

13100384

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS



**EVALUACION DE LA INTERACCION DE TRES  
SUBSTRATOS CON PROGRAMAS DE FERTILIZACION  
TRADICIONAL Y AMINOPROTEINAS EN ZANAHORIA  
(Daucus carota L.) BAJO LA TECNICA DE HIDROPONIA.**

**POR:**

**CARRILLO RAMIREZ, JOSE ROBERTO  
MARTINEZ VASQUEZ, OSCAR MANUEL  
PEÑATE FLORES, ROGELIO ERNESTO**

**AGOSTO DE 1994**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA**



Jz

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

**EVALUACION DE LA INTERACCION DE TRES  
SUBSTRATOS CON PROGRAMAS DE  
FERTILIZACION TRADICIONAL Y  
AMINOPROTEINAS EN ZANAHORIA (*Daucus  
carota* L.) BAJO LA TECNICA DE  
HIDROPONIA**

POR :

CARRILLO RAMIREZ, JOSE ROBERTO  
MARTINEZ VASQUEZ, OSCAR MANUEL  
PRIATE FLORES, ROGELIO ERNESTO

PARA OPTAR AL TITULO DE :

**INGENIERO AGRONOMO**

AGOSTO DE 1994

SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTRO AMERICA

T. UES  
1304  
C317e  
1994



001185  
Ej. 2

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIRNA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. GALINDO ELBAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO : ING. AGR. GINO ORLANDO CASTILLO BENEDETO

D) por la Secretaría de la Fac. de C. A. A. Agosto 1994.

JEFES DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

  
ING. AGR. MANUEL DE JESUS HERNANDEZ JUAREZ

ASESORES

  
ING. AGR. JOSE RICARDO VILANOVA ARCE

  
ING. AGR. ANGEL RODOLFO OLIVARES

JURADO EXAMINADOR

  
ING. AGR. HALMORE MARTINEZ SIERRA

  
ING. AGR. MANUEL DE JESUS HERNANDEZ JUAREZ

  
ING. AGR. MARIO ANTONIO ORELLANA NUNEZ

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó utilizando la técnica de cultivos hidropónicos, bajo un punto de vista social el cual permite la instalación de un pequeño huerto doméstico para producir alimentos con un costo de inversión mínimo, el cual permita en corto tiempo, disminuir los gastos de la canasta familiar, evitándose además, el consumo de productos contaminados por productos tóxicos.

El ensayo se realizó con el objeto de evaluar la interacción de tres sustratos (escoria volcánica roja, granza de arroz más ceniza y la mezcla de ambos) y cuatro programas de fertilización (Blaukorn 100% más Metalesatos, Blaukorn 50% más Metalesatos, solución nutritiva y metalesatos) en Zanshoría (*Daucus carota L.*) var. Chantenay Royal, bajo la técnica de hidroponía.

La investigación se realizó durante los meses de septiembre a diciembre de 1992. Los módulos experimentales fueron ubicados en la terraza del edificio de laboratorios de la Facultad de Ciencia Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para la evaluación se empleó como diseño estadístico parcelas divididas completamente al azar, utilizando 12 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 48 parcelas experimentales de 1 m<sup>2</sup> cada una; ubicando los diferentes tratamientos en forma aleatoria. Las variables evaluadas fueron: diámetro de raíces, longitud de raíces, peso fresco total m<sup>2</sup>, peso fresco y seco de raíces, peso fresco y seco de hojas, índice de cosecha, porcentaje de deformación y análisis beneficio - costo. A los resultados se les aplicó análisis de varianza y prueba de Duncan. Los resultados obtenidos fueron: la escoria volcánica roja es un buen sustrato para el desarrollo de la zanshoría (*Daucus carota L.*) var. Chantenay Royal, superando a la granza de arroz y a la

mezcla escoria más granza. El programa que comprendió Blaukorn 50% y Metalosatos presentó los mejores resultados al evaluar los diferentes parámetros, lo que viene a comprobar que la solución nutritiva no es la única alternativa de fertilización. La granza de arroz presenta algunas dificultades para el desarrollo de la zanahoria debido a que es muy inestable; demostrándose además que al mezclarse con otro sustrato (escoria volcánica roja) mejoró sus características físicas. Los fertilizantes foliares deben ir acompañados siempre con fertilización de fondo. Al realizar el análisis beneficio - costo se comprobó que el programa de fertilización F<sub>2</sub> es el tratamiento más rentable.

Con base a los resultados se recomienda la utilización de escoria volcánica roja para el cultivo de zanahoria var. Chantenay Royal en hidroponía y para su fertilización Blaukorn 50% más Metalosatos pues proporciona un buen desarrollo al cultivo y es más fácil de adquirir y aplicar.

### **AGRADECIMIENTOS**

- **A DIOS TODO PODEROSO:** Por habernos iluminado en los momentos más difíciles, dándonos el entendimiento necesario.
- **A NUESTROS PADRES:** Por sus esfuerzos y sacrificios para que pudiéramos alcanzar nuestras metas, por el amor y apoyo para el desarrollo de este trabajo.
- **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:** Por habernos formado y permitido ser parte de ella.
- **A NUESTROS ASESORES:** Ings. Agrs. José Ricardo Vilanova Arce y Rodolfo Olivares, por habernos brindado todo su conocimiento y apoyo para el desarrollo de este trabajo.
- **A NUESTRO JURADO EXAMINADOR:** Ings. Agrs. Manuel de Jesús Hernández Juárez, Balmore Martínez Sierra y especialmente a Mario Antonio Orellana Muñoz, por su valiosa y desinteresada colaboración.
- **A LAS INSTITUCIONES:** CONARA, COMERCIAL AGROPECUARIA Y PRODAGRO por su apoyo para el desarrollo de la investigación.
- **A NUESTROS COMPAÑEROS Y AMIGOS:** Por darnos su apoyo y comprensión desinteresadamente.

## **DEDICATORIA**

- **A DIOS TODOPODEROSO:** Por iluminarme y darme toda la fuerza espiritual hoy y siempre para lograr el objetivo propuesto.
- **ESPECIALMENTE A MIS PADRES:** Rogelio Peñate Vázquez, quien siempre me apoyó y ayudó en los momentos más difíciles; a mi Madre Iris Esperanza, quien con su sacrificio me ha brindado su vida para el logro de mis ideales.
- **A MI ESPOSA:** Sonia Beatriz, por su amor, comprensión y apoyo brindado durante mi formación profesional.
- **A MI HIJO:** Luis Gerardo, con mucho amor.
- **A MIS HERMANOS:** Patricia Elena, Ana Miriam y especialmente a Victor Manuel por todo su apoyo al enseñarme el camino a seguir.
- **A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:** Que de una u otra forma contribuyeron con ánimo, apoyo y colaboración en mi formación profesional.
- **A MIS MAESTROS Y COMPARIOS:** Por su apoyo solidario.

**ROGELIO ERNESTO PEÑATE FLORES.**

## DEDICATORIA

- *A DIOS TODOPODEROSO: Por iluminarme en los momentos más difíciles de mi carrera.*
  
- *A MI MADRE: Herminia de Jesús Carrillo por su sacrificio y amor.*
  
- *A MIS HERMANAS: María Magdalena, Blanca Marina, Blanca Rubidia y en especial a mis hermanos que ofrendaron sus vidas luchando por las injusticias en contra de nuestro pueblo, Carlos Alfredo, Ramiro Antonio y Mirna Consuelo.*
  
- *A MI TIO: Dionisio Ramirez y Esposa, por su apoyo en todo momento.*
  
- *A MI ESPOSA: María Isabel Morales, por su amor y comprensión.*
  
- *A MIS COMPANEROS: (Carmen Fernández y Yuri), quienes sacrificaron su carrera y su vida para ver un pueblo libre y sin opresión.*

*JOSE ROBERTO CARRILLO.*

## **DEDICATORIA**

- **A DIOS TODOPODEROSO:** Por darnos la vida conforme a su gracia y misericordia.
- **A MIS PADRES:** Salvador Martínez Meléndez y Mélida Vásquez de Martínez, por su amor y apoyo en todos los momentos de mi vida, este triunfo se los dedico especialmente a ellos.
- **A MI ESPOSA:** Cecilia Noemí Rivera, por brindarme su compañía y amor e impulsarme siempre a seguir adelante en mi formación profesional.
- **A MIS HIJAS:** Tania Cecilia y Paola Giselle, con todo mi amor.
- **A MIS HERMANOS:** Con amor fraternal.
- **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** Por su comprensión y permitirme compartir gratos momentos.
- **A MIS MAESTROS:** Con respeto y profunda gratitud por transmitirme sus conocimientos para mi formación profesional.
- **A MI PAIS:** El Salvador.

