritiva de los pastos, es uno de los factores más importantes que limitan la producción pecuaria en los trópicos, de ahí que una alternativa para mejorar la calidad de las praderas y pastizales, es la introducción de leguminosas forrajeras, dentro de las cuales se encuentra la *Clitoria ternatea*, la cual presenta altos rendimientos de materia seca, buena calidad nutritiva y una excelente aceptación por el ganado, además se adapta a varios tipos de suelo y es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin embargo, su uso es reducido, debido al desconocimiento de su manejo y utilización, pero el factor más importante, es la falta de semilla. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana. El estudio se realizó durante el año 2007 en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, ubicado a los 18° 01' 19" LN y 95° 51' 33" LO a 26 msnm. Se evaluaron cinco densidades de plantas 85.0, 32.0, 8.0, 6.4 y 2.0 plantas m⁻², bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. El tamaño de parcela fue de 3 x 3 m (9 m²). Se evaluó el rendimiento de semilla pura, rendimiento de semilla pura germinable, altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vaina, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas y porcentaje de germinación de la semilla. Los resultados mostraron que la densidad de plantas tuvo efecto (P < 0.05) en el rendimiento de semilla pura y rendimiento de semilla pura germinable, donde los mayores valores 554.4 y

376.8 kg ha⁻¹, respectivamente, considerando las dos cosechas, se obtuvieron con la densidad de 32.0 plantas m⁻². La longitud de vaina, semillas por vaina y altura de planta fueron los componentes que presentaron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla, con valores de 0.54, 0.72 y -0.31, respectivamente. El peso de 100 semillas y el porcentaje germinación no fueron afectadas ($P < 0.05$) para ninguna de las densidades de plantas evaluadas. Se concluye que la densidad de 32.0 plantas m⁻² que corresponde a una distancia entre líneas y plantas de 25 cm fue la que presentó el mayor rendimiento de semilla pura, con una germinación promedio del 70 %.

Palabras clave: *Clitoria ternatea*, Producción de semilla, Densidad de plantas, Calidad de la semilla.

ABSTRACT

The grasses low nutritive quality is one of main limiting factors in tropical animal production. The introduction of forage legumes is an alternative to improve the quality of meadows and pastures. *Clitoria ternatea* is a forage legume, which presents high dry matter yield, good nutritive value and excellent acceptance by cattle; moreover, it is adaptable to several soil types and capable to fixing atmospheric nitrogen. However, its use is limited, mainly due to ignorance of its management and use, but the most important factor, currently, is the seed lack. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of the plant density on *Clitoria ternatea* cv. Tehuana seed yield and quality. The study was carried out during 2007, at the University of Papaloapan Experimental Field, located in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico, at 18° 01' 19" N and 95° 51' 33" W, 26 masl. Five population densities 85.0, 32.0, 8.0, 6.4 and 2.0 plants m⁻² were evaluated. A completely randomized design with three replications was used. The plot size was 3 x 3 m (9 m²). Variables evaluated were: pure seed yield, pure germinable seed yield, plant height, number of pods per plant, pod length, number of seeds per pod, 100 seeds weigh and seed germination. Plant density had effect (P < 0.05) on pure seed yield and germinable pure seed yield, where the highest values (554.4 and 376.8 kg ha⁻¹, respectively), in both harvests were obtained in the 32 plants m⁻² density. Pod length, number of seeds per pod and plant height were the components which showed a greater association with pure seed yield; presenting values of 0.54, 0.72 and -0.31, respectively. Weight of 100

seeds and percentage of germination were not significantly affected by any of the treatments evaluated. It was concluded that the 32.0 plants m⁻² density, which corresponds to distance of 25 cm between rows and plants, had the highest pure seed yield, with a 70 % of germination.

Key words: *Clitoria ternatea*, Seed production, Plant density, Seed quality.

1. INTRODUCCIÓN

En el trópico, la baja calidad nutritiva de los pastos es uno de los factores más importantes que limitan la producción pecuaria, ya que las ganancias de peso en ganado bovino y ovino son muy bajas. Una alternativa para mejorar la calidad de las praderas y pastizales, es la introducción de leguminosas forrajeras, ya que estas especies mejoran el valor nutritivo de los pastos, con lo cual se aumenta la ganancia animal por hectárea (Peralta, 1988; Córdoba y Peralta, 1988).

Dentro de las leguminosas forrajeras de importancia promisoría para el trópico se encuentra a *Clitoria ternatea*, la cual es considerada como “la alfalfa del trópico”. Esta especie forrajera es de ciclo perenne, con buenas características agronómicas y zootécnicas, presenta altos rendimientos de materia seca (MS) (8 ton ha⁻¹ año⁻¹), buena calidad nutritiva (el contenido de proteína en la materia seca varía de 24 - 30 %) y una excelente aceptación por el ganado, además se adapta a varios tipos de suelo y es capaz de fijar nitrógeno atmosférico (Bogdan, 1977; Skerman, 1977; Peralta, 1988; Córdoba y Peralta, 1988).

Sin embargo, al igual que la mayoría de las leguminosas forrajeras tropicales la *Clitoria ternatea* se usa de forma muy reducida. Esto se debe al desconocimiento existente de los productores en cuanto a los beneficios que esta planta puede aportar en la producción de carne y leche, así como al desconocimiento de su manejo y utilización, pero el factor más importante, en el momento actual es la falta de semilla (Enríquez y Quero, 2006).

En México no se produce semilla de *Clitoria*, a pesar de que existe una alta demanda para la siembra de praderas y/o mejoramiento de los suelos (Enríquez y Quero, 2006). La razón principal de la escasa o nula producción de semilla de esta especie forrajera es la falta de tecnología para producirla. De ahí que para satisfacer la demanda actual de semilla de ésta y otras especies de leguminosas, se recurra a la importación trayendo como consecuencia la fuga de divisas, riesgos sanitarios, baja calidad del producto, altos precios y disponibilidad incierta. Por tanto, es indispensable generar y mejorar nuestra tecnología de producción de semillas, con la finalidad de abastecer la demanda actual en el mercado regional y nacional (Hernández y Cruz, 1993).

Existen estudios que demuestran que el rendimiento, así como la calidad de la semilla cosechada de leguminosas tropicales se puede incrementar al utilizar diversas prácticas agronómicas, tales como fecha óptima de cosecha, fertilización y una densidad de siembra adecuada. Sin embargo, en México, particularmente en *C. ternatea* cv. Tehuana, no se cuenta con información, acerca del efecto de la densidad de población de plantas en la producción de semillas. Por ello, el presente estudio aporta información y propone tecnología para la producción de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana para la región cálida de la Cuenca del Papaloapan con los objetivos e hipótesis siguientes:

1.1. Objetivos

- Evaluar el efecto de la densidad de población de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de la leguminosa *Clitoria ternatea* cv. Tehuana.
- Determinar la densidad óptima de población de plantas que permita lograr el mayor rendimiento y calidad de la semilla producida de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana.

1.2. Hipótesis

- El rendimiento, sus componentes y la calidad de la semilla en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana se pueden maximizar utilizando una densidad óptima de plantas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen, distribución, características botánicas, agronómicas y zootécnicas de *Clitoria ternatea*

La especie *Clitoria ternatea* cuyos nombres comunes son campanilla (Panamá), papito (Salvador), bejuco de conchitas o conchita azul (Puerto Rico, Cuba y México), zapatico de reina (Venezuela), clitoria (Colombia), campanita morada, entre otros (Bogdan, 1977; Humphreys, 1981; Gohl, 1982; Flores, 1983; Córdoba *et al.*, 1987), es originaria de América Tropical (Skerman, 1977). Aunque, también se menciona como centro de origen Asia Tropical (Garza *et al.*, 1972; Humphreys, 1980; Córdoba *et al.*, 1987).

La leguminosa *C. ternatea* está ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Bravo, 1971; Garza *et al.*, 1972; Bogdan, 1977; Gohl, 1982), desde los 20° LN hasta los 24° LS (Skerman, 1977), donde se puede encontrar naturalmente o en forma cultivada (Hall, 1985). En México se le encuentra en forma silvestre en Tabasco y sur de Veracruz (Flores, 1983). Prospera bien desde el nivel del mar hasta los 1,600 m de altitud (Bogdan, 1977; Flores, 1983) o inclusive hasta los 1,800 msnm. Requiere precipitaciones desde 400 mm, con un mejor desempeño en áreas con 1,500 mm anuales (Skerman, 1977). Se adapta a diferentes condiciones de suelo, desde arenosos hasta aluviales, limosos profundos y arcillosos. También puede tolerar la salinidad, cultivándose en suelos de pH alto (Skerman, 1977), dando buenos resultados en suelos pobres y mejores en suelos arcillosos (Garza *et al.*, 1972), además es tolerante a la sequía

(Flores, 1983). Esta leguminosa es una de las más productivas y persistentes en el trópico. Por ejemplo, en Australia en un suelo arcilloso-arenoso persistió por cuatro años. Sin embargo, presenta un crecimiento lento y una baja persistencia en suelos infértiles, pero se desarrolla exitosamente en suelos arcillosos y fértiles (Hall, 1985). En México la *C. ternatea* se adapta muy bien en suelos de buena fertilidad, profundos y húmedos (Peralta, 1988).

Clitoria ternatea es una planta perenne, semiarbusciva y voluble, de tallos lisos, de 0.5 - 3 m de longitud. Hojas pinnadas con 5 - 7 folíolos, los cuales son oblongo-lanceolados a casi orbiculares de 1.5 - 7.0 cm de longitud y 0.3 - 4.0 cm de ancho, glabros en la parte superior y pubescentes abajo. Flores únicas o en pares de color azul de cáliz tubular, con el pedicelo inclinado a 180°, de tal manera que el estandarte está hacia abajo. Las vainas son lineales, planas de 6 - 12 cm de longitud y 0.7 - 1.2 cm de ancho, con más de 10 semillas las cuales son de color verde, café o negro, frecuentemente moteadas o jaspeadas de 4.5 - 7.0 mm de longitud y 3 - 4 mm de ancho (Bogdan, 1977; Skerman, 1977; Flores, 1983; Hall, 1985).

