

EVALUACIÓN DE LA NODULACIÓN Y RENDIMIENTO DE LA SOYA (Glycine
max (L.) Merrill) EN CINCO SUSTRATOS DIFERENTES
BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO

ELÍAS RANGEL LOBO

JOSE LUIS SALCEDO ARRIETA

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SANTA MARTA D.T.C.H.

2001

EVALUACIÓN DE LA NODULACIÓN Y RENDIMIENTO DE LA SOYA (Glycine
max (L.) Merril) EN CINCO SUSTRATOS DIFERENTES
BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO

ELÍAS RANGEL LOBO

JOSE LUIS SALCEDO ARRIETA

Trabajo de Memoria de Grado presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero Agrónomo

Director
JORGE GADBÁN REYES I.A.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SANTA MARTA D.T.C.H.

2001

Los jurados examinadores de este trabajo de memoria de grado no serán responsables de los conceptos e ideas emitidas por los aspirantes al título.

Nota de aceptación



LEONARDO DELGADO VENEGAS, I. A. M.Sc.
Jurado



JOSE M. ESPAÑA CARO I. A. M.Sc.
Jurado

Santa Marta, marzo del 2001.

DEDICATORIA

No pude recibir con alegría este triunfo sin antes agradecer al ser más maravilloso que existe en mi vida, quien tiene un poder ilimitado y me ama sin reservas, Jesucristo, mi Dios todo poderoso. El me ha permitido recibir este título como una bendición que comparto con:

Mis padres María P. Lobo Pacheco y Ernesto Rangel Ballesteros

Mi esposa Rosmary Orozco Suárez.

Mis hermanos, Ernesto, Elizabeth, John Arturo y Cristal Rocío.

Mi tía, Belén Rangel Ballesteros.

Hoy quiero dedicar este logro a mi preciosa hija, Brigith Marcela Rangel Orozco, capullito que ha robado mi corazón convirtiéndose en mi inspiración para hacer todo lo bueno que hago.

ELÍAS

DEDICATORIA

A Dios quien se ha manifestado en mi ser a través de mi conciencia, permitiendo convertir en realidad mi más profundo deseo en la vida ligado a mi voluntad el de convertirme en un Ingeniero Agrónomo.

También por provocar en mí la autorreflexión que necesito para madurar y aceptarme por lo que he sido, lo que soy y lo que quiero ser.

A mi madre, Emilda, por brindarme su confianza y por hacerme ver que el sentimiento más grande es el amor.

A mi padre, Aniceto, de quien me siento orgulloso porque se ha encargado con su actitud de enseñarnos a mi y a mis hermanos, a mantener en alto el deseo de superación.

A mis hermanos Luis Andrés, Liliana y Farith, con quienes he compartido gran parte de mi vida y a quienes llevo en el corazón.

A mis demás familiares.

A mis amigos y compañeros, especialmente a: Elías, Alexander, Alcides, Alfonso, Pilar, Betsy, Leonardo B., Diego, Hernando, Leonardo R., Geovanny, Alex A., Alex V., Alex W., Juan B., y Ángel.

A mis profesores, en especial a: Jorge Gadbán Reyes I.A. y Hugo Oswaldo Jiménez I.A. Ph.D.

Y a todas las personas que por medio de la investigación han contribuido a mejorar la existencia de la raza humana.

JOSE LUIS

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo de grado expresan los más sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades que colaboraron de una u otra forma para que la presente investigación llegara a feliz término.

Jorge Gadbán Reyes, I.A. Investigador. Director de memoria de grado. Profesor de la Universidad del Magdalena.

Leonardo Delgado Venegas, I. A. M.Sc. Jurado de memoria de grado. Profesor de la Universidad del Magdalena.

José España Caro. I. A. M.Sc. Jurado de memoria de grado. Profesor de la Universidad del Magdalena.

Roberto Acosta Torres. I. A. Director del Laboratorio de Suelos de la Universidad del Magdalena.

Reynaldo Lobato Pertuz. I.A. M.Sc. profesor de la Universidad del Magdalena.

Armando Lacera Rúa. Q. M.Sc. Director del Departamento de Química de la Universidad del Magdalena.

Edith Gordon. I. P. Auxiliar principal Laboratorio de Química.

Juan De Dios Martínez. I. A. Director Granja Experimental Universidad del Magdalena.

Luis Carlos Maestre Matta, Melanio Saravia Quezada, Jesús Orozco Vega y Nel Ruiz, equipo de trabajadores de la granja experimental de la Universidad del Magdalena.

Anselmo Marín Perea, I. A. Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Liliana Cortina, I. A. Directora de programa de Ingeniería Agronómica.

Alfonso Carlos Mier Peláez. Asesor Estadístico y transcriptor de la memoria de grado.

Betty Patiño Urieles, Monitora Administrativa Decanatura de Ciencias Agropecuarias.

Alexander Sánchez. I. A. Asesor en trabajo de campo.

Jaime Salazar I.A. Gerente general Coljap Agroquímicos.

Germán Moreno, I. A. Director de ventas Coljap Zona Norte.

IA
00495

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	3
2. MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1 LOCALIZACIÓN	8
2.2 MATERIAL VEGETAL	9
2.3 INOCULANTE	10
2.4 SOLUCIÓN NUTRITIVA	11
2.5 SUSTRATOS	14
2.5.1 Procedimiento metodológico realizado para determinación de las características de los sustratos	14
2.5.1.1 Temperatura promedio de los sustratos	15
2.5.1.2 Densidad aparente	15
2.5.1.3 Densidad real.	17
2.5.1.4 Porcentaje de porosidad	17
2.5.1.5 Humedad gravimétrica	17
2.5.1.6 Humedad volumétrica o retención de humedad	18
2.5.1.7 Granulometría	19
2.5.1.8 pH	22
2.6 ESTRUCTURA	23

2.7	DISEÑO METODOLÓGICO	23
2.7.1	Diseño	23
2.7.2	Tratamientos	23
2.8	DESARROLLO DEL ENSAYO	24
2.8.1	Inoculación y siembra	24
2.8.2	Riego	26
2.8.3	Raleo	27
2.8.4	Fertilización	27
2.8.5	Aporque	28
2.8.6	Cosecha.	28
2.8.7	Otras labores	29
2.9	PARÁMETROS EVALUADOS	30
2.9.1	Porcentaje de germinación	30
2.9.2	Altura de la planta	30
2.9.3	Tiempo en días de siembra a floración	30
2.9.4	Tiempo en días de floración a cosecha.	31
2.9.5	Número de granos por vaina	31
2.9.6	Peso de cien (100) granos	31
2.9.7	Rendimiento en Kilogramos por Hectárea (Kg/Ha)	31
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	33
3.1	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	33
3.2	ALTURA DE PLANTAS	36

3.3	TIEMPOS EN DÍAS DE SIEMBRA A FLORACIÓN	42
3.4	TIEMPO EN DÍAS DE FLORACIÓN A COSECHA	42
3.5	NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA	48
3.6	PESO DE NÓDULOS FRESCOS	51
3.7	PESO DE NÓDULOS SECOS	54
3.8	NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA	58
3.9	NÚMERO DE GRANOS POR VAINA	62
3.10	PESO DE 100 GRANOS	62
3.11	RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (Kg/Ha)	68
4.	CONCLUSIONES	73
	BIBLIOGRAFIA	75
	ANEXOS	77

LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Temperaturas promedias en grados centígrados para cada uno de los sustratos empleados en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	16
Tabla 2. Características físicas de cada uno de los sustratos empleados en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	20
Tabla 3. Porcentaje del tamaño de las partículas de los sustratos empleados en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	21
Tabla 4. Porcentaje de germinación para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	34
Tabla 5. Altura promedio de plantas en cm a los 32 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	37
Tabla 6. Altura promedio de plantas en cm a los 42 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	38
Tabla 7. Altura promedio de plantas en cm a los 64 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	39
Tabla 8. Altura promedio de plantas en cm a los 98 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	40

Tabla 9. Tiempo promedio en días, de siembra a floración, para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	44
Tabla 10. Tiempo promedio en días, de floración a cosecha, para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	46
Tabla 11. Número promedio de nódulos por planta para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	49
Tabla 12. Peso promedio de nódulos frescos en gramos para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	52
Tabla 13. Peso promedio de nódulos secos en gramos para cada uno de los tratamiento en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	56
Tabla 14. Número promedio de vainas por planta para cada uno de los tratamiento en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	60
Tabla 15. Número promedio de granos por vaina para cada uno de los tratamiento en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	64
Tabla 16. Peso promedio de 100 granos en gramos para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	66
Tabla 17. Rendimiento en Kg/Ha para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	70

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Distribución de bloques y tratamientos usados en la evaluación de la nodulación y el rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> L. Merrill) bajo un sistema hidropónico.	25
Figura 2. Histograma del porcentaje de germinación en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	35
Figura 3. Histograma de la altura promedia de plantas en cm a los 32, 42, 64, y 98 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	41
Figura 4. Correlación de la altura promedia de plantas en cm a los 64 días con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	43
Figura 5. Histograma del tiempo promedio en días, de siembra a floración, en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	45
Figura 6. Histograma del tiempo promedio en días, de floración a cosecha, en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	47
Figura 7. Histograma del número promedio de nódulos por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	50
Figura 8. Histograma del peso promedio de nódulos frescos en gramos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	53

Figura 9. Correlación del peso promedio de nódulos frescos en gramos con porcentaje de porosidad en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	55
Figura 10. Histograma del peso promedio de nódulos secos en gramos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	57
Figura 11. Correlación del peso promedio de nódulos secos con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	59
Figura 12. Histograma del número promedio de vainas por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	61
Figura 13. Correlación del número promedio de vainas por planta con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	63
Figura 14. Histograma del número promedio de granos por vaina en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	65
Figura 15. Histograma del peso promedio de 100 granos en gramos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	67
Figura 16. Correlación del peso promedio de 100 granos en gramos con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	69
Figura 17. Histograma del rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	71

TABLA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el porcentaje de germinación en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	78
Anexo B. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 32 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	79
Anexo C. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 42 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	80
Anexo D. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 64 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	81
Anexo E. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 98 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	82
Anexo F. Análisis de varianza para el tiempo promedio en días, de siembra a floración, en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	83
Anexo G. Análisis de varianza para tiempo promedio en días, de floración a cosecha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	84
Anexo H. Análisis de varianza para el número promedio de	

nódulos por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	85
Anexo J. Análisis de varianza para el peso promedio de nódulos frescos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	86
Anexo K. Análisis de varianza para el peso promedio de nódulos secos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	87
Anexo L. Análisis de varianza para el promedio de número de vainas por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	88
Anexo M. Análisis de varianza para el promedio de número de granos por vaina en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	89
Anexo N. Análisis de varianza para el promedio del peso de 100 granos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	90
Anexo Ñ. Análisis de varianza para el rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.	91

RESUMEN

La investigación se realizó bajo un montaje hidropónico en las instalaciones de la Granja Experimental de la Universidad del Magdalena, situada a 7m.s.n.m., con una humedad relativa entre 70 y 72%, temperatura promedio de 30°C y precipitación promedio anual de 615,15mm.

El ensayo se llevó a cabo entre octubre del año 2000 y enero del 2001. se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar, con 5 tratamientos y cuatro replicas para un total de 20 unidades experimentales.

El material vegetal evaluado fue el Soyica P-31 y como inóculo se utilizó la bacteria *Rhizobium japonicum* cepa ICA J01.

Como tratamientos se emplearon 5 sustratos, arena, aserrín, ladrillo molido, cuesco de palma y cascarilla de arroz.

Se evaluaron los siguientes parámetros: porcentaje de germinación, días de siembra a floración, días de floración a cosecha, altura de plantas, número y peso promedio de nódulos, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de cien granos y rendimiento en Kg/Ha. También se determinaron algunas propiedades físicas de los sustratos y su relación con los parámetros anteriores.

La germinación fue inferior al 50% en todos los tratamientos sobresaliendo T1 (aserrín) con un 43%, y el menor valor el T4 (cuesco) con 2,4%.

En cuanto al periodo vegetativo no se presentó diferencia estadística, para los parámetros días de siembra a floración y días de floración a cosecha.

El mayor promedio de altura lo obtuvieron las plantas sembradas en T2 (arena), con un promedio de 31,43cm, 37,66cm, 42,2cm y 47cm para este parámetro a los 32, 42, 64 y 98 días, respectivamente, mientras que la menor correspondió a T5 (cascarilla) con 16cm, 21,02cm, 26,32cm y 27,4cm.

El mayor promedio de número de nódulos por planta se obtuvo en T1 (aserrín) con 56,4, mientras que el menor lo registró T3 (ladrillo) con 3,1.

El mayor promedio para peso fresco y peso seco de nódulos lo presentó T1 (aserrín), con 0,9315g y 0,234g respectivamente, entre tanto, el menor valor lo manifestó T3 (ladrillo) con 0,129g y 0,043g respectivamente.

El mayor promedio para el número de vainas por planta correspondió al T2 (arena) con 39,3 y el menor para T5 (cascarilla) con 16 vainas.

El mayor promedio para número de granos por vaina lo alcanzó T2 (arena) con 2,41, y el menor T3 (ladrillo) con 2,2.

En cuanto al peso promedio de 100 semillas el mayor valor se obtuvo para el T4 (cuesco) con 14,16g, y el menor promedio para T1 (aserrín) con 12,86g.

Finalmente el mayor rendimiento en Kg/Ha lo arrojó T2 (arena) con 4.894,85Kg/Ha y el menor rendimiento T5 (cascarilla) con 2.098,85Kg/Ha.

INTRODUCCIÓN

La hidroponía es el cultivo de las plantas sin tierra y desde que se inició como disciplina científica, se ha comprendido la importancia de contar con la presencia de sustratos sólidos que a parte de ser el lecho en que son sembradas las semillas, sirven de sostén mecánico a las raíces y facilitan la movilización y distribución del agua, aire y de la solución nutritiva. Teniendo en cuenta lo anterior, por medio de la investigación es posible llegar a establecer que sustrato es el más adecuado para un determinado cultivo.