**OSCAR MANUEL MARTINEZ VASQUEZ**

# INDICE

	PAJ
RESUMEN	
AGRADECIMIENTOS	
DEDICATORIA	
INDICE DE CUADRO	
INDICE DE FIGURAS	
1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. REVISION DE LITERATURA. . . . .	3
2.1. Concepto de hidroponia. . . . .	3
2.2. Hidroponia social. . . . .	3
2.3. Ventaja e Importancia de la Hidroponia Social. . . . .	4
2.4. Sustratos. . . . .	5
2.4.1. Características de los sustratos. . . . .	5
2.4.2. Tipos de sustratos. . . . .	7
2.4.2.1. Granza de arroz . . . . .	8
2.4.2.2. Cenizas . . . . .	9
2.4.2.3. Escoria volcánica roja . . . . .	10
2.4.2.4. Ladrillo molido . . . . .	11
2.4.2.5. Piedra pómez . . . . .	12
2.4.2.6. Grava de rio . . . . .	13
2.4.2.7. Grava de cuarzo . . . . .	13
2.5. Fertilización en hidroponia. . . . .	13
2.5.1. Fertilizantes sólidos. . . . .	14
2.5.2. Soluciones nutritivas. . . . .	16
2.5.2.1. Composición de las soluciones nutritivas. . . . .	17
2.5.3. Fertilización Foliar. . . . .	19

2.6. Generalidades del cultivo. . . . .	24
2.6.1. Clasificación botánica. . . . .	24
2.6.2. Características botánicas. . . . .	25
2.6.3. Tipos y variedades de zanahoria. . . . .	26
2.6.4. Importancia alimenticia de la zanahoria. . . . .	27
2.7. Factores de producción. . . . .	29
2.7.1 Influencia de la temperatura. . . . .	30
2.7.2. Influencia de la luz. . . . .	30
2.7.3. Requerimientos de agua de la zanahoria. . . . .	32
2.7.4. Requerimientos de nutrimentos. . . . .	33
2.7.5. Principales plagas y enfermedades que atacan a la zanahoria. . . . .	38
 3. MATERIALES Y METODOS . . . . .	 39
3.1. Localización del experimento. . . . .	39
3.2. Características climáticas del lugar. . . . .	39
3.3. Preparación de módulos. . . . .	39
3.3.1. Construcción. . . . .	39
3.3.2. Plastificado. . . . .	41
3.4. Selección y preparación de sustratos. . . . .	41
3.4.1. Escoria volcánica roja. . . . .	41
3.4.1.1. Tamizado y lavado . . . . .	41
3.4.2. Granza de arroz más ceniza. . . . .	42
3.4.2.1. Fermentación de granza de arroz. . . . .	42
3.4.2.2. Ceniza de granza. . . . .	42
3.4.2.3. Mezcla de granza más ceniza. . . . .	42
3.4.3. Mezcla de escoria volcánica con granza de arroz. . . . .	43

3.4.4. Colocación de los sustratos en los módulos. . . . .	43
3.5. Desinfección de sustratos. . . . .	43
3.6. Establecimiento y manejo del cultivo. . . . .	43
3.6.1. Prueba de germinación. . . . .	43
3.6.2. Siembra. . . . .	44
3.6.3. Raleo. . . . .	44
3.6.4. Aporco. . . . .	44
3.6.5. Escardado. . . . .	45
3.6.6. Riego. . . . .	45
3.6.7. Fertilización. . . . .	46
3.6.8. Control plagas y enfermedades. . . . .	46
3.6.9. Cosecha. . . . .	47
3.7. Metodología estadística. . . . .	48
3.7.1. Diseño experimental y estadístico. . . . .	48
3.8. Variables analizadas. . . . .	51
3.8.1. Altura (cm) de plantas . . . . .	51
3.8.2. Diámetro (cm) de raíces . . . . .	51
3.8.3. Longitud (cm) de raíces . . . . .	51
3.8.4. Peso fresco (kg) total por m <sup>2</sup> . . . . .	51
3.8.5. Peso fresco (g) de raíz . . . . .	52
3.8.6. Peso seco (g) de raíz . . . . .	52
3.8.7. Peso fresco (g) de hojas . . . . .	52
3.8.8. Peso seco (g) de hojas . . . . .	52
3.8.9. Índice de cosecha de peso seco. . . . .	53
3.8.10. Porcentaje de deformación de zanahoria. . . . .	53
3.8.11. Análisis beneficio - costo. . . . .	53

4. RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	54
4.1. Condiciones climáticas del lugar donde se realizó el ensayo. . . . .	54
4.2. Aspectos generales del cultivo. . . . .	55
4.3. Control de plagas y enfermedades. . . . .	56
4.4. Altura de plantas . . . . .	57
4.5. Diámetro de raíces de zanahoria. . . . .	64
4.6. Longitud de raíces de zanahoria. . . . .	67
4.7. Peso fresco total por m <sup>2</sup> . . . . .	71
4.8. Peso fresco de raíz . . . . .	75
4.9. Peso seco de raíz . . . . .	77
4.10. Peso fresco de hojas . . . . .	80
4.11. Peso seco de hojas . . . . .	81
4.12. Índice de cosecha de peso seco. . . . .	84
4.13. Porcentaje de deformación de la raíz . . . . .	88
4.14. Análisis beneficio-coste. . . . .	90
5. CONCLUSIONES. . . . .	96
6. RECOMENDACIONES. . . . .	97
7. BIBLIOGRAFIA . . . . .	98
8. ANEXOS	

## INDICE DE CUADROS

	Pag.
CUADRO 1. <i>Sustratos utilizados en hidroponia, clasificados según características físicas y químicas.</i> . . . . .	7
CUADRO 2. <i>Propiedades físico-químicas de la granza de arroz utilizada como sustrato hidroponia.</i> . . . . .	9
CUADRO 3. <i>Análisis químico de la escoria volcánica roja utilizada como sustrato en hidroponia.</i> . . . . .	11
CUADRO 4. <i>Contenido de nutrientes del Blaukorn.</i> . . . . .	15
CUADRO 5. <i>Composición de Nutriente mayor y menor de la solución nutritiva utilizada para la evaluación del cultivo hidropónico de zanahoria.</i> . . . . .	18
CUADRO 6. <i>Dosis de los nutrimentos mayores y menores que conforman la solución nutritiva.</i> . . . . .	19
CUADRO 7. <i>Contenido de nutrimentos (%) en los diferentes productos foliares utilizados en el cultivo hidropónico de zanahoria.</i> . . . . .	24
CUADRO 8. <i>Características de la variedad Chantenay Royal utilizada en la evaluación de 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponia.</i> . . . . .	27
CUADRO 9. <i>Contenido de nutrimentos en 100 gramos de zanahoria.</i> . . . . .	28
CUADRO 10. <i>Distribución de fuentes de actividad de vitamina "A" en diferentes alimentos.</i> . . . . .	29
CUADRO 11. <i>Rango de valoración de los alimentos en base al contenido de vitaminas "A".</i> . . . . .	29
CUADRO 12. <i>Temperaturas óptimas reportados para el cultivo de zanahorias.</i> . . . . .	31
CUADRO 13. <i>Rendimiento de variedades de zanahoria, evaluadas en dos localidades de El salvador (Metapán y San Andrés).</i> . . . . .	31
CUADRO 14. <i>Requerimientos de luz solar a que deben ser sometidas diferentes hortalizas.</i> . . . . .	32
CUADRO 15. <i>Láminas de riego utilizadas en el cultivo hidropónico de remolacha en diferentes etapas de desarrollo.</i> . . . . .	33
CUADRO 16. <i>Funciones de los elementos esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.</i> . . . . .	35
CUADRO 17. <i>Síntomas de deficiencias presentados en las plantas por la carencia de los elementos esenciales.</i> . . . . .	36

CUADRO 18.	Cantidad de elementos extraídos por la zanahoria y cantidades de nutrimentos a aplicar en el cultivo en el suelo. . . . .	37
CUADRO 19.	Programas de fertilización utilizados en el cultivo hidropónico de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.) . . . . .	47
CUADRO 20.	Tratamientos, programas de fertilización y sustratos utilizados en el cultivo de zanahoria. ( <i>Daucus carota</i> L. var. Chantenay Royal) UES. 1992 . . . . .	49
CUADRO 21.	Datos mensuales de los elementos meteorológicos registrados durante los meses de septiembre a diciembre de 1992. UES. 1992. . . . .	48
CUADRO 22.	Altura de plantas de zanahoria (cm) a los 35 días después de la siembra sometidas a diferentes sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	57
CUADRO 23.	Análisis de varianza de altura de plantas a los 35 días después de la siembra en la evaluación de zanahoria en cultivos hidropónicos. UES. 1992. . . . .	58
CUADRO 24.	Prueba de Duncan para la diferencia entre Medias de sustratos en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 35 días de siembra en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. UES. 1992. . . . .	58
CUADRO 25.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de programas de fertilización en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 35 días de siembra en hidroponía al 5% de significancia. UES 1992. . . . .	59
CUADRO 26.	Altura de plantas de zanahoria (cm) a los 56 días después de la siembra sometidos a diferentes sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	59
CUADRO 27.	Análisis de varianza de altura de plantas a los 56 días después de la siembra en la evaluación de zanahoria en cultivos hidropónicos al 1% de significancia . UES. 1992. . . . .	60
CUADRO 28.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustrato en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 56 días después de la siembra en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significanci. UES. 1992. . . . .	60
CUADRO 29.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de programas de fertilización en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 56 días después de la siembra en hidroponía al 5% de significancia. UES. 1992. . . . .	61
CUADRO 30.	Altura de plantas de zanahoria (cm) a los 77 días después de la siembra sometidas a diferentes sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	61

CUADRO 31.	Análisis de varianza de altura de plantas a los 77 días después de la siembra en la evaluación de zanahorias en cultivos hidropónicos al 1% de significancia. UES. 1992. . . . .	62
CUADRO 32.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustratos en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 77 días después de la siembra en cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. UES. 1992. . . . .	63
CUADRO 33.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de programas de fertilización en la altura de plantas de zanahoria correspondientes a los 77 días después de la siembra en hidroponía al 5% de significancia. UES. 1992. . . . .	63
CUADRO 34.	Diámetro promedio de raíz de zanahoria (cm) al momento de la cosecha. en la evaluación de tres sustratos y cuatro programas de fertilización en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	65
CUADRO 35.	Análisis de varianza de diámetros de raíz de zanahoria al momento de la cosecha en la evaluación de 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES. 1992. . . . .	66
CUADRO 36.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de sustratos en el diámetro de raíz de zanahoria al momento de la cosecha. al 5% de significancia. UES. 1992. . . . .	66
CUADRO 37.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el diámetro de raíz al momento de la cosecha. en cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. UES. 1992. . . . .	67
CUADRO 38.	Longitud promedio de raíces de zanahoria (cm) al momento de la cosecha para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	69
CUADRO 39.	Análisis de varianza de longitud promedio de raíz al momento de la cosecha. para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en el cultivo hidropónico de zanahoria al 1% de significancia. UES. 1992. . . . .	69
CUADRO 40.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustratos en la longitud de raíz de zanahoria Var. Chantenay Royal al 5% de significancia en hidroponía. UES. 1992. . . . .	69
CUADRO 41.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de programas de fertilización en la longitud de raíz de zanahoria Var. Chantenay Royal al 5% de significancia. en hidroponía. UES 1992. . . . .	70
CUADRO 42.	Cuadro de doble entrada de medias de sustratos por programas de fertilización en la diferencia de estos factores. UES. 1992. . . . .	71