Produce hasta 24 toneladas de forraje fresco por hectárea (Gohl, 1982). En asociación con pasto guinea (*Panicum maximum*), o con pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*) produjo hasta 18 toneladas de forraje seco por hectárea por año (Flores, 1983). Córdoba y Peralta (1988), para Juchitan, Oax., reportaron 2.99 ton ha⁻¹ de materia seca en la época de lluvias, 2.22 ton ha⁻¹ en la época seca y 2.79 ton ha⁻¹ en la época de nortes. El contenido de proteína en la materia seca varía de 24 - 30 % (Bogdan, 1977). Otros

autores reportan un contenido de proteína cruda de 20 % para la planta completa (McIlroy, 1973; Gohl, 1982) y 43 % para las semillas (Hall, 1985), y una digestibilidad de la materia seca de 74.2 % (Bogdan, 1977) y no causa toxicidad (Skerman, 1977). De ahí que puede ser consumida por borregos, cabras y bovinos (Hall, 1985). Puede utilizarse para el pastoreo directo, corte en verde para hacer heno, como abono verde y para ensilaje con gramíneas.

Cuando se utiliza para pastoreo éste debe ser rotacional y controlado dando de 40 a 60 días de descanso, según la estación del año, para que la leguminosa se reponga y pueda competir con los pastos (Flores, 1983). No soporta un pastoreo o corte pesado (Humphreys, 1980). No obstante, Garza *et al.* (1972) mencionaron que resiste el pastoreo rotacional cada 14 días.

Por otro lado, Peralta (1988) mencionó que en asociación con gramíneas estoloníferas como zacate pangola (*Digitaria decumbens*) y bajo pastoreo es capaz de persistir y soportar de cuatro a seis cabezas de ganado bovino por hectárea, sin embargo, recomienda tres cabezas por hectárea para menor riesgo de la leguminosa.

La leguminosa *C. ternatea* genera una buena producción de carne en bovinos, al respecto Córdoba y Peralta (1988) reportaron ganancias de 0.9 kg animal⁻¹ día⁻¹ en el primer año de evaluación, bajo condiciones de riego. Asimismo, reportaron una ganancia total promedio de 262 kg animal⁻¹ año⁻¹, con una ganancia diaria de 0.717 kg animal⁻¹. Mientras que Córdoba *et al.* (1987) reportaron para la asociación *Digitaria decumbens* con *C. ternatea* ganancias diarias para ganado bovino de 0.944 y 0.929 kg día⁻¹ para 5/27 y 7/25 días de ocupación/descanso, respectivamente.

En cuanto a producción de semilla *Clitoria ternatea* produce abundante cantidad de semilla, pero la formación de las vainas y la maduración no es uniforme, por tanto, la cosecha debe hacerse a mano y periódicamente. La mayor producción de semillas se obtiene en la época de verano (ICA, sin año; Flores, 1983). Asimismo, Hall (1985) mencionó que para una buena producción de semilla, *C. ternatea* debe crecer en espalderas para su cosecha manual, o bien en surcos sin espalderas para cosecha mecánica. Al respecto, en el Centro Nacional de Ganadería de Honduras, *C. ternatea* produjo 2,608 kg ha⁻¹ de semilla (Wege, 1988), mientras que en Tizimin, Yucatán, se obtuvo una producción de semilla pura de 413 kg ha⁻¹ año⁻¹, en una sola cosecha (Carvajal, 1988).

2.2. Importancia de la producción de semilla de especies forrajeras

La producción actual de semillas forrajeras es insuficiente para cubrir la demanda nacional, sobre todo si se toma en consideración que, en el trópico mexicano, existen seis millones de hectáreas con praderas cultivadas. Se calcula que la vida productiva de estas praderas es de ocho años, por lo que se asume que es necesario resembrar 750 mil hectáreas y que, a esta superficie se agregan, como mínimo, otras 150 mil hectáreas de praderas nuevas; se estima también que, la superficie total acumulada, podría llegar a 900 mil hectáreas sembradas en promedio. Si se parte de una densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹ de semilla, se necesitarían aproximadamente 9,000 a 10,000 toneladas de semillas anualmente para sembrar el área mencionada (Peralta, 1991).

La producción de semillas en México es una actividad marginal de la ganadería y se efectúa con técnicas deficientes y ancestrales, que redundan en rendimientos bajos y calidad mala de la semilla producida. De ahí que la producción de semillas de especies forrajeras puede ser una actividad significativa dentro de la economía del sector agropecuario, ya que usualmente genera recursos económicos y oportunidades de empleo, por la gran cantidad de mano de obra que ocupa (hasta 60 jornales por hectárea) y por que es parte fundamental para el establecimiento y mejoramiento de las áreas de pastoreo y, por tanto, de la ganadería en general (Peralta, 1991).

Jiménez (1992) estableció que una limitante para mejorar la producción forrajera es la disponibilidad baja de semilla en los mercados nacionales, lo que ocasiona que, anualmente, se importen más de 40,000 toneladas de semilla de pastos y forrajes de países como Brasil, Australia y Estados Unidos para abastecer la demanda nacional. Por otro lado, Jaramillo (1994) resaltó que, en México, existen alrededor de 71 millones de hectáreas, en las cuales por las condiciones de suelo y clima, solo crecen pastos y arbustos. Dichas áreas no pueden destinarse a la producción de cultivos comerciales, por lo que la única alternativa para reincorporarlas a la producción agrícola, es como áreas de pastoreo, mediante el establecimiento de especies forrajeras.

Jiménez (1996) señaló que el fomento a la producción de forrajes en la actualidad, enfrenta dos grandes problemas. Primero, revertir la creencia de que el pasto se produce solo en los cerros y que, por tanto, no es necesario manejarlo ni sembrarlo, porque por décadas se ha producido casi sin

ninguna inversión. El segundo problema es que aún cuando el productor está convencido de la necesidad de sembrar pastos, no hay disponibilidad de semillas en el mercado, ya que nunca existió la necesidad de producirla; en consecuencia, actualmente, no existen los recursos humanos debidamente capacitados y, por tanto, no se cuenta con tecnología para producir semilla de pastos. El mayor problema de la ganadería bovina, ovina y caprina en nuestro país es la insuficiente alimentación en cantidad y calidad. Sin embargo, no se puede mejorar la producción forrajera, porque no se dispone de semilla suficiente para siembra de nuevos pastos, o los que ya existen se manejan en forma deficiente.

2.3. Factores que afectan la producción de semilla de especies forrajeras

Sánchez (1976) mencionó que factores como temperatura, luz y humedad ejercen una influencia muy importante sobre la germinación, crecimiento, floración y nodulación de los cultivos. Asimismo, Portieles y Aspiolea (1980) indicaron que la respuesta de las plantas al ambiente en que crecen depende de factores climáticos, bióticos, edáficos y de manejo, los cuales actúan de forma interrelacionada. Por tanto, para lograr una adecuada explotación de una especie forrajera, es indispensable considerar dichos factores que influyen en el rendimiento y calidad del forraje y semilla.

2. 3.1. Temperatura

El crecimiento de las plantas es afectado por la temperatura, de ahí que una diferencia de unos grados induzca a un cambio notable en la tasa de

crecimiento; cada especie y/o variedad requiere de cierto nivel de temperatura para lograr una producción máxima Ludlow, (1976). Al respecto, Meyer et al. (1976) y Devlin (1980) mencionaron que las plantas demandan una temperatura mínima para poder crecer, una temperatura óptima en la que se da la máxima tasa de crecimiento y una temperatura máxima a la cual cesa el crecimiento.

Con base en estudios realizados en invernadero y observaciones de campo, las leguminosas tropicales podrían clasificarse en leguminosas tropicales de clima cálido y leguminosas tropicales de clima frío; el primer grupo de leguminosas alcanza el punto máximo de rendimiento por encima de los 27 °C, mientras que el segundo grupo, susceptible a las temperaturas altas, alcanza el punto de máximo rendimiento a temperaturas inferiores a 28 °C (Whiteman, 1968; Sweeney y Hopkinson, 1975).

La temperatura, también afecta algunas fases críticas del ciclo de vida de una planta, ya que por efecto de la temperatura, las semillas pueden germinar, se puede iniciar la floración, o bien las plantas perennes cesan su estado de dormancia. Estas respuestas del desarrollo pueden ser influidas también por otros factores ambientales, tales como la luz, el fotoperíodo y la humedad, formando interacciones entre ellos (Salisbury y Ross, 1994).

En algunas especies tropicales la temperatura del día tiene una gran influencia en el crecimiento y floración del cultivo. Sin embargo, las temperaturas óptimas para floración son generalmente mucho más bajas que las temperaturas óptimas para crecimiento (Langer, 1963). Este mismo autor, señaló que las temperaturas nocturnas superiores a 12 y 18 °C

retrasan, o bien promueven la floración de las gramíneas especialmente si el fotoperiodo es el adecuado.

Los experimentos en ambientes controlados han demostrado que las temperaturas altas durante el día y las temperaturas bajas durante la noche pueden inhibir la producción de inflorescencias de las plantas que crecen bajo longitud de días apropiados (Knight y Bennett, 1953; Evans, 1964; citados por Pérez *et al.*, 1988). Por tanto, los rendimientos de semilla se pueden reducir de manera considerable, debido a condiciones extremas de temperatura. Imrie (1973) mencionó que la temperatura afecta el crecimiento vegetal y también la floración.

2.3.2. Luz

Los efectos de la intensidad luminosa sobre el crecimiento de las plantas están relacionados principalmente con su papel en la fotosíntesis. Por tanto, para que una planta permanezca viva durante un período prolongado, la intensidad luminosa debe ser suficiente para fijar la cantidad diaria de anhídrido carbónico que se requiere para equilibrar la pérdida por respiración de este gas durante 24 horas. La intensidad luminosa mínima para la supervivencia debe exceder ligeramente el punto de compensación en que la fotosíntesis y la respiración se equilibran durante el día (Bonner y Galston, 1973). Por otra parte, las plantas responden a las alteraciones de periodos de luz u oscuridad de distintas maneras. Por ejemplo, la floración, el crecimiento vegetativo, el alargamiento de entrenudos, la germinación de la

semilla, y la caída de las hojas constituyen algunos casos de respuestas fotoperiódicas que han sido descubiertas en las plantas (Devlin, 1980).

2.3.3. Humedad

Clitoria ternatea se adapta muy bien a condiciones de baja humedad, con precipitaciones que van de 400 hasta 1,500 mm, teniendo un mejor desempeño en áreas con 1,500 mm (Skerman, 1977).

Humphreys (1981) señaló que un periodo corto de estrés de agua, antes de la iniciación floral, incrementa subsecuentemente la floración. Por tanto, el antagonismo que existe entre los periodos vegetativo y reproductivo, hace que el crecimiento vegetativo producido por el estrés de humedad pueda favorecer la expansión del botón floral y la distribución de absorción para el desarrollo de la inflorescencia.

