



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLAN"

DETERMINACION DE LA DENSIDAD OPTIMA
DE POBLACION DE ESPARRAGO (Asparagus
officinalis) EN EL VALLE DEL YAQUI,
SONORA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA
PRESENTA

PATRICIA FRAGOSO SERVON

Director de Tesis: Ing. Luis L. Valera Montero
Coasesor: Ing. Felipe E. Solis Torres

1987.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE DE MATERIAS

INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DEL APENDICE	IX
RESUMEN	X
I INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	2
II REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del espárrago	4
2.1.1 Origen	4
2.1.2 Distribución geográfica	4
2.1.3 Descripción botánica	5
2.1.4 Utilización	6
2.1.5 Variedades	7
2.1.6 Suelos apropiados para el espárrago	7
2.1.7 Fertilización	8
2.1.8 Cosecha	9
2.1.9 Sistema de producción	11
2.1.9.1 Primer año	11
2.1.9.2 Segundo año	12
2.1.9.3 Tercer año	13
2.1.9.4 Cuarto año	14
2.1.10 Plagas y enfermedades	14
2.1.11 Normas de calidad	16
2.2 Densidades de población en espárrago	16
2.2.1 Distancia entre surcos	17

2.2.2 Distancia entre plantas	18
2.3 Diseño experimental de surcos paralelos.	22
III MATERIALES Y METODOS	27
3.1 Localización del experimento	27
3.2 Procedimiento experimental	27
3.3 Prácticas culturales	28
3.4 Mediciones agronómicas	30
3.5 Análisis estadístico	31
IV RESULTADOS Y DISCUSION	37
4.1 Altura de planta	37
4.2 Grosor de tallos	40
4.3 Número de tallos por planta.	44
4.4 Número de tallos por hectárea.	47
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFIA	51
APENDICE	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Disposición de las plantas en un diseño de A-banico para probar 14 densidades	25
Figura 2.	Disposición de las plantas en un diseño de Surcos Paralelos para probar 10 densidades	26
Figura 3.	Localización del Valle del Yaqui	33
Figura 4.	Diseño experimental de surcos paralelos para probar 6 densidades de población en espárrago	34
Figura 5.	Lote experimental	35
Figura 6.	Seguimiento del porcentaje de humedad del suelo y riego en la parcela experimental	36
Figura 7.	Líneas de regresión para el factor altura de planta	39
Figura 8.	Líneas de regresión para el factor grosor de tallos	43
Figura 9.	Líneas de regresión para el factor número de tallos por planta	46
Figura 10.	Líneas de regresión para el factor número de tallos por hectárea	49

INDICE DEL APENDICE

Figura 11.	Respuesta del factor altura de planta durante los ocho meses de cultivo.	55
Figura 12.	Respuesta del factor grosor de tallos durante los ocho meses de cultivo.	56
Figura 13.	Respuesta del factor número de tallos por planta durante los ocho meses de cultivo . . .	57
Figura 14.	Respuesta del factor número de tallos por hectárea durante los ocho meses de cultivo. . . .	58

RESUMEN

Debido a que el espárrago ha tenido gran adaptación a las condiciones de suelo y clima del Valle del Yaqui, Sonora; la presente investigación tuvo la finalidad de determinar la densidad óptima de población en su segundo año de cultivo.

Se probaron seis distancias entre plantas (15, 30, 45, 60, 75 y 90 cm) de la variedad UC-72, utilizando el diseño experimental de "surcos paralelos" con ocho repeticiones.

Las variables medidas durante el experimento fueron altura de planta, grosor del tallo más alto, número de tallos por planta y se determinó el número de tallos por hectárea. Se realizaron 11 mediciones durante los ocho meses de cultivo y los datos obtenidos se analizaron mediante regresiones.

Fué a partir de la sexta semana después del trasplante cuando se encontraron diferencias estadísticas en los factores estudiados.

Al finalizar el ciclo se encontró que la altura de planta no fué un factor limitado por las diferentes distancias; en cambio, el grosor, número de tallos por planta y número de tallos por hectárea se vieron limitados por el distanciamiento entre plantas.

El número de tallos por planta y grosor fueron favorecidos por los distanciamientos mayores y el número de tallos por hectárea por las distancias menores.

Las distancias intermedias de 45-60 cm con densidades entre 13,888 y 10,416 plantas por hectárea son con las que posiblemente se obtenga la mejor calidad y producción de es-

párragos, al obtenerse en ellas tallos gruesos sin afectar considerablemente la producción de tallos por hectárea.

I INTRODUCCION

En el Valle del Yaqui, el espárrago es una hortaliza que ha tenido buena adaptación a sus condiciones de suelo y clima. Se caracteriza por ser un cultivo que requiere altas inversiones sin ingresos durante los dos o tres años de establecimiento y tiene un promedio de vida productiva entre 10 y 15 años. Sin embargo, el uso de una densidad de población no apropiada en estas condiciones puede reducir hasta un 50% su producción potencial durante los primeros años.

Si las distancias entre plantas son muy pequeñas, estas crecen muy apretadas dando tallos de poca calidad, si las distancias son muy grandes disminuyen los rendimientos a pesar de tener tallos gruesos y grandes, en cambio, cuando la densidad de siembra es la adecuada se obtendrán buenos rendimientos sin afectar la calidad.

El espárrago es un cultivo alternativo para esta zona agrícola porque presenta varias ventajas como la tolerancia a sales y sequía, es de fácil manejo, tiene pocas plagas y enfermedades y económicamente es una hortaliza de exportación en extremo lucrativa por tener buen precio en el mercado.

En el presente trabajo se analizan seis diferentes distancias entre plantas, con la finalidad de determinar la densidad óptima de población de espárrago en su segundo año de establecimiento, para las condiciones de suelo y clima del Valle del Yaqui, Estado de Sonora.

1.1.OBJETIVOS

- 1.Conocer la densidad óptima de población de espárrago en función del desarrollo fenológico de la planta en su segundo año de cultivo.
- 2.Conocer las características morfológicas de la planta al final del ciclo vegetativo.

1.2.HIPOTESIS

Las distancias entre plantas menores o iguales a 45 cm promueven una mayor producción por área.

1.3.SUPUESTOS

- 1.La variedad UC-72 de espárrago tiene gran adaptabilidad a las condiciones climáticas del Valle del Yaqui, Sonora.
- 2.La textura y estructura de los suelos afectaron de igual forma a todos los tratamientos.
- 3.La fertilización y labores culturales, se realizaron de igual manera para cada uno de los tratamientos por lo

que afectaron igualmente a cada uno de ellos.

4. La aplicación de los riegos fué igual y bajo las mismas condiciones, de tal manera, que afectaron de la misma forma a cada uno de los tratamientos que se investigaron.

II REVISION DE LITERATURA.

2.1 Generalidades del espárrago

2.1.1 Origen

El espárrago se ha cultivado desde hace muchos siglos, se cree que es originario de las costas de Mediterráneo, Siberia y Europa (Casseres, 1984), en donde crece en forma silvestre su forma más antigua y común.

Se tienen noticias de esta planta desde los tiempos de griegos y romanos, los griegos le llamaban "Orminos" y los romanos "Corunda". Ambos en sus escritos diferenciaban a los espárragos silvestres de los cultivados, Catón y Columela en su libro sobre agricultura daban normas para su buen cultivo (García, 1959).

En el siglo XVIII, los holandeses se interesaron por este cultivo, empezando a obtener variedades especiales derivadas de una mutación del espárrago común, obteniendo espárragos más gruesos; a esta variedad le llamaron "Holanda" que rápidamente se extendió por Europa y el resto del mundo (García, 1959).

En la actualidad existe un gran número de variedades comerciales de muy buenas condiciones y rendimientos que se han adaptado a las diversas zonas en que hoy se cultiva.

2.1.2 Distribución geográfica

García (1959) establece que el espárrago es una planta muy rústica que resiste tanto los frios muy intensos como los fuertes calores, también soporta la sequía y esta característica la hace

una planta muy apreciable en ciertas condiciones difíciles para otras hortalizas. Asimismo, Casseres (1984) indica que es una hortaliza de primavera en los climas con estaciones marcadas, debido a que la parte utilizable es el brote nuevo al reiniciar el crecimiento vegetativo, después de un período de descanso ó reposo durante la época fría por lo que es un cultivo típico de regiones con latitudes altas como Europa, Chile, Estados Unidos y Argentina. También se cultiva en países localizados en los trópicos con clima fresco en épocas marcadas entre lluviosas y secas donde la ausencia de una época fría se sustituye por un período seco.

Para el espárrago de tipo blanco el principal mercado es Alemania al cuál provee Taiwan y Brasil. El espárrago verde predomina en Estados Unidos para mercado fresco y México lo exporta a este país en febrero y marzo principalmente (Casseres, 1984).

En México actualmente se siembra en el Valle de Toluca, el Valle de México, Tlaxcala, el Bajío, Aguascalientes, San Luis Potosí y el Valle del Fuerte con excelentes resultados. La calidad de la cosecha es igual y a veces mejor de la que se obtiene en diversos países del mundo (Anónimo, 1968).

2.1.3 Descripción botánica

El espárrago (Asparagus officinalis) es una planta perenne perteneciente a la familia de las Liliáceas, cuenta con numerosas raíces sencillas de forma cilíndrica que almacenan sustancias nutritivas para los turiones (Casseres, 1984). Las raíces forman una masa tupida llamada garra ó araña, están dispuestas en forma radial alrededor de un rizoma central que emite brotes ó renuevos dando lugar a los turiones, éstos son tallos nacidos de yemas car-

nosas que evolucionan en primavera; las raíces sólo duran tres años pero anualmente se originan otras disponiéndose en pisos (García, 1959).

Los turiones son una fase de formación y crecimiento de los tallos (Alsina, 1971), los tallos se desarrollan alcanzando hasta uno o dos metros de altura. La planta no cuenta con hojas verdaderas, aparecen atrofiadas como brácteas en la punta del turión, sus ramas verdes son llamadas cladodios (en su conjunto helecho), éstas funcionan como hojas por su contenido de clorofila (Casseres, 1984).

El espárrago es una planta dióica, es decir, posee pies con flores masculinas y otros con flores femeninas, pero existen casos de plantas que presentan los dos sexos (hermafroditas), las flores son pequeñas, colgantes, de coloración amarillo verdosa; presentan tres sépalos, tres pétalos y seis estambres que dan origen a frutos esféricos (bayas) de color rojizo en la madurez; los frutos poseen generalmente seis semillas de color oscuro, pequeñas, con unas caras triangulares y otras convexas (García, 1959).