CUADRO 43.	<i>Pesos promedios (kg) de zanahoria/m<sup>2</sup> al momento de la cosecha utilizando 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía. UES 1992.</i>	72
CUADRO 44.	<i>Análisis de varianza de peso de zanahoria por m<sup>2</sup> utilizando 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES. 1992.</i>	73
CUADRO 45.	<i>Prueba de Duncan para la diferencia entre medios de sustrato en peso (kg) de zanahoria/m<sup>2</sup> utilizando tres sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía al 5% de significancia. UES. 1992.</i>	73
CUADRO 46.	<i>Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de programas de fertilización en peso fresco (kg) de zanahoria/m<sup>2</sup> utilizando 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía al 5% de significancia. UES. 1992.</i>	74
CUADRO 47.	<i>Peso fresco promedio de raíz (g) para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en cultivos hidropónicos de zanahoria variedad Chantenay Royal. UES. 1992.</i>	75
CUADRO 48.	<i>Análisis de varianza del peso fresco de raíz de zanahoria para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES. 1992.</i>	76
CUADRO 49.	<i>Prueba de Duncan para diferencia entre medias de sustratos en el peso fresco de raíz en el cultivo hidropónico de la zanahoria variedad Chantenay Royal al 5% de significancia. UES. 1992</i>	76
CUADRO 50.	<i>Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el peso fresco de raíz en el cultivo hidropónico de zanahoria variedad Chantenay Royal al 5% de significancia. UES. 1992</i>	77
CUADRO 51.	<i>Pesos secos promedios de raíces de zanahoria (g) utilizando tres sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992.</i>	77
CUADRO 52.	<i>Análisis de varianza de pesos secos promedios de raíces de zanahoria, utilizando sustratos y programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES 1992.</i>	78
CUADRO 53.	<i>Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustrato para el peso seco de raíz en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. UES. 1992.</i>	78
CUADRO 54.	<i>Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización para el peso seco de raíz de zanahoria al 5% de significancia. UES. 1992</i>	79
CUADRO 55.	<i>Pesos promedios de follaje (g) de zanahoria en evaluación de</i>	

	3 sustratos y 4 programas de fertilización en el cultivo hidropónico de zanahoria. UES 1992. . . . .	80
CUADRO 56.	Análisis de varianza del peso fresco de follaje de zanahoria a la cosecha en cultivos hidropónicos al 1% de significancia. UES. 1992. . . . .	81
CUADRO 57.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el peso fresco de follaje en el cultivo hidropónico de la zanahoria al 1% de significancia. UES. 1992 . . . . .	81
CUADRO 58.	Promedios de peso seco de follaje en g de zanahoria sometidos a diferentes sustratos y programas de fertilización en cultivo hidropónico. UES 1992. . . . .	82
CUADRO 59.	Análisis de varianza para el peso seco de follaje de zanahoria sometido a 3 sustratos y 4 programas de fertilización en cultivos hidropónicos al 1% de significancia. UES 1992. . . . .	83
CUADRO 60.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustratos en el peso seco de follaje en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. UES 1992. . . . .	83
CUADRO 61.	Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de peso seco de follaje de zanahoria en programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES 1992. . . . .	84
CUADRO 62.	Índice de cosecha promedio (peso seco) del cultivo de zanahoria utilizando 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía. UES 1992: . . . . .	84
CUADRO 63.	Análisis de varianza de índice de cosecha (peso seco) del cultivo de zanahoria utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES. 1992. . . . .	85
CUADRO 64.	Prueba de Duncan de índice de cosecha para programas de fertilización utilizando 3 sustratos y 4 programas de fertilización en zanahoria bajo la técnica de la hidroponía. UES. 1992. . . . .	86
CUADRO 65.	Cuadro de doble entrada para detrmnar la interacción entre sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	87
CUADRO 66.	Porcentajes promedios de deformación de raíces de zanahoria sometidas a 3 sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	88
CUADRO 67.	Análisis de varianza para el porcentaje de deformación de las raíces de zanahoria sometidas a sustratos y programas de fertilización en hidroponía al 5% de significancia. UES 1992. . . . .	89

CUADRO 68. Presupuesto del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.) en cultivo hidropónico utilizando escoria volcánica roja, abono azul (50%) y metalosatos. UES 1992. . . . .	39
CUADRO 69. Presupuesto del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.) en cultivo hidropónico utilizando escoria volcánica roja abono azul (50%) y metalosatos. UES. 1992. . . . .	92
CUADRO 70. Presupuesto del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus Carota</i> L.) en cultivo hidropónico utilizando como sustrato la mezcla de escoria volcánica roja con granza de arroz mas ceniza de granza y como fertilizante la solución nutritiva Coljap. UES 1992. . . . .	93
CUADRO 71. Presupuesto del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.) en cultivo hidropónico utilizando escoria volcánica roja y abono azul (100%) y metalosatos. UES 1992. . . . .	94
CUADRO A-1. Principales plagas del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.). . . . .	104
CUADRO A-2. Principales enfermedades del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.). . . . .	105

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1. Módulo hidropónico tipo . . . . .	40
Fig. 2. Plano de distribución de tratamientos para evaluar programas de fertilización y sustratos en el cultivo hidropónico de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.) var. Chantenay Royal. UES 1992 . . . . .	50
Fig. 3. Altura de plantas de zanahoria a los 35, 56 y 77 días después de la cosecha en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	64
Fig. 4. Diámetro de hombros de raíces de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	65
Fig. 5. Longitud de raíces de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	69
Fig. 6. Interacción de Sustratos - Programas de fertilización en la longitud de raíz de zanahoria Chantenay Royal en hidroponía. UES. 1992. . . . .	71
Fig. 7. Peso fresco total de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	72
Fig. 8. Peso fresco de raíz de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	75
Fig. 9. Peso seco de raíz de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992 . . . . .	78
Fig. 10. Peso fresco de hojas de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	80
FIG. 11. Peso seco de hojas de zanahoria en la evaluación de sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992. . . . .	82
Fig. 12. Índice de cosecha de peso seco de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	81
Fig. 13. Prueba de interacción de sustratos y programas de fertilización utilizando tres sustratos y cuatro programas en hidroponía. UES 1992. . . . .	87
Fig. 14. Porcentaje de deformación de raíces de zanahoria en cultivo hidropónico. UES. 1992. . . . .	88
Fig. 15. Análisis beneficio-costó para los tratamientos que mejor respondieron en el cultivo hidropónico de zanahoria. UES 1992. . . . .	91
Fig.A-1. Esquema de unión de los quelatos utilizados como fertilizantes foliares en la evaluación de "zanahoria" en hidroponía. . . . .	106

*Fig.A-2. Clasificación de la zanahoria según forma y tamaño. . . . . 106*

## 1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país la mayor parte de la población se encuentra en las zonas rurales y su sustento depende de lo que produce la tierra: con el conflicto armado parte de la población emigró a zonas urbanas en donde las posibilidades de trabajo son escasas aumentando en forma alarmante los niveles de desocupación y de desnutrición. Para el caso el Ministerio de Salud a través del Programa de Evaluación de la Situación Alimentaria en El Salvador (ESANE), reporta que en Centro América, El Salvador es el país que presenta mayores problemas de hipovitaminosis "A" en la población infantil, por lo que es necesario buscar fuentes alternas de dicha vitamina. La zanahoria es una hortaliza que contiene gran cantidad de carotenos, precursores de dicha vitamina "A", pero se tiene el problema que el área que se cultiva en el país no alcanza a cubrir la demanda interna, por lo que se incurre en su importación; en el período 1990-1991 se importaron un total de 81660,114 kg por un valor de \$21958,297.00, ocasionando fuga de divisas. Por lo antes mencionado, la hidroponía social representa una alternativa de primer orden para satisfacer las necesidades de alimentos en aquellos lugares donde la falta de espacio hace imposible los sistemas de cultivo tradicionales; a nivel casero se puede implementar el cultivo hidropónico de la zanahoria, el cual mejoraría la calidad de la dieta y ayudaría a generar ingresos a la familia por la venta del excedente.

En hidroponía, las investigaciones referentes al cultivo de la zanahoria son escasas, existiendo únicamente resultados preliminares como la interacción entre diferentes fuentes de fertilizantes foliares y densidades de siembra, en la que se reportan que al utilizar sustratos de escoria volcánica roja, metalosatos como abono foliar y distanciamientos de 10 x 6 cm, se obtuvieron

rendimientos satisfactorios. En otra investigación efectuada por la Comisión Nacional de Restauración de Areas (CONARA), se ha comprobado que al utilizar la mezcla de granza de arroz con ceniza se obtiene un alto porcentaje de deformación de la raíz, debido a la inestabilidad del sustrato; pero además, se determinó que al mezclar la granza de arroz con un sustrato sólido mejora las características y desarrollo de las raíces de zanahoria.

