



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

**EFFECTO DE LA DISTANCIA ENTRE PLANTAS Y SURCOS
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE
Clitoria ternatea CV TEHUANA y *Canavalia ensiformis***

CARLOS IVÁN MEDEL CONTRERAS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2013

La presente tesis, titulada: **Efecto de la distancia entre plantas y surcos sobre el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* CV TEHUANA y *Canavalia ensiformis***, realizada por el alumno: Carlos Iván Medel Contreras, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

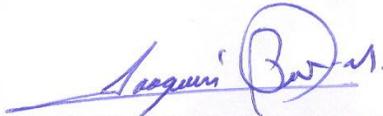
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. EUSEBIO ORTEGA JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS



DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES

ASESOR



DR. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

ASESOR



DR. JAVIER FRANCISCO ENRÍQUEZ QUIROZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 31 de Octubre de 2013.

DEDICATORIA

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

Por ser en mí vida algo más que una compañera, por ser la fuente de inspiración de esta tesis, por apurarme todos los días para que supere los obstáculos que se presenten, por su apoyo y desvelos incondicionales en todo momento; por estar siempre a mi lado motivándome a salir adelante.

A mis hijos: **Luna Regina y Carlos Iván**

Espero que este esfuerzo sirva como ejemplo y motivación para que sin importar el grado académico que alcancen sean personas de bien.

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

Por ofrecerme el amor, la confianza y apoyo necesarios.

A mí abuelita: **Edna Cordoba Vázquez**

Por haberme apoyado siempre a salir adelante.

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

Por haber hecho de mí un hombre de bien.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis suegros:

Elvia Zanatta Gasperín y Regino Sánchez Guzmán

Por brindarme confianza, amistad y apoyarme en todo momento.

A mis compadres:

Nora, Marisol, Ángel y Álvaro

Por brindarme momentos de alegría.

A los del taller el Mofles y a mí compadre **Jerry**:

Por ayudarme en todo momento cuando requerí de su apoyo.

AGRADECIMIENTOS ACADEMICOS

A los integrantes de mi consejo: Dr. Eusebio Ortega Jiménez (Consejero), Dr. Bertín Maurilio Joaquín Torres (Director), Dr. Alfonso Hernández Garay (Asesor) y Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz (Asesor); ya que; gracias a su atinadas observaciones y su apoyo incondicional tanto como amigos y revisores fue posible alcanzar el objetivo final.

A mis profesores por haberme enseñado con esmero y dedicación durante toda mi formación; y de manera especial al **señor** Dr. Jorge Pérez Pérez (†) con quien tuve la dicha de poder convivir no solo como estudiante sino también como amigo.

A mis compañeros y amigos de generación:

Miguel, Iban, Rafa, Daniel, Rueda

Quienes brindaron... en todo momento un apoyo incondicional durante este proceso de formación.

De manera especial y sin menos preciar a nadie quiero agradecer a **Santiago Cancino** por brindar... siempre su apoyo en cualquier circunstancia (académica, administrativa, de campo y moral). Pero sobre todo por mostrarme el valor de una amistad desinteresada.

Al personal de laboratorio de forrajes del Campus Montecillo: “Dr. Remedios Caballero” por apoyarme en la fase de establecimiento.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.1.1 Objetivos específicos.....	3
3. HIPÓTESIS.....	4
3.1. Hipótesis general.....	4
3.2. Hipótesis específicas.....	4
4. REVISION DE LITERATURA.....	5
4.1. Origen, distribución, características botánicas, agronómicas y zootécnicas de <i>Clitoria ternatea</i> L.....	5
4.2. Origen, distribución, características botánicas, agronómicas y zootécnicas de <i>Canavalia ensiformis</i>	8
4.3. Importancia de la producción de semilla de especies forrajeras.....	12
4.4. Factores que afectan la producción de semilla de especies forrajeras.....	14
4.4.1. Temperatura.....	15
4.4.2. Luz.....	16
4.4.3. Humedad.....	17
4.4.4. Suelo.....	18
4.5. Factores que afectan la calidad de la semilla de especies forrajeras.....	18
4.6. Manejo del cultivo de <i>Clitoria ternatea</i> para la producción de semilla.....	19
4.6.1. Siembra y establecimiento.....	19
4.6.2. Prácticas de manejo del cultivo.....	20
4.7. Manejo del cultivo de <i>Canavalia ensiformis</i> para la producción de semilla.....	22
4.7.1. Siembra y establecimiento.....	22
4.8. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla de <i>Clitoria ternatea</i>	23
4.9. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla de <i>Canavalia ensiformis</i>	25
4.10. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla en otras especies de leguminosas.....	26
4.11. Estudios sobre el efecto del encalado en la producción de cultivos.....	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30

5.1. Localización de área experimental.....	30
5.2. Clima y suelo.....	30
5.3. Material genético.....	32
5.4. Tratamientos y diseño experimental.....	32
5.4.1. Experimento 1. Evaluación de la distancia entre surcos y plantas en el rendimiento y calidad de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana.....	32
5.4.2. Experimento 2. Evaluación del encalado y de la distancia entre surcos y plantas en el rendimiento y calidad de semilla de <i>Canavalia ensiformis</i>	33
5.5. Establecimiento y manejo del cultivo.....	35
5.5.1. Experimento1. Establecimiento y manejo del cultivo de <i>Clitoria ternatea</i> cv Tehuana.....	35
5.5.2. Experimento2. Establecimiento y manejo del cultivo de <i>Canavalia ensiformis</i>	36
5.6. Variables evaluadas.	37
5.7. Análisis estadístico.....	38
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
6.1. Efecto del arreglo topológico en el rendimiento y la calidad de <i>Clitoria ternatea</i> , durante la primer cosecha.....	39
6.1.1. En el rendimiento de semilla.....	39
6.1.2. En los componentes del rendimiento.....	40
6.1.3. En la calidad de semilla.....	41
6.2. Efecto del arreglo topológico en <i>Clitoria ternatea</i> , durante la segunda cosecha.....	44
6.2.1. En el rendimiento de semilla.....	44
6.2.2. En los componentes del rendimiento.....	45
6.2.3. En la calidad de la semilla.....	46
6.3. Evaluación del encalado y arreglos topológicos en el rendimiento de semilla y calidad de semilla de <i>Canavalia ensiformis</i>	50
6.3.1. Efecto de la distancia entre plantas.....	50
6.3.1.1. En el rendimiento de semilla.....	50
6.3.1.2. En los componentes del rendimiento.....	51
6.3.2. Efecto del encalado.....	52
6.3.2.1. En el rendimiento de semilla.....	52
6.3.2.2. Altura y componentes del rendimiento.....	53
6.3.2.3. En la calidad de semilla.....	54
7. CONCLUSIONES.....	55
8.LITERATURA CITADA.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1	Características físicas y químicas del suelo donde se realizó el experimento.....	31
2	Tratamientos evaluados en el experimento. Evaluación de diferentes arreglos topológicos en el rendimiento de semilla y calidad de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. TEHUANA.....	33
3	Tratamientos evaluados en el experimento. Evaluación del encalado y diferentes arreglos topológicos en el rendimiento de semilla de <i>Canavalia ensiformis</i>	34
4	Rendimiento de semilla por superficie y por planta en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.....	40
5	Altura de planta y componentes del rendimiento de semilla en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.....	41
6	Peso de mil semillas y porcentaje de germinación en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas durante la primera cosecha.....	42
7	Rendimientos de semilla a diferentes distancia entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.....	43
8	Altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.	44
9	Rendimiento de semilla en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.....	45
10	Altura de planta y componentes del rendimiento de semilla en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.....	46
11	Peso de mil semillas y porcentaje de germinación en <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas durante la segunda cosecha.	47
12	Rendimientos de semilla a diferente distancia entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.....	48
13	Altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de semilla de <i>Clitoria ternatea</i> cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.....	49
14	Rendimiento de semilla de <i>Canavalia ensiformis</i> , a diferentes distancias entre surcos y plantas.....	50
15	Altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de la	

	semilla de <i>Canavalia ensiformis</i> , a diferentes distancias entre surcos y plantas.....	51
16	Efecto del encalado en el rendimiento y calidad de semilla de <i>Canavalia ensiformis</i> , a diferentes distancias entre surcos y plantas.....	52
17	Efecto del encalado en la altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de semilla de <i>Canavalia ensiformis</i> , a diferentes distancias entre surcos y plantas.....	53
18	Calidad de la semilla de <i>Canavalia ensiformis</i> , a diferentes distancias entre surcos y plantas.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Promedio de temperatura y precipitación mensual registradas durante el periodo de estudio. Loma Bonita, Oaxaca.....	31

RESUMEN

Los objetivos fueron evaluar el efecto de la distancia entre surcos y plantas sobre el rendimiento y calidad en semilla de *Clitoria ternatea* CV Tehuana y el efecto del encalado y la distancia entre surcos y plantas sobre el rendimiento y calidad de la semilla en *Canavalia ensiformis*. El estudio se hizo durante la época de lluvias en el 2011, en la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca México, ubicado a los 18° 01' 19" Latitud Norte, 95° 51' 33" Longitud Oeste, y a 26 msnm. El clima del lugar es cálido húmedo, con precipitación y temperatura promedio anual de 1,845 mm y 24.7 °C, respectivamente. El tipo de suelo donde se realizó el experimento, es franco arenoso, con pH de 4.2 y 2.9 % de materia orgánica; respectivamente. En *C. ternatea* se evaluaron seis arreglos topológicos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 3. En *C. ensiformis* se aplicaron dos dosis de cal (0 y 1,000 kg ha⁻¹) y cuatro arreglos topológicos dando un total de 8 tratamientos en un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas. Se estimó el rendimiento de: semilla total (kg ha⁻¹), 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), semillas por vaina, peso de 1,000 semillas y germinación de la semilla cosechada (%). En *C. ternatea* la interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas no fue significativa (P>0.05) entre tratamientos para rendimiento de semilla. No obstante la distancia 40 cm entre surcos y 10 cm entre plantas presentó el mayor rendimiento numérico de semilla total, con un valor promedio de 1257 kg ha⁻¹. No se observó efecto de la interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas (P>0.05) para la

variable rendimiento de semilla por planta; sin embargo, se observó que la distancia 60 cm entre surcos y 10, 20 y 30 cm entre plantas presentó el mayor rendimiento, con un incremento de 28 %, en comparación con la distancia de 40 cm entre surcos. Mientras que, para *Canavalia*, no se encontró diferencia del arreglo topológico en el rendimiento de semilla ($P>0.05$). Sin embargo, se observó que los mayores rendimientos de semilla se presentaron en las distancias más amplias, es decir a 60 y 30 cm entre surcos y plantas, respectivamente. Aunque no hubo efecto del encalado en los rendimientos de semilla ($P>0.05$) se observó que la aplicación de cal mejoro el rendimiento de semilla total, semilla pura y semilla pura germinable, con valores de 2069.5, 2027.1 y 1585 kg ha⁻¹, respectivamente. En conclusión los arreglos topológicos en *Clitoria* de mayor distancia entre surco y planta muestran tendencia a incrementar el rendimiento de semilla y en *Canavalia* se recomienda explorar mayores cantidades de cal.