2.1.4 Utilización

Los espárragos blancos ó verdes son muy apreciados para el consumo, se comen despues de cocidos en diversas preparaciones como salsas, ensaladas, sopas ó en combinación con otros alimentos, siendo muy agradable y apreciado (García, 1959).

El espárrago no tiene un valor nutritivo muy alto en comparación con otras hortalizas pero tiene un buen contenido de tiamina (vitamina B1) y de riboflavina (vitamina B2); (Casseres, 1984).

Los espárragos son diuréticos, comunican a la orina un olor fuerte y desagradable debido a un principio nitrogenado denominado asparagina que también es propio de otras hortalizas (García, 1959).

2.1.5 Variedades

Las distintas variedades actualmente conocidas derivan en su mayoría de las variedades holandesas, García (1959) describe dos grupos fundamentales:

A) El espárrago común ó verde.- Deriva del espárrago silvestre, sus brotes son largos, delgados y de color verde en casi toda su longitud.

B) El espárrago de Holanda ó blanco.- Produce tallos gruesos, blancos y redondeados en su extremidad.

Las variedades más conocidas de origen norteamericano que describe Casseres (1984) son Mary Washington y Martha Washington; él mismo cita que existe un material originado en la Universidad de Sur de California que se ha establecido en México y Perú, se trata de variedades de gran adaptación y rendimiento llamadas UC-500, UC-76 y UC-72; éstas han dado rendimientos en México de 2.5 a 6.8 toneladas por hectárea.

2.1.6 Suelos apropiados para el espárrago

Las tierras más apropiadas para el espárrago según García (1959) son las silico-arcillosas, sueltas y frescas; se deben evitar suelos compactos que retengan mucho la humedad y en cuanto a la coloración del terreno, prefiere los suelos de color oscuro porque contienen humus en gran proporción y absorben mejor el ca-

(1979) y Casseres (1984), recomiendan aplicar abono ó estiércol antes de iniciar la primavera todos los años. Alsina (1971) recomienda aplicar a principios del invierno fertilizante con la siguiente fórmula:

Sulfato de cal	400 kg/Ha
Sulfato potásico	250 kg/Ha
Sulfato amónico	150 kg/Ha
Nitrato sódico	150 kg/Ha

Este último recomienda que se aplique a finales del invierno. En cambio, Raymond (1982) recomienda abonar hacia el final del invierno y añadir fertilizante usando 25 kg de la fórmula 10-10-10 por cada hectárea de cultivo.

2.1.8 Cosecha

La duración de la cosecha depende de la edad de la plantación, desde el tercer año en adelante se puede empezar a cosechar los primeros turiones dejando la mayoría desarrollarse otro ciclo y a partir del cuarto año ya es posible obtener una buena cosecha. Después del cuarto año la cosecha puede durar aproximadamente cincuenta días, la recolección empieza entre marzo y abril, en ocasiones puede prolongarse hasta el mes de junio. La cosecha se efectúa todos los días, de preferencia en la mañana ó al atardecer (Tiscornia, 1979).

La cosecha se realiza a mano, con cuchillo ó con gubia que es un aparato especial para este trabajo, Tiscornia (1979) y Fersini (1978) describen éstos métodos:

A) Cosecha a mano.- Este sistema conviene para los suelos arenosos y se lleva a cabo sacando la tierra alrededor del espárrago

con los dedos, hasta llegar al punto de adherencia con la raíz, con un movimiento de torsión se separa de ella, luego se tapa y nivela el lomo con la mano.

b) Cosecha con cuchillo ó gubia.- Se saca la tierra alrededor del espárrago y se toma éste con la mano izquierda, se entierra el cuchillo ó gubia oblicuamente hasta la base, imprimiendo un movimiento de derecha a izquierda se corta el espárrago y se arregla la tierra para nivelar el lomo. Con este sistema se pueden destruir los espárragos que aún no han asomado, esto se puede evitar sacando bien la tierra que rodea al espárrago en seis ó siete centímetros y entonces introducir el cuchillo.

Los espárragos cosechados se van colocando dentro de un cesto, de manera que no les de el sol, el tamaño usual es de 20-30 cm. Los espárragos se colocan en un molde para hacerles dos amarras y cortarles la base uniformemente (Casseres, 1984).

Después que la cosecha termina, es necesario favorecer un buen desarrollo del follaje, Casseres (1984) indica que esta acción es muy importante porque el follaje fabricará los carbohidratos que se almacenan en las raíces gruesas, para formar los turiones del año siguiente; así mismo, indica que en algunas regiones de México, el helecho se corta en el otoño, cuando se pone de color amarillo, se amontona y quema ó se deja descomponer en los bordes del terreno. Existen algunos autores como Thompson y Kelly (1957) que recomiendan dejar la parte vegetativa hasta la primavera siguiente debido a que las raíces carnosas almacenan sustancias nutritivas elaboradas desde las partes verdes y en lugar de quemarlas se pica el material orgánico incorporándolo al suelo en

el primer cultivo.

2.1.9 Sistema de producción

El cultivo del espárrago adquiere modalidades distintas según las costumbres locales de las regiones donde se explota, el clima, el suelo, las variedades, las exigencias del mercado, etc.

El espárrago se multiplica por semillas o por arañas, estas pueden comprarse pero en algunos lugares en los cuales es difícil conseguirlas, la forma más usual es hacerlo por semilla a pesar de ser más tardado, pero asegura la plantación por varios años.

2.1.9.1 Primer año

Las semillas deben cosecharse de plantas que tengan por lo menos cinco años de edad y constituyan fieles ejemplares de la variedad, con caracteres de grandes y productoras (Tiscornia, 1979). Las semillas en buenas condiciones pueden conservar su poder germinativo por cinco años. Dado que su germinación es lenta, comercialmente se acostumbra en algunos países remojarla tres a cuatro días en agua tibia (32 grados centígrados); se seca y se siembra, en caso contrario tarda tres a cinco semanas en germinar (Casseres, 1984).

La mejor época para la siembra es en el mes de marzo (Alsina, 1971), Tiscornia (1979) establece que debe sembrarse cuando haya pasado el peligro de heladas en primavera. La siembra puede hacerse en forma directa o puede recurrirse a un semillero.

Al establecer semilleros deben elegirse de preferencia suelos ligeros, de fácil aereación, donde puedan penetrar y desarrollarse las raíces sin dificultad (García, 1959). El almacigo debe ser

abonado en el otoño anterior a la siembra con estiércol descompuesto, enterrado con una punta profunda (Tiscornia, 1979). Se marcan surcos de 30 cm de separación y 4-5 cm de profundidad en los cuales se coloca la semilla empleando 40-50 g por área (Alsina, 1971), luego se cubre con dos centímetros de buena tierra, regando a continuación y manteniendo la humedad hasta la nascencia, 15 días después se aclarean dejando un pie cada 10 cm (Alsina, 1971). Tiscornia (1979) recomienda que después del aclareo se debe regar y cuando la humedad lo permita abrir surcos entre las líneas para fines de riego.

Alsina (1971), Tiscornia (1979) y García (1959) recomiendan, que durante este primer año regar siempre que sea preciso, mantener el suelo libre de malezas y suelto hasta el mes de octubre o finales del otoño cuando con las primeras heladas la planta empieza a amarillear, entonces se cortan los tallos a unos cinco centímetros del suelo, dejando las plantas pasar el invierno sin otro cuidado.

2.1.9.2 Segundo año

El establecimiento de la plantación se hace al inicio de la primavera sobre el terreno que debe prepararse con anticipación y debe estar provisto de buenos nutrientes, es importante incorporar una buena cantidad de materia orgánica o estiércol descompuesto antes de la siembra (Casseres, 1984). Los curcos deben estar a una distancia de 1.5 a 2 m y una profundidad de 35 a 40 cm, la tierra extraída se coloca a ambos lados de la zanja (García, 1959).

Las arañas se extraen del almácigo, esta operación debe hacer-

se con gran cuidado para evitar dañarlas, se eligen las más fuertes y mejor desarrolladas (Tiscornia, 1979). Las arañas se van colocando sobre el fondo del surco, con las raíces bien extendidas y abiertas, guardando separaciones de 30-60 cm (Raymond, 1982; Tiscornia, 1979; Merussiaen, 1979; Alsina, 1971; Casseres, 1984 y García, 1959).

A continuación se cubren con tierra que se aprisiona ligeramente y luego se riega, la tierra de los costados va incorporándose a la planta hasta nivelar la altura de 10 cm (Alsina, 1971). Los cuidados culturales hasta fines del otoño consisten en mantener al cultivo libre de malezas y dar los riegos oportunos al igual que en el primer año, al entrar el invierno se cortan los tallos después que amarillen a unos 10 cm del suelo (García, 1959).

2.1.9.3 Tercer año

En este ciclo se puede empezar a cosechar los primeros turiones, para ello, tan pronto como empiecen a señalarse los primeros brotes, se colman los surcos con 25 cm de tierra extraída de las lomas que quedan entre surcos, esta operación se efectúa unos 25 días antes de comenzar la recolección y tiene por objeto privar de luz a los brotes para que resulten blancos y tiernos, este primer año no es prudente colectar más de dos o tres espárragos por pie para no debilitar a la planta, dejando los demás para que formen más tallos (Alsina, 1971). Se abren surcos a los costados de las plantas con el fin exclusivo de regar y en adelante se dan riegos necesarios hasta el otoño, manteniendo el suelo libre de malezas (Tiscornia, 1979).

En otoño y después de que amarillen los tallos, se cortan a 10 cm del suelo, a continuación se deshacen los camellones, retirando la tierra de tal forma que queden con solo seis u ocho centímetros de tierra encima y de esta forma pasen el invierno, esta operación se aprovecha para abonar y estércolar (Alsina, 1971).

2.1.9.4 Cuarto año

Al llegar el mes de marzo siguiente se vuelven a colmar los surcos, 20-25 días después empieza la cosecha y recolección, este es el primer año de producción normal, dura de 30 a 60 días pero el largo de la cosecha se debe regular observando el diámetro del turión, apenas adelgace éste, se debe detener la cosecha y dejar que desarrolle el helecho (Casseres, 1984). De esta forma se continúa de 10 a 12 años que puede cultivarse el espárrago bien atendido, efectuando las mismas labores culturales y aplicando abonos y fertilizantes necesarios (García, 1959).