En el caso de la soya, si se desea obtener un mayor rendimiento, es sabido que previamente a la siembra debe inocularse la semilla con bacterias del género *Rhizobium*. Con base en el concepto anterior y añadiendo a ello que si el tipo de producción que se va a realizar es mediante un sistema hidropónico, se hace necesario entonces tener muy en cuenta aquel sustrato que permita desarrollar una buena nodulación. Dicho de otra manera, el sustrato a emplear debe ser el medio más adecuado tanto para la planta como para el *Rhizobium* y así el proceso simbiótico sea mucho más eficiente, repercutiendo de esta forma en mayor fijación de nitrógeno y por consiguiente mayor

rendimiento de la planta.

En esta investigación se evaluó el comportamiento de la nodulación y rendimiento de la soya en cinco (5) sustratos diferentes: arena de río, ladrillo molido, aserrín, cuesco de palma y cascarilla de arroz; mediante lo cual se logró determinar, cual de los sustratos anteriormente citados ofrece mejores condiciones para el desarrollo vegetativo, la nodulación y la producción de la soya bajo un sistema hidropónico.

1. ANTECEDENTES

Los organismos necesitan acomodarse en su medio vital y esta continua lucha para lograrlo, se adaptan a la vida gregaria, viviendo en armonía ya sea independiente o ayudándose entre sí como es el caso de la simbiosis existente entre el *Rhizobium* que forma nódulos en las raicillas de las plantas leguminosas, permitiendo una mayor fijación de nitrógeno por parte de la planta, representando este hecho un caso de mutualismo o simbiosis. (Medina y Covaleda,1992, 22).

La mayoría de leguminosas de grano extraen nutrientes en cantidades mas o menos semejantes. Una cosecha de soya con un rendimiento de 3.000Kg/Ha, extrae del suelo unos 200Kg de N, 55 de P_2O_5 y 135Kg de K_2O . La mayoría del nitrógeno lo toman del aire en simbiosis con nitrobacterias, pero si es con suelo nuevo, arenoso, pobre en materia orgánica, lo recomendable es inocular la semilla. (Orozco et al, 1973, 7).

El rendimiento de las plantas leguminosas depende, entre otros factores de la incorporación de nitrógeno atmosférico en forma simbiótica, la eficiencia de fijación del nitrógeno a su vez está relacionada con la cepa de *Rhizobium* la planta hospedante, así como

las condiciones ambientales imperantes durante el cultivo. (Brill citado por Balatti y Montaldi, 1977,69)

La capacidad de *Rhizobium* para causar nodulación y posteriormente fijar nitrógeno depende de factores asociados con el sustrato, la planta, el microorganismo, el clima y la interacción entre estos factores. Los factores ambientales en muchos casos determinan en que grado ocurre la nodulación y la fijación de nitrógeno. Algunas especies y/o razas de *Rhizobium* son susceptibles a las temperaturas y su capacidad para fijar nitrógeno puede disminuir con una temperatura cercana a 33°C aun en el caso de que sean eficientes a 28°C. (Munevar y Wollum, 1981, 272).

Entre los factores que afectan la simbiosis *Rhizobium*-Soya, está la infectividad, que se refiere específicamente a la capacidad de virulencia que tiene la bacteria para penetrar dentro de la raíz; y la efectividad que tiene la bacteria de fijar nitrógeno atmosférico en el interior del nódulo. Se considera que la nodulación es efectiva cuando fija nitrógeno atmosférico a la planta de soya y se reconoce porque presenta nódulos grandes y de color rojo o rosado al hacer un corte transversal. También es apreciable la efectividad por el color verde intenso de la planta. (Varela, 1980, 9).

Existen algunos factores que pueden afectar la fijación de nitrógeno

atmosférico como lo son: niveles bajos de calcio, pH extremos, cepas de *Rhizobium* ineficientes, estrés de humedad, fotosíntesis deficiente; así como también el suministro de sustratos que influyen en la distribución y actividad de los organismos fijadores de nitrógeno. (Charry, 1991, 202).

Muchos de los métodos hidropónicos actuales emplean algún tipo de medio de cultivo o sustrato, tales como gravas, arenas, piedra pómez, aserrines, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz, etc., a las cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de la planta. (Calderón, 1990, 7).

Se entiende por sustrato un medio sólido inerte, que tiene una doble función: primero, anclar y aferrar las raíces protegiéndoles de la luz y permitiéndoles la respiración; y segundo, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. (Sánchez, 1990, 2).

El empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva, es base del cultivo hidropónico en América Latina. Los materiales que se han experimentado para uso de laboratorio y para cultivos comerciales son muchos y no siempre han respondido positivamente desde el punto de vista técnico y económico. (2).

Un sustrato debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo. No siempre un sustrato reúne todas las características deseables, por ello a veces se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros. (2).

Cuando se planea un cultivo hidropónico se debe tener en cuenta para el sustrato una serie de aspectos como son: Retener humedad, tener buena aireación, buena estabilidad física, buen drenaje, capilaridad, ser liviano, económico y estar disponible. (2).

En cultivos hidropónicos el sustrato servirá como vinculo para aportar agua, nutrientes y oxígeno a la planta, a la vez, le servirá de soporte y de medio oscuro para el desarrollo radicular, función vital del crecimiento vegetal. (Calderón,, 1989, 34).

Los sustratos sólidos, como la arena gruesa, retienen el agua únicamente en la superficie de las partículas. Los sustratos porosos, tales como el ladrillo, retienen el agua en la superficie y en el interior de las partículas y los sustratos orgánicos como la cascarilla de arroz y aserrín retienen el agua en las fibras vegetales. (Sánchez, 3).

En ensayo efectuado en invernadero, se estableció que la siembra en arena benefició el crecimiento de las partes subterráneas y aéreas de

las plantas. Sin embargo la nodulación se presentó solamente cuando las materas se llenaron completamente con arena, o bien, cuando las plantas estaban en núcleo de arcilla con un diámetro no mayor de 0,35mm; aparentemente la nodulación sugirió combinaciones específicas entre la aireación y la humedad. (Kornelius y Freiri, 1977, 255).

Al utilizar arena como sustrato en los cultivos hidropónicos, es necesario cuidar el origen evitando los calcáreos, ya que se presentan problemas de excesos de algunos elementos y de manejo de pH. También se debe tener en cuenta la granulometría para evitar compactaciones, encharcamientos y asfixia radicular. (Calderón, 1989, 34).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

El presente ensayo se realizó en las instalaciones de la granja experimental de la Universidad del Magdalena, municipio de Santa Marta, departamento del Magdalena, situada a 7m.s.n.m., con humedad relativa entre 70 al 72% y temperatura promedio de 30°C. el clima de la región está clasificado como caliente de estepa, con precipitaciones zenitales, vegetación xerofítica y un ecosistema de bosque espinoso subtropical. La precipitación promedio anual es de 615,5mm.

La investigación en sus actividades de campo se realizó desde julio del año 2000 a enero del 2001, comprendiendo las actividades: consecución de sustrato, construcción de estructura, desinfección de sustratos, inoculación, siembra y mantenimiento del cultivo hasta cosecha. La tabulación y análisis de los resultados se realizaron entre los meses de enero a marzo del 2001, para una duración total de la investigación de 8 meses comprendidos entre julio del 2000 y marzo del 2001.

2.2 MATERIAL VEGETAL

La variedad de soya (*Glycine max* (L) Merrill) Soyica P-31, fue el material empleado para el desarrollo del ensayo. Es una variedad mejorada de soya obtenida por el ICA mediante procesos de hibridación entre los materiales genéticos Hale 3 y P1 307861, en la cual se combinaron las mejores características de los respectivos progenitores.

La planta de Soyica P-31 es poco ramificada; presenta uniformidad en su secamiento y alta resistencia al volcamiento y a la dehiscencia, acción mediante la cual la planta, sin completar con su maduración fisiológica, empieza a botar las semillas.

En campos o pruebas de experimentación, esta variedad ha producido hasta 2500Kg/Ha en promedio.

Ofrece buena resistencia al mildew velloso (*Peronospora Manchurica*), a la decoloración violácea de la semilla (*Cercospora kikuchii*) y a la mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*). También es tolerante a la bacteriosis (*Pseudomonas glycinea*), a la pústula bacterial (*Xanthomonas phaseoli*) y a los comedores de follajes.

Las principales características agronómicas y fisiológicas de Soyica P-31 en resumen son:

▪ Adaptación	40-1.200 m.s.n.m.
▪ Periodo vegetativo	95-105 días
▪ Altura de la planta	65-70 cm
▪ Altura al inicio de la formación de la vaina	12-14 cm
▪ Color de la flor	morada
▪ Color de la pubescencia	crema clara
▪ Color de la semilla	amarilla
▪ Peso de 100 semillas	10-12 g
▪ Porcentaje de aceite	18%
▪ Porcentaje de proteína	41%

El ICA recomienda este material para los departamentos del Valle del Cauca, Tolima, Huila, y la Costa Atlántica. (Bastidas, 1980, 8).

2.3 INOCULANTE

Se utilizó la bacteria *Rhizobium japonicum* cepa ICA J01, la cual recomienda el Laboratorio de Suelos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) Tibaitatá para la Costa Atlántica en dosis de 5g de inoculante comercial por kilogramo de semilla.

Este microorganismo (bacteria) tiene la forma de un bastón pequeño,

capacitado para penetrar por los pelos radiculares de las leguminosas y una vez se ha establecido en los tejidos de las raíces pasa a ser un microorganismo con movimiento que luego produce formas bacteroides, en donde se desarrolla el proceso de simbiosis.

2.4 SOLUCIÓN NUTRITIVA

Para la nutrición de las plantas de este experimento se empleó una solución nutritiva compuesta por dos productos comerciales para cultivos hidropónicos cuyos nombres son: Nutriente Mayor Líquido 4-2-5-5 y Nutriente Menor Líquido HCEM-12.

Y sus características técnicas se especifican así:

- NML 4-2-5-5

- * Totalmente soluble en agua.

- * Composición.

~ Nitrógeno total	44g/l
~ Nitrógeno amoniacal	4g/l
~ Nitrógeno nítrico	40g/l
~ Fósforo asimilable (P_2O_5)	20g/l
~ Potasio (K_2O)	50g/l
~ Calcio (CaO)	50g/l

* Criterios de uso.

~ Es una fuente compuesta que proporciona cuatro de los principales elementos en forma armónica, respecto a los requerimientos de las plantas.

~ Se recomienda principalmente para sistemas semihidropónicos, hidropónicos y para cultivos en sustratos.

* Dosis.

La dosis recomendada es de 5,0cc/l de solución final o 5,0 l del producto/metro cúbico de solución final, con lo cual se aportan 220ppm de N, 44ppm de P, 208ppm de K y 179ppm de Ca.

• NML.

* Totalmente soluble en agua.

* Composición.

~ Magnesio (MgO)	40,0g/l
~ Azufre (S)	16,0g/l
~ Hierro (Fe)	2,8g/l
~ Cobre (Cu)	0,015g/l

~ Zinc (Zn)	0,065g/l
~ Boro (B)	0,13g/l
~ Manganeso (Mn)	0,13g/l
~ Molibdeno (Mo)	0,003g/l
~ Cobalto (Co)	0,001g/l
~ Cloro (Cl)	0,45g/l

* Criterios de uso.

~ Suplir las necesidades de elementos secundarios y menores en soluciones nutritivas completas, junto con el nutriente mayor líquido.

~ Se recomienda principalmente para sistemas semihidropónico y cultivos en sustratos, o en sistemas de riego por goteo.

* Dosis.

La dosis es de 2,0cc/l de solución final o 2,0 l del producto por metro cúbico de solución final con lo cual se aportan 48ppm de Mg, 32ppm de S, 5,6ppm de Fe, 0,03ppm de Cu, 0,13ppm de Zn, 0,26ppm de B, 0,26ppm de Mn, 0,006ppm de Mo, 0,002ppm de Co y 0,9ppm de Cl.

2.5 SUSTRATOS

Se emplearon cinco (5) sustratos diferentes para el llenado de las camas o unidades experimentales. Aserrín, arena de río, ladrillo molido, cuesco de palma y cascarilla de arroz.

Estos sustratos, una vez establecidas las parcelas, 20 días antes de la desinfección, se sometieron a un proceso de lavado - secado con el propósito de lixiviar los elementos que pudiesen interferir con la solución nutritiva y para tener totalmente descompuestos antes de la siembra, los sustratos de origen orgánico, especialmente el aserrín y la cascarilla de arroz.

Los diferentes sustratos citados anteriormente, constituyen la variable objeto de estudio en la presente investigación. Por esta razón, más que contar con ellos para la siembra y crecimiento de las plantas, se les realizaron diferentes pruebas o análisis en el laboratorio con el fin de determinar sus características físicas (densidad aparente, densidad real, porosidad, humedad gravimétrica, humedad volumétrica o retención de humedad, granulometría), pH y las temperaturas promedio de los mismos durante el ciclo del cultivo.

2.5.1 Procedimiento metodológico realizado para determinación de las características de los sustratos.

2.5.1.1 Temperatura promedio de los sustratos. Esta propiedad fue evaluada en campo, se utilizó un termómetro de mercurio con el cual se realizaron 10 lecturas a cada sustrato distribuidos durante el ciclo del cultivo.

Las lecturas se hicieron entre las diez de la mañana y las tres de la tarde, horas en que los sustratos alcanzaban las mayores temperaturas. En cada lectura inmediatamente después de medir la temperatura ambiente, se procedió a medir la de los sustratos en cada parcela.

Las mediciones se iniciaron en la etapa de germinación, después en la etapa de floración y por último en la etapa previa a la cosecha. Una vez obtenida todas las mediciones de temperatura, se sumaron entre sí y se promediaron, de esta manera se determinó la temperatura promedio que presentaron los sustratos durante el ciclo del cultivo.

Los valores respectivos a las temperaturas de los sustratos se pueden apreciar en la tabla 1.

2.5.1.2 Densidad aparente. En la determinación de la densidad aparente se empleó el método del cilindro graduado. Para cada sustrato se tomó una muestra con un volumen conocido o aparente medido en la probeta. Se pesó cada muestra y con base en estos datos se determinó la densidad aparente mediante la fórmula. (Israelsen, 1985, 145).