PALABRAS CLAVE: *Clitoria ternatea*, *Canavalia ensiformis*, Producción de semilla, Distancia entre plantas, Rendimiento de semilla.

ABSTRACT

The objectives were to evaluate the effect of the distance between rows and plants on yield and seed quality *Clitoria ternatea* CV Tehuana and the effect of liming and the distance between rows and plants on yield and seed quality of *Canavalia ensiformis*. The study was done during the rainy season in 2011, at the University of Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca Mexico, located at 18 ° 01 ' 19 "North, 95 ° 51 ' 33 " West, and 26 m. The local climate is hot and humid, with annual average temperature and precipitation of 1,845 mm and 24.7 °C, respectively. The soil where the experiment was conducted, is sandy loam with pH of 4.2 and 2.9 % organic matter, respectively. In *C. ternatea* evaluated six topological arrangements with four replications in a completely randomized design with 2 x 3 factorial arrangement. In *C. ensiformis* were applied two doses of lime (0 and 1,000 kg ha⁻¹) and four topological arrangements giving a total of 8 treatments in a randomized block design with split plot arrangement . Performance was estimated : total seed (kg ha⁻¹) , pure seed yield (kg ha⁻¹) , pure germinable seed yield (kg ha⁻¹) , seed yield per plant (g) , plant height (cm) number of pods per plant , pod length (cm) , seeds per pod , weight of 1000 seeds and harvested seed germination (%). In *C. ternatea* interaction row spacing and plant spacing was not significant (P>0.05) between treatments for seed yield. However the distance 40 cm between rows and 10 cm between plants had the highest number of total seed yield, with an average value of 1257 kg ha⁻¹. No effect of the interaction distance between rows and distance (P>0.05) for the variable seed yield per plant , but it was observed that the distance between rows 60 cm and 10, 20 and 30 cm between plants exhibited the higher yield , an increase of 28 % compared with the distance of 40 cm between rows. While for *Canavalia*, no difference was found in the topological arrangement of seed yield

($P > 0.05$). However, it was observed that higher seed yields were presented in larger distances, 60 and 30 cm between rows and plants, respectively. Although there was no effect of liming on seed yields ($P > 0.05$) was observed that the application of lime improved the total seed yield, seed pure and pure germinable seed, with values of 2069.5, 2027.1 and 1585 kg ha⁻¹, respectively. In conclusion Clitoria topological arrangements of greater distance between rows and plants show a tendency to increase seed yield and Canavalia explore further recommended amounts of lime.

KEYWORDS: *Clitoria ternatea*, *Canavalia ensiformis*, seed production, distance between plants, seed yield.

1. INTRODUCCIÓN

Los 112 millones de habitantes que existen en nuestro país (INEGI, 2010) han obligado a la búsqueda de nuevas estrategias para abastecer la demanda de alimentos que se requieren y evitar las grandes importaciones de granos, productos cárnicos y lácteos. Esto trae como consecuencia pérdida de divisas y un desarrollo mínimo de la economía nacional. Las regiones tropicales de México, son una alternativa para generar más alimentos, dado que estas zonas tienen condiciones climáticas adecuadas (temperatura, radiación solar, precipitación, etc.).

El gobierno federal, en la década de los 60's, en el sureste mexicano, repartió grandes extensiones de tierras a los productores agrícolas, mismos que comenzaron a sembrar maíz, arroz, frijol, otros granos y legumbres, no obstante, el mal manejo de las tierras y los elementos climatológicos (precipitación, temperatura y vientos), trajeron como consecuencia el deterioro del suelo, es decir, disminución de la materia orgánica, fertilidad y reducción del pH (acidez del suelo). Este último ocasiona la insolubilización de nutrientes (fósforo, calcio y magnesio) esenciales para las plantas, limitando la absorción por las raíces, también hace inamovible el fósforo dificultando su disponibilidad y absorción. Una alternativa de reducir los efectos dañinos de la acidez del suelo, es la aplicación de cal, con ello se eleva el pH, se mejora la disponibilidad de nutrientes, se beneficia la fijación de nitrógeno, etc. (Zetina, 1995).

Como consecuencia al deterioro de los suelos tropicales, los agricultores, han tenido la necesidad de cambiar el uso de estos hacia la producción de pastos para la ganadería. Los forrajes son una de las formas más económicas de alimentar a los rumiantes (incluidos los équidos). Sin embargo, estos tienen una calidad de media a baja dependiendo del manejo que se les proporcione (periodo de reposo, fertilización, control de la carga animal, altura de pastoreo, tasa de defoliación, etc.) aunque los rendimientos de biomasa están en función de las lluvias. Esta situación limita la producción pecuaria, ya que ocasiona bajas en las ganancias de peso y producción de leche en el ganado bovino.

Una de las formas de aumentar la calidad de la dieta es la introducción de leguminosas forrajeras, ya que estas especies mejoran el valor nutritivo de los pastos, y en consecuencia, se aumenta la productividad animal por hectárea (Córdoba y Peralta, 1988; Peralta, 1988). El manejo que se les debe proporcionar es a través de bancos de proteína, ensiladas, henificados o pastoreos ligeros después de haber realizado la ordeña (Flores, 1983).

Uno de los grandes problemas para la introducción de leguminosas es la baja o nula disponibilidad de semilla para el establecimiento de praderas o bancos de proteína (Enríquez y Quero, 2006). Algunas de las de mayor potencial que se pueden citar son la Clitoria, Leucaena, Cratylia, Dolichos o quizás la Canavalia, entre otras.

Tomando como base el potencial de los suelos tropicales, la acidez de los mismos, la falta de semilla y tecnologías apropiadas para producir semillas de

leguminosas. El presente estudio de investigación tiene como meta generar tecnologías para producir semillas de Clitoria y Canavalia a través del encalado y diferentes distancias entre surcos y plantas en el sureste de México, con los siguientes:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de diversos arreglos topológicos y encalado sobre el rendimiento de semilla, sus componentes y calidad de semilla de Clitoria y Canavalia.

2.1.1. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la distancia entre surcos y plantas sobre el rendimiento y calidad en semilla de *Clitoria ternatea*.
- Estimar el efecto del encalado y la distancia entre surcos y plantas sobre el rendimiento y calidad de la semilla en *Canavalia ensiformis*.

3. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

- El encalado y la distancia entre surcos y plantas pueden influir en el rendimiento de semilla, sus componentes y calidad de semilla.

3.2. Hipótesis específicas

- El rendimiento y calidad de la semilla de *Clitoria ternatea* se puede incrementar con la distancia óptima entre surcos y plantas.
- El rendimiento y la calidad de la semilla de *Canavalia ensiformis*, se pueden mejorar, con el encalado y la distancia óptima entre surcos y plantas.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. 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), entre otros (Bogdan, 1977; Humphreys, 1981; Gohl, 1982; Flores, 1983; Córdoba *et al.*, 1987). Es originaria de África, Angola, Benin, Burundi, Cabinda, Camerún, Cabo Verde, Djibouti, Etiopía, Gabón, Ghana, Guinea Bissau, Costa de Marfil, Kenia, Malawi, Malí, Mozambique, Nigeria, Santo Tomé, Senegal, Sierra Leona, Somalia, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Gambia, Togo, Uganda, Zaire, Zambia y Zimbabwe. Se introdujo en el trópico de Australia y ya esta generalizada en las tierras bajas húmedas y subhúmedas de Asia, el Caribe, América Central y del Sur y más recientemente en zonas semiáridas. Los cultivares más conocidos son: Milgarra (Q17476), lanzado al mercado en 1991 por Australia, Tehuana (IPNIA 1984, CIAT 20692), esté salió al mercado en México en 1988 y en Honduras en 1990, en Brasil como N 63118 y en Cuba el SC-134; (Conway, 2001).

Clitoria 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 en forma natural o en forma cultivada (Hall, 1985). En México se le

encuentra en forma silvestre en Tabasco y sur de Veracruz (Flores, 1983). Próspera 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). Puede tolerar la salinidad, cultivándose en suelos de pH alto (Skerman, 1977), presenta un crecimiento lento y baja persistencia en suelos infértiles, pero se desarrolla exitosamente en suelos arcillosos y fértiles (Hall, 1985). Además, es tolerante a la sequía (Flores; 1983). *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 foliolos, los cuales son oblongo-lanceolados 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 aproximadamente 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).

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 manualmente y en forma periódica (Enríquez y Quero, 2006). 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. 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 413 kg de semilla pura hectárea⁻¹ año⁻¹, en una sola cosecha (Carvajal, 1988).

La Clitoria, considerada como “la alfalfa del trópico”; es de ciclo perenne, presenta altos rendimientos de materia seca (8 t ha⁻¹ año⁻¹), buen valor nutritivo 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; Cordoba y Peralta, 1988; Peralta, 1988).

Produce hasta 24 toneladas de forraje fresco por hectárea (Gohl, 1982). En asociación con pasto Guinea o con pasto Jaragua produjo de 6 - 8 toneladas de forraje seco por hectárea por año (Córdoba y Peralta 1988), para Juchitan, Oax., estos mismos autores reportaron 2.99 t ha⁻¹ de materia seca (MS) en la época de lluvias, 2.22 t ha⁻¹ en la época seca y 2.79 t ha⁻¹ en la época de nortes. El contenido de proteína en la MS varía de 24 - 30 % (Bogdan, 1977). Sin embargo, 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 (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 *Digitaria decumbens* y bajo pastoreo es capaz de persistir y soportar de 4 a 6 cabezas de ganado bovino por hectárea, sin embargo, recomienda tres cabezas por hectárea para el riesgo de perder la leguminosa. En cuanto a producción de carne en bovinos Córdoba y Peralta (1988) al manejarla en monocultivo 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 de 0.944 y 0.929 kg día⁻¹ para 5/27 y 7/25 días de ocupación/descanso, respectivamente.

4.2. Origen, distribución, características botánicas, agronómicas y zootécnicas de *Canavalia ensiformis*.

Canavalia ensiformis, se le conoce comúnmente con los nombres de haba blanca, canavalia, jack bean (Buller *et al.*, 1955; Bogdan, 1977, horse bean, gutanibean (NAS, 1979), haba de burro, abono negro, chilipuca montés, sword bean chickasawlima, duerlook, feijao de porco (Aykroyd y Doughty, 1964), pois sabre (Havard-Duclos, 1975), frijol espada (Flores, 1983), frijolón (Aguilar y Zolla, 1982). Esta leguminosa tropical es originaria de la India (Buller *et al.*, 1955; Havard-

Duclos, 1975; Purseglove, 1977). Sin embargo, Bogdan (1977), menciona que es originaria de América Central y Sudamérica. *C. ensiformis* se encuentra distribuida en los trópicos de ambos hemisferios, usualmente como cultivo (Bogdan 1977, Skerman, 1977). Se establece desde el nivel del mar hasta los 1800 m de altura (Bogdan, 1977; NAS, 1979). Sin embargo, Havard-Duclos (1975) menciona que se adapta hasta los 2000 msnm. Para un buen crecimiento requiere de temperaturas de 14 a 27 °C y precipitaciones de 700 a 4,200 mm anuales, (NAS, 1979).

C. ensiformis se adapta a un amplio rango de suelos (Flores, 1983), crece bien en suelos ácidos con pH de 4.3 a 6.8 y es poco afectada por las inundaciones y la salinidad (NAS, 1979), presenta buen crecimiento en suelos pobres (Havard-Duclos, 1975).