El agua es importante en el desarrollo de los pastos debido a que participa directa e indirectamente en todas las funciones fisiológicas de las plantas, pero es particularmente importante en la fase de establecimiento, por su influencia en el proceso de germinación y el crecimiento acelerado de las plantas en las que el agua puede representar hasta el 80 % de su peso. En este sentido, lo más importante a tomar en cuenta es la frecuencia de precipitaciones posteriores a la siembra y no a la cantidad total de lluvia que se registre en una zona (Corbea, 1988).

2.3.4. Suelo

Las leguminosas tropicales crecen bien en suelos de textura arenosa y francos. En esas condiciones, la infiltración y percolación contribuyen a que se almacene poca agua en el perfil del suelo, de manera que la producción en la siguiente estación, puede ser deficiente. Debido a que la producción de las leguminosas está estrechamente relacionada con la evapotranspiración, su rendimiento en la entrada de la estación seca depende de la cantidad de agua almacenada en el suelo (McCwn, 1973).

Algunos suelos principalmente los vertisoles con tasa de infiltración baja, pueden presentar anegamiento en la estación húmeda, y resequedad en la estación seca; esta combinación de fenómenos climáticos, a menudo es perjudicial para la producción de las leguminosas (McIvor, 1976; Humphreys, 1980).

Villanueva (2002), menciona, que *Clitoria ternatea* para su óptimo establecimiento, requiere suelos desde mediana hasta alta fertilidad, con buen drenaje interno y pH desde alcalino a medianamente ácido (5.0).

2.4. Importancia de la calidad de la semilla de especies forrajeras

Es fundamental conocer el valor agrícola de las semillas, para evitar fracasos en las siembras, los cuales pueden tener su origen en una mala semilla o a un mal manejo de la misma en el proceso de siembra (Jiménez, 1990). De ahí que el objetivo principal de conocer la calidad de las semillas es fundamental y apoya la decisión de comprar y determinar el precio que se pagará al vendedor por su producto (SAG-BANRURAL, s.f.).

McIlroy (1976) mencionó que el análisis de la calidad de las semillas, para el establecimiento de los cultivos, tiene principalmente fundamento económico; las semillas de mala calidad son siempre una mala inversión y, a largo plazo, pueden resultar mucho más caras que aquéllas de precio elevado, las cuales tienen una pureza y germinación conocidas. Asimismo, señaló que en países desarrollados existen mecanismos legales de control para establecer los requisitos mínimos de calidad de las semillas de gramíneas y leguminosas.

Otra razón importante, para determinar la calidad de la semilla, es de tipo técnico y se relaciona con el éxito del establecimiento de las semillas. Las consecuencias de comprar una semilla de baja calidad son negativas, y no solo es dinero lo que se pierde, sino que también es tiempo y esfuerzo, debido a que se puede afectar la rapidez de establecimiento (Junco, 1979). Por otro lado, Thomson (1979) indicó que el agricultor, los asesores y los vendedores de semillas requieren de una valoración de la calidad antes de sembrarla. White (1981) señaló que aunque la semilla certificada puede resultar cara, a menudo una semilla llamada barata es más costosa a largo plazo, sobre todo cuando se toma en cuenta la proporción de semilla pura en relación con el material inerte y diversas semillas extrañas indeseables, principalmente semillas de malezas.

En México la Secretaría de Agricultura y Ganadería (1975) señaló que la certificación de semillas para siembra tiene por objeto garantizar que la semilla correspondiente se produjo siguiendo métodos que aseguren su identidad genética y que en el momento de su análisis en el laboratorio

satisfaga los valores de germinación, pureza física y otras características necesarias para permitir su utilización con éxito.

2.5. Factores que afectan la calidad de la semilla de especies forrajeras

La temperatura y humedad, son los factores que mayores efectos negativos tienen sobre la germinación, pureza y viabilidad de las semillas.

Laude (citado por Febles, 1975) reportó que las temperaturas muy altas, que se presentan cuando el cultivo alcanza el estado de plántula, afectan la calidad de las semillas que se produzcan. Sin embargo, Sánchez (1976) señaló que los factores más importantes que afectan la germinación de las semillas de especies forrajeras tropicales son: presencia de inhibidores, como ocurre en los zacates *Cenchrus ciliaris* (buffel) y *Chloris gayana* (rhodes); dormancia, debido a la postmaduración en gramíneas, y la presencia de cubiertas duras en gramíneas y leguminosas. Asimismo, Blaser *et al.* (citados por Martínez, 1982) indicaron que existen factores fisiológicos y morfológicos que inhiben la germinación de la semilla y son: a) presencia de embriones rudimentarios que deben madurar después de la cosecha, b) presencia en la semilla de cubiertas duras e impermeables que impiden la entrada de agua y el intercambio de gases, c) cubiertas duras en la semilla que oponen resistencia mecánica a la expansión del embrión y d) estructuras en la semilla que interfieren con la absorción del oxígeno. Por otro lado, McIlroy (1976) sostuvo que la germinación de las semillas también se afecta por desórdenes en éstas: edad, condiciones de almacenamiento, ataque de enfermedades, plagas y latencia.

Jiménez (1984) mencionó que en general la calidad de las semillas es afectada por el manejo del semillero, densidad de población, fertilidad y humedad del suelo, ataque de plagas y enfermedades, momento y método de cosecha, métodos de beneficio y manejo posterior del producto.

2.6. Manejo del cultivo de *Clitoria* para la producción de semilla

2.6.1. Siembra y establecimiento

Clitoria ternatea es una leguminosa de rápido establecimiento, obteniéndose los mejores rendimientos en terrenos preparados, rastreados y surcados (Garza *et al.*, 1972). Para producción de forraje se siembra en surcos distanciados de 30 a 60 cm, ya sea en cultivo puro o asociada con gramíneas de poca altura tales como zacate pangola (*Digitaria decumbens*) o pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), en surcos alternos o mezclando ambas especies. La época mas adecuada para su siembra es el inicio de las lluvias, usando de 5 - 10 kg de semilla por hectárea (Flores, 1983). Aunque Skerman (1977) mencionó que la siembra debe realizarse de primavera a mediados del verano, utilizando de 1 - 3 kg de semilla por hectárea, a una profundidad de 1.5 - 4 cm. Este mismo autor argumentó que debido a que contiene un 20 % de semillas duras, dependiendo de la estación en que sea producida, es necesario el uso de tratamientos de escarificación, mediante la inmersión en ácido sulfúrico al 80 – 100 % durante 20 minutos o inmersión en agua a temperatura ambiente durante doce horas, seguido por doce horas de congelación a -15 °C. Asimismo, Bogdan (1977) mencionó que para un mejor establecimiento es necesario escarificar la semilla con agua caliente, ácido sulfúrico o hidróxido de potasio.

2.6.2. Prácticas de manejo del cultivo

Enríquez y Quero (2006) mencionaron que para obtener altos rendimientos, las áreas destinadas para la cosecha de semilla deben tener las prácticas de manejo siguientes:

Sincronización de la floración. Para sincronizar la floración debe realizarse un corte de uniformidad. El corte de uniformidad debe hacerse al inicio de la temporada de lluvias en los meses de julio a agosto. La altura de corte para leguminosas rastreras es de 15 - 20 cm y para arbustivas de 50 - 100 cm. El propósito principal del corte de uniformidad, es lograr floraciones abundantes en periodos cortos, facilitar la cosecha y obtener un alto rendimiento de semilla; además de promover un vigor adecuado en las plantas durante la floración, maduración y cosecha de semilla.

Fertilización. La información sobre fertilización de leguminosas para producir semillas es escasa, aunque es sabido que se requieren aportes de fertilizantes para promover un desarrollo vigoroso del cultivo. Las cantidades y nutrientes a utilizar dependen del tipo de suelo de cada región, no obstante, los nutrientes reportados como necesarios para las leguminosas incluyen fósforo, calcio, azufre y ocasionalmente bajas cantidades de nitrógeno.

La aplicación de nitrógeno solo es recomendable al momento de la siembra, ya que después la leguminosa lo toma del aire por las bacterias *Rhizobium* que viven en simbiosis con ésta (Skerman, 1977; Flores, 1983; ICA, sin año). Por tanto, al momento de la siembra, se recomienda una dosis de

fertilización de 50 kg de nitrógeno, combinado con 50 kg de fosforo, 50 de potasio y 20 kg de azufre (Villanueva, 2002).

Espalderas o tutores. Este sistema es el más apropiado para la multiplicación de semilla de leguminosas de crecimiento rastrero – trepador, ya que la colocación de tutores o espalderas (estacas y tallos muertos de plantas arbustivas o ramas de árboles), permiten que la planta trepe sobre ellos, ayudando al sostén de follaje y vainas. Este método es adecuado en caso de que se requiera la polinización de las flores por insectos, para especies de crecimiento trepador con varias floraciones durante el año, donde la producción de semilla es constante, y existe la necesidad de cosechar manualmente las vainas maduras en varias ocasiones y así optimizar los rendimientos. El espaciamiento de los tutores o espalderas varía de 1.5 a 2.5 m entre líneas y 20 cm entre plantas, con la implantación de estacas a intervalos de 1 a 2 m o la cantidad necesaria para soportar el peso del follaje de las plantas (Enríquez y Quero, 2006).

Cosecha de semilla. El momento óptimo para cosechar la semilla varía de acuerdo con el clima y la especie de planta, aunque el promedio en *Clitoria ternatea* es de 10 a 12 semanas después del corte de uniformidad. Este tiempo puede reducirse si durante el ciclo de producción se presenta escasa precipitación, alta radiación solar y altas temperaturas, que promueven una cosecha más temprana. Por otra parte, si el clima es fresco y con mucha nubosidad, se prolonga la madurez de la semilla a la cosecha. De ahí que sea necesario registrar adecuadamente la información siguiente: días al corte de uniformidad, días a la floración y temperatura ambiente para decidir

el momento oportuno de cosecha y reducir al máximo posible la presencia de semillas verdes. Asimismo, es necesario tomar en cuenta otros indicadores de madurez para realizar la cosecha, tales como el desprendimiento de semilla al golpear o frotar las inflorescencias, cantidad de semilla en el suelo, cambios de coloración en las inflorescencias y vainas. Generalmente en leguminosas las vainas al madurar se vuelven dehiscentes (se abren y tiran las semillas). Por tanto, si la cosecha es manual, es recomendable recolectar las vainas en las horas frescas del día (hasta las 10:00 A. M.), para disminuir las pérdidas de semilla por efectos de dehiscencia (Enríquez y Quero, 2006).