2.1.10 Plagas y enfermedades

Las principales plagas que atacan al espárrago son:

Crioceris asparagui y C. docepunctata, son insectos de tamaño pequeño que se alimentan de la planta, el primero es de color verde metálico, con el corcelete rojo y élitros con tres manchas amarillas; el segundo es de color rojo amarillento con 12 puntos negros (seis en cada élitro). Los adultos aparecen en primavera y se alimentan de los turiones, las larvas continúan destruyendo los tallos adultos, tienen por lo general dos generaciones al año. Debido a que los espárragos no se pueden tratar con productos arse-

nicales (García, 1959), Alsina (1971) recomienda aplicar azufre nicotinizado. En tanto, García (1959) menciona que el único medio eficaz de lucha es recurrir a recoger en forma directa al insecto.

Platyraea poeciloptera es la mosca del espárrago, un poco más pequeña que la mosca común y de color ligeramente rojizo. Aovan desde fines de octubre a diciembre entre las escamas de los turiones jóvenes, dos o tres semanas después las larvas se introducen al tallo cavando galerías hasta abajo, las ninfas viven en la planta hasta la primavera para convertirse en mosca ocasionando que las plantas dejen de crecer (Tiscornia, 1979). Fersini (1978) recomienda aplicar para su control productos a base de carbamatos del tipo Carbayl.

Dentro de las enfermedades que atacan al espárrago se tienen principalmente a:

La roya del espárrago causada por el hongo Puccinia asparagio, se desarrolla en los tallos en primavera-verano, produciendo manchas polvorientas de color rojizo (Tiscornia, 1979); los tallos atacados se deforman, son amargos y de baja calidad. Esta enfermedad puede ser controlada a base de azufres orgánicos (Zineb, Ziram) y de azufres inorgánicos (Fersini, 1978). También se recomienda el empleo de caldo bordelés en primavera cuando los tallos no aprovechados como espárragos adquieren unos 30 cm de altura (García, 1959).

La podredumbre de la raíz debida al hongo Rhizoctonia violace hace que los turiones se tornen raquiticos y manchados de color amarillento, los brotes se desarrollan poco y dejan de producir,

las raíces muertas en la mayoría de las veces presentan partes violáceas (Tiscornia, 1979), para su combate se recomienda usar preparados a base de heterociclicos (oxiquinoleína) y pentaclorobenceno (Fersini, 1978).

2.1.11 Normas de calidad

Las características de calidad que deben tener los turiones para el mercado las describen Thompson, et al. (1965) basados en los grados comerciales que establece el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Los factores empleados en la clasificación del espárrago incluyen la frescura, longitud y diámetro del tallo, proporción del tallo que es de color verde, la cantidad de daños causados por la suciedad, las enfermedades, los insectos o lesiones mecánicas.

Las siguientes especificaciones clasifican al espárrago por el diámetro de los tallos como sigue:

1. Muy pequeño, menos de 5/16 de pulgada (7.9 mm)
2. Pequeño, entre 5/16 y 8/16 de pulgada (7.9 y 12.7 mm)
3. Mediano, entre 8/16 y 11/16 de pulgada (12.7 y 17.5 mm)
4. Grande, entre 11/16 y 14/16 de pulgada (17.5 y 22.2 mm)
5. Muy grande, arriba de 14/16 de pulgada (22.2 mm)

2.2 Densidades de población en espárrago

De acuerdo con las condiciones ecológicas y edáficas de cada región agrícola y según la variedad de espárrago que se desee sembrar, se requiere de una densidad de población óptima con la que se obtenga el máximo de rendimiento y la mayor calidad (Robles,

1981).

Robles (1981) indica que es muy importante determinar la densidad de población óptima específica para un lugar, debido a que existen gran cantidad de factores que influyen en mayor o menor grado en el rendimiento en función al número de plantas por hectárea que se tengan.

La densidad óptima de población depende de la distancia entre surcos y la distancia entre plantas (Robles, 1981).

2.2.1 Distancia entre surcos

Thompson, et al. (1965) consideran además de las características de la región, condiciones de suelo y extensión por cultivar, otro factor que determina las distancias de plantación es el tipo de espárrago que se deasea producir (blanco o verde), porque el espárrago verde no necesita tanto espacio entre las hileras como el blanco. Takatori, et al. (1977) y Thompson, et al. (1965) en los Estados Unidos determinaron que para el espárrago blanco el espacio entre hileras debe estar comprendido en un intervalo de 2.10 a 2.40 m para obtener la tierra en cantidad suficiente para formar el camellón; en cambio, para la producción de espárrago verde la distancia entre camellones varía desde 1.5 hasta 2.5 m.

Tiscornia (1979) en sus recomendaciones de cultivo para Argentina establece que los surcos deben ser paralelos separados 2 m entre si y de preferencia orientados de norte a sur. Casseres (1984) en Costa Rica también coincide en esta separación.

García (1959) describe que en la Vega de Aranjuez en España,

se utilizan distancias de 1,8 a 2 m . Garret, et al. (1967) en Carolina del Sur, E.U. recomiendan distancias entre surcos de 1.5 a 1.8 m .

Las distancias entre surcos deben estar en función de la maquinaria que se utilice para realizar los cultivos, el surcado y los riegos; de tal forma que, cada productor pueda establecer las distancias que más se les facilite y que se encuentre entre los intervalos recomendados (Anónimo, 1985).

2.2.2 Distancia entre plantas

En lo referente a la distancia entre plantas, éste parámetro puede variar aún dentro de pequeñas zonas, en función de las condiciones de suelo, por lo tanto es necesario ajustarse a las condiciones locales (Thompson, et al., 1965).

Kidner (1965) describe que en Italia especialmente en Venecia, se cultivan variedades blancas, gruesas y consistentes con distancias entre plantas 30 cm , en cambio Fersini (1978) establece la distancia de 40 cm para Milán.

En Francia, en el Valle de Loria y en los alrededores de París las coronas se colocan distanciadas 90 cm una de la otra, asociando el cultivo con chicharo, lechuga o frijol. Al sur de Francia el espárrago es forzado para que produzca temprano cultivándolo en camas protegidas de los vientos con distancias entre coronas de 30 cm y cubriendolas periódicamente con pantallas (Kidner, 1965).

En Alemania, donde se prefiere el espárrago blanco tanto para enlatado como para su consumo en fresco, las distancias entre plantas utilizadas son de 60 cm (Kidner, 1965).

Una zona española típica de producción la constituye la Vega de Aranjuez, García (1959) describe la producción de espárrago en esta zona mencionando que se prefiere el espárrago blanco, este se cultiva en surcos y zanjas guardando separaciones de 55 a 60 cm. Casseres (1984) en su escrito publicado en San José, Costa Rica recomienda una distancia entre plantas de 50 cm.

Para zonas tropicales como las Antillas Francesas y Taiwan, Messiaen (1979) describe que en estas regiones pueden levantarse dos cosechas por año si se plantan los espárragos jóvenes de cinco meses de edad a distancias de 40 cm.

En Estados Unidos los métodos de producción son diferentes a los utilizados en Europa, sobresaliendo las producciones que se obtienen en California (Kidner, 1965). En la zona de Vermont al norte del país Raymond (1982) de acuerdo a su experiencia como agricultor recomienda plantar coronas a 30 cm de distancia entre sí para obtener una mejor producción. En Nueva Inglaterra los rizomas se plantan a 45-60 cm de distancia (Thompson, et al., 1965). Garret, et al. (1967) en sus experimentos en Carolina del Sur establecen que la distancia entre plantas debe ser de 46 a 61 cm para esa zona. En cambio en el sur de Estados Unidos se recomienda un espaciamiento de 30 cm (Thompson, et al., 1965). Hanna (1947) y Hanna y Doneen (1958), en las estaciones experimentales de Davis y Ryer Island en California, prestaron gran atención a determinar la distancia entre plantas óptima en sus experimentos, encontrando en Davis que la distancia entre plantas después de siete años de cosecha debe escogerse entre 30 y 45 cm, en cambio en Ryer Island los espacios de 30 cm fueron los mejores después de tres años de

cosechas (Kidner, 1965).

En México el espárrago se cultiva principalmente en los estados centrales del país (Anónimo, 1968), la principal zona productora de espárrago para exportación se encuentra en el Bajío, aquí la distancia entre plantas que se utiliza oscila entre 30 y 50 cm (Van Haeff, et al., 1982).

En el espárrago se puede producir un fuerte porcentaje de retoños pequeños si los rizomas se plantan demasiado juntos, mientras que en los espaciamientos muy grandes entre plantas disminuyen considerablemente los rendimientos aún cuando los retoños sean más grandes (Thompson, et al., 1965). Varios experimentos demuestran que si se les da suficiente espacio el número de turiones que una corona produce está limitado solo por la capacidad inherente de la corona misma (Kidner, 1965).

En el Cuadro 1 se muestran las diferentes distancias entre surcos y plantas de espárrago recomendadas por diversos autores,

CUADRO 1. DISTANCIA ENTRE SURCOS Y PLANTAS RECOMENDADAS POR
 VARIOS AUTORES PARA ESPARRAGO.

AUTORES	DISTANCIA ENTRE SURCOS (m)	DISTANCIA ENTRE PLANTAS (cm)
Casseres (1984)	2	50
Fersini (1978)	-	40
Garcia (1959)	1.8 - 2	55 - 60
Garret, et al. (1967)	1.5 - 1.8	46 - 61
Hanna (1947)	2.2 - 2.4	30 - 45
Hanna y Doneen (1958)	1.8	30
Kidner (1965)		
(Italia)	-	30
(Francia)	1.2	30 y 90
(Alemania)	1.0 - 1.3	40 y 60
Messiaen (1979)	1	40
Raymond (1982)	1.2	30
Takatori, et al. (1977)		
(blanco)	2.1 - 2.4	
(verde)	1.5	
Thompson, et al. (1965)		
(blanco)	2.1 - 2.4	30 - 60
(verde)	1.5 - 2.5	30 - 60
Tiscornia (1979)	2	35
Van Haeff, et al. (1982)	-	30 y 50

2.3 Diseño experimental de surcos paralelos

Amezquita y Muñoz (1979) en sus investigaciones realizadas en el CIAT, Colombia indican que los diseños experimentales pueden dividirse en dos grupos: aleatorios y sistemáticos.