En Veracruz ha mostrado posibilidades de servir como planta forrajera (González, 1974). También se encuentra en Chiapas y es una especie secundaria en las regiones tropicales del país (Aguilar y Zolla, 1982). Presenta un buen desarrollo en clima templado (Flores, 1983), aunque no se adapta al Valle de México y Valle de Toluca. En la región del bajío tiene una adaptación regular (Buller *et al.*, 1955). Según González (1974), *C. ensiformis* es un de las especies que mostró buena adaptación a las condiciones de Tabasco y que tiene más posibilidades de utilizarse como planta forrajera para corte.

C. ensiformis es una planta arbustiva perenne o bianual dependiendo de la altura de corte a la que se maneje (Bogdan, 1977), o bien, anual de crecimiento rápido (Buller *et al.*, 1955), las hojas son trifoliadas, foliolos de 6 – 29 cm de largo y 3 –

11 cm de ancho, ovados o elípticos. Flores en racimo de 5 – 12 cm sobre pedúnculos largos, rosadas o púrpuras. Vainas oblongas lineares de 15 – 35 cm de longitud y 1 cm de grosor (Bogdan; 1977).

Canavalia es de ciclo anual o bianual (Aykroyd y Doughty, 1964, Bogdan, 1977) de crecimiento rápido (Buller *et al.*, 1955), con buen valor nutritivo y una producción de materia seca de 18 a 23 t ha⁻¹ de forraje (Skerman, 1977), produce 20 – 69 ton ha⁻¹ de forraje verde. Mientras que Purseglove (1977), reporta una producción de forraje verde de 39.5 – 49 t ha⁻¹. En cambio, Skerman (1977) menciona que en Hawai se obtuvieron de 18 a 23 t ha⁻¹ de forraje. El contenido de proteína cruda del forraje de *C. ensiformis* varía de 13.8 a 16 % (Elliott y Fokkema, citados por Bogdan 1977) y del fruto de 21 – 23.7 %. (NAS, 1979). El contenido de materia seca del forraje fresco varía de 23 % a 27 % (Gohl, 1982). La digestibilidad de la materia seca de la Canavalia varía de 54 – 60 %, éste valor es mayor en heno cortado en etapas tempranas (Bogdan, 1977). Mientras que la digestibilidad de la materia seca de las semillas es de 81.15 %, con una energía de 3.4 Mcal kg⁻¹ de materia seca (Gohl, 1982). Este mismo autor menciona que el contenido de proteína de la parte aérea es de 22.5 %, 35 % para semillas y 4.5 % para la cáscara de la vaina. Mientras que, Pound *et al.*, (1982) reporta un contenido de 18 ± 2 % de proteína cruda para las hojas, 5.7 ± 0.9 % para tallo y 11 ± 0.4 % en la planta completa. Según McDowell *et al.*, (1974), el contenido de proteína cruda de la parte aérea varía de 16.8 a 17.7 %, según el estado de maduración. Asimismo, Skerman (1977) reportó un contenido de proteína cruda de 11 % en la planta,

10.67 % para el ensilado, 31.96 % para la semilla y 21.25 % para las semillas ensiladas. El heno contiene 14 % de proteína cruda (Flores, 1983).

La Canavalia es de buena calidad nutricional, sin embargo, su utilización como comestible depende del grado de madurez. Cuando las semillas están inmaduras pueden ser consumidas sin riesgo, tanto por las personas como por los animales, pero cuando las semillas maduran, éstas se endurecen, son poco apetecibles y son tóxicas, ya que contienen una lectina, la “Canavalina”, de alta toxicidad, la cual produce diarreas severas, inapetencia para comer y beber, deshidratación, enteritis, nefritis y enfisema pulmonar, las cuales son causa de muerte en el ganado vacuno, (Aguilar y Zolla, 1982). Las semillas causan toxicidad en el ganado cuando son consumidas en grandes cantidades (Bogdan, 1977). Este mismo autor señala los síntomas en animales que consumen Canavalina en grandes cantidades o harina. Estas son: una clara descarga nasal, cojera y postración. De acuerdo con Skerman (1977) el consumo de 28 g de semilla por cada 73 kg de peso vivo son letales para el ganado.

Bogdan (1977) señala que la Canavalia es una leguminosa que en pastoreo presenta una baja palatabilidad, la cual se mejora cuando se asocia a una gramínea y es mejor como forraje seco. Asimismo, Gohl (1982) menciona que el forraje de canavalia solo es apetecible cuando está seco. Las harinas de la vaina y de semilla deben limitarse como máximo, en un 30 % de la ración total para los bovinos.

C. ensiformis presenta altos rendimientos de semilla. Al respecto, Purseglove (1977) reporta un rendimiento de semilla de 1,344 kg ha⁻¹. Pound *et al.* (1982) reporta un rendimiento 3,531 kg de semilla por hectárea.

Basulto y Ayala (1988) mencionan que para su conservación, la *C. ensiformis* se puede henificar o también puede ser almacenada mediante ensilado debido a que contiene en el follaje cantidades altas de la enzima ureasa. Sin embargo, el ganado la consume mejor como forraje seco, por lo que es mejor henificarla (Pound *et al.*, 1982).

4.3. Importancia de la producción de semilla de especies forrajeras.

En nuestro país existen 274 km² sembrados de pastizales (INEGI, 2010). Las regiones tropicales y subtropicales de México, representan una superficie de 55 millones de hectáreas lo que corresponde al 28.2 % de la superficie nacional (UGRJ, 2012). En los últimos años la producción de forraje ha presentado incrementos considerables; en 1990 la superficie sembrada fue de 625,180 ha, con una producción de 8,185,956 t de forraje en MS. Mientras que, para el año 2010 fue de 2,272,115 ha, teniendo una producción de 45,313,053 t de forraje en MS (SIAP, 2010); esto nos muestra que en los últimos 30 años hubo un incremento de 27.5 % en la superficie sembrada y 18 % en cuanto a producción de forraje. Por lo tanto, si se considera que para establecer una hectárea se ocupan 10 kg de semilla estamos hablando de que en este periodo se han tenido que emplear 16,499 t de semilla aproximadamente.

De acuerdo a datos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), en México, se estima que existen 202 empresas que se dedican a la producción, beneficio, almacenamiento, distribución y comercialización de semillas. Sin embargo, solo 40 empresas se dedican a la producción de semillas de especies forrajeras concentrándose, principalmente, en instituciones y centros de enseñanza e investigación y, escasamente, en empresas privadas que tienen bajos volúmenes de producción, los cuales no son suficientes para satisfacer la demanda del mercado nacional (SNICS, 2003). La certificación de semillas forrajeras por parte del SNICS, es prácticamente nula y fue hasta el año 2006 cuando se incluyen las semillas forrajeras en el Catálogo Nacional de Variedades Factibles de Certificación (SAGARPA, 2006)

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).

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.

El mayor problema de la ganadería bovina, ovina y caprina en nuestro país, es la insuficiente alimentación en cantidad y calidad. Lo anterior se origina por la escasa producción de semilla de especies forrajeras de alto valor nutritivo, tanto a nivel regional como nacional, por falta de tecnología adecuada y de personal capaz de desarrollarla. Esto indica la necesidad de generar y validar tecnologías en producción de semillas que permitan aumentar los conocimientos acerca de los diversos factores que intervienen en el rendimiento de semilla de buena calidad (Joaquín, 2002).

Sin embargo, no se puede mejorar la producción forrajera, porque no se dispone de semilla de leguminosas suficiente para siembra de nuevas praderas o de bancos de proteínas, o los que ya existen se manejan en forma deficiente.

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

Sánchez (1976) mencionó que los factores como temperatura, luz y humedad son los que ejercen una influencia muy importante sobre la germinación, crecimiento, floración y nodulación de los cultivos. Asimismo, Portieles y Aspiolea (1980) mencionan 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 sobre el rendimiento y calidad del forraje y semilla.

4.4.1. Temperatura

La temperatura es un factor importante que afecta el crecimiento de la planta (Ludlow, 1976). El crecimiento de las plantas es sensible a la temperatura, de ahí que una diferencia de unos grados induce un cambio notable en la tasa de crecimiento. Por tanto, cada especie y/o cultivar requiere de cierto nivel de temperatura para lograr una máxima producción. 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 (Sweenney y Hopkinson, 1975). 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; Sweenney 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 estar influidas también por otros factores ambientales, tales como la luz, fotoperíodo y humedad, formando interacciones entre ellos (Salisbury y Ross, 1994).

En algunas especies de plantas tropicales la temperatura del día tiene una gran influencia en el crecimiento y floración del cultivo. Sin embargo, las temperaturas óptimas para floración, generalmente son, 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 fotoperíodo es el adecuado.

Los experimentos en ambiente controlado han demostrado que las temperaturas altas durante el día y las temperaturas bajas durante la noche pueden inhibir la producción de inflorescencias en comparación con las temperaturas óptimas (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 y también la floración.

4.4.2. 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 respiratoria de este gas durante las 24 horas del día. 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 entre nudos, la germinación de la semilla, y la caída de las hojas constituyen algunos casos de respuestas al fotoperíodo en las plantas (Devlin, 1980).

4.4.3. Humedad

C. ternatea se adapta muy bien a condiciones de baja humedad, con precipitaciones que van de los 400 hasta los 1,500 mm, teniendo un mejor desempeño en áreas con 1,500 mm (Skerman, 1977). Mientras que *C. ensiformis* requiere precipitaciones que van de 700 a 4,200 mm anuales, y crece desde el nivel del mar hasta los 1,800 msnm (NAS, 1979).

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 subsecuente del botón floral y la distribución de absorción para el desarrollo de la inflorescencia.

El agua es importante en el desarrollo de las plantas debido a que participa directa e indirectamente en todas las funciones fisiológicas, pero particularmente es importante en la fase de establecimiento, por su influencia en el proceso de germinación y 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).

4.4.4. Suelo

En general, las leguminosas tropicales crecen bien en suelos arenosos y francos. En estas texturas, 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 (Mclvor, 1976; Humphreys, 1980).

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

La temperatura y humedad, son los factores que mayor efecto negativo tienen en la germinación, pureza y viabilidad de las semillas. Al respecto, 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 producen. 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, dormancia debido a la postmaduración en gramíneas, y la presencia de cubiertas duras en gramíneas y leguminosas. Por otro lado, McIlroy (1976) sostuvo que la germinación de las semillas también se afecta por desórdenes en éstas, principalmente, causadas por la edad, condiciones de almacenamiento, ataque de enfermedades, plagas y latencia.

Jiménez (1984) mencionó que en general la calidad de las semillas de gramíneas y leguminosas 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 de la semilla.

4.6. Manejo del cultivo de *Clitoria ternatea* para la producción de semilla.

4.6.1. 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 *Digitaria decumbens* y *Cynodon nlemfuensis*, en surcos alternos o mezclando ambas especies. La época más adecuada para su siembra es el inicio de las lluvias, usando de 5 a 10 kg de semilla hectárea⁻¹ (Flores, 1983). Aunque Skerman (1977) mencionó que la siembra debe realizarse de primavera a mediados del verano, utilizando de 1 - 3 kg de semilla hectárea⁻¹, 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 se produzca, es necesario el uso de tratamientos de escarificación, mediante la inmersión de las semillas en ácido sulfúrico al 80 - 100 %, durante 20 minutos o la 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 mediante su inmersión en agua a temperatura de 75 a 80 °C, durante 5 minutos.