La presente investigación se realizó para determinar la interacción entre sustratos y programas de fertilización para lo cual se evaluaron 3 sustratos (granza de arroz con ceniza, escoria volcánica roja y la mezcla de ambas); y 4 programas de fertilización (100% Blaukor más metalosatos, 50% Blaukor más metalosatos, soluciones nutritivas y metalosatos). Este trabajo permitirá determinar el sustrato y programa de fertilización más adecuado para la producción de zanahoria (*Daucus carota L*) en hidroponía y contribuirá a generar información que conlleve a mejorar la dieta alimenticia de la población, así como también el nivel económico de la familia.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Concepto de hidroponía.

La posibilidad de cultivar plantas sin tierra fue admitida en el pasado por hombres de ciencia que lo denominaron quimiocultura, pero fue hasta en los años 30 que el Dr. W. P. Gericke, utilizó por vez primera el término hidroponía, que etimológicamente significa: Hydro (agua) y Ponos (labor) entendiéndose como "Cultivo en Agua" HUTERWALL (22).

QUEDA (38), define los cultivos hidropónicos como la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo, pero usando como soporte un medio inerte denominado sustrato. Otros autores lo definen como el crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo pero sí un sustrato al que se añade una solución de nutrientes que contienen todos los elementos esenciales necesitados por la planta, para su normal crecimiento y desarrollo (1).

### 2.2. Hidroponía social.

La aglomeración de los grupos de población exige cada día mayor productividad de los suelos, por lo que es necesario buscar una alternativa de producción que permita resolver dicha problemática a través de la hidroponía Social la cual trata de establecer las bases fundamentales para el funcionamiento del cultivo hidropónico a nivel casero (10). Un cultivo de esta naturaleza permite mejorar la dieta alimenticia de la familia y transformarse en una fuente de recursos complementarios para el presupuesto familiar; además de utilizar los recursos de desecho del hogar, áreas de terreno, etc. (10).

8. 29). Para MARULANDA (29), la hidroponía social en América Latina es una alternativa válida no como una herramienta para generar riqueza, sino como un instrumento útil para no sumergirse más en la pobreza.

### 2.3. Ventaja e Importancia de la Hidroponía Social.

La importancia de los cultivos hidropónicos radica en que este sistema permite la instalación de un pequeño huerto doméstico para producir alimentos con un costo de inversión mínimo el cual en corto tiempo rebaja los costos de la canasta familiar, evitándose además el riesgo de consumir productos contaminados por pesticidas y de aguas de riego con desechos orgánicos que promueven enfermedades gastrointestinales. Para los habitantes de las ciudades esta técnica se convierte en una opción factible, pues en urbes es difícil conseguir tierras y espacio para cultivos; aún pequeñas áreas. En hidroponía cualquier superficie con iluminación solar es adecuada para instalar un huerto familiar. En las zonas rurales los cultivos hidropónicos también son valiosos pues permiten cultivar productos que en determinadas condiciones resultan difíciles de cosechar en tierra; en cambio las características que ofrece un sustrato permite en alto grado desinfectar efectivamente el mismo, evitándose los peligros de pudriciones e infecciones causadas por hongos y bacterias fitopatógenas presentes en el suelo; este máximo control se refleja en la mejor calidad de los productos cosechados, es de hacer notar que la hidroponía es adaptable a los recursos de la zona llegando a ser una actividad productiva simplificada; un cultivo de esta naturaleza puede mejorar la dieta alimenticia de una familia y es factible transformarse en una fuente de recursos complementarios al presupuesto familiar (10).

## 2.4. Sustratos.

Sustrato se define como el vehículo para portar agua, nutrientes y oxígeno y a la vez sirve de soporte a las plantas y de medio oscuro para el desarrollo radical (1,10,22,38).

### 2.4.1. Características de los sustratos.

Los sustratos deben reunir ciertas características generales; las cuales son mencionadas por cultivos hidropónicos (10).

a) Debe ser liviano: el peso del sustrato determina la calidad del montaje, los tipos de camas o canales y en general el valor y tipo de infraestructura a utilizar.

b) Debe retener buena humedad: la retención de agua debe darse en cantidades adecuadas y de forma homogénea. La retención esta en función de la granulometría del sustrato, resultando ideales aquellos que posibilitan una proporción aproximada de 30% de materiales y un 70% de espacios vacíos.

c) No debe encharcarse: La homogeneización de la humedad debe hacerse sin que se presenten encharcamientos que limiten el crecimiento radical. la capacidad de retención indicará la necesidad de frecuencia de los riegos: además los espacios vacíos deben ser ocupados por partes iguales de aire y agua.

d) Debe permitir una correcta aireación; en hidroponía es importante la absorción de oxígeno a través de las raíces, siendo necesario un correcto

suministro a través del sustrato el cual debe poseer la porosidad suficiente para que se forme un cojín de aire: se puede llegar a obtener mejor porosidad mezclando sustratos de diversa composición molecular.

e) Debe ser inerte químicamente: Es necesario revisar el sustrato desde el punto de vista de su composición y origen pues el objetivo de la hidroponía es suministrar los nutrimentos a las plantas en la cantidad y forma adecuada evitando que el sustrato realice fijación, absorción o intercambio de nutrimentos a nivel iónico.

f) Debe ser inerte biológicamente: El sustrato deberá estar libre de la presencia de plagas y enfermedades que puedan afectar al cultivo. No resultan adecuados aquellos sustratos que contengan tierra, aunque sea en proporción ínfima.

g) No debe degradarse: Físicamente debe conservar su estructura para evitar variaciones en las propiedades de drenaje, retención de humedad y aireación.

h) Debe estar disponible: Deberán utilizarse recursos de la región y no desplazarlos por aquel sustrato ideal y que no está disponible y que aumentarían los costos.

i) Debe ser de bajo costo: Generalmente este factor determina el sustrato a utilizar en el cultivo hidropónico.

Qualquier material que reúna las condiciones descritas puede servir de sustrato para cultivos hidropónicos. Existen sustratos que ya han sido

utilizados y se ha determinado sus condiciones. El cuadro 1 hace una comparación de sustratos y algunas de sus mezclas, en cuanto a sus características de costo fisicoquímicas y de duración (42). FOSSATI citado por AGUILAR *et al* (2), mencionan que el factor económico de costos determinará la implementación de los cultivos ya que nos lleva a analizar dentro de las posibilidades el costo que implica utilizar uno u otro sustrato.

**CUADRO 1. Sustratos utilizados en hidroponía, clasificados según características físicas y químicas.**

Características Sustratos	Actividad Bioquímica	Retención de humedad	Permeabili- lidad	Vida
Arena Gruesa sin arcilla	5	2	5	5
Arena fina lavada	5	4	3	5
Escoria	4	4	3	5
Granza de Arroz	3	2	5	3
Aserrín	5	2	5	5
Trozos ladrillo o teja de barro	5	2	5	5
Piedra pómez	4	5	5	4
Arena fina + Granza de Arroz	4	4	4	4
Escoria + Granza de Arroz	4	4	4	4

Código: 1.- Pésimo; 2.- Malo; 3.- Regular; 4.- Bueno; 5.- Excelente.

FUENTE: SALAZAR. Guía práctica de cultivos hidropónicos populares. 1992. (42).

#### 2.4.2. Tipos de sustratos.

Los sustratos más utilizados en cultivos hidropónicos son:

#### 2.4.2.1. Granza de arroz.

En investigaciones realizadas en Colombia se ha reportado que la cascarilla de arroz es un sustrato biológico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de silicio; es un sustrato liviano cuyo principal costo es el transporte y permite una buena aireación para el cultivo, pero presenta serios problemas para su humedecimiento inicial (10). FIGUEROA (16), determinó en investigaciones realizadas en el cultivo de zanahorias que este sustrato es inestable y que debido a la disposición laminar que posee no permite el buen desarrollo de las raíces. Al mismo tiempo, CLAROS et al (7), en su trabajo de determinación de un programa de riego en la producción hidropónica de remolacha, concluyó que la granza de arroz como sustrato no dió buenos resultados debido a la discontinuidad de las partículas, su bajo intercambio catiónico y su excesiva retención de humedad.

FOSSATI citado por AGUILAR et al (2), reportan que este sustrato permite una mayor utilización del espacio vertical y horizontal aunque en algunos casos no ofrece estabilidad a los cultivos; pero esta dificultad pueden ser contrarrestadas al mezclar la granza con otros materiales o ceniza de la misma; sin embargo puede tener problemas con los residuos de cosecha como granos de arroz enteros o fragmentados, además puede contener semillas de otras plantas que pueden germinar. Para evitar estos problemas se recurre a la fermentación de la granza de arroz la cual consiste en dejar humedeciendola en agua; ésta al entrar en contacto con el agua se hidroliza y sus almidones se convierten en azúcares la cual se fermenta con la consecuente formación de alcohol y ácido carbónico que son fitotóxicos por vía radicular causando síntomas similares a los de clorosis férrica en las plantas (7).

Con el tiempo de uso, la granza de arroz sufre una degradación físico-química que es favorable al desarrollo de la técnica ya que aumenta la retención de humedad y la capilaridad. En el cuadro 2 se presentan las propiedades físico químicas de la cascarilla de arroz.