Los diseños experimentales comunmente utilizados en investigaciones son los aleatorios y se caracterizan porque la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se hace al azar.

En contraposición con ellos se encuentran los diseños sistemáticos, en los cuales la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se efectúa en forma ordenada o sistemática. El objetivo de este tipo de diseños es permitirle al investigador observar una respuesta continua al tratamiento, por ejemplo, si se desea estudiar la respuesta de una variedad de frijol al nitrógeno, se puede diseñar un experimento que consista en administrar distintas dosis de nitrógeno al suelo en forma creciente y medir el rendimiento de las plantas que reciban el respectivo tratamiento.

Como ejemplo de algunos diseños sistemáticos son los diseños en abanico y en surcos paralelos. Muchos otros diseños sistemáticos han sido desarrollados, sin embargo, todos presentan relativamente las mismas ventajas y desventajas con respecto a los diseños aleatorios.

Desventajas:

- . Las diferencias detectadas entre tratamientos pueden contener un error sistemático debido a la correlación entre parcelas adyacentes.
- . No son eficientes cuando el área experimental es muy heterogénea

pues no permiten un estimativo válido a la varianza.

Ventajas:

- . Simplicidad.
- . Permiten un ordenamiento de los tratamientos, por ejemplo, las variedades pueden ordenarse según su madurez, los fertilizantes en orden de eficiencia, et.
- . La respuesta al tratamiento se puede efectuar en forma continua.
- . Sirven para efectos de estudio preliminares que conducen a la selección apropiada de tratamientos a estudiar.

Así mismo, Amezcuita y Muñoz (1979) describen los diseños en abanico y surcos paralelos que han utilizado en sus investigaciones. Estos diseños se usan básicamente para medir el rendimiento de distintas variedades bajo un amplio rango de densidades de población. El número de plantas por unidad de área varía sistemáticamente de una parcela a otra, pero el arreglo de las plantas se mantiene constante. Cualquier rango de densidad puede ser probado.

En el diseño de abanico (Figura 1) las plantas se siembran en filas que irradian de un punto central, la distancia entre plantas a lo largo de un radio es aproximadamente igual a la distancia entre los radios, en ese punto cada arco corresponde a un distinto nivel de densidad de población. Cuando se desea probar más de una variedad se repite este arreglo en otra sección circular, manteniendo entre dos variedades contiguas plantas de borde o un espaciamiento adecuado a lo largo de los radios laterales.

En el diseño de surcos paralelos (Figura 2), cada fila co

responde a un distinto nivel de densidad de población. El número de plantas por fila se mantiene constante, pero la distancia entre filas varía en forma sistemática.

Para medir la respuesta del rendimiento a las distintas densidades de población, se puede ajustar una función lineal o no.

$$R_{ij} = f(D_j)$$

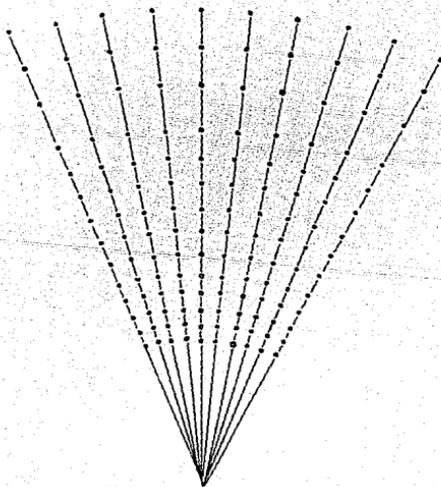
R_{ij} = rendimiento de la i -ésima planta sembrada bajo densidad j

$f(D_j)$ = nivel j -ésimo de densidades

Esta ecuación expresa que el rendimiento individual por planta depende del nivel de densidad bajo el cual está sembrada, permitiendo encontrar cuál es la densidad que produce el máximo rendimiento.

Amezquita y Muñoz (1979) insisten en que la validez de los resultados obtenidos al utilizar los diseños de abanico y surcos paralelos en los ensayos que ellos han realizado en sus experimentos de densidad con frijol dependen de:

- . La existencia de una alta correlación entre el rendimiento individual por planta y el rendimiento por unidad de área bajo una misma densidad de siembra.
- . La homogeneidad del terreno experimental escogido.



Figural. Disposición de las plantas en un diseño de Abanico para probar 14 densidades.

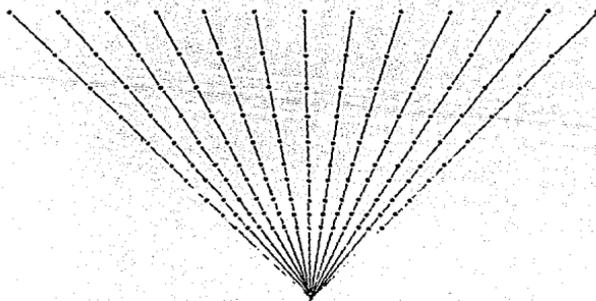


Figura. 2. Disposición de las plantas en un diseño de Surcos Paralelos para probar 10 densidades.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Dirección de Fomento a la Investigación del Instituto Tecnológico de Sonora, ubicado en el bloque 910 del Valle del Yaqui, Sonora.

El campo experimental se localiza a 27 29' latitud norte y 109 55' longitud oeste a una altitud de 38.39 m.s.n.m. (Figura 3). Presenta un clima de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García BW(h)w(e'), esto indica un clima de tipo "Seco Desértico y Cálido" cuyo régimen de lluvias es de verano con una precipitación invernal de entre 5 y 10.2 % del total. La temperatura media anual es de 24 grados centígrados y la precipitación anual es de 298.6 mm.

El tipo de suelo basado en la clasificación de la FAO-UNESCO es xerosol, pobre en materia orgánica. La textura de suelo que presenta la parcela experimental es de tipo arcilloso con 46.4% de arcillas, 17.7% de limo y 35.9% de arenas.

3.2 Procedimiento experimental

Para determinar la densidad óptima de siembra se utilizó la variedad UC-72. El diseño experimental fue el de surcos paralelos (Amezquita y Muñoz, 1979), con ocho repeticiones (Figuras 4 y 5).

La parcela experimental fue de 19.2 m de ancho por 34 m de largo (652.8 metros cuadrados) constando de doce surcos separados

entre si 1.6 m . Las distancias entre plantas probadas fueron 15, 30, 45, 60, 75 y 90 cm . Cada tratamiento contó con doce plantas (dos de borde y diez de parcela útil). La distribución física de las parcelas se muestra en la Figura 5.

3.3 Prácticas culturales

La preparación del terreno consistió en dar cuatro pasos de rastra, surcado y formación de canales para riego.

El trasplante se realizó el 19 de marzo en forma manual colocando las coronas desinfectadas con caldo bordelés (1 kg de sulfato de cobre mas 3 kg de calhidra en 100 litros de agua) en el fondo del surco a una profundidad de diez centímetros. Las distancias entre plantas para cada tratamiento son las mencionadas anteriormente, las densidades de población por hectárea para cada tratamiento aparecen en el siguiente Cuadro:

CUADRO 2. DENSIDAD DE POBLACION POR HECTAREA PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

DISTANCIA ENTRE PLANTAS	PLANTAS POR Ha.
15 cm	41 666.66
30 cm	20 833.33
45 cm	13 888.88
60 cm	10 416.88
75 cm	8 333.33
90 cm	6 944.44

La fertilización se realizó en dos etapas, la primera antes del trasplante aplicando 100 kg por hectárea de fósforo en forma de superfosfato de calcio triple y la segunda el 28 de junio aplicando 100 kg por hectárea de nitrógeno en forma de urea.

Para el control de malezas se hicieron cinco deshierbes con azadón y tractor dos con herbicida el 5 y 30 de julio, usando Karmex (Diuron) en una dosis de 2 kg por hectárea. Las malezas más frecuentes fueron Quelite (Amaranthus spp.), Tomatillo (Physalis acuminata G.), Verdolaga (Portulaca oleracea L.) y Zacate salado (Leptochloa spp.).

El 10 de junio se realizó el cambio de surco para dejar a las plantas sobre camas.

El primer riego se realizó en el momento del trasplante y el

resto se realizó con base en el punto de marchitez permanente (PMP) anteriormente determinado, mediante muestreos continuos de suelo en la parcela experimental y determinando así su porcentaje de humedad (Figura 6). Se aplicaron en total ocho riegos con una lámina de riego total de 89.72 cm que incluye 17.16 cm por precipitaciones efectivas (mayor a 1 mm. en 24 horas) en el periodo comprendido de marzo a noviembre.

3.4 Mediciones agronómicas

Las variables medidas durante el experimento fueron altura de planta, grosor del tallo más alto, número de tallos por planta y se determinó el número de tallos por hectárea con base en el número de plantas por hectárea del Cuadro 2.

Las primeras cinco mediciones se realizaron cada 15 días y el resto mensualmente, las fechas de medición aparecen en el siguiente Cuadro.

CUADRO 3. FECHAS DE MEDICION REALIZADAS DURANTE LOS OCHO MESES DE CULTIVO.

Medición No.	Fecha
1	Abr 2
2	Abr 16
3	Abr 30
4	May 14
5	May 28
6	Jun 26
7	Jul 26
8	Ago 26
9	Sep 27
10	Oct 27
11	Nov 27

3.5 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en cada una de las mediciones fueron analizados estadísticamente por medio de regresiones probando modelos simples y múltiples, la variable independiente la constituye la distancia entre plantas experimentada y la variable dependiente la forman las variables altura de planta, grosor de tallos, número de tallos por planta y número de tallos por hectárea.

Los modelos del análisis de regresión propuestos aparecen en el siguiente Cuadro.

CUADRO 4. MODELOS DEL ANALISIS DE REGRESION PROPUESTOS

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$Y = B_0 + B_1 X$$

$$Y = B_0 + B_2 X^2$$

Posteriormente se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) para la regresión obtenida con el nivel de significancia del 0.05%.

Al finalizar se hizo un análisis de varianza para realizar la prueba de comparación de medias DMS con un nivel de significancia de 0.01% con los datos obtenidos en la última medición (noviembre 27) en cada una de las variables medidas.