Tabla 1. Temperaturas promedio en grados centígrados para cada uno de los sustratos empleados en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Sustrato \ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio en °C
Aserrín	31,0	30,1	30,6	31,1	31,2	30,7	30,1	29,8	28,7	29,3	30,2
Arena	32,0	30,5	30,2	30,2	30,8	30,5	29,2	28,2	30,0	29,0	30,0
Ladrillo	31,1	31,2	30,3	30,2	31,2	30,7	29,7	28,3	30,5	29,1	30,2
Cuesco	32,7	32,7	31,8	32,5	32,5	32,0	31,5	30,0	29,5	29,3	31,4
Cascarilla	32,3	31,7	31,8	32,1	34,5	32,1	31,3	31,0	30,2	30,5	31,7
Temperatura ambiente	30,5	29,0	31,0	30,0	32,5	31,0	31,5	32,0	28,0	33,0	30,8

$$D_a = \frac{\text{Peso muestra}}{\text{Volumen aparente}}$$

2.5.1.3 Densidad real. Para determinar esta característica, se tuvieron en cuenta las muestras tomadas para hallar la densidad aparente, estas muestras se vertieron sobre una probeta que contenía un volumen de agua conocido, se observó y se cuantificó el volumen de agua que se desplazó, el cual se consideró como el volumen real de la muestra. (Israelsen, 145). Los anteriores valores se emplearon en la siguiente formula para hallar la densidad real.

$$D_r = \frac{\text{Peso muestra}}{\text{Volumen real}}$$

2.5.1.4 Porcentaje de porosidad. La porosidad para cada sustrato se determinó mediante la siguiente formula.

$$\% \text{ de porosidad} = (1 - D_a/D_r) \times 100$$

de donde D_a y D_r son los valores que previamente fueron hallados para densidad aparente y densidad real respectivamente. (Israelsen, 146).

2.5.1.5 Humedad gravimétrica. Se define como el porcentaje en peso del agua o humedad que retiene un suelo o sustrato.

Para calcular la humedad gravimétrica se tomaron 3 muestras húmedas por cada sustrato. A cada muestra se le determinó el peso húmedo e inmediatamente se llevaron a una estufa a 105°C de temperatura durante 24 horas, una vez transcurrido este tiempo se procedió nuevamente a pesarlas para determinar su peso seco. Con estos datos se calculó la humedad mediante la siguiente fórmula. (Pizarro, 1996, 38).

$$Hg = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

De donde:

Psh = Peso sustrato húmedo.

Pss = Peso sustrato seco.

2.5.1.6 Humedad volumétrica o retención de humedad. Con el valor de la humedad gravimétrica para cada sustrato al multiplicarlo por el valor respectivo de la densidad aparente se calculó la humedad volumétrica para cada sustrato. (Pizarro, 38).

Esta propiedad se define como el porcentaje en volumen del agua que retiene un suelo o sustrato.

$$Hv = Hg \times Da.$$

Los datos o valores obtenidos para D_a , D_r , %P, Hg y H_v de cada sustrato, se encuentran consignados en la tabla 2.

2.5.1.7 Granulometría. Mediante esta propiedad se establece el porcentaje con base al tamaño de las partículas o agregados que predominan en cada sustrato. Esta labor se realizó con 8 tamices con diámetros comprendidos entre 0,04 y 9,5mm respectivamente. Por cada sustrato se pesaron 100 gramos los cuales se adicionaban a los tamices que estaban ordenados de mayor a menor calibre. Los tamices se agitaban durante un tiempo suficiente, para después pesar el contenido de partículas en cada tamiz y establecer su porcentaje con base en el peso total de la muestra. Estos valores se pueden apreciar en la tabla 3.

De esta tabla se deduce el porcentaje de las partículas predominantes para cada sustrato.

- Aserrín: el 78,2% de las partículas que predominan están entre 2,8 y 0,35mm seguido del 6,67% partículas entre 6,73 y 4,0mm.

- Arena: el 64,39% de las partículas que predominan están entre 2,8 y 0,35mm seguido del 18,36% partículas entre 0,35 y 0,24mm.

Tabla 2. Características físicas de cada uno de los sustratos empleados en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Sustratos	Densidad aparente Da (g/cc)	Densidad real Dr (g/cc)	% de Porosidad	Humedad gravimétrica (%)	Humedad volumétrica (%)
Aserrín	0,226	1,007	77,55	213,12	48,16
Arena	1,569	2,615	40,00	19,39	30,42
Ladrillo	1,356	2,010	32,53	27,70	37,56
Cuesco	0,655	1,455	54,98	37,02	24,24
Cascarilla	0,138	1,110	87,56	125,26	17,28

Tabla 3. Porcentaje del tamaño de las partículas de los sustratos empleados en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Sustratos	Número de tamiz	4'	3'	2'	1'	6	5	4	2
	Diámetro (mm)	9,5	6,73	4,0	2,8	0,35	0,24	0,12	0,04
Aserrín	%	0,79	1,69	6,67	5,45	78,20	2,60	3,52	1,07
Arena	%	0,00	0,00	0,85	2,62	64,39	18,36	13,14	0,65
Ladrillo	%	5,31	9,45	14,51	9,10	36,65	11,40	8,62	5,94
Cuesco	%	1,54	16,20	37,90	21,80	22,06	0,18	0,16	0,06
Cascarilla	%	0,00	0,83	15,30	20,70	60,56	1,06	0,94	0,58

- Ladrillo: el 36,65% de las partículas que predominan están entre 2,8 y 0,35mm seguido del 14,51% partículas entre 6,73 y 4,0mm.
- Cuesco: el 37,9% de las partículas que predominan están entre 6,73 y 4,0mm seguido del 22,06% partículas entre 2,8 y 0,35mm.
- Cascarilla: el 60,56% de las partículas que predominan están entre 2,8 y 0,35mm seguido del 20,7% partículas entre 4,0 y 2,8mm.

2.5.1.8 pH. Para medir el pH previamente de cada sustrato se tomaron 4 submuestras de las cuales se tomó una muestra representativa de 20 gramos, se le agregó a cada una un volumen de 20cc en recipientes de plástico bien cerrados y se agitaron durante 15 minutos para así observar la lectura del pH para cada sustrato mediante la utilización de un medidor de pH. Los resultados fueron los siguientes:

Sustrato	pH
Aserrín	6,02
Arena	6,05
Ladrillo	6,79
Cuesco	5,30
Cascarilla	5,83

2.6 ESTRUCTURA

Para el montaje del ensayo se construyeron 20 camas o cajones con tablas de caracolí y por debajo se colocó un plástico negro calibre #6 con el fin de aislar las plantas y el sustrato del suelo.

Las dimensiones de las camas fueron:

Largo	1,00m
Ancho	0,70m
Alto	0,15m
Área efectiva por parcela	0,70m ²
Área total del ensayo	25,00m ²

2.7 DISEÑO METODOLÓGICO

2.7.1 Diseño.

El diseño utilizado para la realización de este trabajo de investigación fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones.

2.7.2 Tratamientos.

El ensayo constó de cinco (5) tratamientos en donde se incluye el testigo, los cuales se replican cuatro veces dando como resultado 20 unidades experimentales.

Los tratamientos se conformaron así:

T₁ = Aserrín

T₂ = Arena de río

T₃ = Ladrillo molido

T₄ = Cuesco de palma

T₅ = Cascarilla de arroz

La distribución de tratamientos se puede apreciar en la figura 1.

2.8 DESARROLLO DEL ENSAYO

2.8.1 Inoculación y siembra.

Una vez llenas las camas y con el fin de mantener libres de problemas fitosanitarios, se procedió a desinfectar cada uno de los sustratos con formol al 10% en dosis de 10l/m².

La semilla fue inoculada antes de la siembra, con *Rhizobium japonicum* cepa ICA J01. para este proceso se siguieron las instrucciones del fabricante (Laboratorio de Microbiología de Suelos CORPOICA C.I. Tibaitatá, Santa Fe de Bogotá).

Los pasos realizados fueron los siguientes:

- Se peso el inoculante (5g/Kg de semilla) y se colocó en un beaker



BLOQUES

I		II		III		IV	
T3	T2	T4	T3				
T2	T3	T1	T5				
T5	T4	T3	T2				
T4	T1	T5	T1				
T1	T5	T2	T4				

Área parcela $\rightarrow 0,7\text{m}^2$ - Área efectiva $\rightarrow 14\text{m}^2$ - Área total $\rightarrow 25\text{m}^2$

Figura 1. Distribución de bloques y tratamientos usados en la evaluación de la nodulación y el rendimiento de la soja (*Glycine max* L. Merrill), bajo un sistema hidropónico.

limpio, al cual se le agregó una solución de azúcar al 10% (50 gramos de azúcar y se aforó a 500ml) en dosis de 1ml/g de inóculo.

- Se peso la cantidad de semillas (1Kg) y luego se les agregó la solución azucarada; se mezcló hasta que la semilla quedó completamente cubierta por la solución. Posteriormente se dejo secar a la sombra durante dos horas aproximadamente.

- El siguiente paso fue la siembra y esta se efectuó a una distancia de 50cm entre surcos y 5cm entre plantas. Se depositaron 2 semillas por sitio mediante lo cual se obtuvo una cantidad por surco de 26 semillas. Se trazaron dos surcos por parcela para un total de 52 semillas por réplica y una densidad total para el ensayo de 1040 semillas.

Paralelamente se realizó un semillero en arena para suplir las deficiencias que se presentaron en la germinación utilizando casi la misma cantidad de semilla que se empleó en las parcelas.

2.8.2 Riego.

Esta actividad se realizó diariamente sobre cada uno de los sustratos, aplicando un volumen determinado de agua con regaderas hasta lograr una humedad a capacidad de campo en cada sustrato.

2.8.3 Raleo.

Esta labor se inició a los 10 días después de germinadas las plantas. Se dejaron las más vigorosas de las pocas que germinaron y el resto se completó mediante el trasplante desde el semillero, quedando en definitiva un total de 13 plantas por surco y/o 26 plantas por parcela, para una densidad total de 520 plantas en el ensayo.

2.8.4 Fertilización.

Antes de empezar la realización de esta actividad, se tomó un recipiente plástico transparente con capacidad de 20l, con el fin de preparar la cantidad necesaria de solución nutritiva para las 20 parcelas en ración de un litro por parcela.

También se tuvo en cuenta por recomendación en la etiqueta de los productos, el siguiente orden de preparación de la solución:

A 19l de agua en el recipiente, se le agregaban 5cc de estabilizador de pH, luego se adicionaban 100cc de Nutriente Mayor Líquido, se agitaba la mezcla y por último se aplicaban 40cc de Nutriente Menor Líquido y poco menos de un litro de agua hasta aforar a 20l de solución final.

La fertilización se efectuaba con regaderas y se inició tres días después de germinadas las plantas. Las dosis aplicadas en las primeras tres

semanas fue el 25% de la dosis citada anteriormente. O sea, 250cc por parcela y con frecuencia de aplicación cada 2 días. Posteriormente una vez pasado este tiempo, en plena etapa de prefloración (21ddg), se aumentó la dosis a 1l por parcela y la frecuencia de aplicación a 1 día, con el fin de obtener una buena floración y después en la etapa de formación de vainas obtener así un mejor llenado de grano.

El proceso de aplicación de la solución nutritiva se realizaba directamente a la base de las plantas, de manera que la solución quedara distribuida lo mas uniforme posible a lo largo de los surcos. Así se realizó diariamente hasta los 85 días, fecha en que se presentaron los primeros signos de secamiento por vejez en las plantas.

2.8.5 Aporque.

Con el fin de darle mayor sostén a las plantas, se procedió a colocar cierta cantidad del sustrato sobre la base de las mismas a lo largo del surco.

2.8.6 Cosecha.

Esta labor se realizó una vez se observó que más del 50% de las plantas en las parcelas se encontraban secas. Se hizo de forma manual y previamente se remojaron los sustratos con el propósito de ablandar

2.9 PARÁMETROS EVALUADOS

2.9.1 Porcentaje de germinación.

Para la determinación de este parámetro se tuvo en cuenta el número de semillas sembradas por parcela.

El número de semillas por parcela fue de 52, distribuidas en 2 surcos con 26 semillas cada uno. Se cuantificó el número de semillas germinadas y se llevó este valor a porcentaje para cada tratamiento.

2.9.2 Altura de la planta en cm.

Para evaluar este parámetro se seleccionaron 4 plantas al azar por parcela. A cada planta se le midió la altura en cm, desde la base del tallo hasta la yema terminal del mismo.

Las mediciones se hicieron con una regla métrica y en cuatro periodos diferentes durante el ciclo del cultivo: 32, 42, 64 y 98 días respectivamente.

2.9.3 Tiempo en días de siembra a floración.

Para este parámetro se tuvieron en cuenta los días transcurridos entre la siembra y la floración observando que más del 50% de las plantas estuvieran florecidas.

2.9.4 Tiempo en días de floración a cosecha.

Al igual como se procedió en el parámetro anterior, para este parámetro se contabilizaron los días transcurridos entre la floración y la cosecha, observando que más del 50% de las plantas estuvieran aptas para ser cosechadas.

2.9.5 Número de granos por vaina.

De las plantas seleccionadas en el parámetro anterior se tomaron 10 vainas al azar, se contaron los granos contenido en cada una de ellas y se establecieron los promedios por parcela y por tratamiento.

2.9.6 Peso de cien (100) granos en gramos.

Se tomaron al azar 100 granos y una vez en laboratorio mediante la utilización de una balanza electrónica, se determinó el peso en gramos de los mismos. Este procedimiento se realizó 2 veces para cada parcela, obteniendo después los respectivos promedios por parcela y por tratamiento.

2.9.7 Rendimiento en Kilogramos por Hectárea (Kg/Ha).

Para la obtención de la variable rendimiento, se tuvieron en cuenta los siguientes factores: densidad de siembra para esta variedad (400.000 plantas/Ha), el número promedio de vainas, el número promedio de granos por vaina y el peso promedio de 100 granos empleando la

las bases de las plantas para que estas pudieran ser arrancadas mas fácilmente. Luego del total de plantas cosechadas se tomarán 4 al azar, a las que se le contaron el número de vainas y cuyos datos posteriormente se tabularon para ser analizados estadísticamente.