4.6.2. 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 cual se realiza 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 mayor vigor de las plantas durante la floración, maduración y cosecha de la 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 nutrimentos a utilizar dependen del tipo de suelo de cada región, no obstante, los nutrimentos 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). Para ello, 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, o bien, 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 con ello, 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, a intervalos de 1 a 2 m, o bien, la cantidad necesaria para soportar el peso del follaje de las plantas (Enríquez y Quero, 2006).

Cosecha de semilla. Es 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 inmaduras. Asimismo, es necesario tomar en cuenta otros indicadores de madurez para realizar la cosecha, por ejemplo cantidad de semilla en el suelo y cambios de coloración de las vainas. Generalmente, en leguminosas las vainas al madurar se vuelven dehiscentes (se abren y tiran sus semillas). Por tanto, si la cosecha es manual, es recomendable recolectar las vainas en las horas frescas (hasta las 10:00 A. M.) de la mañana para disminuir las pérdidas de semilla por efectos de dehiscencia (Enríquez y Quero, 2006).

4.7. Manejo del cultivo de *Canavalia ensiformis* para la producción de semilla.

4.7.1. Siembra y establecimiento

Para un mejor establecimiento en suelos compactos se exige un laboreo completo, realizando la siembra en líneas o en matas, en el primer caso se recomiendan 60 u 80 cm entre líneas procurando que las semillas no se hallen muy unidas, fijándose como promedio 6 cm entre plantas; para el segundo, da buenos resultados la siembra en cuadro, siendo 60 cm la distancia mínima entre plantas. En este último caso se colocan, teniendo en cuenta la calidad del terreno, de 2 a 4 semillas por mata. En tierras de aluvión no es indispensable el laboreo, basta con el azadón y colocar la semilla, a una profundidad no mayor de 5 cm (Flores, 1983).

Si la siembra se realiza en surcos a una distancia de 60 a 100 cm entre éstos, se utilizan alrededor de 10 kg ha⁻¹ de semilla. En América central se utilizan de 25 a 30 kg de semilla hectárea⁻¹ para producción de semilla y 65 kg para abono verde (Bogdan, 1977). Mientras que Skerman (1977), menciona que si la *C. ensiformis* se siembra en líneas o surcos de 0.6 a 1 m de separación, con 2 a 3 semillas por mata, y con una distancia de 0.4 m, se utilizan 50 kg de semilla por hectárea. Asimismo, Purseglove (1977), menciona que si la Canavalia se utiliza como abono verde debe sembrarse al voleo utilizando una densidad de siembra de 44 a 66 kg de semilla por hectárea. Buller *et al.*, (1955) recomiendan una densidad de siembra de 10 a 20 kg de semilla pura viable por hectárea cuando se realiza en surcos a 1 m de distancia.

Los cuidados culturales del cultivo se reducen a dos deshierbes, uno cuando las plántulas alcanzan 15 cm de altura, lo cual ocurre entre los 30 y 40 días posteriores a la germinación y otro cuando las plantas empiezan a florecer. La cosecha se realiza cuando las vainas indehiscentes se tornan amarillas, esto ocurre a los 5 ó 6 meses después de la siembra en climas templados-fríos y entre los 4 y 5 meses en climas cálidos (Flores, 1983).

4.8. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla de *Clitoria ternatea*.

En Tizimín, Yucatán, Carvajal (1988) encontró que *C. ternatea* cv. Común tuvo una producción de 413 kg de semilla pura ha⁻¹ año⁻¹. Mientras que Godines (1990) para esta misma especie forrajera, bajo condiciones de invernadero y cosecha

manual obtuvo un promedio de 320.9 kg de semilla ha⁻¹, con una germinación de 26.6 %. En cambio, Hernández y Cruz (1993) al evaluar la producción de semilla de *C. ternatea*, bajo condiciones de ambiente controlado, obtuvieron una producción de 17.5 g maceta⁻¹. En un estudio previo, donde se evaluaron diferentes densidades de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, se encontró que la densidad de 32.0 plantas m⁻² incrementó el rendimiento de semilla en un 50 % en comparación con la siembra al voleo (482 vs 321 kg ha⁻¹), donde la longitud de vaina y número de semillas por vaina fueron los componentes que presentaron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla, con valores de 0.57, 0.52, respectivamente. Mientras que el peso de 100 semillas y el porcentaje de germinación no fueron afectados por ninguna de las densidades evaluadas (Medel, 2008).

Sánchez *et al.* (1992a y 1992b) al evaluar la densidad de siembra en *Clitoria ternatea*, bajo condiciones de temporal, no encontraron efecto significativo en el rendimiento de semilla, con valores promedio 236 kg ha⁻¹ de semilla para la distancia entre surcos de 40 a 70 cm y 233 kg ha⁻¹ de semilla para la distancia entre plantas de 10 a 40 cm. Estos mismos autores para esta misma especie reportaron un rendimiento de 5170 kg ha⁻¹ de materia seca para la distancia entre surcos de 40 a 70 cm. Mientras que Gómez (1992) reportó rendimientos promedio de materia seca de 1,902, 2,212 y 2,553 kg ha⁻¹ para las distancias entre surcos de 90, 70 y 50 cm, respectivamente.

Vázquez (2000) al evaluar el efecto de diferentes métodos de siembra en el rendimiento de forraje de *Clitoria ternatea* encontró que los métodos al voleo y en

surcos presentaron los rendimientos más altos, con promedios de 70.3 y 69.5 g de MS m⁻², respectivamente. Este mismo autor reportó que la altura de planta no fue afectada por los métodos de siembra con macana, surcos y al voleo, los cuales presentaron valores promedio de 55.5 cm.

Villanueva *et al.* (2004) reportan que en rumiantes, el consumo de *C. ternatea*, mejora el desempeño animal y aunque existe mayor consumo de paredes celulares, no difiere en el consumo de materia seca, energía neta para ganancia, proteína cruda y fibra detergente neutro. La semilla contiene de 38 a 43 % de proteína, 2.87 Mcal de EM kg⁻¹ de materia seca y 80 % de nutrientes digestibles totales.

4.9. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla de *Canavalia ensiformis*.

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

Díaz *et al.* (2003) al evaluar la producción de semillas de *Canavalia ensiformis*, *Lablab purpureus* y *Stizolobium niveum*; reportaron que la canavalia superó a las

otras especies, con rendimientos de 7.62 t materia seca ha⁻¹ y 1.01 t proteína bruta ha⁻¹.

Morgan (2009) en *Canavalia ensiformis* pastoreada en forma restringida durante el período seco, registró una producción de semilla de 2.1 ton ha⁻¹, un peso de 100 semillas de 165 g, 12 semillas por vaina, una longitud de vaina de 28.3 cm y 12.5 vainas maduras por planta.

4.10. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de la semilla en otras especies de leguminosas.

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 5 kg de SPG ha⁻¹ presentó la mayor cantidad de vainas por planta, el mayor número de semillas por vaina y el mayor rendimiento de semilla total (234 kg ha⁻¹), existiendo una correlación significativa entre el número de vainas por planta y el rendimiento de semilla total con un valor de 0.90.

4.11. Efecto del encalado en la producción de cultivos

El encalado es una práctica mediante la cual se aplica un material alcalino al suelo, con la intención de reducir su acidez e incrementar su disponibilidad de calcio y magnesio. De acuerdo con Uexkull (1986) el encalado en forma correcta brinda los siguientes beneficios: 1) eleva el pH del suelo, 2) favorece la actividad

microbiológica, 3) suministra calcio, 4) incrementa la disponibilidad de fósforo, potasio y molibdeno; 5) neutraliza el efecto fitotóxico del Al y Mn, 6) mejora la estructura del suelo, 7) aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes (Muzilli, 1982) y biofertilizantes, 8) incrementa el rendimiento y calidad de los cultivos sensibles a la acidez. Sin embargo, cuando el encalado no se realiza adecuadamente, su efecto puede repercutir negativamente en el comportamiento químico, físico y biológico del suelo, ya que una presencia excesiva de calcio en el suelo puede provocar: 1) disminución de la disponibilidad de fósforo al formar compuestos estables de fósforo y calcio (Amarasiri y Olsen 1973; Martín *et al.*, 1974); 2) reducción de la absorción de potasio y magnesio; 3) mayor lixiviación del potasio y magnesio intercambiable (Bekker *et al.*, 1994; Goedert *et al.*, 1975; Kemmler, 1980; Martín *et al.*, 1974; Munson y Nelson, 1963; Uexkull, 1986); 4) mayor velocidad de descomposición de materia orgánica (Haynes, 1982; Lathwell, 1979; Martín *et al.*, 1974); 5) degradación de los agregados del suelo al destruir el complejo orgánico-mineral en el que intervienen los óxidos de fierro y aluminio como cementantes (Cassel and Lal, 1992; Martín *et al.*, 1974) y 6) disminución de la disponibilidad de Manganeso, Zinc, Cobre y Boro (Green, 1954; Kamprath, 1971; Lanyon *et al.*, 1977).

Zetina (2004) menciona que los factores que intervienen directamente en el proceso de acidificación de los suelos cultivados son: la erosión vertical y horizontal de cationes intercambiables de la capa arable favorecida por una excesiva preparación del terreno, el frecuente y desmesurado uso de fertilizantes de efecto residual ácido (sulfato de amonio y urea) y la extracción y exportación de

bases cambiables por medio de las cosechas de los cultivos. Este mismo autor indica que el efecto benéfico del encalado sobre la producción de diversos cultivos y el mejoramiento de algunas características del suelo relacionadas con la acidez, es uno de los temas de investigación más trabajados en el mundo. Sin embargo, en el trópico esta práctica presenta limitantes en su uso y adopción, debido a 1) la presencia de resultados contrastantes y 2) costos relativamente altos del insumo (Zetina, 2004).

Desde el punto de vista químico un suelo ácido presenta un pH menor a 7.0. Sin embargo, desde el punto de vista agronómico los problemas asociados con la acidez del suelo, tales como fijación de fósforo (Barrow, 1984; Haynes, 1982; Ryden y Pratt, 1980), toxicidad por aluminio y manganeso y deficiencia de bases intercambiables (Black, 1967; Foy *et al.*, 1978) entre otros, son más fuertes a medida que el pH del suelo disminuye. En el trópico se ha tomado como nivel crítico de pH el valor de 5.5 (Amarasiri y Olsen, 1973; Farina *et al.*, 1972), ya que a valores menores existe un mayor porcentaje de aluminio en la solución del suelo (Fassbender, 1982).