2.7. Estudios sobre evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla de *Clitoria ternatea* y otras especies de leguminosas forrajeras

No existen estudios documentados sobre el efecto de la densidad de siembra de plantas en la producción de semilla de *Clitoria ternatea*. De ahí que, a continuación se mencionan algunos resultados sobre la producción de semillas de ésta y otras especies de leguminosas forrajeras.

En Tizimin, Yucatán, Carvajal (1988) encontró que *C. ternatea* cv. Común tuvo una producción de 413 kg de semilla pura por hectárea por año.

Mientras que Godines (1990) al evaluar la producción de semilla de conchita azul (*Clitoria ternatea*) y glycine (*Neonotonia Wightii*), bajo condiciones de invernadero, concluyó que el método de cosecha manual presentó el mejor rendimiento, con un promedio de 320.9 kg de semilla por hectárea, y una germinación de 26.61 %.

Hernández y Cruz (1993) evaluaron la producción de semilla de conchita azul (*Clitoria ternatea*) y siratro (*Macroptilium atropurpureum*), bajo condiciones de ambiente controlado, empleando macetas con capacidad de 4 kg y tres plantas maceta⁻¹ obteniendo un rendimiento de semilla de 17.5 y 10.6 g maceta⁻¹ para conchita y siratro, respectivamente.

En Matanzas, Cuba, Matías (1996a) al estudiar durante dos años el efecto del tipo de espaldera, densidad y distancia de siembra en la producción de semillas de *Teramnus labialis* cv. Semilla clara, encontró efecto de interacción ($P < 0.05$) entre los tres factores estudiados, donde la mejor combinación fue espaldera, dos kg ha⁻¹ de semilla pura germinable y 70 cm de distancia entre surcos, con rendimientos de semilla pura de 735.9 y 431.2 kg ha⁻¹ para el primer y segundo año, respectivamente. Asimismo, Corbea y Mendoza (1991) al evaluar la densidad y distancia de siembra en el establecimiento de *T. labialis* encontraron, durante el establecimiento, un efecto significativo de la densidad en el número de plantas m⁻², donde los mayores valores se presentaron con las densidades de 4.5 y 6 kg ha⁻¹ de semilla.

Matías (1996b) al estudiar el efecto del espaciamiento entre plantas y la densidad de plantas por área en la producción de semillas de *Canavalia ensiformis* cv. IH-18405, encontró que los más altos rendimientos de semilla (712.5 y 704.5 kg ha⁻¹) se obtuvieron con distancias de 50 y 75 cm. Este mismo autor recomendó las distancias de 75 cm entre plantas y 70 cm entre hileras como marco óptimo para obtener el máximo de producción.

Pérez y Reyes (1991) estudiaron la influencia de diferentes densidades de siembra en la producción de semilla de *Vigna unguiculata*. Estos autores encontraron que la densidad de cinco kg ha⁻¹ de semilla pura germinable presentó la mayor cantidad de vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento total de semilla (234 kg ha⁻¹), existiendo una correlación significativa entre el número de vainas por planta y el rendimiento de semilla total de 0.90. Estos mismos autores reportaron que la germinación de la semilla después de seis meses de almacenada no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

Sánchez *et al.* (1992a y 1992b) al evaluar la densidad de siembra en *Clitoria ternatea*, bajo condiciones de temporal, no encontraron efectos significativos en la producción de forraje y semilla. No obstante reportaron rendimientos promedio de 5.17 ± 0.50 ton de materia seca y 220 ± 16 kg ha⁻¹ de semilla para la distancia entre surcos de 40 a 70 cm; y 5.17 ± 0.33 ton de materia seca y 220 ± 13 kg ha⁻¹ de semilla para la distancia entre plantas de 10 a 40 cm.

Gómez (1992) en *Clitoria ternatea* reportó rendimientos promedio de materia seca de 1.902, 2.212 y 2.553 ton ha⁻¹ para las distancias entre surcos de 90, 70 y 50 cm, respectivamente.

Vázquez (2000) al evaluar el efecto de diferente métodos de siembra en la producción de forraje de *Clitoria ternatea* encontró que los métodos al voleo y en surcos presentaron los rendimientos mas altos de materia seca, con promedios de 70.3 y 69.5 g m⁻², respectivamente. Asimismo, reportó que la

altura de planta no fue afectada por los métodos de siembra con macana (tipo espeque), surcos y al voleo, los cuales presentaron valores promedio de 55.5, 53 y 54.5 cm respectivamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área experimental

El estudio se realizó durante el año 2007 en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, ubicado en la Ciudad de Loma Bonita, Oaxaca, cuyas coordenadas geográficas son 18° 01' 19" LN y 95° 51' 33" LO y a una altura de 26 msnm (FAM, 2007).

3.2. Clima y suelo

El clima del lugar es cálido húmedo, con precipitación y temperatura promedio anual de 1,845 mm y 24.7 °C, respectivamente. La precipitación total mensual y temperatura media mensual registradas durante el año de estudio se presentan en la Figura 1 (FAM, 2007). El suelo donde se estableció el experimento, es de textura franco arenoso, con pH ácido y bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y potasio. Las características físicas y químicas del suelo antes de iniciar el experimento se muestran en el Cuadro 1.

3.3. Material genético

El material genético fue semilla de la leguminosa *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, proporcionada por la empresa comercializadora de semilla Papalotla, ubicada en ciudad Isla, Veracruz.

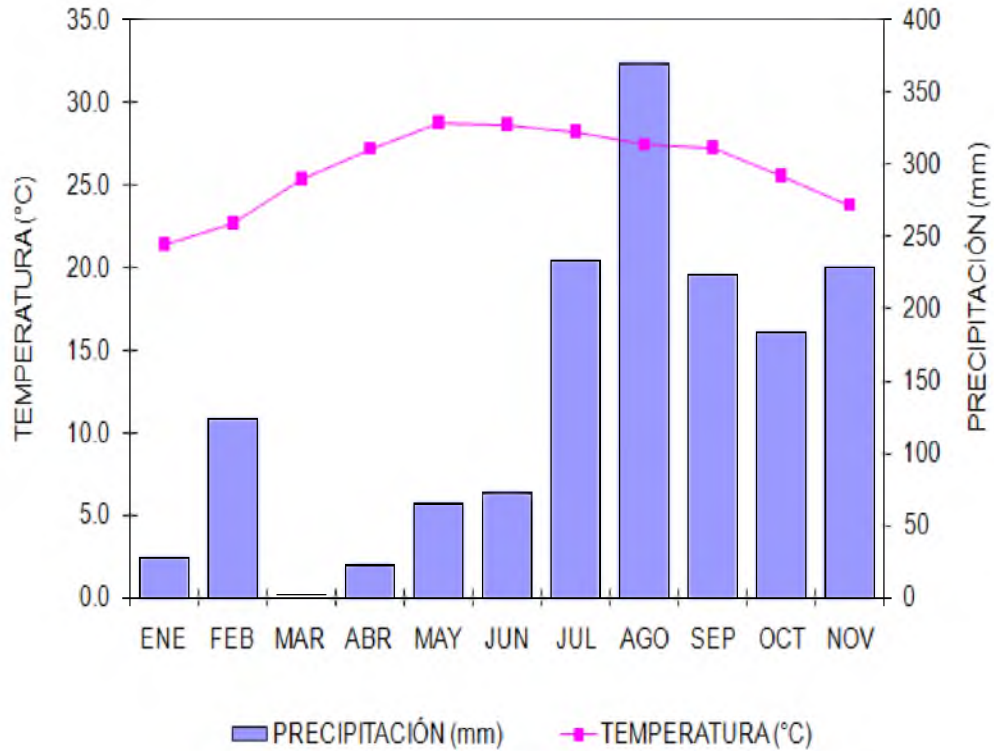


Figura 1. Promedio de temperatura y precipitación de enero a noviembre del año 2007 para Loma Bonita, Oaxaca, México.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo antes de iniciar el experimento.

Arena	Limo	Arcilla	pH	MO	N	P	K	Ca	Fe	C. I. C.
(%)	(%)	(%)		(%)	mg kg ⁻¹ de suelo					Cmol (+) kg ⁻¹
60.8	34.9	4.4	5.2	2.9	22.3	44.2	216	799	46.3	6.2

Textura: Hidrómetro de Bouyoucus; pH: Potenciómetro relación suelo agua 1:2; Materia Orgánica (MO): Walkley y Black; Nitrógeno (N): Extraído en cloruro de potasio 2N y determinado por arrastre de vapor; Fósforo (P): Bray P-1; Potasio (K): Extraído en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama; Calcio (Ca): Extraído en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica; Hierro (Fe): Extraído con DTPA relación 1.4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica; Capacidad de intercambio cationico (CIC): Acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 centrifugación.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cinco densidades de población: 2.0, 6.4, 8.0, 32.0, 85.0 plantas m^{-2} , es decir cinco tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 2. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de 3 x 3 m ($9 m^2$) y la parcela útil de $1 m^2$.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento. Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana.

Tratamiento	Descripción
1	85.0 plantas m^{-2} (Voleo)
2	32.0 plantas m^{-2} (25 x 25 cm entre línea y plantas)
3	8.0 plantas m^{-2} (50 x 50 cm entre línea y plantas)
4	6.4 plantas m^{-2} (75 x 75 cm entre línea y plantas)
5	2.0 plantas m^{-2} (100 x 100 cm entre línea y plantas)

3.5. Establecimiento y manejo del cultivo

La pradera de *Clitoria*, en la que se realizó el experimento se sembró en el mes de diciembre de 2006 empleando semilla botánica y las densidades de plantas señaladas en el Cuadro 2, depositando cinco semillas por golpe, a excepción de la siembra al voleo. Después de la siembra se realizaron riegos de auxilio para facilitar la germinación y el establecimiento de las plantas. Un mes después de la siembra se realizó un aclareo dejando dos

plantas por mata, excepto en la siembra al voleo. Asimismo, 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 % P_2O_5) y cloruro de potasio (60 % K_2O). Se realizaron dos cosechas de semilla. Para la primera cosecha, una vez que se determinó que las plantas se establecieron se realizó un corte de uniformidad el día 4 de mayo del 2007 a una altura aproximada de 10 cm y la cosecha de semilla se efectuó el día 14 del mes de agosto del año 2007. Inmediatamente después de la primera cosecha se realizó un corte de uniformidad y se fertilizó con 100 y 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 y K_2O , respectivamente, usando las mismas fuentes de fertilizantes. La segunda cosecha de semilla se efectuó el día 4 de diciembre de 2007. Durante todo el periodo experimental las malezas se controlaron mediante deshierbes manuales. La cosecha de semilla se realizó una vez que se determinó que las vainas se encontraban maduras, mediante observación fenológica, cuando las vainas comenzaron a amarillarse.