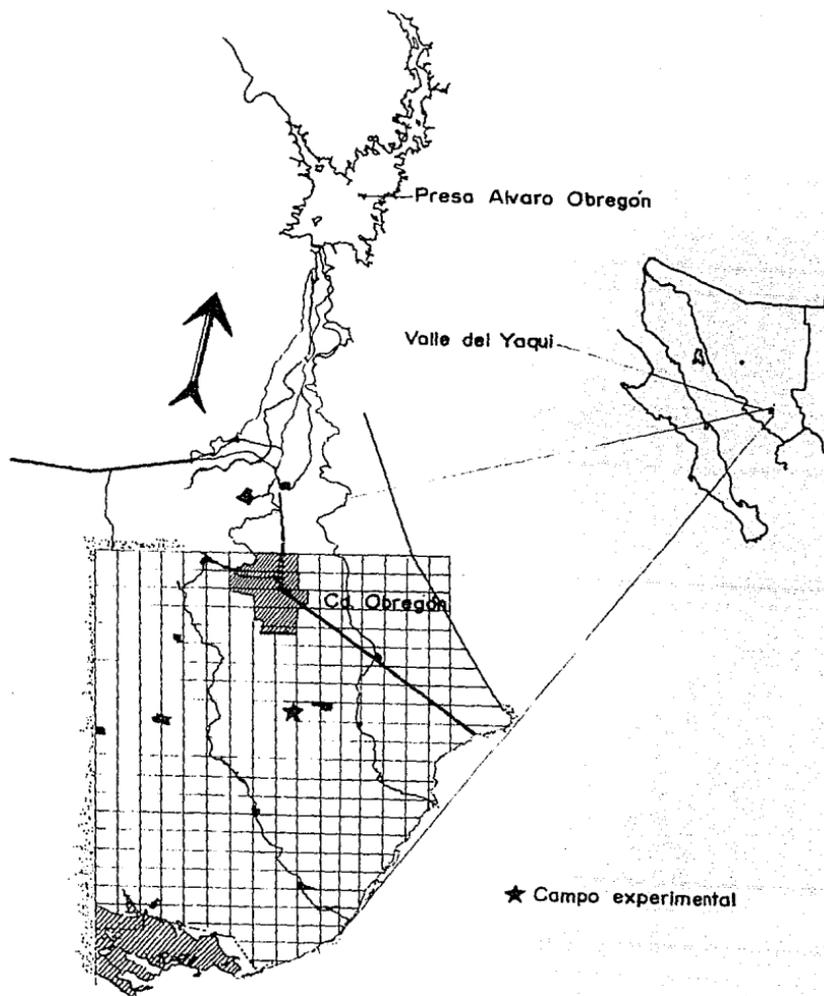


Figura 3. Localización del Valle del Yaqui

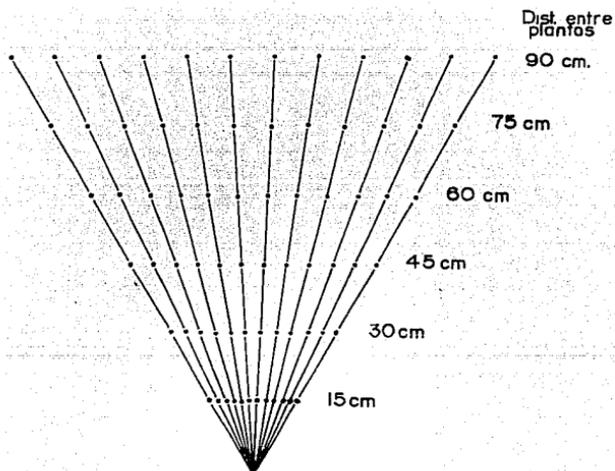


Figura 4. Diseño experimental de surcos paralelos para probar 6 densidades de población en espárrago.

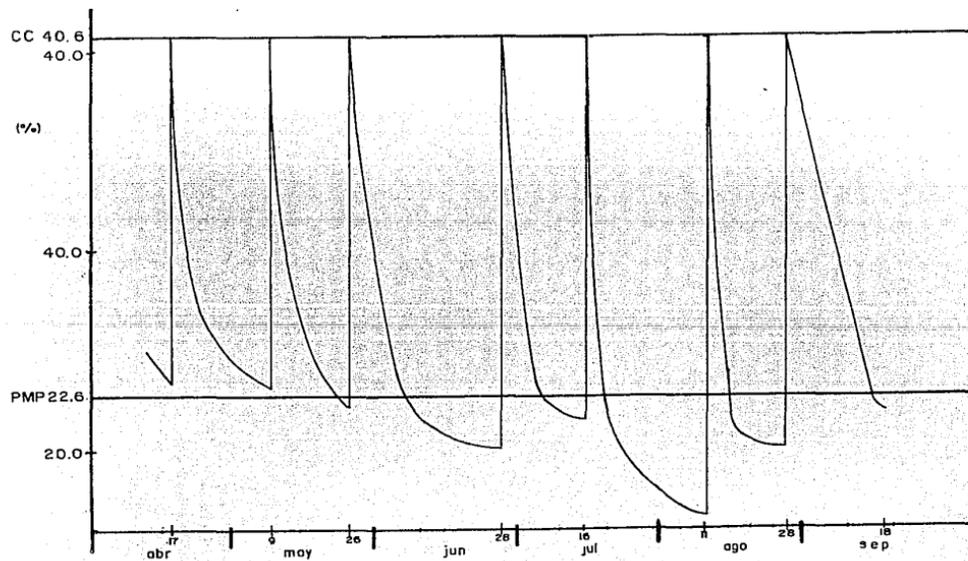


Figura 6. Seguimiento del porcentaje de humedad del suelo y riegos en la parcela experimental.

VI RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Altura de planta

En las primeras tres mediciones realizadas en el mes de abril, las plantas no mostraron diferencias de altura en las seis distancias experimentales, sólo en las fases intermedias de desarrollo durante los meses de mayo, junio y julio se encontró significancia estadística para la regresión, como se puede ver en el Cuadro 5.

La Figura 7 muestra las líneas del análisis de regresión donde se ve que en las mediciones de mayo y junio el tipo de respuesta fué rectilínea con pendientes positivas, donde las plantas colocadas a distancias mayores se desarrollaron más rápidamente, en cambio en la medición del 26 de julio se obtuvo un tipo de respuesta paraboloide (Cuadro 6), en la cual las plantas colocadas a distancias de 30 a 60 cm crecen en menor proporción que a distancias menores ó mayores.

En las mediciones posteriores y hasta el 27 de noviembre no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los diversos espaciamentos. La mayor altura alcanzada por las plantas fué en promedio 114.8 cm en la medición del 27 de octubre (Cuadro 5).

Los resultados obtenidos indican que, aparentemente la altura de planta no fué una variable afectada por la diferencia en las distancias entre plantas al finalizar el ciclo vegetativo del cultivo (Cuadro 7). Las diferencias encontradas a mitad del ciclo vegetativo pueden indicar un periodo crítico

co de competencia en donde la distancia entre plantas está --
influyendo directamente su desarrollo.

La respuesta a este factor en las radiaciones realizadas
durante los ocho meses de cultivo se encuentran en la Figura
11 del apéndice.

CUADRO 5. MEDIAS GENERALES Y SIGNIFICANCIA DE LA REGRESION
EN DIFERENTES FECHAS PARA LAS VARIABLES DE ALTURA
DE PLANTA, GROSOR DE TALLOS, NUMERO DE TALLOS POR
PLANTA Y NUMERO DE TALLOS POR HECTAREA.

FECHA	ALTURA (cm)	GROSOR (mm)	# DE TALLOS POR PLANTA	# DE TALLOS POR ha.
ABR 02	35.61 NS	4.95 NS	2.58 NS	43621.22**
ABR 16	52.44 NS	4.78 NS	2.78 NS	46967.57**
ABR 30	57.84 NS	5.17 NS	3.64 NS	60886.83**
MAY 14	62.81 **	5.13 **	4.47 *	73182.84**
MAY 28	69.81 **	5.98 **	6.21 **	98920.68**
JUN 25	74.38 *	6.95 **	7.30 **	112388.56**
JUL 26	98.16 **	8.21 NS	10.79 **	164030.20**
AUG 25	98.00 NS	8.13 **	14.60 **	205229.95**
SEP 27	113.12 NS	8.01 NS	18.98 **	266165.60**
OCT 27	114.83 NS	9.70 **	20.76 **	291986.27**
NOV 27	114.16 NS	9.45 *	21.76 **	302482.52**

NS= no significancia estadística

*= significancia, p=0.05

**= significancia alta, p=0.01

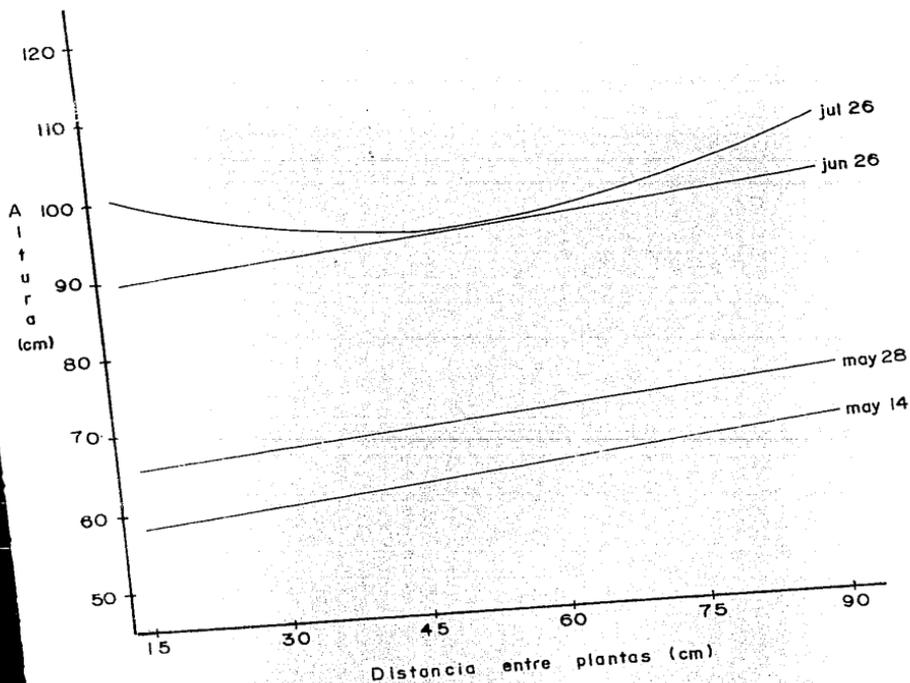


Figura 7. Líneas de regresión para el factor altura de planta.