**CUADRO 2. Propiedades físico-químicas de la granza de arroz utilizada como sustrato en hidroponía.**

Características.	Valor.	Unidades.
Densidad a granel	0.12 - 0.13	gr / ml
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	2 - 3	meq. / 100 ml
Retención de humedad	0.10 - 0.12	l / l
<b>Análisis químico:</b>		
Nitrógeno	0.50 - 0.60	%
Fósforo	0.08 - 0.10	"
Potasio	0.20 - 0.40	"
Calcio	0.10 - 0.15	"
Magnesio	0.10 - 0.12	"
Azufre	0.12 - 0.14	"
Hierro	200 - 400	ppm.
Manganeso	200 - 800	"
Cobre	3 - 5	"
Zinc	15 - 30	"
Boro	4 - 10	"
Cenizas	12 - 13	%
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	10 - 12	%

FUENTE: Coljap Industria Agroquímica. 1991. Los Sustratos. (8)

#### 2.4.2.2. Cenizas.

Estas pueden obtenerse, según PENNIGSFELD y KURZMAN (40), del carbón de leña y para su uso es necesario remojarlas en agua por un período de 24 horas y luego lavarlas bien antes de colocarlas en los recipientes, dándosele a este proceso el nombre de lixiviación; no deberán descartarse las cenizas más finas, si no secarse para luego mezclarlas con las más gruesas y obtener así el sustrato deseado.

CLAROS, *et al* (7), mezclaron la ceniza de granza de arroz con granza, en la determinación de un programa de riego en el cultivo hidropónico de remolacha, obteniendo resultados no satisfactorios, pero al mezclarla con escoria volcánica y granza, el sustrato mejoró sus características obteniendo buenos resultados.

#### 2.4.2.3. *Escoria volcánica roja.*

ORESTES citado por AGUILAR *et al* (2), mencionan que la escoria volcánica roja es una roca de origen volcánico; perteneciente al sub-tipo de rocas ígneas o eruptivas de color oscuro y provienen de un magma interior semifluido que se formó sobre las rocas que lo cubrían abriéndose paso por lugares de poca resistencia. Por el contenido mineralógico de la escoria se han podido determinar que son básicas ya que tienen menos del 52 % de silicatos y algunos minerales como calcio, magnesio y hierro.

Dicho Sustrato presenta variaciones en las cantidades de elementos encontrándose en mayor proporción el calcio y el fósforo. Pero no cumplen con las necesidades del cultivo (40). En el cuadro 3 se presenta el análisis químico de la escoria volcánica roja.

Según estudios efectuados en Colombia (10), las escorias pueden ser utilizadas como sustratos siempre y cuando se cuide su granulometría: cuando es muy fina produce encharcamiento y cuando es gruesa puede presentar problemas a los cultivos de bulbos o raíces y a los tallos de plantas. Además pueden presentar problemas por ser altas fijadoras de fósforo y boro; pero en forma general es un sustrato con muy buena retención y distribución de

humedad.

**CUADRO 3. Análisis químico de la escoria volcánica roja utilizada como sustrato en la evaluación de "zanahoria" en hidroponía.**

Características.	Unidades.	Valor.
Textura	-	Vitrea.
Estructura	-	Porosa.
pH	-	8.5
Nitrógeno nítrico	ppm.	35.00
Fósforo	"	105.45
Sodio	"	60.00
Potasio	"	38.75
Calcio	"	602.50
Magnesio	"	70.00
Manganeso	"	23.75
Cobre	"	1.00
Hierro	"	31.50
Zinc	"	2.18
Boro	"	0.41
Azufre	"	6.00

**FUENTE: AGUILAR, W. et al. Cultivo hidropónico de remolacha en sustratos de escoria volcánica roja y granza de arroz utilizando fertilizantes tradicionales. 1992. (2)**

CLAROS, et al (7), en la determinación de un programa de riego para el cultivo hidropónico de remolacha estableció que la escoria volcánica roja superó a la granza de arroz y al mezcla (Escoria + granza) en el desarrollo de la remolacha. Al mismo tiempo AGUILAR et al (12), en el cultivo hidropónico de remolacha utilizando fertilizantes tradicionales, la escoria volcánica roja es un excelente sustrato para este cultivo, mejorando el desarrollo del cultivo.

#### 2.4.2.4. Ladrillo Molido.

FENNIGSFIELD y KURZMAN (40), mencionan que el ladrillo molido es apropiado como sustrato solamente si se encuentra pobre de cal, lo que se

recomienda es obtener de las fábricas aquellos no vendibles y molerlos para alcanzar el tamaño deseado. Las propiedades son muy buenas presentando una porosidad del 60% en gránulos de 2-15 mm y una capacidad de absorción de agua del 15%. Presenta la desventaja de que puede fijar o ceder un elevado número de elementos nutritivos al comienzo de su utilización, específicamente fija el ácido fosfórico.

#### 2.4.2.5. Piedra Pómez.

PENNIGSFELD y KURZMAN (40), reportan que la piedra pómez es una alternativa como sustrato ya que presenta buenas características físicas tales como el volumen de los poros los cuales ocupan aproximadamente 85% del total; además posee una absorción de agua del 45% en estado seco. Presenta una sanidad total desde el punto de vista biológico, siempre que no se encuentre mezclado con tierra, por lo que se recomienda se extraiga de las partes más profundas.

Este sustrato tiene ciertas desventajas porque en primer lugar fijan el fósforo, hierro, magnesio y boro. Estas características pueden mejorarse por medio de un tratamiento previo que consiste, según IIRATH, citado por PENNIGSFELD y KURZMAN (40), en someter la piedra pómez a un baño de 24 horas antes de su utilización, en una solución de superfosfato al 1% añadiendo 100 - 200 ml de ácido nítrico concentrado /m<sup>3</sup> y lavándose a continuación. Para disminuir la fijación de hierro, magnesio y boro se procede, antes de la plantación, a regar el sustrato con una solución de oligoelementos (10 l/m<sup>2</sup>) para evitar la carencia de estos elementos.

b) Urea: Es un fertilizante simple perteneciente al grupo de las amidas y posee un 46 % de nitrógeno amoniacal (19).

c) Abonos compuestos: Son aquellos que tradicionalmente se conocen como fórmulas y que contienen por lo menos dos elementos principales (19). En esta fórmula completa que contiene los 3 nutrimentos básicos para la planta (N,P,K). AGUILAR *et al* (2), en la evaluación del cultivo de remolacha utilizaron la fórmula 15-15-15, obteniéndose resultados no tan favorables, como los obtenidos con Blaukorn.

### 2.5.2. Soluciones nutritivas.

Tradicionalmente se han utilizado en la hidroponía comercial las soluciones nutritivas, que se definen como la mezcla de agua y compuestos químicos que se suministran a la planta en el cultivo hidropónico, como fuente de alimento (1).

Según OJEDA y HERNÁNDEZ (38), la nutrición de las plantas por medio de la utilización de nutrimentos es fundamental para el desarrollo de cultivos hidropónicos; ya que el sustrato no proporciona ningún tipo de nutrimentos a la planta según lo confirman los trabajos realizados en Colombia (10), los cuales establecen que un buen sustrato no debe proporcionar elementos nutritivos para la planta ya que de ocurrir esto representaría una alteración inaceptable en la composición de los elementos nutritivos suministrados.

### 2.5.2.1. Composición de las soluciones nutritivas.

La solución nutritiva es la mezcla de elementos minerales que la planta requiere para su normal crecimiento y desarrollo. En estudios realizados en hidroponía (1), se ha determinado que para preparar la solución se necesitan dos fuentes de nutrimentos que se conocen como mayor y menor; el nutriente mayor es un líquido transparente e incoloro que contiene elementos como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; el nutriente menor es un líquido de color amarillo oscuro que contiene elementos como magnesio, boro, manganeso, zinc, azufre, hierro, molibdeno, cobre, cobalto y cloro. (10). OJEDA y HERNÁNDEZ (38), mencionan que los compuestos químicos que se emplean en las soluciones suelen estar conformados por varias sales; pero en estudios efectuados en Colombia (10), se ha determinado que es posible utilizar para la fabricación de soluciones nutritivas diversos abonos comerciales, en lugar de sales químicamente puras, como el nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de amonio, sulfato de potasa, magnesio y el superfosfato.

El origen de las soluciones nutritivas, según HUTERNALL (22), se remonta hasta 1699, cuando WOODWARD hizo crecer hierba buena en distintas clases de agua; pero fue hasta 1840 cuando LIEBIG y BOUSSIGNAULT, hicieron crecer plantas en materiales insolubles (arena, cuarzo, carbonilla) impregnados con soluciones acuosas de fórmulas químicas conocidas; este método fue mejorado por SALM HORSTMAR. Más tarde SAFCHS y KNOP modificaron las técnicas y en 1865 KNOP propuso una fórmula de solución química nutritiva que resultó ser una de las más utilizadas para el estudio de la nutrición de las plantas. Otras fórmulas fueron propuestas por TOLLENS en 1882, por SEHIMPER en 1890, por PFEFFER en 1900, por CRONE en 1902, por TUTTINGHAM en 1914, por SHIVE en 1915.

por HOAGLAND en 1920.

Según OJEDA (38), las soluciones nutritivas esta integrada por la combinación de diferentes sustancias, estos compuestos químicos suelen estar conformados por varias sales, las cuales deberán ser solubles en agua; y deberán medirse para poder conocer la concentración de la solución. Según HUTERWALL (22) la investigación a demostrado que de las varias docenas de elementos simples existentes en la naturaleza, únicamente dieciseis son necesarios para la germinación, desarrollo, floración y fructificación de las plantas. En el cuadro 5 se presenta la composición de la solución nutritiva Coljap que se utilizó en el presente ensayo.

**CUADRO 5. Composición de Nutriente mayor y menor de la solución nutritiva utilizada para la evaluación del cultivo hidropónico de zanahoria.**

Elementos	Fórmula Química	Cantidad g/l
- Nutriente Mayor (4-2-5-5)		
Nitrógeno nítrico	$N - NO_3$	40.000
Nitrógeno Amoniacal	$N - NH_4$	20.000
Fósforo asimilable	$P_2 O_5$	20.000
Potasio	$K_2O$	50.000
Calcio	$CaO$	52.000
pH de la solución al 5%	5 - 6	
- Nutriente menor (HCEM - 12)		
Magnesio	$MgO$	39.840
Azufre	$S$	16.000
Hierro 3	$Fe^{+3}$	2.800
Manganeso	$Mn$	0.135
Cobre	$Cu$	0.015
Zinc	$Zn$	0.065
Boro	$B$	0.135
Molibdeno	$Mo$	0.003
Cobalto	$Co$	0.001
Cloro	$Cl$	0.450
Nitrógeno	$N - NO_3$	13.800

FUENTE: Cultivos Hidropónicos Ltd. Manual hidropónico una huerta en su casa. 1989 (10).