2.8.7 Otras labores.

- Se realizó control de malezas dentro de algunos sustratos y por fuera, alrededor de las parcelas.

- Se presentó una invasión masiva de hormigas, y se controlaron con aplicación de Lorsban en el sustrato cuesco de palma.

- Desde la etapa de floración en adelante se presentó *Spodoptera* spp. en forma reducida, defoliando parte de las hojas y se manejo mediante control manual, pero después se presentó un severo ataque en las plantas sembradas en 2 parcelas de aserrín y cuesco, lo que ameritó hacer un control químico con Malathion y así se redujo en forma considerable la plaga.

- En la época de diciembre y principios de enero se tuvo que tutorar o realizar el amarre de plantas ya que el azote de las fuertes brisas ponían en riesgo la culminación del trabajo de campo.



siguiente formula para cada uno de los tratamientos:

$$\text{Rendimiento Kg/Ha} = dp \times npvp \times npgv \times ppcg \times 1000$$

dp: densidad de plantas por hectárea.

npvp: número promedio de vainas por planta.

npgv: número promedio de granos por vaina.

ppcg: peso promedio de cien granos sobre cien.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los diferentes resultados obtenidos para la presente investigación en el cultivo de la soya, sobre la evaluación de la nodulación, algunos factores agronómicos y el rendimiento del material vegetal Soyica P-31 en cinco sustratos diferentes (aserrín, arena, ladrillo molido, cuesco de palma y cascarilla de arroz), bajo un sistema hidropónico; se pueden observar en las tablas 4 a la 17, en las figuras 2 a la 17 y de los anexos A al Ñ.

3.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En la tabla 4 y figura 2 se consignaron los porcentajes de germinación por tratamiento, correspondiendo el menor valor en porcentaje para el tratamiento 4 (cuesco de palma) con 2,4% y el mayor porcentaje para el tratamiento 1 (aserrín) con un 43%.

Al realizar el análisis de varianza (anexo A) se observa diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y al observar la prueba de Tukey (anexo A), se aprecia que hay diferencia altamente significativa entre el tratamiento aserrín y los tratamientos cuesco, cascarilla y ladrillo, y diferencia significativa con el sustrato arena. En

Tabla 4. Porcentaje de germinación para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en %
Aserrín	51,0	38,0	42,0	42,0	173,0	43,25 a
Arena	30,0	34,0	36,5	30,7	131,2	32,80 b
Ladrillo	30,0	30,0	19,2	34,0	113,2	28,30 b
Cuesco	5,7	0,0	0,0	3,8	9,5	2,37 c
Cascarilla	13,0	5,7	9,6	9,6	37,9	9,48 c

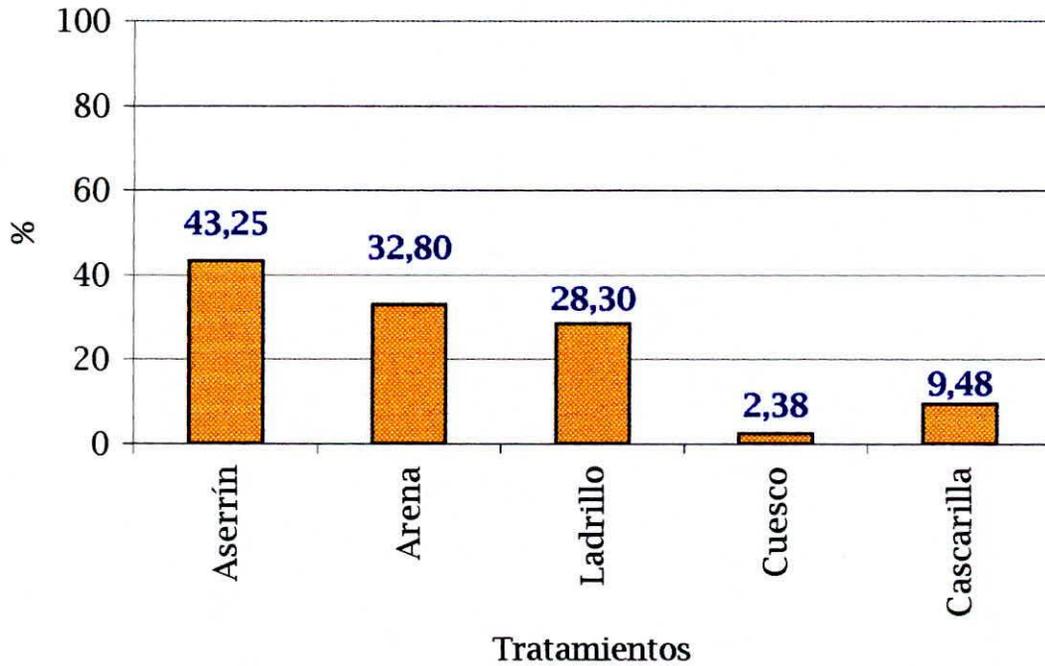


Figura 2. Histograma del porcentaje de germinación en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

general, todos los tratamientos fueron bajos con respecto a la germinación, pues ninguno de los sustratos supero el 50% de semillas germinadas. Este problema se asocia con la calidad de la semilla, ya que estas pierden rápidamente la viabilidad por el alto contenido de grasas que poseen. Adicionalmente las temperaturas que se presentaron en los sustratos fueron altas (ver tabla 1), la cual muestra que los promedios de temperatura superan los 30°C y esta afirmación la corrobora Gosparini, Morandi y Cairo (1997, 1), quienes encontraron que temperaturas superiores a 30°C reducen notoriamente la germinación de la soya, y afirman que a temperaturas de 35°C se produce una caída abrupta de la tasa de germinación.

3.2 ALTURA DE PLANTAS EN cm

Al observar las tablas 5, 6, 7 y 8 y la figura 3, se destaca que las alturas promedio mas bajas corresponden al sustrato cascarilla de arroz con 16,0; 21,0; 26,3 y 27,4 cm respectivamente y los promedios más altos para el tratamiento 2 (arena) con 31, 4; 37,6; 42,2 y 47,0 cm de altura.

Los análisis de varianza realizados (anexos B, C, D y E) muestran que hay diferencia altamente significativa, indicando la influencia de los tratamientos, y al observar las pruebas de Tukey (anexos B, C, D y E) se aprecia que hay diferencia altamente significativa entre el tratamiento 2 (arena) con respecto a los demás (cascarilla, aserrín, ladrillo molido, y

Tabla 5. Altura promedio de plantas en cm a los 32 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en centímetros
Aserrín	18,50	24,00	23,50	18,75	84,75	21,187 bc
Arena	32,75	32,75	24,75	35,50	125,75	31,437 a
Ladrillo	23,25	25,00	26,00	24,75	99,00	24,750 b
Cuesco	24,25	25,75	23,00	26,70	99,70	24,925 b
Cascarilla	17,00	17,75	14,50	14,75	64,00	16,000 c

Tabla 6. Altura promedio de plantas en cm a los 42 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en centímetros
Aserrín	23,8	28,7	26,8	21,8	101,1	25,275 b
Arena	34,7	39,2	42,2	34,5	150,6	37,662 a
Ladrillo	26,0	30,0	33,2	25,7	114,9	28,725 b
Cuesco	29,2	28,6	31,1	26,7	115,6	28,900 b
Cascarilla	21,7	21,7	20,0	20,7	84,1	21,025 b

Tabla 7. Altura promedio de plantas en cm a los 64 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en centímetros
Aserrín	29,5	30,7	32,0	29,7	121,9	30,475 b
Arena	40,0	41,7	45,2	42	168,9	42,225 a
Ladrillo	31,6	35,2	31,7	32,2	130,7	32,675 b
Cuesco	32,8	31,2	35,2	33	132,2	33,050 b
Cascarilla	27,7	27,3	26,5	23,8	105,3	26,325 c

Tabla 8. Altura promedio de plantas en cm a los 98 días para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en centímetros
Aserrín	32,3	35,3	28,7	36,2	132,5	33,1 bc
Arena	42,3	49,1	48,0	48,6	188,0	47,0 a
Ladrillo	32,7	34,4	39,6	31,2	139,9	34,4 b
Cuesco	32,1	35,7	37,5	36,2	141,5	35,3 b
Cascarilla	29,3	29,8	25,7	24,8	109,6	27,4 c

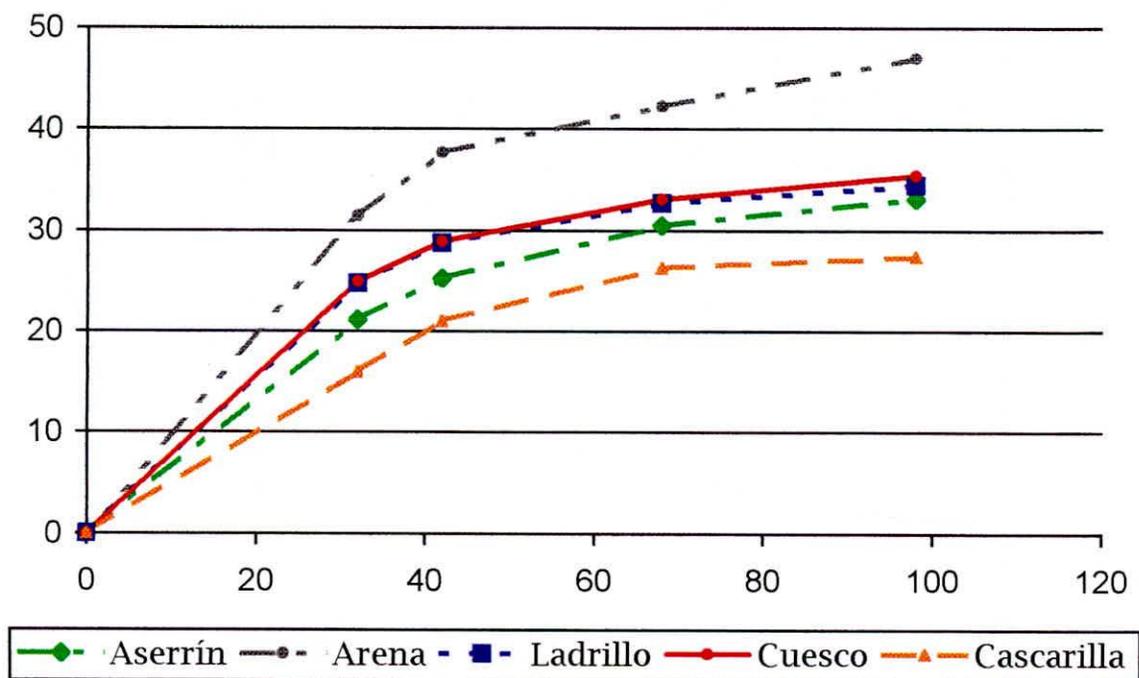


Figura 3. Histograma de la altura promedio de plantas a los 32, 42, 64, y 98 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

cuesco) dándose la mayor diferencia estadística con el sustrato cascarilla de arroz, lo que indica que en el tratamiento 2 (arena) se dieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas de soya.

Al correlacionar los parámetros altura a los 64 días con el rendimiento en Kg/Ha se observa que el coeficiente de regresión ($r = 0,8197$) indica una relación alta y positiva entre las dos variables. (Ver figura 4).

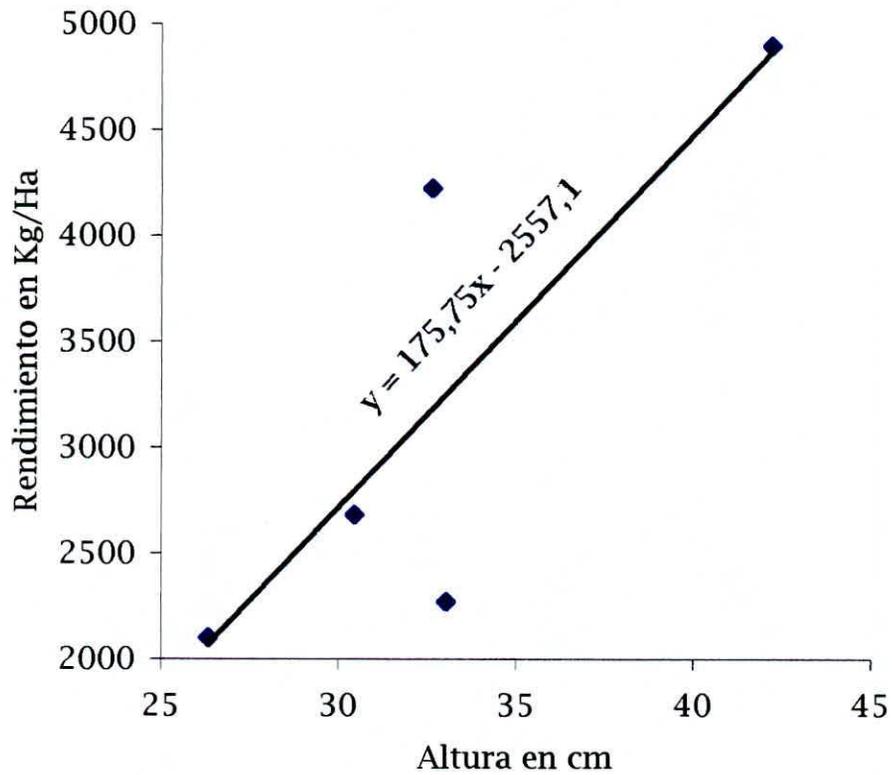
3.3 TIEMPO EN DÍAS DE SIEMBRA A FLORACIÓN

Los resultados para este parámetro se consignaron en la tabla 9 y figura 5. Se observa que los más precoces son los tratamientos T1 (aserrín) y T2 (arena) con 32,5 días cada uno, y el tratamiento tardío es el T5 (cascarilla) con 34,5 días, valores que concuerdan con los obtenidos por Ortega y Rolón (1994, 62), quienes obtuvieron promedios entre 33,5 y 41,27 días de siembra a floración.

El análisis de varianza (anexo F) muestra que no hay diferencia significativa entre tratamientos, lo cual indica que los tratamientos no incidieron en el tiempo transcurrido de germinación a floración.