CUADRO 6 ECUACIONES DE REGRESION PARA EL FACTOR ALTURA DE PLANTA

FECHA	ECUACION	R2 ó r2
MAY 14	$Y = 56.244 + 0.125 X$	0.939
MAY 28	$Y = 64.270 + 0.105 X$	0.788
JUN 26	$Y = 87.549 + 0.129 X$	0.992
JUL 26	$Y = 107.180 + 0.540 X + 0.005 X^2$	0.158

4.2 Grosor de tallos

Las respuestas obtenidas a lo largo de los ocho meses de cultivo para el factor grosor de tallos se muestran en el Cuadro 5.

En el primer mes de desarrollo de las plantas, los tallos emergidos no presentaron diferencias en su grosor; es a partir del 14 de mayo cuando las diferencias entre plantas empiezan a influir en este factor (Cuadro 5).

Las tendencias de respuesta del grosor de tallos en función del distanciamiento entre plantas se presentan en la Figura 8 y las ecuaciones de regresión en el Cuadro 8. En las mediciones realizadas el 14 de mayo, el 28 de mayo, y el 26 de junio, se presentó un tipo de regresión cuadrática, obteniéndose tallos más gruesos en las plantas colocadas en las distancias entre 45 y 75 cm de separación, los tallos de

menor grosor se encontraron en los espacios entre plantas de 15 cm.

En las mediciones del 26 de julio y 27 de noviembre se obtuvieron respuestas de tipo rectilínea con pendientes positivas, presentándose el mayor grosor en la medición del 27 de octubre, donde la ecuación de regresión (Cuadro 8) indica que por cada centímetro de incremento en la distancia entre plantas, aumenta 0.018 mm el grosor de los tallos. El mayor grosor alcanzado corresponde a la distancia de 90 cm con un promedio de 10.3 mm .

Se observa en la última medición realizada el 27 de noviembre que el grosor disminuye con respecto a la medición anterior (Figura 8), esto se atribuye a la falta de agua ya que el cultivo no recibió riegos desde octubre, disminución de temperaturas y como consecuencia, el inicio de la etapa de dormancia de las plantas.

En la prueba de comparación de medias de la última medición (Cuadro 7) se observa que las distancias de 75 y 90 cm se presentan los tallos más gruesos, en contraste, los espaciamientos que presentan los tallos más delgados son las de 15 y 30 cm, éste fenómeno es atribuido a la competencia entre plantas por agua y sustrato; de esta forma, el grosor de tallos está siendo limitado por los distanciamientos entre plantas.

En la Figura 12 del apéndice aparece la respuesta a este factor en las 11 mediciones realizadas al cultivo.

CUADRO 7. COMPARACION DE MEDIAS DE ALTURA, GROSOR, NUMERO DE TALLOS POR PLANTA Y NUMERO DE TALLOS POR HA. EN ESPARRAGO COLOCADO A DIFERENTES ESPACIAMIENTOS. 1986+

ESPACIO (cm)	ALTURA (cm)	GROSOR (mm)	# DE TALLOS POR PLANTA	# DE TALLOS POR ha. x1000
15	114.49 ^a	8.91 d	11.6 f	483.396 a
30	113.10	9.25 cd	17.77 e	370.312 b
45	112.19	9.45 bc	20.07 d	278.819 c
60	110.46	9.41 bc	23.42 c	244.010 cd
75	116.61	9.95 a	27.22 b	226.875 d
90	118.12	9.72 ab	30.50 a	211.805 d
X SIGNIFIC.	114.15 N. S.	9.45 **	21.77 **	302.536 **

Analisis efectuado con los datos de la última medición, realizada el 27 de noviembre de 1986.
Medias seguidas por la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales. Medias sin letra indican no significancia estadística en las diferencias.

CUADRO 8. ECUACIONES DE REGRESION PARA EN FACTOR GROSOR DE TALLOS

FECHA	ECUACION	R2 ó r2
MAY 14	$Y = 3.700 + 0.047 X - 0.0003 X^2$	0.336
MAY 20	$Y = 4.213 + 0.076 X - 0.0006 X^2$	0.427
JUN 26	$Y = 5.631 + 0.045 X - 0.0003 X^2$	0.329
AGO 26	$Y = 7.472 + 0.012 X$	0.980
OCT 27	$Y = 8.719 + 0.018 X$	0.942
NOV 27	$Y = 8.837 + 0.011 X$	0.954

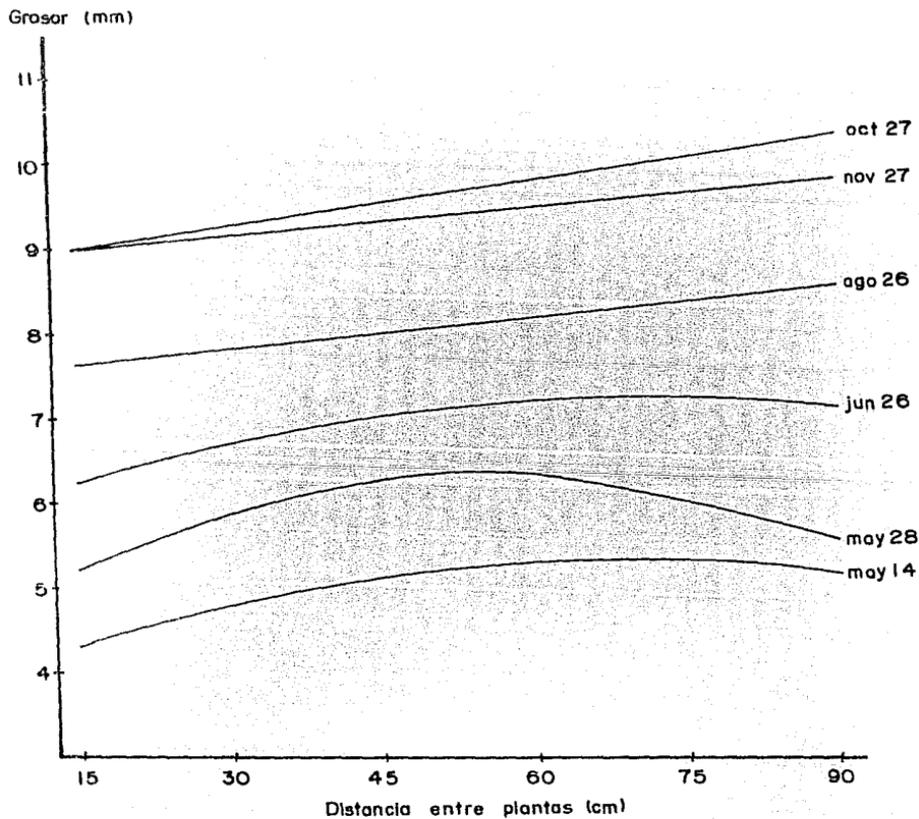


Figura 8. Líneas de regresión para el factor grosor de tallos.

4.3 Número de tallos por planta

En las mediciones realizadas durante el mes de abril, las plantas no presentan respuesta al factor número de tallos por planta (Cuadro 5), fué a partir del 14 de mayo cuando las distancias entre plantas empezaron a influir en esta variable. El análisis de regresión en esta medición muestra un tipo de respuesta rectilínea (Cuadro 9).

La Figura 9 muestra los resultados obtenidos del análisis de regresión en donde todas las líneas presentan pendientes positivas.

Durante las mediciones del 28 de mayo y 26 de junio el comportamiento que siguen las plantas es de tipo rectilíneo en contraste con la medición del 26 de julio donde el comportamiento es de tipo cuadrático. En estas tres mediciones se observa que a medida que las plantas van desarrollándose, las diferencias en el número de tallos promedio que producen se va incrementando entre los diferentes espaciamentos, siendo en la medición del 26 de agosto donde la respuesta es nuevamente rectilínea, cuando estas diferencias se vuelven considerablemente. La ecuación calculada para esta fecha (Cuadro 9) indica que por cada centímetro de aumento en el espaciamiento entre plantas se produjo en promedio un incremento de 0.128 tallos.

En la última medición realizada cuando las plantas habían alcanzado la mayor parte de su desarrollo (27 de noviembre) se observa un comportamiento rectilíneo también. El aumento en promedio de tallos por planta es de 0.3 por cada centímetro de aumento en el espaciamiento.

centimetro de incremento en la distancia entre plantas. El número de tallos producidos por planta a 15 cm es en promedio -- 12.74 y a 90 cm de distancia es de 30.74, esto representa un -- incremento del 141% atribuido a fenómenos de competencia entre plantas por agua, luz y nutrientes.

La prueba de comparación de medias del Cuadro 7, indica -- que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes, lo cual señala que la producción de tallos si fué influida por -- los diferentes espaciamientos entre plantas.

La respuesta a este factor en las mediciones realizadas -- durante los ocho meses de cultivo se encuentra en la Figura 13 del apéndice.

CUADRO 9. ECUACIONES DE REGRESION PARA EL FACTOR NUMERO DE TALLOS POR PLANTA.

FECHA	ECUACION	R2 ó r2
MAY 14	$Y = 4.076 + 1.205 X$	0.997
MAY 28	$Y = 4.806 + 0.026 X$	0.960
JUN 26	$Y = 5.023 + 0.043 X$	0.998
JUL 26	$Y = 8.270 + 0.00007 X^2$	0.999
AGO 26	$Y = 7.844 + 0.128 X$	0.991
SEP 27	$Y = 5.932 + 0.348 X - 1.541 X^2$	0.776
OCT 27	$Y = 9.336 + 0.217 X$	0.998
NOV 27	$Y = 9.146 + 0.240 X$	0.996

no. de tallos por pta.