#### 2.4.2.6. Grava de río.

La arena corriente de río es utilizada como sustrato cuando su contenido en cal es inferior al 20%, las arenas ricas en cal no son recomendables por su capacidad para motivar cambios en las soluciones nutritivas. El tamaño de los granos deberán estar comprendidos entre 0.5 y 2.0 mm (40).

#### 2.4.2.7. Grava de cuarzo.

De las diversas arenas existentes, la de cuarzo es la más adecuada como sustrato para los cultivos hidropónicos, no obstante su costo suele ser elevado y por lo tanto, se utiliza normalmente solo para ensayos (31). No es necesario someterla a ningún tratamiento antes de su uso y es de gran utilidad en los ensayos para determinar las carencias en las plantas; tiene un bajo poder de absorción de agua (40). Este material puede presentar cualidades físicas inadecuadas y causar problemas a los cultivos de bulbos o raíces y a los tallos de plantas; sin embargo sus propiedades químicas son apropiadas por ser pobres en elementos nutritivos y no fijar ninguno (40).

### 2.5. Fertilización en hidroponía.

Los cultivos hidropónicos necesitan de un suministro adecuado de nutrimentos que le permita a la planta desarrollarse y producir adecuadamente. Según estudios realizados en Colombia (10), todos los elementos deben proporcionarse a la planta por algún tipo de fertilizante, pues una de las características que deben poseer los sustratos es que deben ser químicamente inertes no pudiendo absorber ni por el contrario proporcionar elementos

nutritivos para la planta.

Según OLIVARES (37), uno de los problemas en el área de nutrición vegetal, son las fuentes de aporte y corrección de nutrimentos. En hidroponía se pueden mencionar diferentes fuentes de fertilizantes para aportar los nutrimentos a la planta, entre los que se encuentran los fertilizantes sólidos, las soluciones nutritivas y los fertilizantes foliares.

### 2.5.1. Fertilizantes sólidos.

En cuanto a los fertilizantes sólidos, GROSS (19), los clasifica como simples y compuestos.

Los abonos simples son aquellos que contienen un solo elemento fertilizante, entre ellos se encuentran los nitrogenados, fosfatados y potásicos; ejemplo de estos tenemos el nitrato de amonio (21%), y la Urea la cual posee un 46 % de nitrógeno amoniacal (19).

Los abonos compuestos son los que contienen por lo menos dos elementos de los tres principales N - P - K, estos se designan mediante una fórmula de dos o tres números que representan la cantidad de cada elemento contenido en 100 kg de abono (19,39).

Para convertir la hidroponía en una técnica más popular y práctica se han realizado investigaciones tendientes a sustituir las soluciones nutritivas por los fertilizantes tradicionales que utiliza el campesino o el viverista, siendo alguno de ellos los siguientes:

a) El blaukorn o abono azul: es un fertilizante granulado y compuesto que contiene elementos mayores, menores y oligoelementos. En el cuadro 4 se hace un desglose de dichos componentes.

**CUADRO 4.** Contenido de nutrientes del Blaukorn.

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad (%)</b>
<b>Elementos mayores:</b>	
- Nitrogeno (N)	12
- Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	12
- Potasio (K <sub>2</sub> O)	17
<b>Elementos menores:</b>	
- Magnesio	2
- Azufre	6
- Calcio	4.5
<b>Oligoelementos:</b>	
- Boro	0.02
- Cobre	0.04
- Manganeso	--
- Molibdeno	0.0005
- Zinc	0.01

**FUENTE:** AGUILAR, et al. Cultivo hidropónico de remolacha en diferentes sustratos y programas de fertilización. 1992. (2)

El nitrógeno contenido en el Blaukorn se presenta en forma nítrica de actividad rápida (50%) y la mitad amoniaca lenta y duradera; el fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) se encuentra en un 12 % totalmente disponible a la planta (66 % soluble en Citrato y un 33 % soluble en agua); contiene un 17% de potasio totalmente soluble en agua.

AGUILAR et al (2). en el estudio del cultivo hidropónico de remolacha en sustratos de escoria volcánica roja y granza de arroz utilizando fertilizantes tradicionales, determinaron que el Blaukorn dió buenos resultados en el desarrollo de la remolacha y recomiendan su utilización por la facilidad en su manejo.

La dosificación de las soluciones nutritivas en hidroponía dependerá del cultivo, de las variables que afectan la nutrición y de la concentración de la solución. Para sustratos sólidos, la dosis de solución nutritiva recomendada aparecen en el cuadro 6; pero la relación que debe usarse en la preparación de dichas soluciones es cinco partes de la solución mayor y dos partes de la solución menor (relación 5:2), por cada litro de solución que se quiera preparar (10). De manera que con la aplicación de la solución nutritiva, se aportan los 16 elementos esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.

**CUADRO 6.** Dosis de los nutrimentos mayores y menores que conforman la solución nutritiva.

Rango de concentración	Nutrientes Mayor (4-2-5-5)	Nutrientes Menor (HCEM-12)
Full Máhos/cm	5 cc/l	2 cc/l
1/2 Full Máhos/cm	2.5 cc/l	1 cc/l
1/4 Full Máhos/cm	1.52 cc/l	0.5 cc/l

FUENTE: Cultivos hidropónicos Ltd. Manual hidropónico, una inserta en su casa. 1989. (10)

Según AGUILAR, et al (2), en la evaluación del cultivo hidropónico de remolacha las soluciones nutritivas y el blaukorn son las que mejor funcionan usando como sustrato la escoria volcánica roja y granza de arroz, pero dió mejores resultados en granza.

### 2.5.3. Fertilización Foliar.

Quando se utilizan fertilizantes sólidos como fuente de nutrimentos, es

necesario completar dicho aporte en lo que se refiere a los elementos secundarios y oligoelementos, ya que solo los contienen en trazas y no garantizan que fluyan a la planta en los niveles que los precisan; este refuerzo puede hacerse por medio de la fertilización foliar (36, 35).

Estudios efectuados en Colombia (10) establecen que la agricultura se encuentra en crisis ya que los suelos no producen en la misma forma como lo hacían antes con solo las aportaciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Muchos de los llamados elementos menores no se encuentran en niveles óptimos para el desarrollo de las plantas. Según ALDRICH citado por MENUJIVAR *et al* (30), la vía más rápida y eficaz para suministrar ciertos nutrimentos a los cultivos, es mediante la aplicación directa a través de las hojas. Esta nutrición foliar evita los problemas de la competencia entre los nutrimentos, la lixiviación y sus interacciones en el suelo, las cuales pueden limitar la cantidad de microelementos; por lo que la fertilización foliar podría ser un complemento ideal de la fertilización al sustrato.

Los fertilizantes foliares presentan ventajas, al compararse con otras formas de fertilización, entre las que se mencionan:

- 1.- Que las plantas se proveen de elementos minerales, sin interaccionar con el pH del suelo, inundaciones, etc.
- 2.- Con la aplicación foliar se aplican directamente los nutrimentos a la planta, evitando la fijación en el suelo o sustrato, percolación, etc.
- 3.- Esta técnica puede corregir deficiencias específicas de minerales más rápidamente que las aplicaciones al suelo o al sustrato.
- 4.- Generalmente el crecimiento vigoroso de la planta, requiere nutrimentos en proporciones mayores a las que pueden extraer las raíces.

5.- Finalmente la aspersión foliar provee nutrimentos al cultivo en forma rápida (24, 25, 26).

En el mercado y a través del tiempo se han utilizado diferentes tipos de fertilizantes foliares teniéndose entre ellos los que a continuación se detallan.

**Fertilizantes no quelados:** Son aquellos que contienen minerales en su estado natural o de sales que difícilmente pueden ser absorbidos por la planta (25).

**Fertilizantes quelados inorgánicos:** Son aquellos productos en los cuales el proceso de quelación no es estable y que a la planta le toma mucho trabajo y gasto de energía absorberlos (37).

**Fertilizantes quelados biológicos:** Son aquellos en los cuales se liga un ión de metal a dos o más aminoácidos de proteína hidrolizada lo que permite el fácil tránsito del elemento a través de las membranas favoreciendo la absorción y asimilación del nutrimento. Esto no causa a la planta gasto innecesario de energía. Ejemplo de estos fertilizantes son los metalosatos (37).

Uno de los fertilizantes foliares más completos es el grupo de los metalosatos los cuales no son foliares comunes, sino que presentan una fórmula especial en donde los nutrimentos minerales van suspendidos o rodeados de proteína hidrolizada para facilitar su incorporación en la planta (26). Este proceso se ha denominado como quelación; y se define como el enlace firme de un ión de metal con una molécula orgánica para formar una cadena química. éste

encadenamiento permite que los minerales se vuelvan biológicamente activos (25). Mientras que DIAZ (11), sostiene que se reserva el nombre de quelatos para aquellos compuestos orgánicos que tienen la propiedad de incluir en el interior de su estructura molecular metales polivalentes para protegerlos de riesgos de inmovilización en el suelo y permitir que lentamente se liberen para ser aprovechados por la planta. Según NUÑEZ (36), el proceso de quelación consiste en que los minerales están suspendidos entre dos aminoácidos que constituyen los grupos donadores: uno de ellos generalmente es un grupo amino ( $NH_2$ ) que forman un enlace covalente complejo, mientras que el otro grupo carboxilo ( $COOH$ ) forma un enlace iónico. En la figura A-1 aparece el esquema de la forma de unión de los quelatos.