3.4 TIEMPO EN DÍAS DE FLORACIÓN A COSECHA

Al observar la tabla 10 y figura 6 se puede destacar que el menor



$$r = 0,8197$$

Figura 4. Correlación de la altura promedio de plantas a los 64 días con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 9. Tiempo promedio en días, de siembra a floración, para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en días
Aserrín	33	32	32	33	130	32,50
Arena	32	32	34	32	130	32,50
Ladrillo	34	34	33	33	134	33,50
Cuesco	34	33	33	33	133	33,25
Cascarilla	33	33	36	36	138	34,50

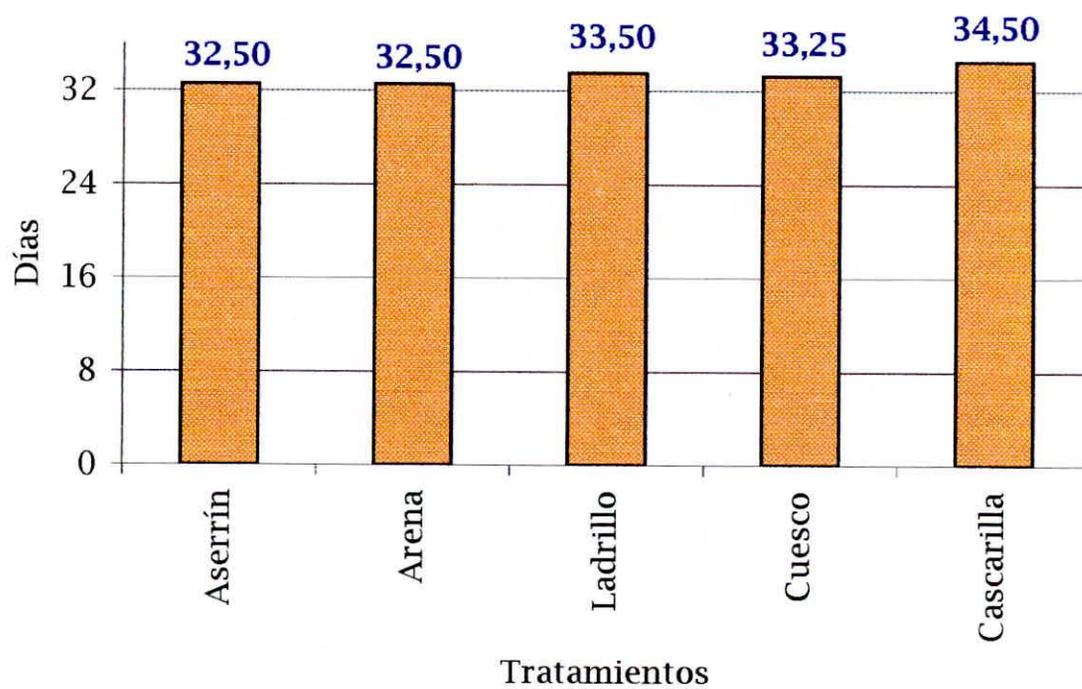


Figura 5. Histograma del tiempo promedio en días, de siembra a floración, en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 10. Tiempo promedio en días, de floración a cosecha, para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en días
Aserrín	64	61	66	64	255	63,75
Arena	64	64	57	64	249	62,25
Ladrillo	65	63	64	63	255	63,75
Cuesco	63	63	64	63	253	63,25
Cascarilla	63	62	62	63	250	62,50

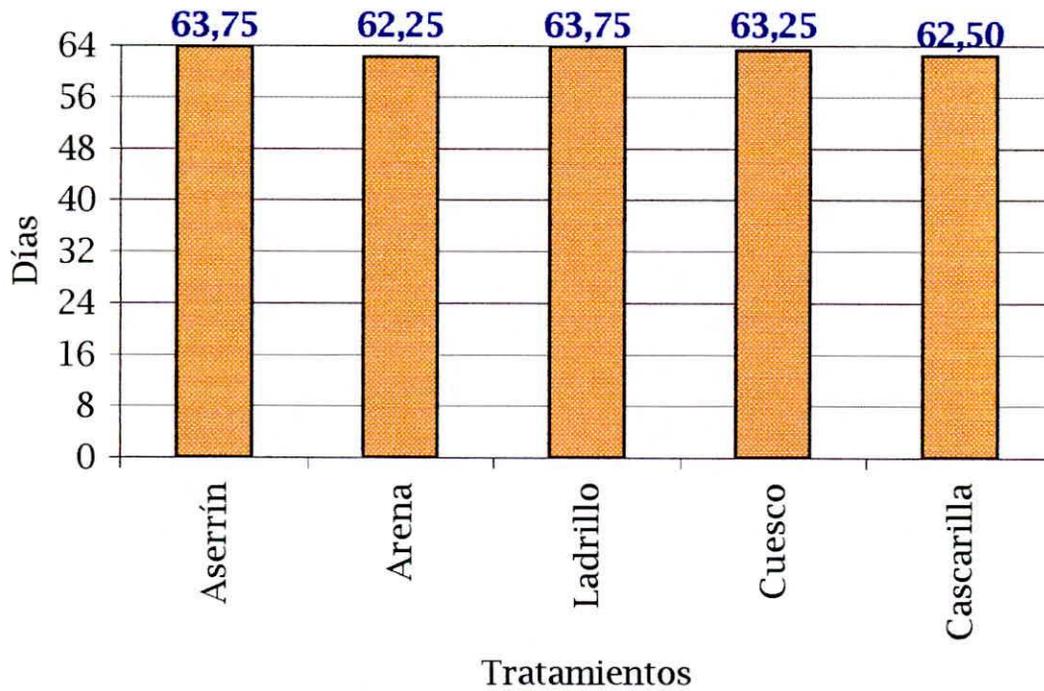


Figura 6. Histograma del tiempo promedio en días, de floración a cosecha, en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

promedio para el tiempo en días correspondió al T5 (cascarilla) y al T2 (arena) con 62,5 y 62,25 días respectivamente, y los promedios más altos correspondieron a T1 (aserrín) y T3 (ladrillo) con 63,75; estos datos concuerdan con los resultados obtenidos por Cuello y Villa (1998, 28) que alcanzaron promedios entre 63 y 67,5 días de floración a cosecha.

El análisis de varianza (anexo G) no muestra diferencia estadística entre tratamientos, indicando esto que estadísticamente los sustratos no causaron variación en el periodo vegetativo de la soya en estas condiciones.

3.5 NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA

Los resultados obtenidos para este parámetro se encuentran en la tabla 11 y figura 7, allí se aprecia que el mayor promedio para número de nódulos correspondió al T1 (aserrín) con 56,47 nódulos por planta y el menor promedio lo presentó el T3 (ladrillo) con 3,1 nódulos/planta. El promedio obtenido por el T2 (arena) 22,77 nódulos/planta, concuerda con los promedios obtenidos por Cuello y Villa (31) quienes obtuvieron entre 15,8 y 22 nódulos/planta.

El promedio obtenido para el T5 (cascarilla), 12,375 nódulos/planta concuerda con los obtenidos por Benítez y Celedón (1996, 49) que encontraron valores entre 8,6 y 16,05 nódulos/planta.

Tabla 11. Número promedio de nódulos por planta para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en número de nódulos
Aserrín	82,2	35,2	67,0	41,5	225,9	56,475
Arena	10,7	15,2	36,2	29,0	91,1	22,775
Ladrillo	3,2	0,5	4,2	4,5	12,4	3,100
Cuesco	115,5	14,7	11,2	9,7	151,1	37,775
Cascarilla	5,2	13,3	26,2	4,8	49,5	12,375

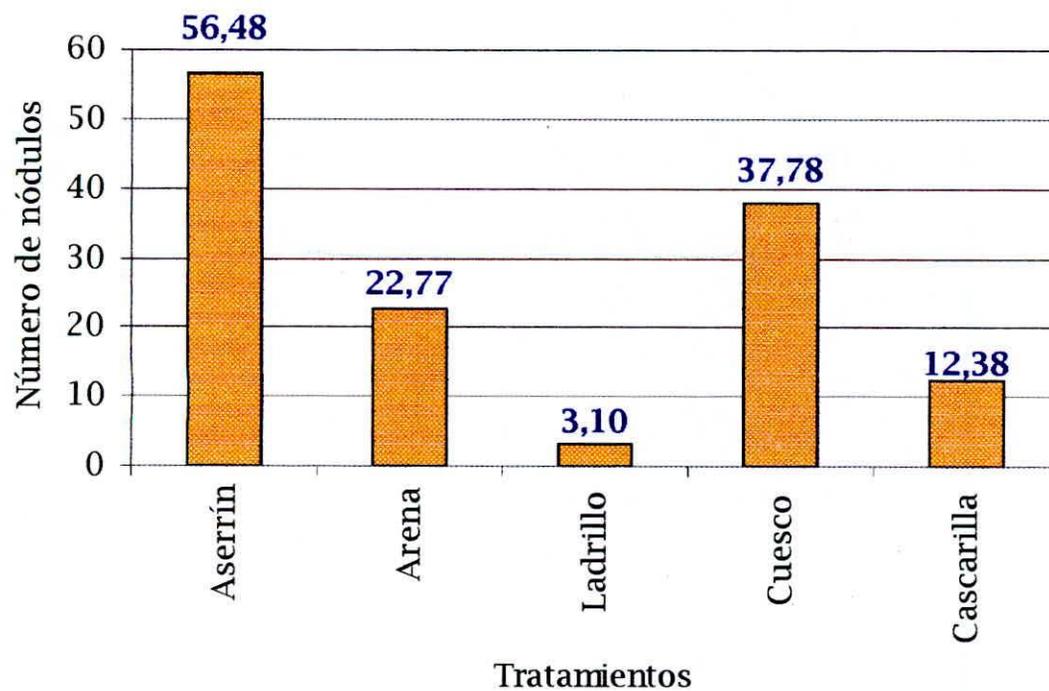


Figura 7. Histograma del número promedio de nódulos por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

El análisis de varianza (anexo H) permite apreciar que no hay diferencia estadística entre los tratamientos. A partir de esto se deduce que la nodulación no fue afectada por los sustratos.

3.6 PESO DE NÓDULOS FRESCOS EN GRAMOS

En la tabla 12 y figura 8 se aprecian los resultados arrojados por los tratamientos para el peso de nódulos frescos. Se observa que el T1 (aserrín) presentó el mayor promedio de peso fresco con 0,9315g, seguido por el T5 (cascarilla) con 0,7845g y el T3 (ladrillo) presentó el promedio mas bajo con 0,129g.

El análisis de varianza para este parámetro (anexo J) mostró diferencia significativa entre los tratamientos. En la prueba de Tukey (anexo J) se evidencia la diferencia significativa solo entre los tratamientos T1 (aserrín) y T3 (ladrillos). Esta variación se presentó por las características de los sustratos; aunque ambos sustratos poseen alta retención de humedad, difieren entre sí porque el ladrillo presenta alta compactación y baja aireación, características que no favorecen la nodulación. Lo anterior concuerda con lo dicho por Cubero y Hermoso (1963, 20) quienes informan que los suelos muy pesados son perjudiciales, en especial si están mal drenados ya que la soya es muy sensible al encharcamiento, entre otras razones, porque nodula mal debido a que las bacterias fijadoras de nitrógeno, son aerobias.

Tabla 12. Peso promedio de nódulos frescos en gramos para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en gramos
Aserrín	0,972	0,354	1,131	1,269	3,726	0,931 a
Arena	0,223	0,376	0,799	1,066	2,464	0,616 ab
Ladrillo	0,068	0,035	0,227	0,186	0,516	0,129 b
Cuesco	0,431	0,607	0,353	0,436	1,827	0,457 ab
Cascarilla	1,074	0,606	1,206	0,253	3,139	0,785 ab