Las densidades de plantas evaluadas (número de plantas m^{-2}) se calcularon con base en las distancias entre líneas y matas utilizadas, excepto en la siembra al voleo, donde se contabilizó el número de plantas presentes en un m^2 de cada una de las parcelas. Para las distancias al voleo, 32.0 y 8.0 plantas m^{-2} , al momento de la cosecha de la semilla se cortaron todas las vainas maduras presentes en las plantas dentro del área de muestreo de 1 m^2 tomada dentro de cada parcela; mientras que para las densidades de 6.4 y 2.0 plantas m^{-2} se cosecharon cuatro matas de la parte central de cada parcela, sin contar las matas de la orilla. Posteriormente se realizó la trilla, limpieza y secado natural de la semilla. La semilla obtenida se pesó, se

envasó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio para posteriormente evaluar su calidad mediante una prueba de germinación.

3.6. Variables evaluadas

En cada cosecha las variables evaluadas fueron: rendimiento de semilla pura (kg ha^{-1}), rendimiento de semilla pura germinable (kg ha^{-1}), rendimiento de semilla por planta (g), altura de planta (cm), número de vainas por planta, longitud de vaina (cm), número de semillas por vaina, peso de 100 semillas (g) y germinación de las semillas (%).

Para el rendimiento de semilla pura se limpió la semilla en forma manual extrayendo las impurezas y semillas vanas y el cálculo se realizó con base en la superficie cosechada. El rendimiento de semilla pura germinable se estimó mediante la fórmula siguiente (Cardoso *et al.*, 1991):

$$\text{RSPG} = \frac{\text{RSP} \times \text{PG}}{100}$$

Donde, RSPG = Rendimiento de semilla pura germinable (kg ha^{-1}), RSP = Rendimiento de semilla pura (kg ha^{-1}) y PG = Porcentaje de germinación.

Para la altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vaina, número de semillas por vaina y rendimiento de semilla por planta se cosecharon cuatro plantas y/o matas, tomadas al azar en la parte central de cada parcela. El peso de 100 semillas se estimó como el promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas puras de cada parcela.

La prueba de germinación para la primera cosecha se realizó a los 15 días y para la segunda cosecha a los cinco días después de realizada la cosecha. Para la obtención del porcentaje de germinación se utilizaron por tratamiento, tres repeticiones de 50 semillas cada una. Las semillas fueron escarificadas mediante la inmersión en agua caliente a 80 °C, durante cinco minutos. Posteriormente, las 50 semillas se acomodaron en cajas petri entre papel y colocadas dentro de una cámara germinadora a una temperatura de 30 °C y luz constante, durante treinta días. De forma adicional se realizó una prueba de germinación en vasos de unicel con arena de río, donde se utilizaron por tratamiento tres repeticiones de 25 semillas cada una. Las semillas fueron depositadas a una profundidad de 1 cm; los vasos se colocaron sobre una mesa bajo condiciones ambientales de laboratorio a una temperatura promedio de 28 °C, durante 30 días. Los conteos se realizaron semanalmente y se registraron las plántulas normales (ISTA, 1993).

3.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada una de las variables estudiadas, se analizaron con base en un diseño experimental completamente al azar. Para probar diferencias entre efectos de tratamientos, los datos se sometieron a un análisis de varianza, y a una comparación de medias de tratamientos (Tukey, con un nivel de significancia del 5 %). Asimismo, se determinó el grado de asociación entre el rendimiento de semilla y sus componentes, mediante un análisis de correlación de Pearson. Para la germinación se realizó un análisis de comparación de proporciones binomiales ($P \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla, componentes del rendimiento y calidad de la semilla en la primera cosecha

El rendimiento de semilla pura fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$), y el mayor rendimiento (328.1 kg ha^{-1}) se presentó con $32.0 \text{ plantas m}^{-2}$, el cual fue similar a los obtenidos con las densidades de 85.0 , 8.0 y $6.4 \text{ plantas m}^{-2}$ con valores de 237.6 , 302.6 y 119.6 kg ha^{-1} , respectivamente, pero diferente y superior al rendimiento obtenido con la densidad de $2.0 \text{ plantas m}^{-2}$ que promedió 77.1 kg ha^{-1} (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento de semilla pura y altura de planta de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana a diferentes densidades de plantas.

Tratamiento (Plantas m^{-2})	Rendimiento de semilla pura (kg ha^{-1})	Rendimiento de semilla pura germinable (kg ha^{-1})	Rendimiento de semilla por planta (g)	Altura de planta (cm)
85.0	237.6 ab	177.0 a	0.8 a	47.8 b
32.0	328.1 a	181.0 a	1.6 a	52.1 ab
8.0	302.6 ab	221.4 a	3.4 a	51.3 ab
6.4	119.6 ab	91.6 a	4.2 a	58.3 a
2.0	77.1 b	60.5 a	4.1 a	52.1 ab
DMS	245.6	177.9	4.9	9.7

a, b Literales diferentes en cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, $P < 0.05$).

DMS = Diferencia mínima significativa.

No se encontró efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla pura germinable ($P > 0.05$). Sin embargo, numéricamente la densidad de 8.0 plantas m^{-2} presentó el mayor rendimiento de semilla, con un valor de 221.4 $kg\ ha^{-1}$ (Cuadro 3).

El mismo efecto anterior fue reportado por Sánchez *et al.* (1992a,b), quienes al evaluar las distancias de 0.40, 0.55 y 0.70 m entre surcos y 0.10, 0.20, 0.30 y 0.40 m entre plantas encontraron que la densidad de siembra en *Clitoria ternatea* no presentó efectos significativos en la producción de forraje y semilla. En el presente estudio los máximos rendimientos de semilla pura se obtuvieron con 32.0, 85.0, 8.0 y 6.4 plantas m^{-2} , en comparación con la densidad de y 2.0 plantas m^{-2} . Este incremento pudo deberse a una mayor captación de luz en las densidades altas, en comparación con las densidades bajas.

Aunque no se encontró efecto ($P > 0.05$) de la densidad en el rendimiento de semilla por planta (Cuadro 3), se observó cierta tendencia ($P > 0.14$) de un incremento de los valores conforme disminuyó la densidad de plantas. En otro estudio Pérez (1993) en *C. ternatea* no encontró efecto de la densidad en la producción de semilla por planta. Este mismo autor reportó un peso de 5.8 g de semilla planta⁻¹.

La altura de planta se incrementó conforme disminuyó la densidad de plantas ($P < 0.05$), la mayor altura (58.3 cm) se obtuvo con 6.4 plantas m^{-2} , valor que fue similar a los obtenidos con 32.0, 8.0 y 2.0 planta m^{-2} (52.1, 51.3 y 52.1 cm, respectivamente) pero diferente y superior ($P < 0.05$) a la densidad 85 plantas m^{-2} , la cual presentó una altura de 47.8 cm (Cuadro 3).

Al respecto, Villanueva (2002) reportó para *C. ternatea* una altura de planta de 70 cm, la cual es mayor a la encontrada en el presente estudio. El aumento de la altura de planta conforme disminuyó la densidad se debe a la menor competencia por luz, agua y nutrientes en las densidades bajas, en comparación con las densidades altas, donde la competencia es mayor (Carrera y Cervantes, 2006).

En relación con el número de vainas maduras por planta, no se encontraron diferencias estadísticas entre densidades ($P > 0.05$). Sin embargo se observó la tendencia ($P = 0.051$) de un aumento en el número de vainas conforme disminuyó la densidad de plantas, donde las densidades de 6.4 y 2.0 plantas m^{-2} presentaron los mayores valores (17.5 y 17.0 vainas maduras planta⁻¹), mientras que la densidad de 85.0 plantas m^{-2} presentó el menor valor con un promedio de 3.5 vainas (Cuadro 4). Al respecto, Pérez (1993), al evaluar las variedades de clitoria Balancan, Color y Jaspeada, bajo condiciones de invernadero, y empleando macetas con 4 kg de suelo, reportó valores de 4.3, 4.7 y 7.0 vainas planta⁻¹, respectivamente.

No se observaron diferencias significativas de la densidad de plantas ($P > 0.05$) en la longitud de vaina y número de semillas por vaina (Cuadro 4). No obstante, en el presente estudio se encontró un promedio de 6 semillas por vaina y una longitud de vaina de 6.6 cm. Aunque Villanueva (2002), reportó para *C. ternatea* una longitud de vaina de 6 a 12 cm, con 10 semillas por vaina. Por tanto, los promedios de longitud y número de semillas por vaina encontrados en el presente estudio son inferiores a los promedios

señalados anteriormente. Dicha diferencia en los resultados puede deberse a competencia entre plantas, tipo de suelo y condiciones de humedad.

Cuadro 4. Componentes del rendimiento de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas.

Tratamiento (Plantas m ⁻²)	Vainas maduras por planta (No.)	Longitud de vaina (cm)	Semillas por vaina (No.)
85.0	3.5 a	6.9 a	6.1 a
32.0	7.0 a	7.1 a	6.5 a
8.0	14.5 ab	6.3 a	5.7 a
6.4	17.5 a	6.4 a	5.8 a
2.0	17.0 a	6.4 a	5.4 a
DMS	16.1	1.0	1.3

a, b Literales diferentes en cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, $P < 0.05$).

DMS = Diferencia mínima significativa.

No existieron diferencias estadísticas de la densidad de plantas ($P > 0.05$) en el peso de 100 semillas. (Cuadro 5) Resultados similares fueron reportados por Pérez (1993), quien para *C. ternatea* y bajo condiciones de invernadero, no encontró efecto de la densidad en el peso de la semilla. Sin embargo, el efecto fue significativo ($P < 0.05$) para el porcentaje de germinación, tanto para la prueba estándar como para la prueba utilizando arena en vasos de unicel. Para la prueba de germinación estándar se encontró que el mayor porcentaje de germinación (78 %) se presentó con la densidad de 2.0 plantas m⁻², valor que fue similar ($P > 0.05$) al obtenido con las densidades de 85.0 y 8.0 plantas m⁻² (73 y 73 %, respectivamente) pero

diferente y superior a las demás densidades. Para la prueba de germinación empleando arena en vasos de unicel, el mayor valor (72 %) se obtuvo con la densidad de 8.0 plantas m⁻², valor que fue superior al obtenido con las demás densidades (Cuadro 5). En el presente estudio se observó que el promedio del porcentaje de germinación de la prueba estándar fue mayor al promedio obtenido con vasos de unicel (70.8 vs 62.8, respectivamente). Los porcentajes de germinación encontrados en este estudio con la prueba estandar, son superiores a los encontrados por Sebastián y Sigarroa (1992), quienes reportaron una germinación del 65 %. Esta diferencia puede deberse al tratamiento de escarificación que se le dio a la semilla (inmersión en agua caliente a 80 °C durante cinco minutos) y al periodo de almacenamiento (dos semanas en condiciones de laboratorio) de la semilla.