Varios estudios realizados en el trópico indican que el encalado no produjo los efectos benéficos esperados en el suelo (Reevé y Summer, 1970). Otros estudios han registrado efectos adversos en la disponibilidad de fósforo y potasio (López y Burnham, 1974; Parfitt, 1977; Stoop, 1983). Sin embargo, se reportan efectos muy alentadores sobre la producción de los cultivos (Zetina, 2004) y la fertilidad del suelo (Pastrana y Jiménez, 1998). Por ejemplo, Rodríguez (1976) estudió la

respuesta del fríjol a aplicaciones de cal dolomítica, donde la mejor respuesta se obtuvo al aplicar 1.85 ton ha^{-1} de cal.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área experimental

El estudio se realizó en condiciones de temporal, de julio de 2011 a enero de 2012, en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca; ubicado a los 18° 01' 19" Latitud Norte, 95° 51' 33" Longitud Oeste, y a 26 msnm (FAM, 2012).

5.2. 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 periodo de estudio se presentan en la Figura 1 (FAM, 2012). El tipo de suelo donde se realizó el experimento, es franco arenoso, con pH de 4.2 y 2.9 % de materia orgánica; respectivamente. Las características físicas y químicas del suelo antes de iniciar el experimento se muestran en el Cuadro 1.

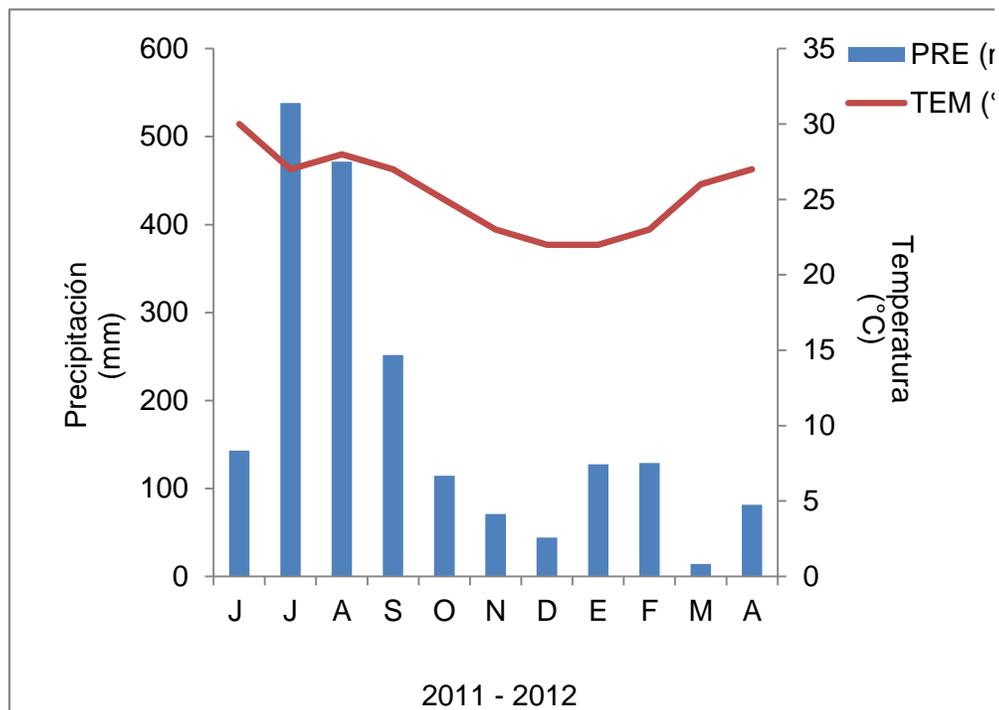


Figura 1. Promedio de temperatura y precipitación mensual registradas durante el periodo de estudio. Loma Bonita, Oaxaca.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo donde se realizó el experimento.

					N	P	K	Ca	Mg	C.I.C
Arena	Limo	Arcilla	pH	CaCO ₃	mg kg ⁻¹ de suelo					Cmol(+)
(%)	(%)	(%)		(%)						kg ⁻¹
62	23	15	4.2	0.2	0.179	7.03	0.25	0.32	1.06	20.1

Metodología utilizada. Textura: Hidrómetro de Bouyoucus; Ph: potenciómetro relación suelo agua 1:2; 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; Magnesio (Mg): Extraído con DTPA, relación 1.4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica; Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Acetato de amonio 1.0 N, pH 7.0, centrifugación.

5.3. Material genético

El material genético empleado fueron las leguminosas *Clitoria ternatea* cv. Tehuana y *Canavalia ensiformis*, proporcionadas por la Universidad del Papaloapan.

5.4. Tratamientos y diseño experimental

5.4.1. Experimento 1. Evaluación de la distancia entre surcos y plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana.

En *C. ternatea* se evaluaron seis arreglos topológicos, los cuales se describen en el Cuadro 2. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, en arreglo factorial 2 x 3, con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de 3 x 4 m. Sin embargo, debido a las diferentes distancias entre líneas y plantas, el área útil de muestreo dentro de cada parcela experimental fue de 2.2 m² para el tratamiento T1, 2.9 m² para el T2, 2.6 m² para el T3, 2.4 m² para el T4 y T6 y 2.3 m² para el tratamiento T5.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento. Evaluación de diferentes arreglos topológicos en el rendimiento de semilla y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv Tehuana.

Tratamiento	Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)	Densidad de plantas (No. ha ⁻¹)
T1	40	10	250,000
T2	40	20	250,000
T3	40	30	166,500
T4	60	10	166,000
T5	60	20	166,000
T6	60	30	110,556

5.4.2. Experimento 2. Evaluación del encalado y de la distancia entre surcos y plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Canavalia ensiformis*.

En *C. ensiformis* se evaluaron dos dosis de cal (0 y 1,000 kg ha⁻¹) y cuatro arreglos topológicos. De la combinación de ambos factores resultaron 8 tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 3. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, en un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela mayor correspondió a las dosis de cal y la parcela menor a los arreglos topológicos. El tamaño de las unidades experimentales fue de 4 x 1.8 m y la parcela útil de 3.2 m² para los tratamientos T1, T2, T5 y T6, y de 1.9 m² para los tratamientos T3, T4, T7 y T8, respectivamente.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el experimento. Evaluación del encalado y diferentes arreglos topológicos en el rendimiento de semilla de *Canavalia ensiformis*.

Tratamiento	Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)	Densidad de plantas (No. ha ⁻¹)
T1 Sin cal	40	20	250,000
T2 Sin cal	40	30	166,666
T3 Sin cal	60	20	166,666
T4 Sin cal	60	30	111,111
T5 Con cal	40	20	250,000
T6 Con cal	40	30	166,666
T7 Con cal	60	20	166,666
T8 Con cal	60	30	111,111

5.5. Establecimiento y manejo del cultivo

5.5.1. Experimento1. Establecimiento y manejo del cultivo de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana.

La siembra de Clitoria se realizó en junio de 2011 empleando semilla botánica, depositando cinco semillas por mata.

Previo a la siembra, el terreno se preparó mediante chapeo y una aplicación de herbicida (Glifosato) para eliminar la vegetación presente, la cual consiste en gramas nativas. Después, se roturó el suelo con un paso de rastra a una profundidad de 15 cm. Posteriormente, se encaló, empleando una dosis de 1,000 kg ha⁻¹ de cal agrícola en todas las parcelas, se aplicó al voleo y se incorporó manualmente empleando un azadón. Posteriormente, se trazaron líneas sobre las cuales se hicieron hoyos, con el objetivo de colocar las semillas a 5 cm de profundidad.

Un mes después de la siembra se realizó un aclareo dejando dos plantas por mata (excepto en los tratamientos T1 y T4, donde se dejó una planta). Al mes después de la siembra se realizó un corte de uniformidad a una altura aproximada de 10 cm, después del corte de uniformidad y al momento de la siembra 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). Durante todo el ciclo del cultivo las malezas se controlaron mediante deshierbe manual.

La cosecha de semilla se realizó en forma manual. Se efectuaron dos cosechas de semilla, la primera el 15 de diciembre del año 2011. La segunda se realizó el 23 de abril del 2012. El momento de cosecha se determinó mediante observación fenológica de las vainas. Se consideró que las vainas se encontraban maduras cuando estaban amarillas. Para todos los tratamientos, al momento de la cosecha de la semilla, se cosecharon todas las vainas maduras presentes en las plantas dentro de la parcela útil. Posteriormente, se realizó la trilla de vainas, limpieza y secado de la semilla en forma natural. La semilla obtenida se pesó, se embazó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio. Consecutivamente, se efectuó una prueba de germinación estándar en el laboratorio químico biológico de la Universidad del Papaloapan.

5.5.2. Experimento2. Establecimiento y manejo del cultivo de *Canavalia ensiformis*.

La *Canavalia* se sembró en el mes de julio de 2011, colocando dos semillas por mata.

En lo que respecta al procedimiento para el establecimiento de la *Canavalia*, la preparación del terreno, las dosis de fertilizante y cal son las mismas utilizadas en el experimento uno, sin embargo, en *Canavalia* la aplicación de cal solo se realizó en los tratamientos del cinco al ocho. Por el hábito de crecimiento de la especie no se realizó corte de uniformidad, y solo se dio una cosecha de semilla el 23 de enero del año 2012. El criterio para cosecharla, así como, el manejo después de la cosecha fue el mismo que se realizó en el experimento uno.

5.6. Variables evaluadas

Se evaluó el rendimiento de semilla total (kg ha^{-1}), 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), semillas por vaina, peso de 1,000 semillas y germinación de la semilla cosechada (%).

El rendimiento de semilla total se estimó con base en los kilogramos de semilla cosechada en el área de muestreo. El rendimiento de semilla pura se calculó con base en los kg de semilla total después de haber retirado las semillas vanas e impurezas. El rendimiento de semilla pura germinable se estimó mediante la fórmula siguiente (Cardoso *et al*, 1991): $\text{Rendimiento de semilla} \times \text{Porcentaje de germinación} / 100$.

Para la altura de planta, el rendimiento de semilla por planta, cantidad de vainas por planta, longitud de vaina y número de semillas por vaina, se cosecharon cuatro matas, previamente seleccionadas al azar dentro de la parcela útil. La longitud de vaina se estimó al medir todas las vainas presentes por planta y la medición se realizó 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 semillas por vaina, se cuantificó como el promedio de semillas por vaina presentes en cada una de las cuatro matas cosechadas. El peso de 1,000 semillas se estimó a partir de la semilla pura, con ocho repeticiones de 100 semillas, y el cálculo se realizó

multiplicando el promedio de las 8 repeticiones por 10, de acuerdo a las normas de la ISTA (2005).

La prueba de germinación de la semilla se realizó a los 60 y 40 días después de la cosecha para Clitoria y Canavalia, respectivamente. Para la obtención del porcentaje de germinación se utilizaron, cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento. Previo a la prueba de germinación, las semillas de Clitoria se escarificaron mediante inmersión en agua caliente a 80 °C, durante cinco minutos. Posteriormente, las semillas se pusieron en papel absorbente en cajas de plástico tipo sandwichera y colocadas bajo condiciones ambientales de laboratorio (30°C) y 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.

5.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables evaluadas, se sometieron a un análisis de varianza para probar diferencia entre tratamientos, con base en el diseño factorial 2 x 3 para Clitoria y parcelas divididas en Canavalia. La comparación de medias de tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5 % (SAS, 1998).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Efecto del arreglo topológico en el rendimiento y la calidad de *Clitoria ternatea*, durante la primer cosecha.