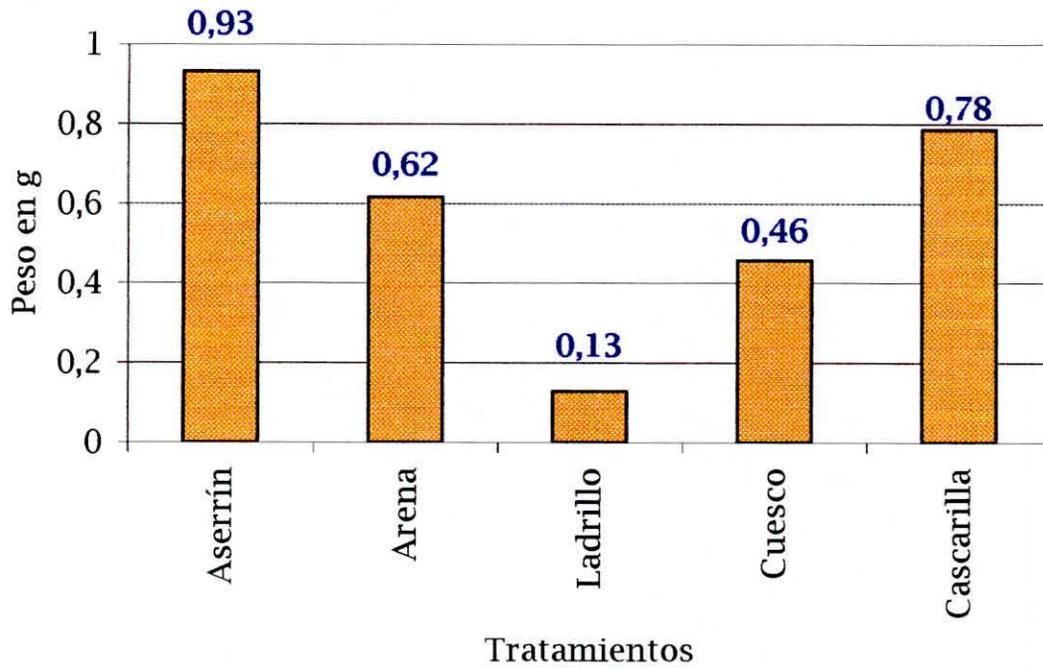


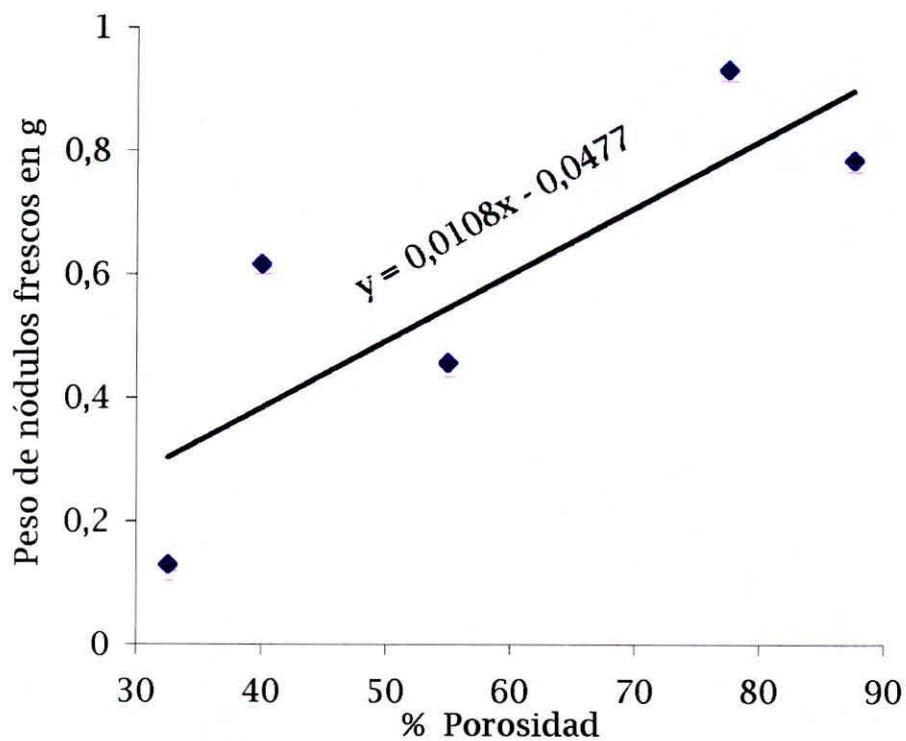
Figura 8. Histograma del peso promedio de nódulos frescos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Al realizar la correlación entre peso de nódulos frescos y el porcentaje de porosidad de los sustratos se obtuvo un coeficiente de regresión ($r = 0,8218$) el cual revela que la relación entre las dos variables es alta y positiva. (Ver figura 9).

3.7 PESO DE NÓDULOS SECOS EN GRAMOS

En cuanto al peso en gramos de los nódulos secos, tabla 13 y figura 10, Los mayores promedios correspondieron a los tratamientos T1 (aserrín) y T5 (cascarilla) con 0,2342 y 0,201 respectivamente, y el menor promedio para este parámetro lo presentó el T3 (ladrillo) con 0,043g, valores que concuerdan con los obtenidos por Benítez y Celedón (51), quienes obtuvieron valores promedios entre 0,128 y 0,075 y superan los valores promedios obtenidos por Cuello y Villa (35) que hallaron pesos de nódulos entre 0,011 y 0,022g; pero distan de los mejores promedios obtenidos por Cantillo y Obduber (1994, 44) quienes encontraron pesos entre 1,58 g. y 0,848g.

El análisis de varianza (anexo K) indica diferencia significativa entre tratamientos. En la prueba de Tukey (anexo K) se evidencia la diferencia significativa solo entre los tratamientos T1 (aserrín) y T3 (ladrillo), debido a las características del sustrato ladrillo (baja aireación y alta compactación), que también afectaron al parámetro anterior.



$r = 0,8218$

Figura 9. Correlación del peso promedio de nódulos frescos en gramos con porcentaje de porosidad en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 13. Peso promedio de nódulos secos en gramos para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en gramos
Aserrín	0,261	0,100	0,274	0,302	0,937	0,23425 a
Arena	0,098	0,121	0,228	0,317	0,764	0,19100 ab
Ladrillo	0,034	0,016	0,069	0,056	0,175	0,04375 b
Cuesco	0,142	0,143	0,088	0,102	0,475	0,11875 ab
Cascarilla	0,265	0,152	0,337	0,052	0,806	0,20150 ab

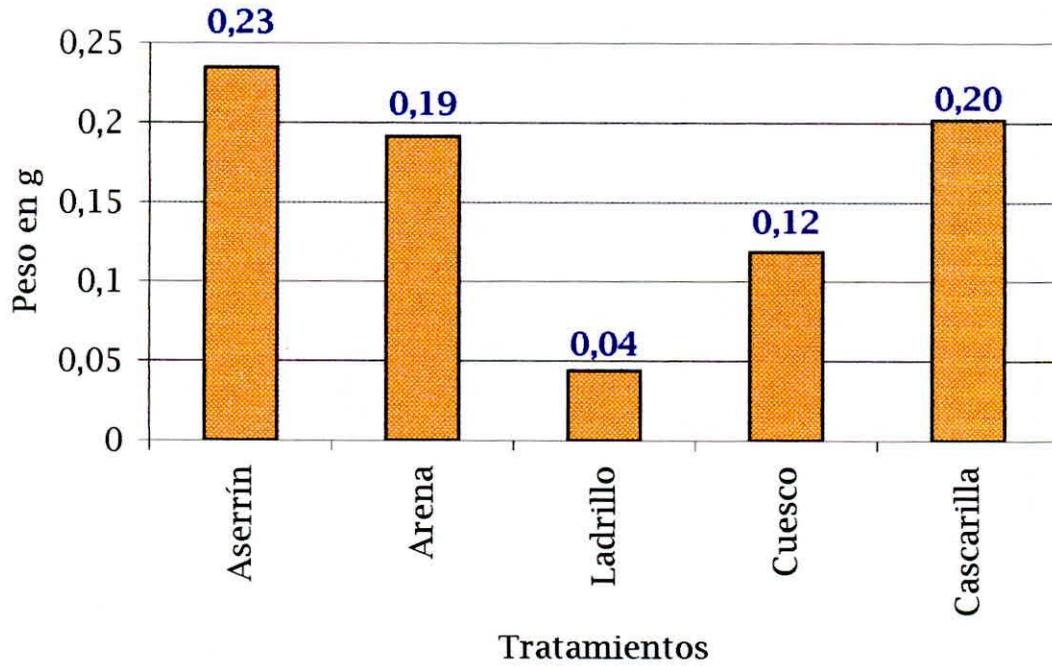


Figura 10. Histograma del peso promedio de nódulos secos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

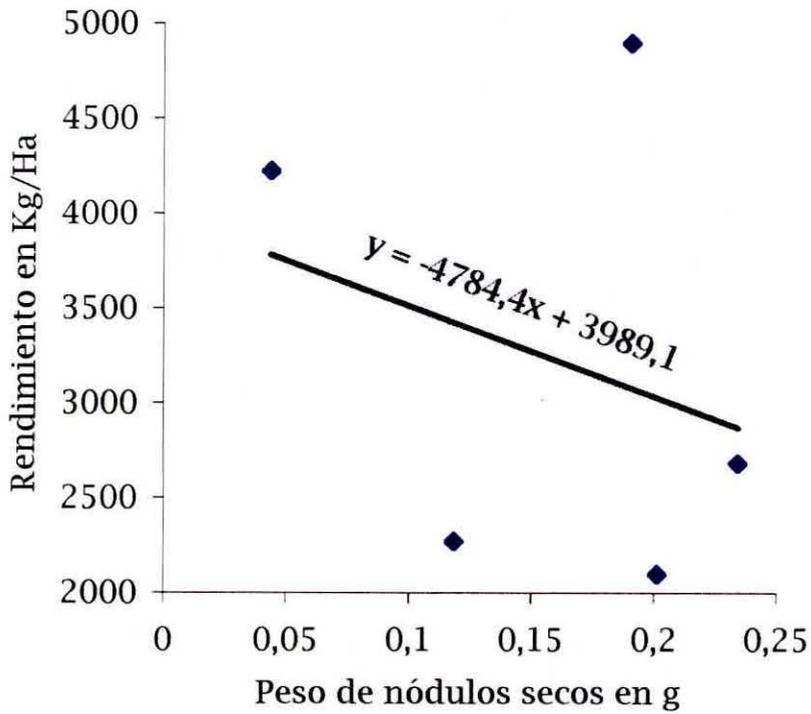
La correlación lineal ($r = - 0,29$) entre el peso de nódulos secos y el rendimiento en Kg/Ha demuestra que no existe una relación entre estas variables, por lo tanto la nodulación en las condiciones de este ensayo no influyó en el rendimiento. (Ver figura 11).

3.8 NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA

Los datos correspondientes a este parámetro se consignaron en la tabla 14 y la figura 12, donde se aprecia que el menor valor correspondió al tratamiento T5 (cascarilla) con 16,06 vainas/planta, y el mayor promedio lo presentó el tratamiento T2 (arena) con 39,31 vainas/planta seguido por el T3 (ladrillo) con 36,93 vainas/planta, valores que concuerdan con los obtenidos por Cantillo y Obduber (53) quienes alcanzaron valores entre 30 y 40 vainas/planta; además estos valores se encuentran dentro de los promedios encontrados por Cuello y Villa (47) que están comprendidos entre 24,5 y 53,05 vainas/planta.

Al realizar el análisis de varianza (anexo L) se encuentra diferencia altamente significativa entre tratamientos; esto se demuestra con la prueba de Tukey (anexo L) en donde se indica diferencia altamente significativa de los tratamientos T2 (arena) y T3 (ladrillo) con respecto a los demás.

Al observar la correlación lineal ($r = 0,9932$), entre el número de vainas



$r = -0,29$

Figura 11. Correlación del peso promedio de nódulos secos en gramos con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 14. Número promedio de vainas por planta para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en número de vainas
Aserrín	19,0	23,3	19,8	25,2	87,2	21,81 b
Arena	41,0	39,5	25,8	51,0	157,3	39,31 a
Ladrillo	43,7	28,5	30,3	45,3	147,7	36,93 a
Cuesco	12,7	20,8	21,0	16,5	71,0	17,75 b
Cascarilla	20,0	16,2	9,8	18,3	64,2	16,06 b

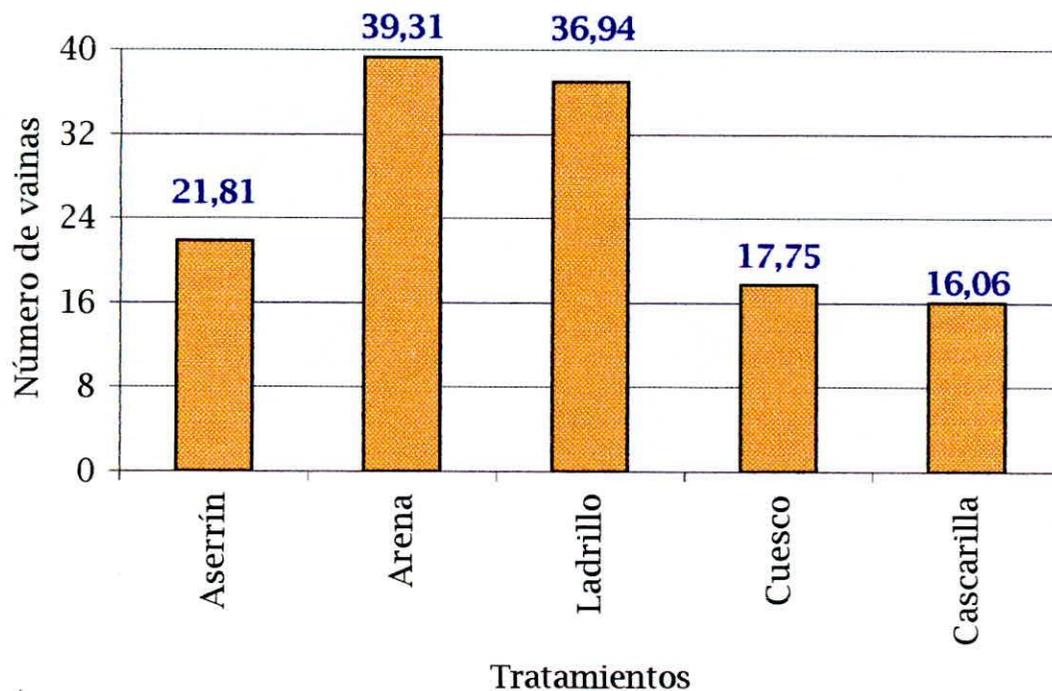


Figura 12. Histograma del número promedio de vainas por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

y el rendimiento, se presenta claramente una relación positiva entre las variables, es decir que a mayor número de vainas por planta, mayor rendimiento. Lo anterior determina que el parámetro número de vainas por planta influyó notoriamente sobre la variable rendimiento en Kg/Ha. (Figura 13).

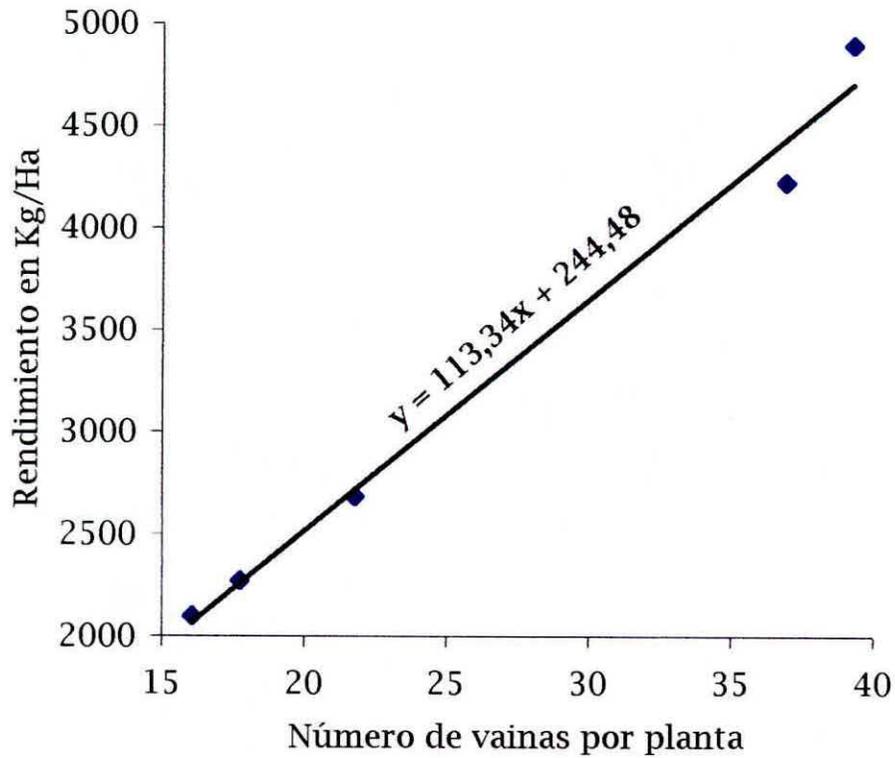
3.9 NÚMERO DE GRANOS POR VAINA

Los resultados obtenidos para este parámetro se encuentran consignados en la tabla 15 y la figura 14, se aprecia en ellas que el T2 (arena) presentó el mayor promedio con 2,41granos/vaina y el tratamiento T3 (ladrillo) presentó el menor valor con 2,20granos/vaina; valores que difieren de los obtenidos por Cantillo y Obduber (55), que encontraron promedios entre 2,6 y 2,8 granos/vaina.