Cuadro 5. Calidad física y fisiológica de semillas de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana a diferentes densidades de plantas.

Tratamiento (Plantas m ⁻²)	Peso de 100 semillas (g)	Germinación estándar (%)	Germinación en vasos (%)
85.0	3.5 a	73 ab	62 b
32.0	3.5 a	59 c	51 c
8.0	4.1 a	73 ab	72 a
6.4	3.9 a	71 b	67 ab
2.0	4.2 a	78 a	62 b
DMS	0.8	NA	NA

a, b, c Literales diferentes en cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P < 0.05).

DMS = Diferencia mínima significativa.

NA = No aplica, debido a que no hay una diferencia única si no que ésta depende de las dos proporciones a comparar.

4.2. Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla, componentes del rendimiento y calidad de la semilla en la segunda cosecha

El rendimiento de semilla pura varió ($P < 0.05$) entre las densidades de plantas. Se observó que el mayor rendimiento de semilla (226.3 kg ha^{-1}) se obtuvo con la densidad de $32.0 \text{ plantas m}^{-2}$, valor que en otro nivel de significancia fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos con las densidades de 85.0 , 8.0 y $6.4 \text{ plantas m}^{-2}$ (137.2 , 89.0 y 64.0 kg ha^{-1} , respectivamente) pero diferente y superior al obtenido con la densidad de $2.0 \text{ plantas m}^{-2}$ (45 kg ha^{-1}) (Cuadro 6). No se encontró efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla pura germinable, sin embargo, se observó un comportamiento similar al del rendimiento de semilla pura, con rendimientos de 195.8 , 113.8 , 67.9 , 51.3 y 32.8 kg ha^{-1} para las densidades de 32.0 , 85.0 , 8.0 , 6.4 y $2.0 \text{ plantas m}^{-2}$, respectivamente (Cuadro 6). Estos resultados son similares a los reportados por García y Montiel (1999), quienes encontraron que *C. ternatea* produjo rendimientos de semilla de 113 a 125 kg ha^{-1} . Sin embargo, Carvajal (1988), obtuvo una producción de 413 kg de semilla pura por hectárea por año, en una sola cosecha. Estas diferencias posiblemente se deban a las condiciones, climáticas, edáficas y de manejo en que se desarrollaron los experimentos.

En relación con el rendimiento de semilla por planta, no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre densidades, donde el mayor rendimiento (3.0 g) se presentó con la densidad de $6.4 \text{ plantas m}^{-2}$, valor que fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos con las densidades 32.0 , 8.0 y $2.0 \text{ plantas m}^{-2}$ (0.8 , 1.15 y 2.2 g , respectivamente) pero diferente y superior

numéricamente a la densidad de 85.0 plantas m^{-2} (0.5 g). En altura de planta, los mayores valores (41.8 y 41.0 cm) se presentaron con las densidades de 6.4 y 32 plantas m^{-2} (Cuadro 6). Estos resultados difieren con los reportados por Pérez (1993), quien para esta misma especie, bajo condiciones de invernadero, encontró que la altura de planta no fue afectada por la densidad de siembra.

Cuadro 6. Rendimiento de semilla pura y altura de planta de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana a diferentes densidades de plantas.

Tratamiento (Plantas m^{-2})	Rendimiento de semilla pura ($kg\ ha^{-1}$)	Rendimiento de semilla pura germinable ($kg\ ha^{-1}$)	Rendimiento de semilla por planta (g)	Altura de planta (cm)
85.0	137.2 ab	113.8 a	0.5 a	29.6 b
32.0	226.3 a	195.8 a	0.8 a	41.0 a
8.0	89.0 ab	67.9 a	1.15 a	38.6 ab
6.4	64.0 ab	51.3 a	3.0 a	41.8 a
2.0	45.0 b	32.8 a	2.2 a	39.1 ab
DMS	171.6	167.56	2.63	9.6

a, b Literales diferentes en cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, $P < 0.05$).

DMS = Diferencia mínima significativa.

La densidad tuvo efecto en el número de vainas maduras por planta ($P < 0.05$). Se observó un incremento del número de vainas conforme disminuyó la densidad de plantas, donde el mayor valor (17.0 vainas), se obtuvo con la densidad de 6.4 plantas m^{-2} (Cuadro 7). Al respecto, Pérez (1993), para esta misma especie, bajo condiciones de invernadero, obtuvo 2.3 y 6 vainas $planta^{-1}$, para la primera y segunda cosecha, respectivamente, valor que fue

inferior al obtenido en el presente estudio. No se observó diferencia estadística de la densidad de plantas ($P > 0.05$) en la longitud de vaina y número de semillas por vaina (Cuadro 7). Al respecto, Villanueva (2002) reportó un promedio de 10 semillas por vaina para esta misma especie. Dicha diferencia en los resultados la atribuyó a factores como competencia, preparación del terreno, tipo de suelo y humedad.

Cuadro 7. Componentes del rendimiento de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas.

Tratamiento (Plantas m ⁻²)	Vainas maduras por planta (No.)	Longitud de vaina (cm)	Semillas por vaina (No.)
85.0	3.6 b	6.8 a	5.7 a
32.0	4.8 b	7.0 a	5.7 a
8.0	6.5 ab	7.0 a	5.6 a
6.4	17.0 a	7.4 a	6.4 a
2.0	11.4 ab	7.1 a	6.0 a
DMS	11.8	0.9	1.3

a, b Literales diferentes en cada columna, indican diferencia significativa (Tukey, $P < 0.05$). DMS = Diferencia mínima significativa.

La densidad de plantas no tuvo efecto ($P > 0.05$) en el peso de 100 semillas (Cuadro 8). Este mismo efecto fue reportado por Pérez (1993) para esta misma especie y bajo condiciones de invernadero.

En relación con la germinación de la semilla, se encontró que la densidad tuvo efecto ($P < 0.05$), tanto para la prueba de germinación estándar, como

para la prueba realizada en vasos de unicel. En la prueba de germinación estándar se encontró que la mayor germinación (88 %) ocurrió con la densidad de 6.4 plantas m^{-2} , valor que fue diferente y superior a las demás densidades; mientras que para la prueba empleando arena en vasos de unicel, los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron con las densidades de 32.0 y 2.0 plantas m^{-2} (86 y 91 %, respectivamente), valores que fueron diferentes y superiores a los obtenidos con las demás densidades (Cuadro 8). Los porcentajes de germinación encontrados en el presente estudio son superiores a los reportados por Sebastián y Sigarroa (1992), quienes para esta misma especie encontraron una germinación de 65 %. Al respecto, Jiménez (1990) reportó que los promedios de germinación para especies de leguminosas son de 60 a 80 %. Las diferencias entre los valores de germinación encontrados en el presente estudio con los reportados por otros autores 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.

Cuadro 8. Calidad física y fisiológica de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana a diferentes densidades de plantas.

Tratamiento (Plantas m ⁻²)	Peso de 100 semillas (g)	Germinación estándar (%)	Germinación en vasos (%)
85.0	3.1 a	76 c	75 b
32.0	3.4 a	80 bc	86 a
8.0	3.2 a	71 d	78 b
6.4	3.1 a	88 a	76 b
2.0	3.3 a	82 b	91 a
DMS	0.8	NA	NA

a, b, c, d Literales diferentes en cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, $P < 0.05$).

DMS = Diferencia mínima significativa.

NA = No aplica, debido a que no hay una diferencia única si no que ésta depende de las dos proporciones a comparar.

4.3. Correlación entre el rendimiento de semilla y sus componentes

Los coeficientes de correlación entre el rendimiento de semilla y sus componentes para la primera cosecha, se presentan en el Cuadro 9. De acuerdo con los resultados, el número de semillas por vaina y longitud de vaina son los componentes que tuvieron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla pura, con valores de 0.72 y 0.54, respectivamente. Un comportamiento similar al anterior se observó para el rendimiento de semilla pura germinable, donde los valores para el número de semillas por vaina y longitud de vaina fueron 0.58 y 0.52, respectivamente. Para la segunda cosecha el grado de asociación de los componentes vainas

maduras, peso de 100 semillas, longitud de vaina y semillas por vaina con el rendimiento de semilla pura no fue significativo, con valores de -0.41, 0.27, 0.14, 0.09, respectivamente. Un comportamiento similar al anterior se observó para el rendimiento de semilla pura germinable, donde los mismos componentes vainas maduras, peso de 100 semillas, longitud de vaina y semillas por vaina presentaron valores de -0.40, 0.30, 0.16 y 0.10, respectivamente (Cuadro 10). Para *C. ternatea*, Pérez y Reyes (1991) reportaron una correlación de 0.90 entre el número de vainas por planta y el rendimiento de semilla total. En el presente estudio la correlación negativa de vainas maduras con los rendimientos de semilla posiblemente se deba a que a mayor cantidad de vainas por planta, el tamaño y peso de la semilla disminuye, y se incrementa la cantidad de semillas vanas por lo cual se afecta el rendimiento de semilla.

Cuadro 9. Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y sus componentes en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana. (Primera cosecha).

Componentes del rendimiento	Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	
	Pura	Pura germinable
Longitud de vaina	0.54*	0.52*
Semillas por vaina	0.72**	0.58*
Vainas maduras	-0.15 ^{ns}	-0.03 ^{ns}
Peso de 100 semillas	-0.20 ^{ns}	-0.30 ^{ns}

^{ns} = no significativo; * = P < 0.05; ** = P < 0.01

Cuadro 10. Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y sus componentes en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana. (Segunda cosecha).