6.1.1. En el rendimiento de semilla.

La interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas no fue significativa ($P>0.05$) entre tratamientos para las variables rendimiento de semilla total, semilla pura y semilla pura germinable. No obstante la distancia 40 cm entre surcos y 10 cm entre plantas presentó el mayor rendimiento numérico de semilla total, con un valor promedio de 1257 kg ha⁻¹. El mismo efecto anterior se observó con el rendimiento de semilla pura, donde el mayor valor (1234 kg ha⁻¹) se observó con la distancia de 40 cm entre surcos y 10 cm entre plantas. No se observó efecto de la interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas ($P>0.05$) para la variable rendimiento de semilla por planta; sin embargo, se observó que la distancia 60 cm entre surcos y 10, 20 y 30 cm entre plantas presentó el mayor rendimiento, con un incremento de 28 %, en comparación con la distancia de 40 cm entre surcos (Cuadro 4). Estos resultados son similares a los reportados por Sánchez *et al.* (1992a y 1992b), quienes al evaluar la distancia de siembra en *Clitoria ternatea*, bajo condiciones de temporal no encontraron efecto significativo en el rendimiento de semilla, con valores promedio de 236 kg ha⁻¹ para la distancia entre surcos de 40 a 70 cm y 233 kg ha⁻¹ para la distancia entre plantas de 10 a 40 cm. Por tanto, en el presente estudio el rendimiento de semilla obtenido es superior al reportado por dichos autores.

Cuadro 4. Rendimiento de semilla por superficie y por planta en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)											
	10				20				30			
	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)
40	1257a	1234a	870a	6.3a	982a	961a	552a	6.6a	754a	737a	503a	8.2a
60	957a	936a	692a	7.6a	957a	939a	710a	10.4a	1046a	1025a	685a	11.7a

RST= rendimiento de semilla total; RSP= rendimiento de semilla pura; RSPG= rendimiento de semilla pura germinable; RSPP= rendimiento de semilla por planta.

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

6.1.2. En los componentes del rendimiento.

La interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas no tuvo efecto en la altura de planta y en los componentes del rendimiento: vainas por planta, longitud de vaina y semillas por vaina (P>0.05). Sin embargo, la variable vainas por planta a 60 cm entre surcos fue mayor en un 25 %, con respecto a la distancia de 40 cm (Cuadro 5). Estos resultados son diferentes a los obtenidos por Pérez (1993), quien al evaluar tres cultivares de *Clitoria*: Balancan, color y jaspeada, bajo condiciones de invernadero, y empleando macetas, con capacidad de 4 kg de suelo, obtuvieron 4.3, 4.7 y 7.0 vainas planta⁻¹, respectivamente.

Cuadro 5. Altura de planta y componentes del rendimiento de semilla en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)											
	10				20				30			
	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)
40	42 a	25 a	7.4 a	6.0 a	42 a	29 a	7.4 a	5.7 a	41 a	29 a	7.2 a	7.0 a
60	42 a	28 a	7.3 a	6.4 a	39 a	44 a	7.0 a	5.8 a	41 a	41 a	7.3 a	6.0 a

AP= altura de planta; VP= vainas por planta; LV=longitud de vaina; SV= semillas por vaina.

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

6.1.3. En la calidad de semilla.

La interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas no tuvo efecto en el peso de 1,000 semillas y porcentaje de germinación. No obstante, los valores de germinación con la distancia entre surcos de 60 cm y las distancias entre plantas 10, 20 y 30 cm fueron de 82, 83 y 72 %, respectivamente, los cuales se consideran altos (Cuadro 6). Resultados similares fueron reportados por Hernández y Cruz (1993), quienes al evaluar la producción de semilla de *C. ternatea*, encontraron que el peso de 100 semillas y el porcentaje de germinación no fueron afectados por la densidad de plantas.

Cuadro 6. Peso de mil semillas y porcentaje de germinación en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas durante la primera cosecha.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)					
	10		20		30	
	PMS (g)	PG (%)	PMS (g)	PG (%)	PMS (g)	PG (%)
40	48 a	50 a	46 a	61 a	48 a	79 a
60	48 a	82 a	47 a	83 a	48 a	72 a

PMS= peso de mil semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

Al analizar los efectos principales, en la primer cosecha, no se encontró efecto de la distancia entre surcos y distancia entre plantas para las variables rendimiento de semilla total, rendimiento de semilla pura y rendimiento de semilla pura germinable ($P > 0.05$). Sin embargo, el efecto de la distancia entre plantas fue significativo para el rendimiento de semilla por planta ($P < 0.05$) donde el valor mayor (9.9 g de semilla) se obtuvo a 30 cm entre plantas; mientras que el valor menor (6.9 g) se presentó con la distancia de 10 cm. Asimismo, la distancia entre surcos de 60 cm tuvo el mayor rendimiento, con un valor de 9.2 g de semilla por planta, en comparación con la distancia de 40 cm, la cual presentó 7.1 g de semilla por planta (Cuadro 7).

Se observó que la distancia de 10 cm entre plantas fue la que presentó los mayores valores de rendimiento de semilla total, rendimiento de semilla pura y rendimiento de semilla pura germinable, con valores de 1,107; 1,085 y 781 kg ha⁻¹, respectivamente. El mayor porcentaje de germinación (79 %) se presentó con la distancia de 60 cm entre surcos (Cuadro7).

Cuadro 7. Rendimientos de semilla a diferente distancia entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.

Distancia entre surco (cm)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)
40	7.1 b	998 a	977 a	642 a
60	9.2 a	986 a	966 a	695 a
Distancia entre planta (cm)				
10	6.9 b	1107 a	1085 a	781 a
20	8.5 ab	969 a	950 a	631 a
30	9.9 a	900 a	881 a	594 a

RSPP= rendimiento de semilla por planta; RST= rendimiento de semilla total; RSP= rendimiento de semilla pura; RSPG= rendimiento de semilla pura germinable.

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

En cuanto a los efectos principales de la distancia entre surcos y distancia entre plantas para los componentes del rendimiento se observó que la distancia entre surco únicamente mostro diferencia ($P < 0.05$) para la variable vainas por planta, donde el mayor valor se obtuvo con la distancia de 60 cm entre surco y el menor con la distancia de 40 cm, con valores de 37 y 28 vainas por planta, respectivamente (Cuadro 8). La distancia entre planta tuvo efecto significativo ($P < 0.05$) en la variable vainas por planta, donde la distancia de 20 cm entre plantas mostró el mayor valor (36 vainas) superando a la distancia de 10 cm (27 vainas por planta). Un efecto similar al anterior se observó en la variable semillas por vaina ($P < 0.05$) donde la distancia de 30 cm entre plantas presentó la mayor cantidad y la de 20 cm la menor, con valores de 6.4 y 5.8 semillas por vaina, respectivamente. La altura de planta y longitud de vaina no fueron afectadas por la distancia entre plantas ($P > 0.05$). La calidad de la semilla en términos del peso de 1000 semillas y porcentaje de germinación no fue afectada por la distancia entre surcos y distancia entre plantas ($P > 0.05$) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la primera cosecha.

Distancia entre surco (cm)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	PMS (g)	PG (%)
40	42 a	28 b	7.3 a	6.1 a	48 a	64 a
60	41 a	37 a	7.2 a	6.2 a	48 a	79 a
Distancia entre planta (cm)						
10	42 a	27 b	7.4 a	6.2 ab	48 a	67 a
20	41 a	36 a	7.2 a	5.8 b	47 a	73 a
30	41 a	35 ab	7.2 a	6.4 a	48 a	76 a

AP= altura de planta; VP= vainas por planta; LV=longitud de vaina; SV= semillas por vaina; PMS= peso de mil semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

6.2. Efecto del arreglo topológico en *Clitoria ternatea*, durante la segunda cosecha.

6.2.1. En el rendimiento de semilla.

No se encontraron diferencias de la interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas para las variables rendimiento de semilla por planta, rendimiento total de semilla, rendimiento de semilla pura y rendimiento de semilla pura germinable ($P > 0.05$). No obstante, los rendimientos de semilla por planta, rendimiento de semilla total, rendimiento de semilla pura y rendimiento de semilla pura germinable fueron mayores en la distancia de 60 cm entre surcos en las distancias de 10, 20 y 30 cm entre plantas, en comparación a los valores encontrados en la distancia de 40 cm entre surcos (Cuadro 9). Los rendimientos

de semilla encontrados en el presente estudio son superiores a los reportados por Godínez (1990), quien para esta misma especie, bajo condiciones de invernadero y cosecha manual obtuvo un promedio de 321 kg de semilla ha⁻¹. Mientras que, Carvajal (1988) reportó para *C. ternatea* cv. Común un rendimiento de 413 kg de semilla pura ha⁻¹ año⁻¹.

Cuadro 9. Rendimiento de semilla en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)											
	10				20				30			
	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)
40	825a	815a	504a	4.9a	774a	761a	470a	7.2a	777a	769a	443a	7.2a
60	952a	941a	517a	6.1a	928a	916a	581a	8.0a	959a	948a	581a	9.2a

RST= rendimiento de semilla total; RSP= rendimiento de semilla pura; RSPG= rendimiento de semilla pura germinable; RSPP= rendimiento de semilla por planta.

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

6.2.2. En los componentes del rendimiento.

La interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas fue significativa para la variable altura entre plantas (P<0.05), donde las distancias de 60 x 30 cm y 40 x 30 cm entre surcos y plantas tienen las mayores alturas con 51 y 42 cm, respectivamente (Cuadro 10). Alturas similares fueron reportadas por Vázquez (2000), quien al evaluar el efecto de diferentes métodos de siembra en *Clitoria ternatea* encontró que la siembra al voleo, con macana y en surcos no afectaron la altura de planta, con un valor promedio de 55.5 cm. No hubo efecto de la

interacción de la distancia entre surcos y distancia entre plantas en los componentes del rendimiento: vainas por planta, longitud de vaina y semillas por vaina ($P>0.05$). No obstante se observó que la variable vainas por planta presentó un incremento del 13 % en la distancia 60 cm entre surcos, respecto a la distancia de 40 cm (Cuadro 10). En un estudio previo, donde se evaluaron diferentes densidades de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana se encontró que la longitud de vaina fue el componente que presentó el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla, con valor de 0.57 (Medel *et al.* 2012)

Cuadro 10. Altura de planta y componentes del rendimiento de semilla en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)											
	10				20				30			
	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)
40	46 a	18 a	7.8 a	6.6 a	49 a	27 a	7.7 a	6.1 a	42 b	28 a	7.6 a	6.0 a
60	43 a	23 a	7.8 a	6.2 a	46 a	30 a	7.8 a	6.2 a	51 a	31 a	7.9 a	6.6 a

AP= altura de planta; VP= vainas por planta; LV=longitud de vaina; SV= semillas por vaina.
a, b Literales diferentes en cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey, $P<0.05$).

6.2.3. En la calidad de la semilla.

La interacción distancia entre surcos y distancia entre plantas no tuvo efecto ($P>0.05$) en el peso de 1000 semillas y porcentaje de germinación (Cuadro 11). Resultados similares fueron reportados por Hernández y Cruz (1993), quienes al evaluar la producción de semilla de *C. ternatea*, encontraron que el peso de 100

semillas no fue afectado por la densidad de plantas. Para esta misma especie, Godínez (1990) bajo condiciones de invernadero y cosecha manual una germinación de 26.6%. Valores que son inferiores a los encontrados en este estudio. Asimismo, Medel *et al.* (2012) reportaron que la densidad de plantas no tuvo efecto en el peso de 100 semillas y porcentaje de germinación.