Los metalosatos según CERVANTES (6) y MILLER (31), presentan muchas ventajas, entre las que se mencionan:

- a) Los nutrimentos minerales son más rápidamente absorbidos y utilizados en las funciones de crecimiento, desarrollo y producción de la planta.
- b) No son fitotóxicos, de tal forma que no producen en el sistema foliar ninguna quemadura.
- c) Menor utilización de agua para su crecimiento y desarrollo.
- d) Menos requerimiento de N - P - K hasta en un 25 %.
- e) Reducción en el ataque de plagas y enfermedades.
- f) Mejora el contenido nutritivo de los productos cosechados.
- g) Uniformidad en la cosecha.
- h) Mayor producción y mejores cualidades para el transporte y post-cosecha.

Entre los productos tipo metalosatos, utilizados para las aplicaciones foliares se tienen:

**El Crop-up:**

es un abono foliar en quelación de aminoácidos, que contiene todos los elementos minerales necesarios para el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos. Conteniendo nitrógeno, manganeso, azufre, zinc, magnesio, cobre, hierro y boro (24).

**Complejo foliar N - P - K:**

Es un producto diseñado para suplir nutrimentos vegetales por la vía foliar en épocas críticas del crecimiento de las plantas; contiene proteínas vegetales hidrolizadas para estimular la absorción de los nutrimentos suplementarios. Su composición química es: Nitrógeno, 4%;  $P_2O_5$  17% y  $K_2O$  17% (25).

**Metalosato de Boro:**

Es un producto diseñado como nutrimento vegetal para aplicación foliar, su composición es boro elemental al 5 % (26).

**Metalosato de Calcio:**

Quelato líquido, utilizado para corregir deficiencias en los estados iniciales de crecimiento, además de mantener un adecuado balance con los demás elementos nutricionales (26). En el cuadro 7 aparecen los porcentajes de nutrimentos contenidos en los diferentes productos.

**CUADRO 7. Contenido de nutrimentos (%) en los diferentes productos foliares utilizados en el cultivo hidropónico de zanahoria.**

Elemento.	Metalosatos Crop - up	Foliar Or- gánico N - P - K	Metalosa- to de Calcio	Boro Orgánico
Calcio (Ca).			5 %	
Cobre (Cu).	0.25 %			
Hierro (Fe).	0.25 %			
Magnesio (Mg).	0.50 %			
Manganeso (Mn).	2.50 %			
Zinc (Zn).	1.25 %			
Boro (B).	0.25 %			5 %
Azufre (S).	2.50 %			
Nitrógeno (N).	3.00 %	4.00 %		
Fósforo (P).		17.00 %		
Potasio (K).		17.00 %		

Fuente: LABORATORIOS ALBION. *Fundamentos de la nutrición.* (25)

## 2.6. Generalidades del cultivo.

El vocablo "zanahoria" proviene del griego "karotón" que significa amarilla y se cree que algunas de las 60 especies del género *Daucus* son nativas de Norteamérica, encontrándose ampliamente distribuida en regiones tropicales. Se cultiva como hortaliza en El Salvador, principalmente en zonas frías (3,9).

### 2.6.1. Clasificación botánica.

La taxonomía botánica tiene por objeto clasificar las plantas contemporáneas, a fin de agruparlas en un sistema que exponga las relaciones evolutivas de las especies y no por su parecido morfológico. Por medio de este sistema se pretende reconstruir el árbol genealógico del reino vegetal para situar cada una de las especies botánicas en su lugar correspondiente y evitar así problemas con los nombres vulgares, pues una misma especie tiene

diferentes denominaciones en una misma región (27).

**-Clasificación botánica de la zanahoria.**

Reino:            *Vegetal.*  
 División:        *Espermatophyta.*  
 Sub-división:    *Angiospermae.*  
 Clase:            *Dicotiledoneas.*  
 Orden:            *Umbeliflorales.*  
 Familia:          *Umbeliferae.*  
 Género:          *Daucus.*  
 Especie:         *carota.*

**2.6.2. Características botánicas.**

La zanahoria es una planta bianual, cuya raíz se forma en el primer año y la floración ocurre al segundo (14). Para conocer las características botánicas de la zanahoria a continuación se describen cada una de sus partes morfológicas.

**Raíz:** la raíz constituye la parte comestible, es pivotante, extensa y profunda y básicamente la longitud y forma depende de la variedad cultivada (8).

**Tallo:** el tallo se desarrolla en el segundo año adquiriendo una forma estriada y pilosa, puede alcanzar una altura entre 1.0 y 1.8 centímetros. El tallo es observable cuando el cultivo es anual y consiste en una pequeña corona en forma de plato que se origina en la plúmula (8).

*Hojas:* Las hojas emergen de la corona en forma de roseta, tienen pecíolos largos y muy divididos de color verde oscuro, son aromáticas y muy atractivas. Las condiciones de crecimiento y nutrición influyen en el desarrollo de las hojas y tamaño de raíces (8).

*Flores:* La emisión de los tallos florales se producen durante el segundo año, las flores son pequeñas y color amarillo en forma de umbela la cual caracteriza el nombre de la familia (18).

*Frutos:* El fruto produce semillas muy profundas y alargadas; estas tienen puntos de color cenizo y son muy aromáticas por lo que son útiles a la industria licorera (8).

### 2.6.3. Tipos y variedades de zanahoria.

El tamaño y forma de la raíz determinan la clasificación de la zanahoria en tres grupos: a) Raíces de punta roma; b) Raíces medio largas y c) Raíces largas (Fig. A-2).

Cada grupo a su vez incluye diferentes tipos: En el grupo de raíces de punta roma están el tipo Oxherat, que es gruesa y corta en forma de corazón y el tipo Nugget que es precoz, casi esférica y es usada en la industria conservera (14,18).

En las raíces medio largas está el tipo Nantes que tiene forma cilíndrica, punta achatada, textura suave y epidermis delgada; el tipo chantenay que posee raíces gruesas, ahusadas y punta roma, su color es

anaranjado-rojizo por fuera y anaranjado oscuro al interior. tiene una longitud de 10 a 15 cm y un diámetro de 5 cm; y algunas variedades son Chantenay Red Cored, Chantenay Long Tipe, King Midas, All Season Cross, etc. y el tipo Danvers con punta aguda y de color pálido (14,18)

En el grupo de las raíces largas está el tipo Emperador que es de raíces cónicas, con hombros estrechos y extremo puntiagudo de color anaranjado intenso (4,8)

En el cuadro 8 se presentan las características de la variedad Chantenay Royal utilizada para la presente evaluación.

**CUADRO 8. Características de la variedad Chantenay Royal utilizada en la evaluación de 3 sustratos y 4 programas de fertilización en hidroponía.**

Aspecto.	Característica.
Días a Madurez.	68-70
Forma Raíz.	Casi cilíndrica, chata.
Largo Raíz.	15-16 cms.
Diámetro hombros.	5 cm.
Interior de raíz.	Corazón mediano.
Altura follaje.	38-51 cm.
Observaciones.	Apta para transportar y manejar en manojos.

FUENTE: GUDIRL, 1987. *Manuel Agrícola Super "B"*. (20).

#### 2.6.4. Importancia alimenticia de la zanahoria.

El valor nutritivo de la zanahoria radica en el contenido de carotenos, que son precursores de vitaminas "A". La F.A.O. y O.M.S., consideran relevante expresar el contenido de vitamina "A" en términos de retinol, ya que es la forma utilizada por el organismo, se considera que sólo un tercio de los B-

carotenos, son absorbidos por el organismo y la eficiencia de conversión de retinol del caroteno absorbido es del 50%, de donde resulta que un microgramo de *B*-caroteno posee un sexto de actividad biológica de vitamina "A", lo cual equivale a 0.167 mg de retinol (34). En el cuadro 9 se hace referencia al contenido de nutrimentos en 100 gr de zanahoria cruda y cocida, en el cual se pueden analizar los cambios que ocurren en el contenido nutricional al cocinarla.

CUADRO 9. Contenido de nutrimentos en 100 gramos de zanahoria.

ELEMENTOS	CANTIDADES	
	ZANAHORIA CRUDA	ZANAHORIA COCIDA
Agua (mg)	89.6	93.2
Calorías	40.0	82.0
Proteínas (mg)	1.0	0.5
Grasa (mg)	1.1	1.8
Carbohidratos Total (mg)	7.3	4.0
Fibra Cruda (mg)	0.8	0.8
Cenizas (gm)	1.0	0.5
Calcio (mg)	32.0	28.0
Fósforo (mg)	34.0	16.0
Hierro (mg)	0.50	0.40
Vitamina "A" (mg)	2.569	1.425
Tiamina (mg)	0.04	0.02
Riboflavina (mg)	0.04	0.02
Niacina (mg)	0.62	0.38
Ácido ascórbico	7.0	3.0

FUENTE: INCAP (15).

Así mismo en el cuadro 10 se mencionan los alimentos más importantes que suministran diferentes cantidades de vitamina "A" y en el cuadro 11 se presenta la valoración de los elementos en base al contenido de vitamina "A".

La importancia alimenticia de la zanahoria radica, en que contiene gran cantidad de carotenos los cuales son precursores de vitamina "A" necesarias para la nutrición humana, especialmente en la etapa infantil. Esta falta de

vitamina, se comprueba a través de la investigación efectuada por el Ministerio de Salud por medio del programa de Evaluación de la Situación Alimenticia en El Salvador (ESANE) en la cual reporta que a nivel de Centro América, El Salvador es el país que presenta mayores problemas en la población infantil de hipovitaminosis "A"; por lo que es necesario buscar fuentes alternas de dicha vitamina, siendo una de ellas la zanahoria (34).