Componentes del rendimiento	Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	
	Pura	Pura germinable
Longitud de vaina	0.14 ^{ns}	0.16 ^{ns}
Semillas por vaina	0.09 ^{ns}	0.10 ^{ns}
Vainas maduras	-0.41 ^{ns}	-0.40 ^{ns}
Peso de 100 semillas	0.27 ^{ns}	0.30 ^{ns}

^{ns} = no significativo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y en las condiciones en que se desarrolló el presente estudio se concluye lo siguiente:

La densidad de población de plantas de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana tuvo efecto en el rendimiento y calidad de la semilla. La densidad de 32.0 plantas m^{-2} que corresponde a una distancia entre líneas y plantas de 25 cm fue la que presentó el mayor rendimiento de semilla pura en las dos cosechas, asimismo, fue la densidad que tuvo un porcentaje de germinación promedio de 70 % para ambas cosechas. Por tanto, se recomienda como una buena opción para producir semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, ya que al emplear una distancia de 25 cm entre surcos y entre plantas permite un mejor manejo de limpieza y fertilización del cultivo, igualmente facilita el proceso de cosecha. Sin embargo, se requiere continuar con este estudio en esta y otras especies, así como en otras localidades con la finalidad de determinar con mayor precisión, la mejor densidad de plantas a utilizar.

6. LITERATURA CITADA

- BOGDAN, A. V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. 1st edition. Longman Group Limited. London and New York. Longman Inc. 475 p.
- BONNER, J. y GALSTON, A. W. 1973. Principios de fisiología vegetal. Editorial Aguilar. S. A. España. 485 p.
- BRAVO, F. O. 1971. Efecto de la suplementación de dietas a base de semillas de *Clitoria ternatea* L. cruda o cocida con metionina y fenilalanina para la rata en crecimiento. Técnica Pecuaria en México. 17(1): 7-12.
- CARDOSO, C. I., SÁNCHEZ, M. y FERGUSON, S.E. 1991. Efecto del método de cosecha en el rendimiento y calidad de las semillas de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero. Pasturas Tropicales. 13(1):9-17.
- CARRERA, V. J. A. y CERVANTES, S. T. 2006. Respuesta a densidad de población de cruza de maíz tropical y subtropical adaptadas a Valles Altos. Revista Fitotecnia Mexicana. 29(4):331-338.
- CARVAJAL, 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.
- CORBEA, L. A. 1988. Principales métodos agronómicos empleados en la siembra y establecimiento de los pastos tropicales. Compendio de Conferencias. Fomento y Explotación de los Pastos Tropicales. ALPA. Matanzas, Cuba. 74 p.
- CORBEA, L. A. y MENDOZA, R. 1991. Influencia de la dosis de semilla y la distancia de siembra en el establecimiento de *Teranmus labialis* cv. Semilla clara en el suelo pardo con carbonatos típico. Pastos y Forrajes. pp. 14-141.
- CÓRDOBA, B. A. y PERALTA, M. A. 1988. Efecto de tres cargas animal sobre la persistencia de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* bajo riego en Juchitán, Oaxaca. En: Pizarro, E. A. (ed). I

Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. INIFAP-CIAT. En Veracruz, México. pp. 311-320.

CÓRDOBA, B. A., PERALTA, M. A. y RAMOS, S.A. 1987. Producción estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* con tres cargas animal y dos sistemas de utilización. Pasturas Tropicales. Boletín 9(1):27-31.

DEVLIN, M. R. 1980. Fisiología vegetal. 3er. Edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 517 p.

ENRÍQUEZ, Q. J. F. y QUERO, C. A. R. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Libro Técnico No. 11. Veracruz, México. 109 p.

FAM, (FUERZA AÉREA MEXICANA). 2007. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.

FEBLES, G. 1975. Factores que afectan la germinación. I. Factores ocurrentes antes de la siembra. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 9(1):77-99.

FLORES, M. J. A. 1983. Bromatología animal. Tercera Edición. Editorial LIMUSA. México. 1096 p.

GARCÍA, R. J. C. y 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. 234 p.

GARZA, T. R., PORTUGAL, G. A. y BALLESTEROS, W. H. 1972. Establecimiento de tres leguminosas tropicales en un potrero de zacate pangola. Técnica Pecuaria en México. 22(1):5-11.

GODINES, P. L. 1990. Producción de semillas en conchita azul (*Clitoria ternatea* L.) y *glycine* (*Neonotonia wightii*). En Ajuchitlán, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 74 p.

- GOHL, B. 1982. Piensos tropicales, resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. FAO. Producción y Sanidad Animal. Roma, Italia. 550 p.
- GÓMEZ, E. 1992. Producción de semilla de *Clitoria ternatea* L. bajo diferentes densidades de siembra y distancia entre surcos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. 60 p.
- HALL, T. J. 1985. Adaptation agronomy of *Clitoria ternatea* L. in northern Australia. *Tropical Grasslands*. 19(14):156-163.
- HERNÁNDEZ, R. R. y CRUZ, A. D. 1993. Producción de semilla de conchita azul *Clitoria ternatea* L. y siratro *Macroptilium atropurpureum* Moc., bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 89 p.
- HUMPHREYS, L. R. 1980. A guide to be better pastures for the tropics and sub-tropics. Published by Wright Stephenson and Co. (Australia) Pty. Ltd. Revised 4th. Edition. 94 p.
- HUMPHREYS, L. R. 1981. Environmental adaptation of tropical pasture plants. First published. Ed. Macmillan publishers LTD. 261 p.
- ICA. (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO). Sin año. Pastos y forrajes. Asistencia Técnica. Manual No. 10. Pardo, F. E. y Sánchez, R. M. (Eds.) Bogotá, Colombia. pp. 235-240.
- IMRIE, B. C. 1973. Variation in *Desmodium intortum*; a preliminary study *Tropical Grasslands*. 7:305-312.
- ISTA. (International Seed Testing Association). 1993. International rules of seed testing. Seed Science and Technology (Supplement 21). Zurich, Switzerland. 288 p.
- JARAMILLO, V. V. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). SARH, Subsecretaría de Ganadería. 48 p.
- JIMÉNEZ, M. A. 1984. Escarificación, inoculación y pelletizado de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 39 p.

- JIMÉNEZ, M. A. 1990. Semillas forrajeras para siembra. Análisis de su calidad, estándares y densidades. Chapingo, México. 85 p.
- JIMÉNEZ, M. A. 1992. Semillas forrajeras: Medio siglo de rezago en la producción nacional. Agronegocios en México. 8(1):24-33.
- JIMÉNEZ, M. A. 1996. Establecimiento de praderas para la producción de semillas. En: Memoria del curso de manejo de pastizales, establecimiento de praderas y producción de leche y carne en pastoreo. SAGAR-COTECOCA. Cuernavaca, Morelos. pp. 64-69.
- JUNCO, C. L. 1979. Prácticas de fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 130 p.
- LANGER, R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. Herbage Abstracts. 33:41-48.
- LUDLOW, M. M. 1976. Physiology of growth and chemical composition. Tropical Pasture Research. Principles methods. Edit. By Shaw, H. S. and Bryan, W. W. England. 454 p.
- MARTÍNEZ, H. P. A. 1982. Establecimiento y persistencia de praderas. Apuntes de pratericultura y cultivos forrajeros. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Mimeografiado. 35 p.
- MARTÍNEZ, J. M. y PERALTA, M.A. 1988. Establecimiento y producción de forraje de *Clitoria ternatea* en Iguala, Guerrero, México. En: Pizarro, E. A. (ed). I Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales INIFAP-CIAT. Veracruz, México. pp. 35-42.
- MATÍAS, C. 1996a. Efecto de los soportes en la producción de semillas de *Teranmus labialis* cv. Semilla clara. II. Densidad y distancia de siembra. Pastos y Forrajes. 19(2):137-145.
- MATÍAS, C. 1996b. Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de *Canavalia ensiformis*. Pastos y Forrajes. 19(3):225-229.
- McCwn, R. L. 1973. An evaluation of the influence of available soil water storage capacity on growing season length and yield of tropical

pastures using simple water balance models. Agricultural Meeting. 11(1):53-63.

McILROY, R. J. 1973. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. Editorial LIMUSA. México. 168 p.

McILROY, R. J. 1976. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. Editorial LIMUSA. México. pp. 60-61.

McIVOR, J. G. 1976 The affect of waterlogging on the growth of *Stylosanthes guayensis*. Tropical Grasslands. 10:173-178.

MEYER, S., ANDERSON D. y BOHING, R. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. Editorial. Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 578 p.

PERALTA, M. A. 1988. Leguminosas en la producción de carne y leche en el trópico. Revista Cebú. 14(5):35-52.

PERALTA, M. A. 1991. Producción de semillas de especies forrajeras tropicales en México. En: Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., Hernández, G. A. y Barcena, G. R. (eds.). Memoria del Seminario Internacional de Evaluación de Praderas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. pp. 21-39.

PÉREZ, A., y GONZÁLEZ y C. MATÍAS. 1988. Problemática de la producción de semillas en los pastos tropicales: Primera parte. Pastos y Forrajes. 11(1):1-23.

PÉREZ, A. y REYES, M. I. 1991. Influencia de la densidad de siembra sobre la producción de semillas de *Vigna unguiculata*. Pastos y Forrajes. 14(2):141-150.

PÉREZ, H. D. A. 1993. Producción de semilla de leguminosas forrajeras tropicales en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 137 p.

PORTIELES, M. y ASPIOLEA, J. L. 1980. Frecuencia de corte y dosis de N en *Cynodon dactylon* (Bermuda cruzada 1). Ciencia Técnica Agrícola 3(2):21-30.

SAG-BANRURAL, s.f. Zacates y praderas cultivadas. Programa Nacional de Desmontes. Secretaría de Agricultura y Ganadería–Banco de Crédito Rural. México. 65 p.

- SALISBURY, B. F. y ROSS, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 p.
- SÁNCHEZ, R. G. 1976. Producción de semilla de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en Ajuchitlán, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Estado de México. 66 p.
- SÁNCHEZ, R.R., HERRERA, C. F., CARRETE, C. F. O., QUERO, C. A. R. Y VILLANUEVA, A. F. 1992a. Determinación de la densidad de siembra óptima de *Clitoria ternatea* L. en la costa de Nayarit. En: Memoria de la IV Reunión Científica. INIFAP–SARH. Chihuahua, Chihuahua. pp. 18.
- SÁNCHEZ, R.R., HERRERA, C. F., CARRETE, C. F. O., QUERO, C. A. R. Y VILLANUEVA, A. F. et al. 1992b. Producción de semilla en *Clitoria ternatea* L., bajo diferentes patrones de siembra. En: Memoria de la IV Reunión Científica. INIFAP–SARH. Chihuahua, Chihuahua. pp. 72.
- SEBASTIAN, C. V. M. y 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. 137 p.
- SAG (SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 1975. Normas para la certificación de semillas. Dirección General de Agricultura. México. 91 p.
- SKERMAN, P. J. 1977. Tropical forage legumes. FAO-Plant Production and protection series. Rome, Italy. 609 p.
- SWEENEY, F. C. and HOPKINSON, J. M. 1975. Vegetative growth of nineteen tropical and subtropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. Tropical Grasslands. 9:209-218.
- TETIO-KAGHO, F. and GARDNER F. P. 1988. Responses of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. Agronomy Journal. 80:930-935.
- THOMPSON, J. R. 1979. Introducción a la tecnología de semillas. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 30 p.