Cuadro 11. Peso de mil semillas y porcentaje de germinación en *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas durante la segunda cosecha.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)					
	10		20		30	
	PMS (g)	PG (%)	PMS (g)	PG (%)	PMS (g)	PG (%)
40	46a	56 ^a	46a	51a	46a	45 ^a
60	44a	49 ^a	44a	55a	44a	54 ^a

PMS= peso de mil semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

Al analizar de manera independiente los efectos principales distancia entre surcos y distancia entre plantas, no se encontró efecto ($P > 0.05$) en el rendimiento de semilla. No obstante, se observó que con la distancia de 60 cm entre surcos se obtuvo el mayor rendimiento de semilla total, rendimiento de semilla pura y rendimiento de semilla pura germinable, con valores de 947, 936 y 560 kg ha⁻¹. Se encontró efecto significativo de la distancia entre plantas ($P < 0.05$) en el rendimiento de semilla por planta, donde el mayor valor (8.2 g de semillas por planta) se obtuvo a 30 cm entre plantas, y el menor (5.5 g) a 10 cm. Aunque no se encontró efecto de la distancia entre surcos, se observó que ($P > 0.05$) a 60 cm

entre surcos se presentó el mayor rendimiento por planta con un valor de 7.8 g de semilla, en comparación con la distancia de 40 cm entre surcos, con 6.4 g de semilla por planta (Cuadro 12).

Cuadro 12. Rendimientos de semilla a diferente distancia entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.

Distancia entre surco (cm)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)
40	6.4 a	792 a	782 a	472 a
60	7.8 a	947 a	936 a	560 a
Distancia entre planta (cm)				
10	5.5 b	889 a	878 a	510 a
20	7.6 ab	851 a	839 a	526 a
30	8.2 a	868 a	859 a	512 a

RSPP= rendimiento de semilla por planta; RST= rendimiento de semilla total; RSP= rendimiento de semilla pura; RSPG= rendimiento de semilla pura germinable.

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

En cuanto a los componentes del rendimiento, durante la segunda, la distancia entre surcos y la distancia entre plantas únicamente tuvieron efecto en el número de vainas por planta (P<0.05), donde el mayor valor (28 vainas) se obtuvo con la distancia de 60 cm entre surcos. Un comportamiento similar al anterior se observó con la distancia entre plantas, donde el valor más alto (29 vainas por planta) se obtuvo con la distancia de 30 cm. La obtención de un mayor número de vainas se atribuye a las distancias más amplias, ya que, la competencia por luz, agua y nutrimentos es menor, y en consecuencia se obtiene un mayor rendimiento de semilla. En relación a la calidad de la semilla en términos del peso de 1000

semillas y porcentaje de germinación de la semilla cosechada, se encontró que la distancia entre surcos tuvo efecto en el peso de 1000 semillas, donde el mayor valor (45.8 g) se obtuvo con la distancia de 40 cm (Cuadro 13).

Cuadro 13. Altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana, a diferentes distancias entre surcos y plantas, durante la segunda cosecha.

Distancia entre surco (cm)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	PMS (g)	PG (%)
40	46 a	24 b	7.7 a	6.2 a	45.8 a	51 a
60	47 a	28 a	7.9 a	6.3 a	43.9 b	53 a
Distancia entre planta (cm)						
10	45 a	20 b	7.8 a	6.4 a	45.0 a	52 a
20	48 a	28 ab	7.8 a	6.1 a	44.7 a	53 a
30	46 a	29 a	7.8 a	6.3 a	44.8 a	49 a

AP= altura de planta; VP= vainas por planta; LV=longitud de vaina; SV= semillas por vaina; PMS= peso de mil semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

6.3. Evaluación del encalado y arreglos topológicos en el rendimiento de semilla y calidad de semilla de *Canavalia ensiformis*.

6.3.1. Efecto de la distancia entre plantas.

6.3.1.1. En el rendimiento de semilla.

No se encontró diferencia del arreglo topológico en el rendimiento de semilla ($P > 0.05$). Sin embargo, se observó que los mayores rendimientos de semilla se presentaron en las distancias más amplias, es decir a 60 y 30 cm entre surcos y plantas, respectivamente, (Cuadro 14). Al respecto, Matías (1996b) al estudiar el efecto de la densidad de plantas en la producción de semillas de *Canavalia ensiformis* cv. IH-18405, encontró que los rendimientos más altos de semilla (712.5 y 704.5 kg ha^{-1}) se obtuvieron con las distancias de 75 y 50 cm entre hileras y plantas, respectivamente.

Cuadro 14. Rendimiento de semilla de *Canavalia ensiformis*, a diferentes distancias entre surcos y plantas.

Distancia entre surco y planta (cm)	RSPP (g)	RST (kg ha^{-1})	RSP (kg ha^{-1})	RSPG (kg ha^{-1})
40 – 20	26.5 a	1797.9 a	1761.8 a	1525.2 a
40 – 30	34.5 a	1921.8 a	1917.9 a	1640.8 a
60 – 20	29.9 a	1838.9 a	1808.5 a	1265.9 a
60 – 30	37.3 a	1992.7 a	1953.4 a	1529.8 a

RSPP= rendimiento de semilla por planta; RST= rendimiento de semilla total; RSP= rendimiento de semilla pura; RSPG= rendimiento de semilla pura germinable.

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

6.3.1.2. En los componentes del rendimiento.

La distancia entre surcos y plantas tuvo efecto la altura de planta ($P>0.05$), donde el valor mayor (83.5 cm) se presentó en las distancias 60 x 20 cm entre surcos y plantas, respectivamente (Cuadro 15.) En cuanto a los componentes del rendimiento: número de vainas por planta, longitud de vaina semillas por vaina, no se encontró efecto de la distancia entre surcos y plantas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de la semilla de *Canavalia ensiformis*, a diferentes distancias entre surcos y plantas.

Distancia entre surco y planta (cm)	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)	PCS (g)	PG (%)
40 – 20	76.0 b	2.3 a	23.5 a	8.5 a	148.9 a	88.3 a
40 – 30	79.0 ab	2.7 a	24.7 a	8.9 a	151.3 a	87.9 a
60 – 20	83.5 a	2.6 a	22.9 a	7.8 a	148.4 a	67.9 a
60 – 30	76.5 b	2.8 a	23.9 a	8.3 a	168.9 a	84.6 a

AP= altura de planta; VP= vainas por planta; LV=longitud de vaina; SV= semillas por vaina; PCS= peso de cien semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

6.3.2. Efecto del encalado.

6.3.2.1. En el rendimiento de semilla.

La aplicación de cal solo tuvo efecto en el rendimiento de semilla por planta ($P < 0.05$). El mayor valor (35.5 g por planta) se obtuvo con la aplicación de 1000 kg de cal, mientras que, al no aplicar cal el rendimiento fue de 29.1 g (Cuadro 16). Aunque no hubo efecto del encalado en los rendimientos de semilla ($P > 0.05$) se observó que la aplicación de cal mejoro el rendimiento de semilla total, semilla pura y semilla pura germinable, con valores de 2069.5, 2027.1 y 1585 kg ha⁻¹, respectivamente. (Cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto del encalado en el rendimiento y calidad de semilla de *Canavalia ensiformis*, a diferentes distancias entre surcos y plantas.

Dosis de Cal (kg ha ⁻¹)	RSPP (g)	RST (kg ha ⁻¹)	RSP (kg ha ⁻¹)	RSPG (kg ha ⁻¹)	PG (%)
0	29.1 b	1706.2 a	1693.7 a	1395.5 a	85.9 a
1000	35.5 a	2069.5 a	2027.1 a	1585.4 a	80.7 a

RSPP= rendimiento de semilla por planta; RST= rendimiento de semilla total; RSP= rendimiento de semilla pura; RSPG= rendimiento de semilla pura germinable.

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

6.3.2.2. Altura y componentes del rendimiento.

No se encontró efecto del encalado en la altura de planta y los componentes del rendimiento ($P > 0.05$). Aunque se observó un ligero incremento numérico en el valor de las variables número de vaina por planta, longitud de vaina y semillas por vaina cuando se aplicaron 1000 kg ha^{-1} de cal (Cuadro 17). El número de vainas por planta se vio afectado por la época de siembra, ya que la floración se presentó durante la época de nortes.

Cuadro 17. Efecto del encalado en la altura de planta, componentes del rendimiento y calidad de semilla de *Canavalia ensiformis*, a diferentes distancias entre surcos y plantas.

Dosis de Cal (kg ha^{-1})	AP (cm)	VP (no.)	LV (cm)	SV (no.)
0	78.8 a	2.7 a	23.9 a	8.6 a
1000	78.7 a	2.4 a	23.6 a	8.2 a

AP= altura de planta; VP= vainas por planta; LV=longitud de vaina; SV= semillas por vaina; PCS= peso de cien semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

6.3.2.3. En la calidad de semilla.

No se encontró efecto del encalado en la calidad de la semilla en términos del peso de 100 semillas y germinación. Aunque se obtuvo un promedio de germinación de 83 % (Cuadro 18).

Cuadro 18. Calidad de la semilla de *Canavalia ensiformis*, a diferentes distancias entre surcos y plantas.

Dosis de Cal (kg ha ⁻¹)	PCS (g)	PG (%)
0	156.7 a	85.9 a
1000	152.0 a	80.7 a

PCS= peso de cien semillas; PG= porcentaje de germinación.

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

7.- CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- Los arreglos topológicos con mayor distancia entre surcos y plantas presentaron los mejores rendimientos de semilla de Clitoria y de Canavalia, esto se puede atribuir a que, la competencia por luz, agua y nutrimentos es menor; por lo tanto, los componentes del rendimiento de semilla de ambas especies se comportaron de manera similar entre los tratamientos evaluados.
- Para el caso de la especie de Canavalia la aplicación de cal no presentó efecto en los componentes del rendimiento, sin embargo, los rendimientos de semilla tienden a incrementarse en los tratamientos donde sí se aplicó.
- Los resultados obtenidos muestran que para obtener mejores rendimientos de semilla es necesario evaluar y encontrar las distancias adecuadas entre surcos y plantas. Mientras que, para el caso de la aplicación de cal se necesitaría probar dosis de cal superiores a 1000 kg ha^{-1} .