El análisis de varianza (anexo M) señala que no hay diferencia estadística entre los tratamientos, lo que indica que los tratamientos no incidieron en el número de granos por vaina.

3.10 PESO DE 100 GRANOS EN GRAMOS

En la tabla 16 y figura 15, Se muestran los valores para este parámetro. Se observa que el T4 (cuesco) presentó el mayor promedio con 14,16g y el menor promedio lo presentó el T1 (aserrín) con 12,86g.



$$r = 0,99327$$

Figura 13. Correlación del número promedio de vainas por planta con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 15. Número promedio de granos por vaina para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en número de granos
Aserrín	2,350	2,275	2,425	2,450	9,500	2,38
Arena	2,500	2,250	2,725	2,175	9,650	2,41
Ladrillo	2,175	2,075	2,375	2,200	8,825	2,21
Cuesco	2,375	2,225	2,300	2,207	9,107	2,28
Cascarilla	2,325	2,425	2,450	2,228	9,428	2,36

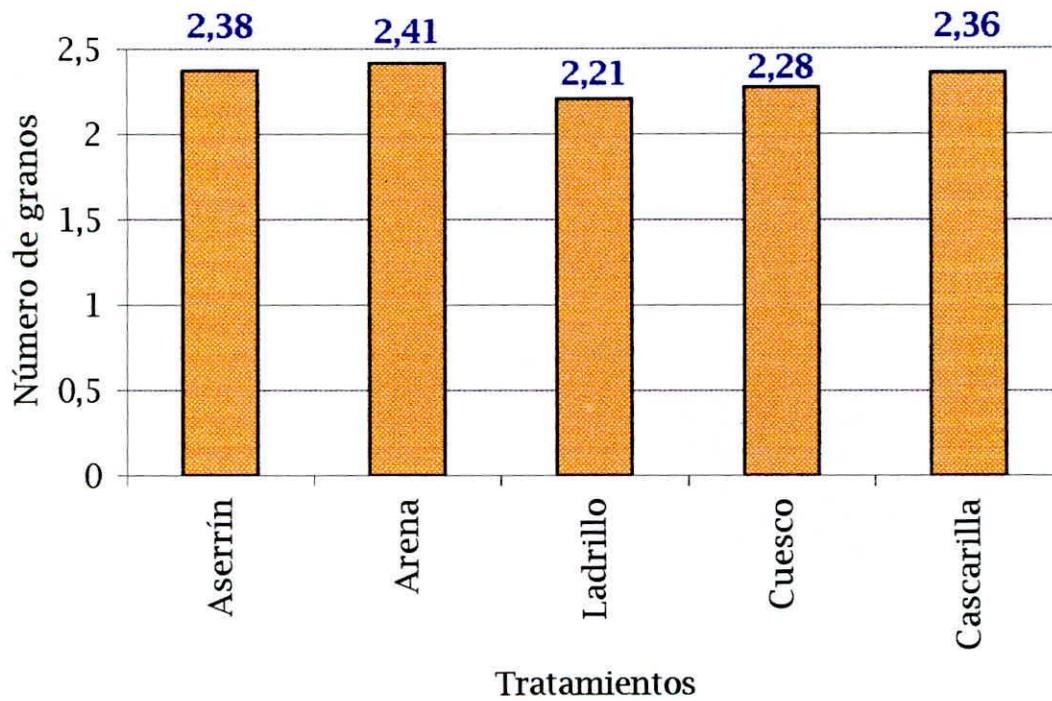


Figura 14. Histograma del número promedio de granos por vaina en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 16. Peso promedio de 100 granos en gramos para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Promedio en gramos
Aserrín	12,53	11,90	12,83	14,18	51,44	12,860
Arena	14,03	11,90	16,30	11,29	53,52	13,380
Ladrillo	11,80	14,37	13,22	13,06	52,45	13,112
Cuesco	14,95	11,74	15,57	14,38	56,64	14,160
Cascarilla	14,20	13,09	13,02	14,68	54,99	13,750

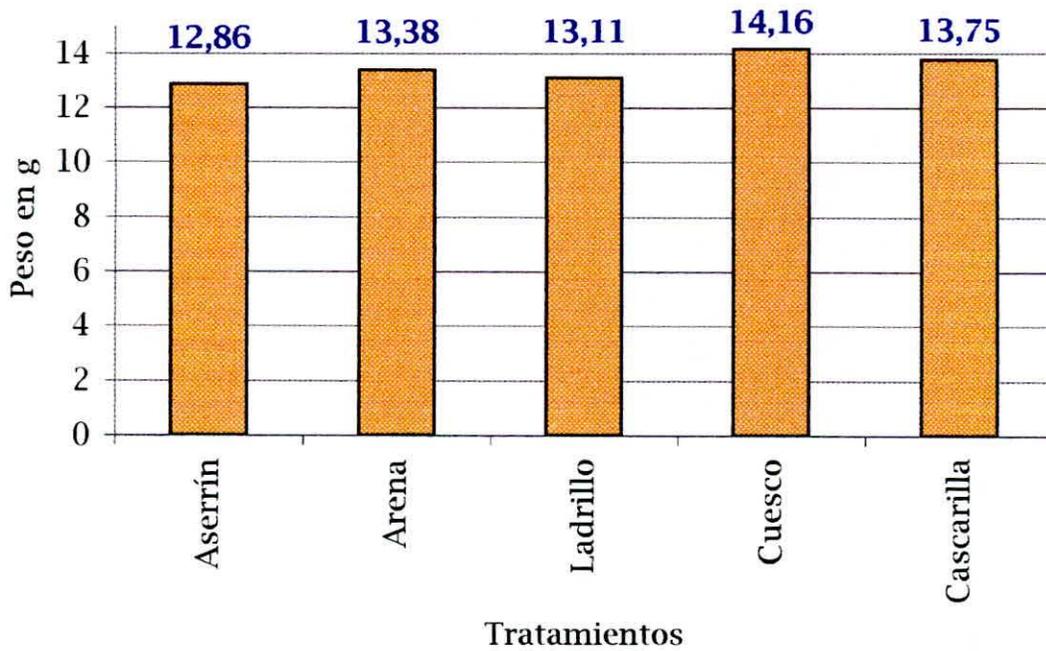


Figura 15. Histograma del peso promedio de 100 granos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Estos valores concuerdan con los valores más altos obtenidos por Cantillo y Obduber (58) que alcanzaron promedios entre 12,9 y 13,4g. Los promedios obtenidos en todos los tratamientos superaron el promedio en peso de 100 granos señalado por el ICA para esta variedad, con 10-12g.

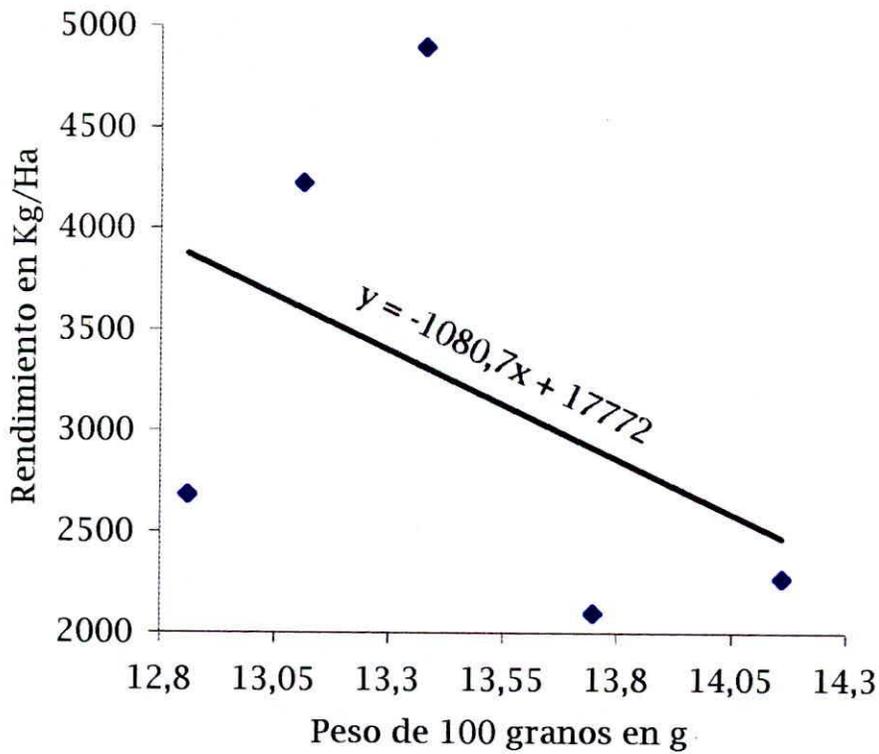
El análisis de varianza (anexo N) señala que no se presentó diferencia estadística entre los tratamientos, lo cual quiere decir que los sustratos no incidieron en el peso de los granos.

Al realizar la correlación ($r = -0,44474$) entre el peso de 100 granos en gramos y el rendimiento en Kg/Ha, se observó que esta fue baja y negativa, lo cual confirma que el peso de los granos incidió poco en el rendimiento. (Ver figura 16).

3.11 RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (Kg/Ha)

En la tabla 17 y figura 17 se presentan los rendimientos en Kg/Ha para cada uno de los tratamientos, donde se observa que el menor rendimiento correspondió al T5 (cascarilla) con 2098,85Kg/Ha y el mayor valor lo presentó el T2 (arena) con 4894,85Kg/Ha, superando el mayor promedio obtenido por Cuello y Villa (45), el cual fue de 4512Kg/Ha.

El análisis de varianza (anexo Ñ) muestra diferencia altamente



$$r = -0,44474$$

Figura 16. Correlación del peso promedio de 100 granos en gramos con rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tabla 17. Rendimiento en Kg/Ha para cada uno de los tratamientos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Tratamientos	BI	BII	BIII	BIV	Suma	Rendimiento en Kg/Ha
Aserrín	2238,5	2518,0	2457,9	3510,8	10725,4	2681,35 b
Arena	5753,5	4252,5	4560,9	5012,4	19579,4	4894,85 a
Ladrillo	4491,7	3399,4	3799,1	5200,8	16891,1	4222,79 a
Cuesco	1811,8	2169,6	3009,2	2095,3	9085,9	2271,49 b
Cascarilla	2641,2	2064,7	1244,6	2444,8	8395,4	2098,85 b

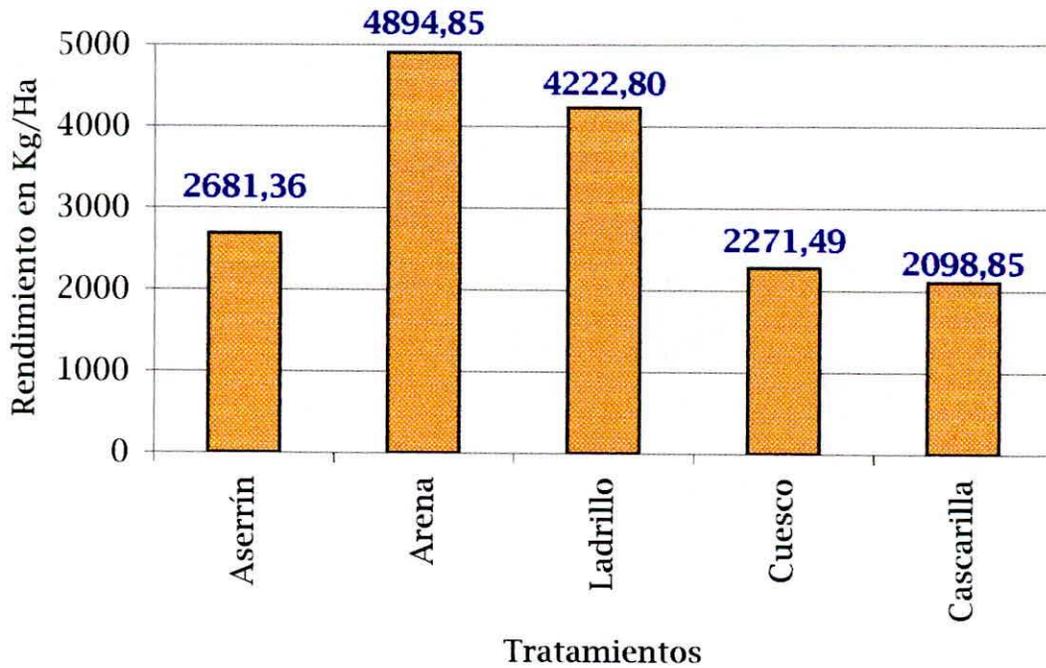


Figura 17. Histograma del rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

significativa indicando la influencia de los tratamientos, lo cual es confirmado con la prueba de Tukey (anexo Ñ) que muestra una marcada diferencia entre los tratamientos T2 (arena) y T3 (ladrillo), que presentaron diferencia altamente significativa con respecto a los demás tratamientos, pero no presentaron diferencia estadística entre ellos.