- VÁZQUEZ, C. L. 2000. Producción forrajera de la leguminosa Conchita azul (*Clitoria ternatea*), en tres métodos de siembra, en Huehuetan, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetan, Chiapas. 51 p.
- VILLANUEVA, A. J. F. 2002. *Clitoria*, leguminosa forrajera de excelencia para el trópico mexicano. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental El Verdineño. Folleto Técnico Núm. 1. Nayarit, México. 52 p.
- WEGE, L. 1988. Primera experiencia en la multiplicación de semillas de pastos y forrajes en Honduras. En: Pizarro, E. A. (ed). I Reunión Nacional de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales INIFAP-CIAT. Veracruz, México. pp. 490-491.
- WHITE, J. G. H. 1981. Establecimiento de la pastura. En: Langer, R. H. M. (ed.). Las pasturas y sus plantas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 149-182.
- WHITEMAN, P. C. 1968. The effects of temperature on the vegetative growth of six tropical legume species. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 8(34):528-532.

7. APÉNDICE

Cuadro 1A. Cuadrados medios de rendimiento, calidad física y fisiológica de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas (Primera cosecha).

Fuentes de variación	Cuadrados medios								
	GL	RSP	RSPG	RSPP	AP	TV	LV	SPV	PCS
Trat	4	147154.45*	13608.28 ^{NS}	34.04 ^{NS}	43.16*	193.87**	0.44 ^{NS}	0.50 ^{NS}	0.27 ^{NS}
Error	10	83334.19	4381.41	133.52	13.19	35.92	0.16	0.243	0.090
CV (%)		47.91	45.24	66.55	6.94	44.76	6.15	8.34	7.79
Media		213.00	146.28	5.49	52.31	13.38	6.62	5.91	3.85

GL = Grados de libertad.

RSP = Rendimiento de semilla pura (kg).

RSPG = Rendimiento de semilla pura germinable (kg).

RSPP = Rendimiento de semilla por planta (g).

AP = Altura de planta (cm).

TV = Total de vainas.

LV = Longitud de vaina (cm).

SPV = Semilla por vaina.

PCS = Peso de cien semillas (g).

* Significativo.

** Altamente significativo.

NS No significativo.

Cuadro 2A. Cuadrados medios de rendimiento, calidad física y fisiológica de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, con diferentes densidades de plantas (Segunda cosecha).

Fuentes de variación	Cuadrados medios								
	GL	RSP	RSPG	RSPP	AP	TV	LV	SPV	PCS
Trat.	4	15777.92*	12615.07*	14.99*	71.63**	135.64*	0.11 ^{NS}	0.26 ^{NS}	0.04 ^{NS}
Error	10	4077.90	3528.77	38.27	12.82	38.19	0.12	0.23	0.10
CV (%)		56.88	64.44	65.92	9.41	55.05	5.00	8.32	9.82
Media		112.22	92.18	2.96	38.02	11.22	7.06	5.87	3.22

GL= Grados de libertad.

RSP = Rendimiento de semilla pura (kg).

RSPG = Rendimiento de semilla pura germinable (kg).

RSPP = Rendimiento de semilla por planta (g).

AP = Altura de planta (cm).

TV = Total de vainas.

LV = Longitud de vaina (cm).

SPV = Semilla por vaina.

PCS = Peso de cien semillas (g).

* Significativo.

** Altamente significativo.

^{NS} No significativo.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Programa SAS utilizado.

DATA CLITORIA DOS;

INPUT	TRAT	REP	AP	TV	LV	SPV	PCS	RSPP	RSP	RSPG
	1	1	31.50	3.75	6.33	5.03	3.02	394.24	66.89	64.90
	1	2	30.25	3.00	7.46	5.98	3.34	524.47	236.93	196.70
	1	3	27.0	4.00	6.77	5.96	3.06	493.40	107.80	79.80
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5	1	37.50	19.25	7.14	5.85	3.16	2.60	26.01	20.8
	5	2	43.25	34.75	7.49	6.42	3.44	7.27	72.69	59.6
	5	3	36.50	14.25	6.68	5.55	3.37	3.60	36.04	18.0

PROC PRINT;

PROC GLM;

CLASSES TRAT;

MODEL AP TV LV SPV PCS RSPP RSP RSPG=TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

TITLE "RENDIMIENTO DE SEMILLA DE CLITORIA";

RUN;

ANEXO 2. Datos originales primera cosecha.

OBS	TRAT	REP	AP	TV	LV	SV	RSPP	PCS	RSPxM	RSP	RSPG
1	1	1	51.25	3.75	7.0267	6.0667	0.9584	3.6800	20.3769	203.77	138.560
2	1	2	43.75	2.25	6.9333	6.1111	0.5227	3.6186	23.3395	233.40	147.040
3	1	3	48.50	4.50	6.9333	6.1111	0.8438	3.2885	27.5762	275.76	245.420
4	2	1	57.50	7.75	7.6516	6.7419	1.8714	3.6829	34.9250	349.25	220.020
5	2	2	50.00	6.62	6.8604	6.8679	1.7847	3.9578	43.8702	438.70	179.860
6	2	3	48.75	6.50	6.8113	5.9245	1.1855	3.0593	19.6220	196.22	143.240
7	3	1	51.25	21.12	6.8183	6.4675	5.3753	3.9478	43.6770	436.77	331.940
8	3	2	56.25	10.75	6.1616	5.3721	2.3589	4.1118	18.4383	184.38	140.120
9	3	3	46.25	11.62	5.8387	5.1935	2.3643	4.2420	28.6563	286.56	191.990
10	4	1	58.75	8.87	5.8917	5.4167	1.6379	3.7640	2.3128	23.13	14.100
11	4	2	58.75	18.00	6.2833	5.7500	4.4510	4.2194	12.0074	120.07	81.640
12	4	3	57.50	25.87	6.9884	6.3140	6.6518	3.6829	21.5732	215.73	179.050
13	5	1	50.00	25.12	6.6294	6.0348	7.1184	4.5354	7.5900	75.90	50.090
14	5	2	53.75	15.50	6.2242	5.0565	3.2524	4.0548	8.2309	82.31	75.720
15	5	3	52.50	9.37	6.2853	5.2267	1.9645	3.9854	7.3104	73.10	55.550

OBS = Observaciones.

TRAT = Tratamientos.

REP = Repeticiones.

AP = Altura de planta.

TV = Total de vainas.

LV = Longitud de vaina.

SV = Semilla por vaina.

RSPP = Rendimiento de semilla por planta.

PCS = Peso de cien semillas.

RSPxM = Rendimiento de semilla por metro cuadrado

RSP = Rendimiento de semilla pura.

RSPG = Rendimiento de semilla pura germinable.

ANEXO 3. Datos originales segunda cosecha.

OBS	TRAT	REP	AP	TV	LV	SV	RSPP	PCS	RSPxM	RSP	RSPG
1	1	1	31.50	3.75	6.33	5.03	0.40	3.02	6.69	66.89	64.9
2	1	2	30.25	3.00	7.46	5.98	0.56	3.34	23.69	236.93	196.7
3	1	3	27.00	4.00	6.77	5.96	0.58	3.06	10.78	107.80	79.8
4	2	1	38.75	6.25	6.89	5.33	0.99	3.20	14.68	146.79	124.8
5	2	2	41.00	5.37	7.04	5.61	0.91	3.11	19.59	195.91	150.9
6	2	3	43.25	2.75	7.23	6.33	0.40	3.74	33.61	336.15	309.3
7	3	1	45.50	8.00	6.86	5.01	1.09	2.77	10.75	107.47	89.2
8	3	2	36.50	7.00	7.32	6.16	1.48	3.48	5.52	55.25	47.0
9	3	3	33.75	4.50	6.71	5.79	0.87	3.39	10.41	104.13	67.7
10	4	1	41.50	18.37	7.43	6.04	2.42	3.56	3.25	32.50	27.0
11	4	2	40.25	8.62	7.34	6.40	1.60	2.90	5.40	54.06	43.8
12	4	3	43.50	24.12	7.37	6.63	4.96	2.76	10.53	105.31	83.2
13	5	1	37.50	9.62	7.14	5.85	1.80	3.16	2.60	26.01	20.8
14	5	2	43.25	17.37	7.49	6.42	3.63	3.44	7.27	72.69	59.6
15	5	3	36.50	7.12	6.68	5.55	1.30	3.37	3.60	36.04	18.0

OBS = Observaciones.

TRAT = Tratamientos.

REP = Repeticiones.

AP = Altura de planta.

TV = Total de vainas.

LV = Longitud de vaina.

SV = Semilla por vaina.

RSPP = Rendimiento de semilla por planta.

PCS = Peso de cien semillas.

RSPxM = Rendimiento de semilla por metro cuadrado

RSP = Rendimiento de semilla pura.

RSPG = Rendimiento de semilla pura germinable.

ANEXO 4.- Datos originales de los porcentajes de germinación para la prueba estándar (Primera y Segunda cosecha).

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	
	PRIMERA COSECHA	SEGUNDA COSECHA
T1 R1	68	65
T1 R2	63	81
T1 R3	89	83
T2 R1	63	77
T2 R2	41	82
T2 R3	73	83
T3 R1	76	50
T3 R2	76	79
T3 R3	67	85
T4 R1	61	97
T4 R2	68	85
T4 R3	83	83
T5 R1	66	80
T5 R2	92	92
T5 R3	76	74

ANEXO 5.- Datos originales de los porcentajes de germinación para la prueba en vasos de unicel (Primera y Segunda cosecha).

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	
	PRIMERA COSECHA	SEGUNDA COSECHA
T1 R1	56	69
T1 R2	53	81
T1 R3	79	59
T2 R1	59	83
T2 R2	39	92
T2 R3	57	85
T3 R1	85	59
T3 R2	67	88
T3 R3	64	89
T4 R1	84	84
T4 R2	60	79
T4 R3	59	68
T5 R1	51	89
T5 R2	73	97
T5 R3	64	87