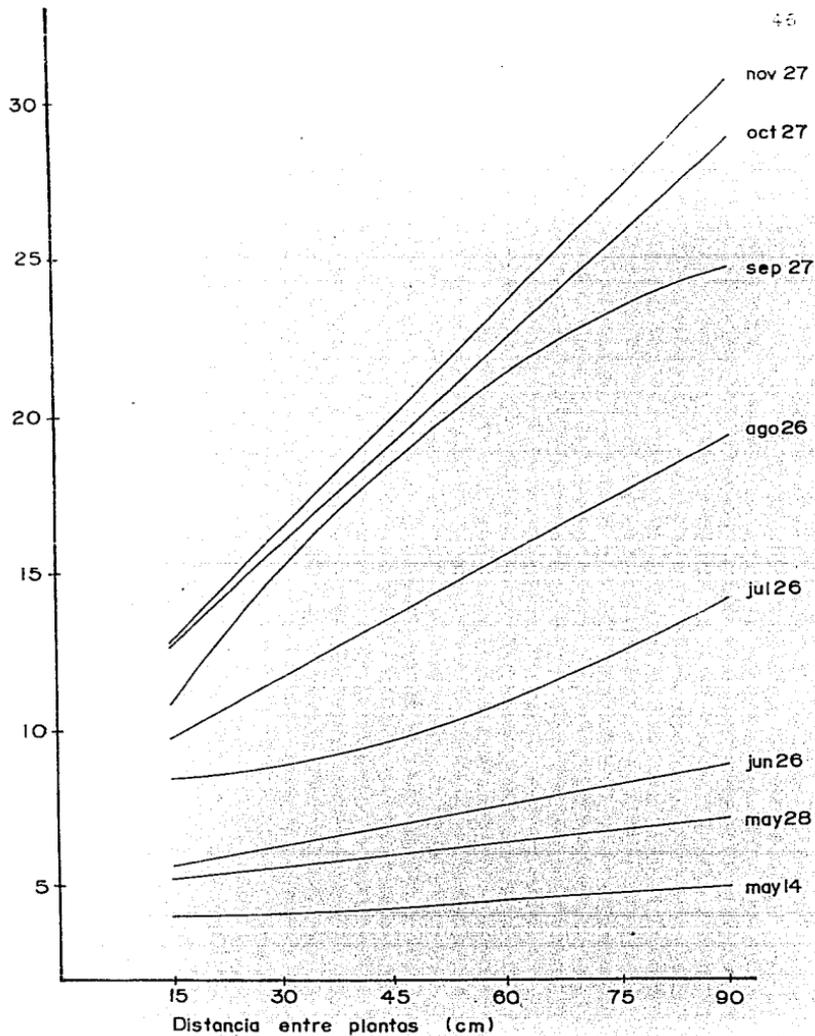


Figura 9. Líneas de regresión para el factor número de tallos por planta.

El número de tallos por hectárea

Para el factor de número tallos por hectárea en las 11 mediciones realizadas se encontró significancia estadística (cuadro 3).

Todas las líneas de regresión presentes en la Figura 10 -- muestran un tipo de respuesta cuadrática, con tendencia a disminuir el número de tallos en el intervalo de espaciamientos -- estudiados (Cuadro 10).

En todas las fechas de medición, sobre las distancias comprobadas entre 70 y 90 cm se encontraron el menor número de tallos producidos por hectárea.

En la última medición se observa que el mayor número de tallos producidos en una hectárea corresponde a la distancia de 15 cm con un promedio de 483 396 tallos, esto representa más del doble de tallos producidos que en las distancias de 60 a 90 cm.

En las distancias de 30 a 45 cm se observa un decremento de 21.8% y 39.5% respectivamente en comparación con las de 15

La comparación de medias del Cuadro 7 indica que el número de tallos por hectárea obtenidos en las distancias de 60, 75 y 90 cm son estadísticamente iguales. El rendimiento de tallos por hectárea corresponde a los espaciamientos de 45 y 50 cm.

En la Figura 14 del apéndice aparece la respuesta a este factor en las 11 mediciones realizadas al cultivo.

CUADRO 10. ECUACIONES DE REGRESION PARA EL FACTOR NUMERO DE TALLOS POR HECTAREA.

FECHA	ECUACION	R2 ó r2
ABR 02	$Y = 137045.992 - 3083.934X + 20.067X^2$	0.579
ABR 16	$Y = 164017.363 - 4051.018X + 28.023X^2$	0.891
ABR 30	$Y = 207673.525 - 5063.179X + 34.880X^2$	0.852
MAY 14	$Y = 233470.463 - 5945.548X + 36.806X^2$	0.904
MAY 28	$Y = 301986.081 - 6914.608X + 46.872X^2$	0.892
JUN 26	$Y = 315986.104 - 6860.529X + 45.884X^2$	0.910
JUL 26	$Y = 461482.610 - 10258.111X + 70.654X^2$	0.894
AGO 26	$Y = 470447.931 - 8744.832X + 56.816X^2$	0.700
SEP 27	$Y = 515874.704 - 7313.415X + 39.339X^2$	0.841
OCT 27	$Y = 621763.870 - 10659.961X + 67.359X^2$	0.874
NOV 27	$Y = 616156.240 - 10041.000X + 62.557X^2$	0.834

no. de tallos por Ha.

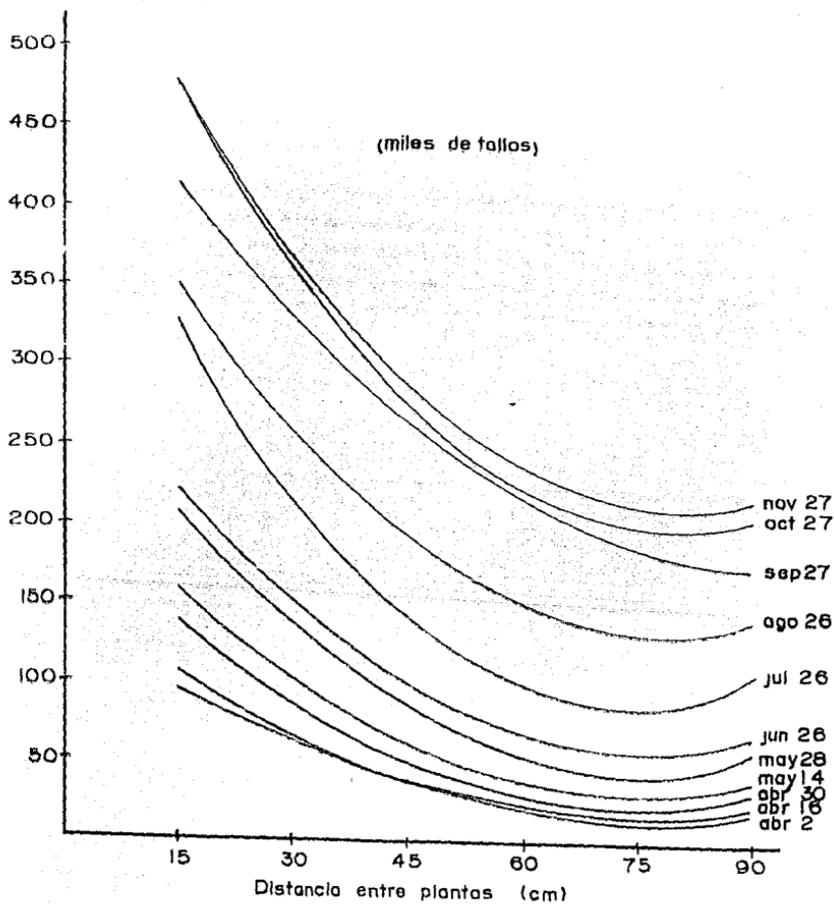


Figura 10. Líneas de regresión para el factor número de tallos por hectárea.

CONCLUSIONES

1. Los espaciamientos entre plantas afectaron temporalmente a la altura de planta, y en forma definitiva al grosor, número de tallos por planta y número de tallos por hectárea a partir de la sexta semana al trasplante.
2. Las distancias entre plantas de 75-90 cm producen mayor cantidad de tallos por planta y de mayor grosor. En cambio, el mayor número de tallos por hectárea es producido por los espaciamientos entre 15-30 cm.
3. Las densidades de población de 13,888 a 10,416 plantas por hectárea serán probablemente las que den mejor calidad y producción de espárrago debido a que en el rango de 45-60 cm se obtiene un buen grosor y número de tallos por planta sin reducir considerablemente el número de tallos por hectárea.

BIBLIOGRAFIA

1. Alsina, G.C. 1971. Horticultura especial. Tomo II. Segunda edición. Ed. Sintés. Barcelona, España.
2. Amezcuita, M.C. y J.E. Muñoz. 1979. Manual estadístico -- para la experimentación en frijol (Phaseolus vul--
garis L.). Material mimeografiado del "VI Curso de Postgrado en frijol", realizado en Colombia - CIAT
3. Anónimo. 1968. Incremento al cultivo del espárrago. México Agricola 15 (7) :40.
4. Anónimo. 1985. El espárrago. cultivo de exportación. Agro-síntesis 16 (3) :25-28.
5. Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica.
6. CIAT. 1979. Información básica sobre la competencia entre malezas y los cultivos. Guía de estudio serie 0458-01.02. Colombia.
7. FAO. 1973. Espárrago enlatado - estandarización y clasificación. Comisión del Codex Alimentarius. FAO. Roma, Italia.
8. Fersini, A. 1978 Horticultura práctica. Ed. Diana. México.
9. García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Tercera edición. México.
10. García, R. A. 1959. Horticultura. Ed. Salvat. Barcelona, España.
11. Garret, J.T., W.C. Nettles, F.H. Smith, and C.A. Thomas. 1967 Growing asparagus in South Carolina. Clemson University cooperating with United States Department of Agriculture Extension Service, Geo. B. Nutt., Di-

rector Clamson, S.C. U.S.A. .

12. Hanna, G.C. 1947. Asparagus production in California. California Agricultural Ext. Serv. University of California. Berkeley. Circular 91.
13. Hanna, G.C., and L.D. Doneen. 1958. Asparagus irrigation Studies. California Agriculture 12 (9):8.
14. Hinojosa, R.M.A., y P.C. Torres. 1985. El cultivo del espárrago en el Bajío, un caso de agricultura de - - contrato. Tesis Ingeniero Agrícola. FES-Cuautitlán UNAM, México.
15. Kidner, W.A. 1965. Espárragos. Ed. Continental S.A. México.
16. Martínez, E.J. 1977. El cultivo e industrialización del - espárrago en México. Tesis Ingeniero Agrónomo. Chapingo, México.
17. Martínez, E.J. 1980. El cultivo del espárrago en México. - Agrosíntesis. Vol. II (4): 54-62.
18. Messiaen, C.M. 1979. Las hortalizas; técnicas agrícolas y producción tropicales. Ed. Blume. México
19. Padilla, G.R. El cultivo del espárrago. Tesis Ingeniero - Agrónomo. ESA-Hermanos Escobar. Chihuahua. México.
20. Raymond, D. 1982. Cultivo práctico de hortalizas. Ed. CECSA México.
21. Reyes, C.P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. Segunda edición. Ed. Herrero. México
22. Robles, S.R. 1981. Producción de granos y forrajes. Segunda edición. ED. Limusa. México.
23. Ruiz, O.M. 1979. Tratado elemental de botánica. Ed. ECLALSA México.
24. Sánchez, S.O. 1980. La flora del valle de México. Sexta ed.