4. CONCLUSIONES

1. El mejor rendimiento de la semilla de soya se presentó en el sustrato arena con 4894,85Kg/Ha.
2. El número de vainas influyó en el rendimiento, mientras que el número de granos y peso de 100 granos no tuvieron ninguna influencia.
3. La nodulación en general no afectó los rendimientos obtenidos en cada uno de los sustratos.
4. La mayor nodulación se presentó en el sustrato aserrín con un promedio de 56 nódulos por planta.
5. Las propiedades de los diferentes sustratos, afectaron el peso de los nódulos, mas no el número de ellos.
6. Los sustratos incidieron en el crecimiento de las plantas de soya, presentándose los mayores crecimientos en el tratamiento número dos (arena).

7. Los sustratos no provocaron variación alguna para el período vegetativo de las plantas en este ensayo.

8. La germinación fue baja en todos los tratamientos para las condiciones de este ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

BALATTI, Pedro A. y MONTALDI, Eduardo R. Efecto del fotoperiodo sobre la nodulación y fijación de nitrógeno en plantas de soya. En : Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Tomo LVII - LVIII entrega 1-2. 1983. ISSN 0041-8676.

BASTIDAS, R. G. Características morfológicas de la planta de soya (*Glycine max* (L) Merrill). III Curso de adiestramiento en semilla CIAT. 1980. 13p.

BENITEZ W., José y CELEDON B., Jesús. Estudio del comportamiento de las bacterias del género *Rhizobium* en el cultivo hidropónico, Santa Marta D.T.C.H., 1996, 92p. : Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad del Magdalena. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica.

CALDERÓN S., Felipe. Curso sobre cultivos hidropónicos COLJAP. Bogotá : s.n., 1989. p. 33-34.

_____. CALDERON S., Felipe. En : aprende fácil cultivos hidropónicos. No. 1 (1990). p. 7.

CANTILLO, Fabián y OBDUBER, Jasibe. Efectos de tres fuentes nitrogenadas sobre la simbiosis *Rhizobium* - soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo el sistema hidropónico. Santa Marta D.T.C.H., 1998. 84p. Trabajo de memoria de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad del Magdalena. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica.

CHARRY CALLE, Jairo. Los suelos : su clasificación, acidez, salinidad y fertilidad. Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1991. p. 200-203.

CUBERO, J. I. y HERMOSO, M. la soya en Andalucía. Hojas divulgativas. Madrid, España. (2). 20, 1963.

CUELLO Giovanni y VILLA V. Alexander. Relaciones nutricionales entre bacterias del género *Rhizobium* y soluciones nutritivas en plantas de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico. 1998, 96p.

GOSPARINI, C.O., MORANDI, E.N. y CAIRO, C.A. Efecto de la edad de lavado y la temperatura sobre la germinación de las semillas inmaduras, al crecimiento radicular y el tiempo hasta la floración de la soya. En : Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Tomo 102 (1), 1997. ISSN 0041-8676.

ISRAELSEN W., Orson. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. Barcelona : Reverté, 1985. 396p. ISBN 84-291-1030-S

KORNELIUS, E. y FREIRI, J. R. La aireación y la humedad del suelo como factores limitantes de la nodulación en *Phaseolis vulgaris* : Agronomía Silvio Grandense. Brasil. 10 (2) : 1977.p. 247-260.

MEDINA, Oscar y COVALEDA, Fernando. Efecto dosis y épocas de aplicación de nitrógeno e inoculación con *Rhizobium* en el rendimiento de la soya en la meseta de Ibagué. Ibagué , 1992. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica.

MUNEVAR, F. y WOLLUM, A. G. Growth of *Rhizobium Japonicum* strains at temperatures above 27°C, aril envir microbial. E.U. vol. 42. 1981. p.272-276.

OROZCO, Silvio et al. Nutrisoya. En : Programa de leguminosas de grano y oleaginosas anuales. Bogotá : I.C.A., 1973. p. 7-10.

ORTEGA, Edgar E. y ROLONG, Wilmerys V. Comportamiento de cuatro líneas de soya (*Glycine max* (L) Merrill). Frente a la variedad soyica P-31 en suelos del municipio de Santa Marta. Universidad del Magdalena. 1994. 121p. Santa Marta, Colombia.

PIZARRO CABELLO, Fernando. Riego localizado de alta frecuencia (RLAF), goteo, microaspersión, exudación. 3 ed. Barcelona : Mundiprensa, 1996. 497p. ISBN 84-7114-610-X.

SANCHEZ, Silvia. Los sustratos. En : aprende fácil cultivos hidropónicos. No. 3 (1990). p. 2.

VARELA, Raul. El inoculante de la soya En : COAGRO, No. 27, (mar. - abr. 1980). p. 9.

VUCIC N. 1986. Water requirements of soybean p. In irrigation of agricultural crops. Institute for field and vegetable crops. Yugoslavia.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el porcentaje de germinación en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	69,784	23,26	1,27	3,49	5,95
TRATAM	4	4568,883	1142,22	<u>62,16</u>	3,26	5,41
ERROR	12	220,501	18,38			
TOTAL	19	4859,168				

CV= 18,444995 %

Altamente significativo

prueba de Tukey	Aserrín	Arena	Ladrillo	Cascarilla	Cuesco	
	43,25	32,80	28,30	9,48	2,37	
Cuesco	2,37	<u>40,875</u>	<u>30,425</u>	<u>25,925</u>	7,100	0
Cascarilla	9,48	<u>33,775</u>	<u>23,325</u>	<u>18,825</u>	0	
Ladrillo	28,30	<u>14,950</u>	4,500	0		
Arena	32,80	<u>10,450</u>	0			
Aserrín	43,25	0				

Significativo 9,0018952
altamente significativo 11,7881961

Anexo B. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 32 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	20,4660	6,82	0,91	3,49	5,95
TRATAM	4	512,2667	128,07	<u>17,01</u>	3,26	5,41
ERROR	12	90,3702	7,53			
TOTAL	19	623,103				

CV= 11,598648%

Altamente significativo

Prueba de Tukey		Arena	Cuesco	Ladrillo	Aserrín	Cascarilla
		31,43	24,92	24,75	21,18	16,00
Cascarilla	16,00	<u>15,437</u>	<u>8,925</u>	<u>8,750</u>	5,187	0
Aserrín	21,18	<u>10,250</u>	3,737	3,562	0	
Ladrillo	24,75	<u>6,687</u>	0,175	0		
Cuesco	24,92	<u>6,512</u>	0			
Arena	31,43	0				

Significativo > 5,7629043
altamente significativo > 7,5466605

Anexo C. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 42 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	73,7804	24,59	<u>6,30</u>	3,49	5,95
TRATAM	4	418,9270	104,73	<u>26,81</u>	3,26	5,41
ERROR	12	46,8690	3,91			
TOTAL	19	539,5763				

CV= 6,7873171%

Altamente significativo

prueba de Tukey		Arena	Cuesco	Ladrillo	Aserrín	Cascarilla
		37,662	28,900	28,725	25,275	25,025
Cascarilla	25,025	<u>12,6375</u>	3,875	3,70	0,25	0
Aserrín	25,275	<u>12,3875</u>	3,625	3,45	0	
Ladrillo	28,725	<u>8,9375</u>	0,175	0		
Cuesco	28,900	<u>8,7625</u>	0			
Arena	37,662	0				

significativo > 4,15022379

altamente significativo > 5,43481687

Anexo D. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 64 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	12,474	4,16	1,58	3,49	5,95
TRATAM	4	544,510	136,13	<u>51,62</u>	3,26	5,41
ERROR	12	31,646	2,64			
TOTAL	19	588,630				

CV= 4,9284842%

Altamente significativo

Prueba de Tukey		Arena	Cuesco	Ladrillo	Aserrín	Cascarilla
			42,225	33,050	32,675	30,475
Cascarilla	26,325	<u>15.90</u>	<u>6.725</u>	<u>6.35</u>	<u>4.15</u>	0
Aserrín	30,475	<u>11.75</u>	2,575	2,20	0	
Ladrillo	32,675	<u>9.55</u>	0,375	0		
Cuesco	33,050	<u>9.17</u>	0			
Arena	42,225	0				

significativo > 3,41026465

altamente significativo > 4,46582276

Anexo E. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Altura promedio de plantas a los 98 días en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	25,573	8,52	0,90	3,49	5,95
TRATAM	4	818,255	204,56	<u>21,51</u>	3,26	5,41
ERROR	12	114,129	9,51			
TOTAL	19	957,957				

CV= 8,69330624%

Altamente significativo

Prueba de Tukey		Arena	Cuesco	Ladrillo	Aserrín	Cascarilla
		47,0	35,3	34,4	33,1	27,4
Cascarilla	27,4	<u>19.6</u>	<u>7,9</u>	<u>7,0</u>	5,7	0
Aserrín	33,1	<u>13.8</u>	2,2	1,3	0	
Ladrillo	34,4	<u>12.5</u>	0,9	0		
Cuesco	35,3	<u>11.6</u>	0			
Arena	47,0	0				

significativo > 6,476295
altamente significativo > 8,480863

Anexo F. Análisis de varianza para el tiempo promedio en días, de siembra a floración, en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	1,7	0,58	0,54NS	3,49	5,95
TRATAM	4	11,0	2,75	2,54NS	3,26	5,41
ERROR	12	13,0	1,08			
TOTAL	19	25,7				

CV=3,13032481%

NS = No significativo.

Anexo G Análisis de varianza para tiempo promedio en días, de floración a cosecha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	5,4	1,80	0,44NS	3,49	5,95
TRATAM	4	7,8	1,95	0,48NS	3,26	5,41
ERROR	12	48,6	4,05			
TOTAL	19	61,8				

CV= 3,1893204%

NS = No significativo.

Anexo H. Análisis de varianza para el número promedio de nódulos por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	2399,814	799,94	1,22NS	3,49	5,95
TRATAM	4	7146,310	1786,58	2,73NS	3,26	5,41
ERROR	12	7851,976	654,33			
TOTAL	19	17398,100				

CV= 96,527928%

NS = No significativo.

Anexo J. Análisis de varianza para el peso promedio de nódulos frescos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	0,3256	0,11	1,04	3,49	5,95
TRATAM	4	1,5412	0,39	<u>3,71</u>	3,26	5,41
ERROR	12	1,2469	0,10			
TOTAL	19	3,1136				

CV=55,233623%

Significativo

prueba de Tukey		Aserrín	Cascarilla	Arena	Cuesco	Ladrillo
		0,931	0,784	0,616	0,456	0,129
Ladrillo	0,129	<u>0,8025</u>	0,6557	0,4870	0,3277	0
Cuesco	0,456	0,4747	0,3280	0,1593	0	
Arena	0,616	0,3154	0,1687	0		
Cascarilla	0,784	0,1467	0			
Aserrín	0,931	0				

significativo > 0,6769327
altamente significativo > 0,8864596

Anexo K. Análisis de varianza para el peso promedio de nódulos secos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Fv	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	0,0221	0,01	1,04	3,49	5,95
TRATAM	4	0,0936	0,02	<u>3,31</u>	3,26	5,41
ERROR	12	0,0848	0,01			
TOTAL	19	0,2004				

CV= 53,248848%

Significativo

Prueba de Tukey		Aserrín	Cascarilla	Arena	Cuesco	Ladrillo
		0,2342	0,2015	0,1910	0,1187	0,0437
Ladrillo	0,0437	<u>0,1905</u>	0,1577	0,1472	0,075	0
Cuesco	0,1187	0,1155	0,0827	0,0722	0	
Arena	0,1910	0,0432	0,0105	0		
Cascarilla	0,2015	0,0327	0			
Aserrín	0,2342	0				

significativo > 0,17651194
altamente significativo > 0,23114659

Anexo L. Análisis de varianza para el promedio de número de vainas por planta en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Fv	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	254,51	84,84	2,35	3,49	5,95
TRATAM	4	1922,00	480,50	<u>13,33</u>	3,26	5,41
ERROR	12	432,67	36,06			
TOTAL	19	2609,18				

CV= 22,766581%

Altamente significativo

Prueba de Tukey		Arena	Ladrillo	Aserrín	Cuesco	Cascarilla
		39,312	36,937	21,812	17,750	16,062
Cascarilla	16,062	<u>23,25</u>	<u>20,87</u>	5,75	1,68	0
Cuesco	17,750	<u>21,56</u>	<u>19,18</u>	4,06	0	
Aserrín	21,812	<u>17,50</u>	<u>15,12</u>	0		
Ladrillo	36,937	2,37	0			
Arena	39,312	0				

significativo > 12,6098399

altamente significativo > 16,5128856

Anexo M. Análisis de varianza para el promedio de número de granos por vaina en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	0,1413	0,05	<u>3,51</u>	3,49	5,95
TRATAM	4	0,1104	0,03	2,06NS	3,26	5,41
ERROR	12	0,1610	0,01			
TOTAL	19	0,4127				

CV= 4,9809329%

Significativo

NS = No significativo.

Anexo N. Análisis de varianza para el promedio del peso de 100 granos en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

Fv	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	6,1832	2,06	0,97NS	3,49	5,95
TRATAM	4	4,2380	1,06	0,50NS	3,26	5,41
ERROR	12	25,4484	2,12			
TOTAL	19	35,8695				

CV= 10,825617%

NS = No significativo.

Anexo Ñ. Análisis de varianza para el rendimiento en Kg/Ha en la evaluación de la nodulación y rendimiento de la soya (Glycine max (L.) Merrill) bajo un sistema hidropónico.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab	
					0,05	0,01
BLOQUE	3	1859586,2	619862,0	1,77	3,49	5,95
TRATAM	4	25026183,3	6256545,8	<u>17,86</u>	3,26	5,41
ERROR	12	4204486,6	350373,8			
TOTAL	19	31090256,2				

CV= 18,303892%

Altamente significativo

Prueba de Tukey		Arena	Ladrillo	Aserrín	Cuesco	Cascarilla
		4894,8	4222,7	2681,3	2271,4	2098,8
Cascarilla	2098,8	<u>2796,0</u>	<u>2123,9</u>	582,5	172,6	0
Cuesco	2271,4	<u>2623,3</u>	<u>1951,3</u>	409,8	0	
Aserrín	2681,3	<u>2213,4</u>	<u>1541,4</u>	0		
Ladrillo	4222,7	672,0	0			
Arena	4894,8	0				

significativo > 1243,04017
altamente significativo > 1627,79069