8. LITERATURA CITADA

- AGUILAR, C. A. y ZOLLA, C. 1982. Plantas tóxicas de México. Primera edición. Instituto Mexicano del Seguro Social. México. 271 p.
- AMARASIRI, S. L., and S. R. OLSEN. 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. Soil Sci. Soc of Am. Proc. 37: 716-721.
- AYKROYD, W. R. and DOUGHTY, J. 1964. Legumes in human nutrition. Food and Agriculture Organization Study No. 19. Food Agriculture organization of the United Nations. Rome. 139 p.
- BARROW, N. J. 1984. Modeling the effects of pH on Phosphate sorption by soiles. J. Soil Sci. 35: 283-279.
- BASULTO, G. J. A. y AYALA, S. A. 1988. Creación y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en la región de Sisal, Yucatán, México. Pizarro, EA (Ed)- Cali (Colombia). CIAT. pp 31-34.
- BEKKER, A. W., N. V. HUE and R.G.CHASE. 1994. Effects of liming, k fertilization and leaching on k retention, nutrient uptake and dry matter production of maize grown on a Samoan oxic Inceptisol. Fertilizer Research 38: 123-130.
- BLACK, C. A. 1967. Soil Plant Relationships. Second edition. John Wiley, New York. USA.R, A. y L. J. CAJUSTE. 1987. Retención de fosforo. pp 143-150. In: A. Aguilar S., J. D. Etchevers B. y J. Z. Castellanos R. (eds.) Análisis químico para evaluar a la fertilidad del suelo. Publicación especial No. 1. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo.
- BOGDAN, A. V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. 1rst 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.
- 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.
- BULLER, E. R., PITNER, B. J. y PORRAS, M. H. 1955. Adaptación de zacates y leguminosas para forraje: Conservación y mejoramiento del suelo en México. S. A. G. México. Folleto Técnico No. 34. 20 p.

- 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.
- 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.
- CASSEL, D. K., and R. LAL. 1992. Soil properties of the tropics: Common beliefs and management restrains. Pp 61-89 in: R Lal and P.A. Sanchez (eds.)
- CONWAY, MJ, McCOSKER, K., OSTEN, V., COAKER, S. y PENGELLY, BC (2001) guisante de mariposa - Un leguminosas historia de éxito en tierras de cultivo de Queensland Central. En; Rowe, B., Mendham, N. y Donaghy, D. (eds.) Actas de la 10a Australia Agronomía de la Conferencia, Hobart. <http://www.pi.csiro.au/ahpc/grasses/pdf/Milgarra.pdf>
- 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 Juchitan, 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.
- DÍAZ, M. F., GONZÁLEZ, A., PADILLA, C. y CURBELO, F. 2003. Comportamiento de la producción de forrajes y granos de *Canavalia ensiformis*, *Lablab purpureus* y *Stizolobium niveum* en siembras de septiembre. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37:65-69.

- 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.
- FARINA, M. P., M.E. SUMNER, C.O. PLANK AND W.S. LETZCH. 1980. Exchangeable aluminum and pH as indicators of lime requirement for corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 1036-1041.
- FASSBENDER W., H. 1982. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José Costa Rica.
- FEBLES, G. 1975. Factores que afectan la germinación. I. Factores ocurrientes 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.
- 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 *Lycine Neonotonia wightii* Verd. En Ajuchitlán, Guerrero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado. de México. 74 p.
- GOEDERT, W. J., R.B. COREY and J.K. SYERS. 1975. The effect of potassium equilibrium in soil of Rio Grande do Soul, Brazil. Soil Sci. 120: 107-111.
- GOHL, B. 1982. Piensos tropicales, resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. FAO. Producción y Sanidad Animal. Roma, Italia. 550 p.
- GONZALEZ, M. J. A. 1974. Colección, introducción y estudio de leguminosas forrajeras en el estado de Tabasco. Tesis Profesional de Maestría. CSAT. Tabasco, México. 98 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.

- GREEN, H. 1954. Fertilizer prospects in Africa. Trans 5th. Int. Cong. Leopoldville Bel. Congo. Soil Science 1: 146-174.
- HALL, T. J. 1985. Adaptation agronomy of *Clitoria ternatea* L. in northern Australia. Tropical Grasslands. 19(14):156–163.
- HAVARD-DUCLOS, B. 1975. Las plantas forrajeras tropicales. Editorial Blume. Madrid, España. 380 p.
- HAYNES, R. J. 1982. Effect of liming on phosphate availability in acid soil. Plant Soil 68:289-298.
- 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 Profesional. Universidad Autonoma 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. Enviromental adaptation of tropical pasture plants. Firts 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.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA). 2010. www.inegi.org.mx.
- 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 (Suplenment 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 paletizado de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chapingo. México. 39 p.
- JOAQUIN, T. B. M. 2002. Fertilización nitrogenada, fecha de cosecha y reguladores de crecimiento, en el rendimiento y calidad de semilla de pasto Guinea cv. Tanzania. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 160 p.
- KAMPRATH, E.J. 1971. Potential detrimental effects from liming highly weathered soil to neutrality. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 31: 200-203.
- KEMMLER, G. 1980. Potassium deficiency in soil of the tropics as a constraint to food production. pp. 253-275. In: *Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in tropics*. IRRI, Los baños, Philippines.
- LANGER, R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts*. 33:41–48.
- LANYON, L. E., B. NAGHSHINEH-POUR and E.O. McLEANS. 1977. Effects of pH level on yield and composition of pearl millet and alfalfa in soils with different degrees of weathering. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 389-394.
- LATHWELL, D. J. 1979. Crop response to liming of Ultisols and Oxisols. *Cornell Int. Agric. Bull.* 35. Cornell University, Itaca, NY, USA.
- LÓPEZ – HERNÁNDEZ, D. and C.D. BURNHAM. 1974. The effect of pH on phosphate adsorption in soils. *Soils Science* 25: 207-216.
- 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.
- LUTZ, J. A., C. F. CENTER AND G. W. HAWKINS. 1972. Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize: I. P, K, Ca, Mg, and na. *Agronomy Journal* 64: 581-584.
- MARTIN, J. A., R.A. KOCHRANN, O. J. SIQUIERA and C. M. BORKERT. 1974. Response of soybeans to liming as related to soil acidity, Al and Mn toxicities, and P in some Oxisols of Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 616-620.
- MARTÍNEZ, H. P. A. 1982. Establecimiento. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. Mimeografiado. 35 p.

- MATIAS, 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. pp. 19-137.
- MATÍAS, C. 1996b. Determinación del marco de siembra optimo para la producción de semillas de *Canavalia ensiformis*. Pastos y forrajes. pp. 19-225.
- McCwn, R. L. 1973. An evaluation of the influence of available soil water storage capa.
- McDowell, L., CONRAD, J., THOMAS, J., HARRIS, L. 1974. Latin American tables of feed composition. University of Florida. Gaineville, Florida.
- 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 affec of waterlogging on the growth of *Stylosanthes guayensis*. Tropical Grasslands. 10:173–178.
- MEDEL, C. C. I., JOAQUÍN, T. B. M., SÁNCHEZ, H. M. A., PARRA, L. M. L., JOAQUÍN, C. S., GÓMEZ, V. A., HERNÁNDEZ, G. A. 2012. Evaluación de la distancia entre plantas sobre el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* L. cv. Tehuana. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15:489-497.
- MEDEL, C. C. I. 2008. Evaluación de la densidad de plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana. Tesis de Licenciatura. Universidad del Papaloapan. Campus, Loma Bonita, Oaxaca. 54 p.
- MEYER, S., ANDERSON D. y BOHING, R. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. Editorial. Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 578 p.
- MORGAN, H. O., RUIIZ, R., FERNÁNDEZ, L. R. y ÁLVAREZ, A. 2009. Producción de biomasa de *canavalia ensiformis* en pastoreo durante el período seco. Ciencia y Tecnología Ganadera. Vol. 3 No. 3, p. 143-146.
- MUNSON, R. D. and W.L. NELSON. 1963. Movement of applied potassium in soils. Agric. Food Chem. 11(3): 193-201.
- MUZILLI, O. 1982. Nutricao e edubacao potassica da soja no Brasil. Pp: 373-392. In: T. Yamada (ed.) Potasio na Agricultura Brasileira. Instituto da potasio e Fosfato (EUA) and Instituto Internacional da Potassa (SUICA) Piracicaba, Brasil.

- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (NAS). 1979. Tropical legumes. Resources for the future. National Academy Sciences. Washington, D. C. 331 p.
- PARFITT, R. L. 1977. Phosphate adsorption on an Oxisol. Soil Soc. Of Am. J. 41: 1064-1067.
- PASTRANA A., y J.A. JIMÉNEZ CH. 1998. Validación de cal dolomita con sorgo en suelos ácidos de la sabana de hui manguillo, Tabasco. Memoria XI Reunión Científica-Tecnología Forestal y Agropecuaria, Villahermosa, Tabasco. P. 43-53.
- 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 GONZALEZ 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. pp. 14-219.
- 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 cruz 1). Ciencia Técnica Agrícola 3(2):21–30.
- POUND, B., DOÑE, F. y PERALTA, G. 1982. Efecto de frecuencias de corte en la producción de semilla y forraje de *Canavalia ensiformis* (L) D. C. (Jack Bean). Producción Animal Tropical 7: 278-282 pp.
- PURSEGLOVE, J. W. 1977. Tropical Crops. Dicotyledons. Third impression. Longman. Hong Kong. 719 p.
- REEVE, N.G. and M. E. SUMNER. 1970. Effects of aluminum toxicity and phosphorus fixation on crop growth on Oxisols in Natal. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 34: 263-267.

- RODRÍGUEZ, J. M. 1976. Fertilización y encalado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos volcánicos de Antioquia y Caldas. Revista ICA v.11(1) 23-44.
- RYDEN, J.C. AND P.F. PRATT. 1980. Phosphorus removal from wastewater applied to land. *Hidalgardía* 48: 1-36.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2006. Sexto informe de labores. México, DF. 375 p. <http://www.sagarpa.gob.mx>.
- SAG (SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 1975. Normas para la certificación de semillas. Dirección General de Agricultura. México. 91 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, Gro. Tesis profesional. Ingeniero Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Estado de México. 66 p.
- SÁNCHEZ, R.R. *et al.* 1992b. Producción de semilla en *Clitoria ternatea* L., bajo diferentes patrones de siembra. IV Reunión Científica. INIFAP–SARH. Tepic, Nayarit. 69 p.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Avance de siembras y cosechas para pastos. <http://www.siap.gob.mx>.
- SNICS (Servicio Nacional de Identificación y Certificación de Semillas). 2003. Directorio de productores y comercializadores de semillas para siembra. México, DF. <http://www.sagarpa.gob.mx/snics>.
- SKERMAN, P. J. 1977. Tropical forage legumes. FAO-Plant Production and protection series. Rome, Italy. 609 p.
- STOOP, W. A. 1983. Phosphate adsorption mechanisms in oxidic soils implications for availability to plants. *Geoderma* 31:57-69.
- 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.
- UEXKULL, R. H. 1986. Efficient fertilizer use an acid upland soil of the humid tropics. FAO.
- UGRJ (Unión Ganadera Regional de Jalisco). 2012. <http://www.ugrj.org.mx>.

- VÁZQUEZ, C. L. 2000. Producción forrajera de la leguminosa Conchita azul (*Clitoria ternatea*), en tres métodos de siembra, en Huehuetan, Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetan, Chiapas. 51 p.
- VILLANUEVA, A. J. F., BONILLA C. J. A., RUBIO C. J. V., BUSTAMANTE G. J. J. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc Pecu Méx*;42(1):79-96
- 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.
- ZETINA, L. R. 2004. Mejoramiento de suelos degradados por monocultivo de Piña, en Veracruz, mediante prácticas de labranza, encalado y abono verde. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco; Estado de México. 65 p.
- ZETINA, L. R. 1995. Efecto del encalado sobre la disponibilidad de Fosforo y Potasio en suelos ácidos cultivados con maíz en el sur de Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco; Estado de México. 137 p.