Ed. Herrero. México

25. Secretaria de Programación y Presupuesto. 1975. Carta topográfica de Ciudad Obregón, Sonora. México.
26. Secretaria de Programación y Presupuesto. 1980. Carta climática La Paz. México.
27. Secretaria de Programación y Presupuesto. 1981. Carta Edafológica La Paz. México.
28. Takatori, F.H., F.D. Souther, J.I. Stillman, and B. Benson. 1977. Asparagus production. California Div. of Agricultural Sciences, University of California. -- Bulletin 1882.
29. Thompson, R.C. and W.C. Kelley. 1957. Vegetable crop. 5th. ed. Ed. Mc Graw-Hill, New York, U.S.A.
30. Thompson, R.C., S.P. Doolittle, L.L. Danielson y B.C. Mason. 1965. El cultivo del espárrago. Tercera edición. -- Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo Internacional. (A.I.D.). Boletín de Agricultura # 1646. México.
31. Tiscornia, J.R. 1979. Cultivo de hortalizas terrestres. -- Ed. Albatros, Barcelona, España.
32. Van Haeff, J.N. y J.D. Berlijn. 1982. Horticultura (manuales de educación agropecuaria). Ed. Trillas. México.

APENDICE

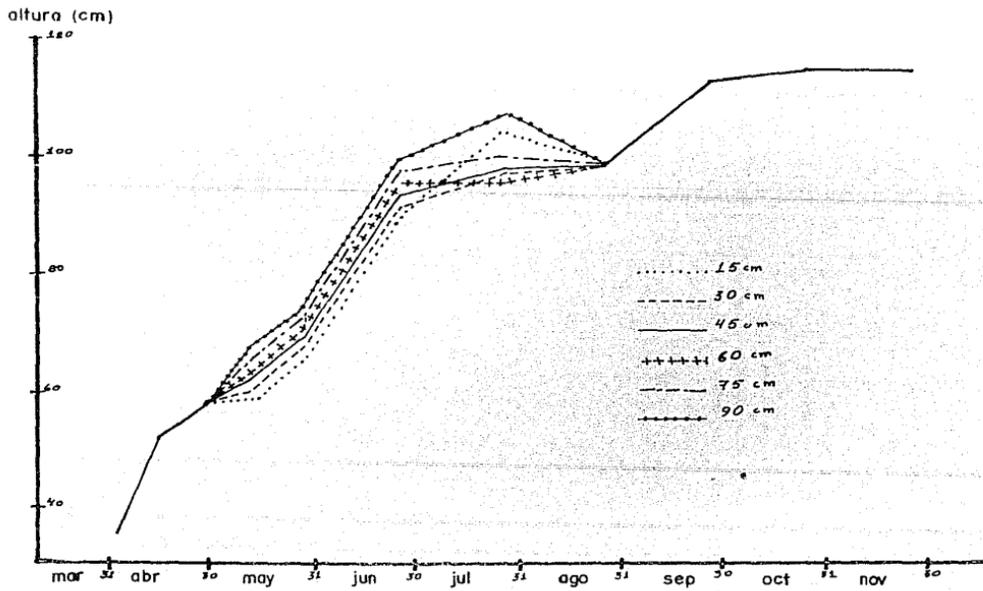


Figura II. Respuesta del factor altura de planta durante los ocho meses de cultivo.

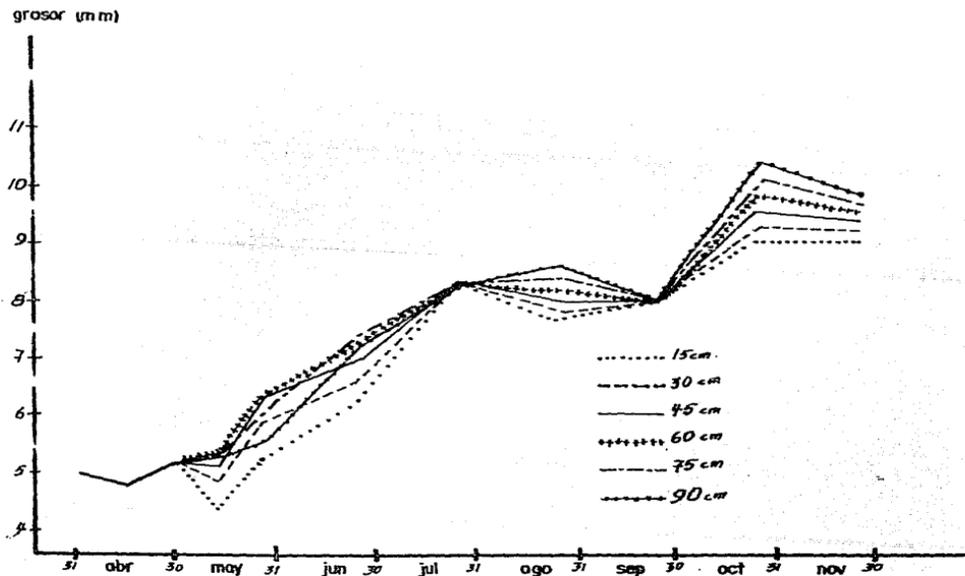


Figura 12. Respuesta del factor grosor de tallos durante los ocho meses de cultivo.

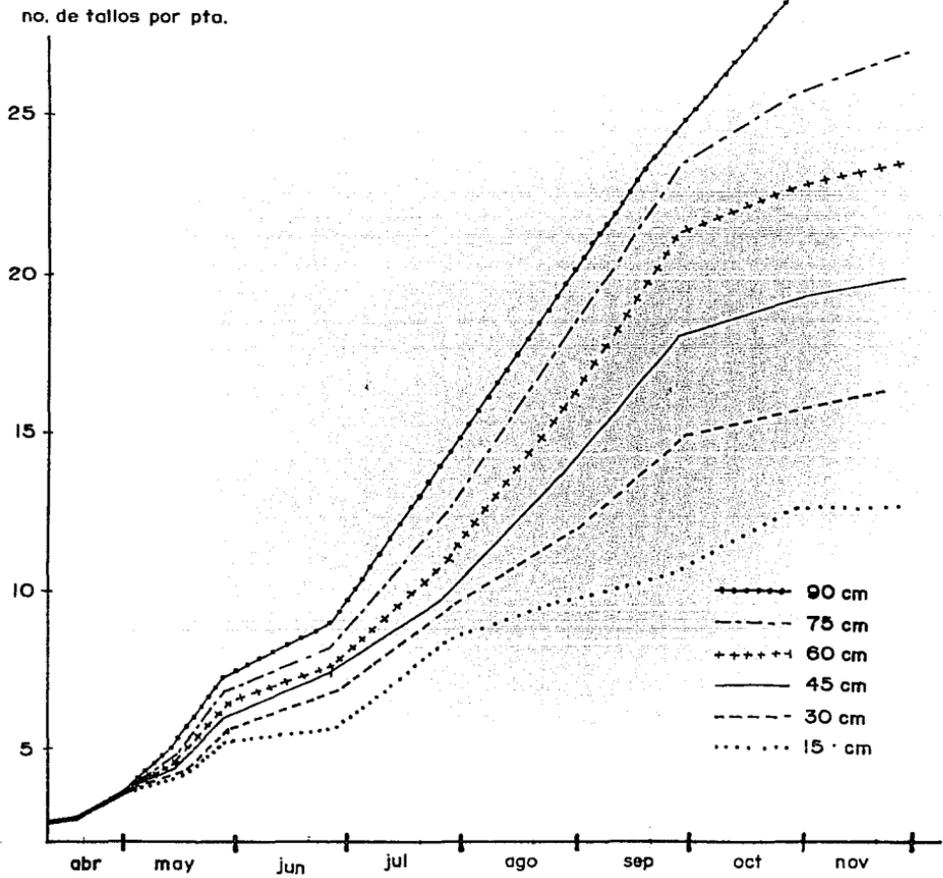


Figura 13. Respuesta del factor número de tallos por planta durante los 8 meses de cultivo.

no. de tallos por Ha

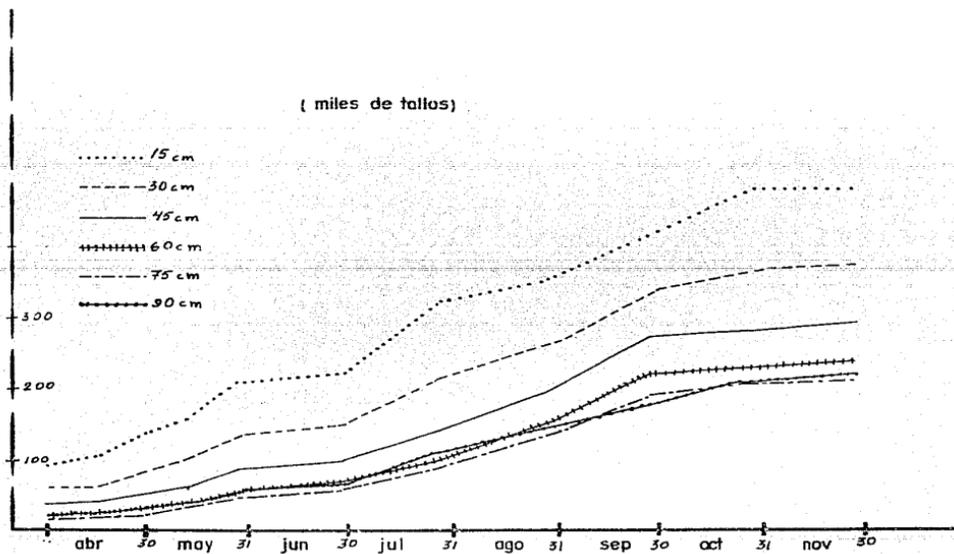


Figura 14. Respuesta del factor número de tallos por hectárea durante los ocho meses de cultivo.