**CUADRO 10. Distribución de fuentes de actividad de vitamina "A" en diferentes alimentos.**

FUENTE	RETINOL	BETA CAROTENOS	CITROS CAROTENOS
Carnes	90	10	
Aves	70	30	
Pescado	90	10	
Leche	90	10	
Aceite	90	10	
Maíz		40	60
Leguminosas		50	50
Hortalizas Verdes		75	25
Zanahoria		85	15
Frutas Amarillas		75	25

FUENTE: Revista ESANE 1908. Ministerio de Salud (34).

**CUADRO 11. Rango de valoración de los alimentos en base al contenido de vitamina "A".**

Sustancia nutritiva en una porción común de alimentos.	Muy buena Fuente	Buena Fuente	Regular Fuente
Vitamina "A" en mg	400 a más	200-399	110-199

Fuente: Revista ESANE. 1908. Ministerio de Salud (34).

### 2.7. Factores de producción.

los factores de producción se deberán tomar en cuenta, pues de ellos dependen la cantidad y calidad de los productos obtenidos y son específicos

para cada cultivo. Para la zanahoria los más importantes son: Temperatura, luz, agua, nutrimentos e incidencia de plagas y enfermedades (4).

### 2.7.1 Influencia de la temperatura.

GARCIA (18), menciona que la zanahoria se adapta mejor a regiones con períodos largos de temperatura baja; en zonas de alta temperatura y baja precipitación el desarrollo decrece. Según estudios realizados en Colombia, el desarrollo óptimo de la raíz de la zanahoria ocurre entre los 13 y 18°C; temperaturas por debajo de 4°C causan daño a la semilla evitando su germinación. Temperaturas por arriba de 24 °C provocan que la raíz se quede corta y gruesa produciendo hendiduras horizontales y raíz áspera. En el cuadro 12 se presenta las temperaturas óptimas para el cultivo de zanahoria.

En nuestro país, TOBAR y PEREZ (42), recomiendan la siembra de zanahoria en regiones de mayor altura, para que el cultivo exprese su verdadero potencial; lo anterior se basa en resultados obtenidos en un ensayo de adaptación y rendimiento de variedades de zanahorias, realizado en dos localidades de EL SALVADOR, a diferentes alturas: En San Andrés a 350 msnm y en Metapán a 1.150 msnm; los rendimientos obtenidos en Metapán fueron totalmente superiores a los de San Andrés, como se observan en el cuadro 13.

### 2.7.2. Influencia de la luz.

La correcta iluminación del cultivo dependen del emplazamiento en un lugar abierto y sin obstáculos a la incidencia de la luz natural. Para el mejor aprovechamiento de la luz es necesario elevar las concentraciones de las

soluciones nutritivas y el aumento de la dosis de potasio ya que puede beneficiar la fotosíntesis (2,10).

CUADRO 12. Temperaturas óptimas reportados para el cultivo de zanahorias.

Estados	Temperatura °C		Observaciones
	Mínima	Máxima	
Germinación.	7 4	24 --	La semilla germina. Debajo de esta temperatura la semilla no germina.
Desarrollo Radicular.	13	18	Desarrollo óptimo de la raíz.
Forma y tamaño de la raíz.	13 --	-- 24	Debajo de esta la raíz es corta y delgada. Por encima de ésta, la raíz es corta y gruesa, se producen en- dichuras horizontales y raíz áspera
Producción de Carotenos.	16	21	Las temperaturas mayores y menores de este rango reducen la síntesis de carotenos.
Emisión del tallo floral.	7 °C		Una vez formada la planta y sometida a esta temperatura se provoca la emisión del tallo floral, volviéndose la raíz de sabor amargo.

FUENTE: COLJAP. Hidroponía. Las raíces. Aprende Fácil. 1991. (8)

CUADRO 13. Rendimiento de variedades de zanahoria, evaluadas en dos localidades de El Salvador (Metapán y San Andrés).

Variedades.	Localidad.	
	Metapán (Ton/Ha)	San Andrés (Ton/Ha)
Scarlet Nantes Stong top.	36.93	9.03
Royal Cross.	35.68	18.36
Shin Kuroda.	35.12	15.28
Chantenay.	34.43	5.97

FUENTE: Tobar. Introducción y evaluación de cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) en dos localidades de EL SALVADOR. (43).

Se ha determinado que en los sitios más sombreados a donde la luz solar no ilumina durante todo el día, la iluminación directa de luz solar no debe ser inferior a cuatro horas diarias (5).

Las zanahorias como puede verse en el cuadro 14, pertenecen al grupo de hortalizas que requieren una luminosidad alta para su adecuado desarrollo. AGUILAR (2) menciona que la luminosidad activa la función clorofílica y como consecuencia incide en el crecimiento de la raíz de la zanahoria y en la concentración de azúcares (10).

**CUADRO 14.** Requerimientos de luz solar a que deben ser sometidas diferentes hortalizas.

Luminosidad alta	Luminosidad media
Repollo	Acelga
Cebolla	Apio
Pepino	Cilantro
Rábano	Espinaca
Tomate	Lechuga
Zanahoria	Perejil
Remolacha	

Fuente: CENTRO LAS GAVIOTAS: Manual de hidroponía social. 1969 (5)

### 2.7.3. Requerimientos de agua de la zanahoria.

La zanahoria debe tener una distribución homogénea y un suministro adecuado de humedad en las diferentes etapas de crecimiento. La demanda inicial de agua es muy lenta, pero a medida que es mayor el desarrollo, aumentan las cantidades y número de riegos requeridos (12,13). Para WHITAKER (45), es necesario 1 pulgada de agua / acre para poder alcanzar una buena humedad y lograr una germinación y emergencia óptima. Para PATTERSON (39), la frecuencia de riegos depende del sustrato utilizado, de las condiciones

ambientales y desarrollo de la planta.

Debido a la falta de un calendario ya establecido en el cultivo hidropónico de zanahoria, se recurrió al estudio efectuado por CLAROS et al (7) para llenar los requerimientos de riego. En su investigación para la determinación de un programa de riego en la producción hidropónica de remolacha (*Beta vulgaris*) en diferentes sustratos determinó las cantidades de agua necesarias, las cuales se resumen en el cuadro 15.

**CUADRO 15. Láminas de riego utilizadas en el cultivo hidróponico de remolacha en diferentes etapas de desarrollo.**

Etapa	Lámina de riego (l/m <sup>2</sup> /día)
0-13 días	2.18 l/m <sup>2</sup> /día
13-34 "	7.11 " " "
34-51 "	7.91 " " "
51-64 "	7.53 " " "
64-más "	7.53 " " "

Fuente: CLAROS, S. Determinación de un programa de riego en la producción hidropónica de remolacha, utilizando diferentes sustratos. 1992 (7).

PATTERSON (39) menciona que los encharcamientos producen susceptibilidad a enfermedades bacterianas de la raíz; además manifiesta que el suministro de agua esta relacionado con el oxígeno, pues un exceso de agua reduce el suministro de aire en el sistema radicular. La falta de riego ocasiona bajas producciones y raíces de formas no deseadas.

#### 2.7.4. Requerimientos de nutrientes.

Aparte de sus requerimientos de luz y agua, la demanda más visible que hacen las plantas en su medio ambiente, es de los elementos minerales

indispensables para su vida (10). MILLER (31), menciona que la nutrición de las plantas es principalmente un estudio de minerales; a diferencia de los animales, las plantas son autotróficas, capaces de autoalimentarse a base de luz y químicos orgánicos.

En la actualidad existen 16 elementos esenciales conocidos (C, H, O, N, P, K, Ca, S, Mg, Fe, B, Cl, Mn, Mo, Cu, Zn) estos son llamados esenciales ya que las plantas los necesita para su normal crecimiento y desarrollo (44). Estos elementos se han clasificado en nutrimentos mayores primarios, mayores secundarios y micronutrientes (37). En el cuadro 16 aparecen las funciones de los diferentes elementos.

Para conocer los niveles de los nutrimentos se recurre a análisis; para OJEDA (36) el análisis foliar periódico es necesario para analizar el nivel de los elementos esenciales en la planta; esto servirá para realizar ajuste de acuerdo a los requerimientos y evitar así los problemas de nutrición. Los síntomas de deficiencia se resumen en el cuadro 17.

Lo esencial en la técnica hidropónica es asegurarse de que el cultivo reciba la cantidad óptima de nutrimentos en las proporciones adecuadas durante su ciclo vegetativo. La absorción de elementos nutritivos en los cultivos hortícolas aumenta de acuerdo con su desarrollo y con la cantidad de materia seca formada (12). En general la mayor parte de los elementos nutritivos se absorben en la segunda mitad de su ciclo y sobre todo en las últimas semanas; de éste modo se producen demandas muy elevadas de elementos en periodos muy cortos, que solo pueden ser atendidos manteniendo un nivel suficientemente alto de fertilizantes en el suelo (13, 33).

**CUADRO 16. Funciones de los elementos esenciales para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.**

Elemento.	Función.
Nitrógeno (N).	Es esencial para la formación de proteínas, es parte de la molécula de clorofila, papel importante en la división celular y promueve un vigoroso crecimiento.
Fósforo (P).	Necesario para la división celular, vital para la fotosíntesis y transferencia de energía.
Potasio (K).	esencial para mantener el nivel de fotosíntesis, para la formación de frutos, da vigor y resistencia a las enfermedades, regula el agua dentro de la célula de la planta y su pérdida por transpiración.
Calcio (Ca).	Constituyente importante de las paredes celulares, juega papel importante en el desarrollo radicular.
Azufre (S).	Constituyente de proteínas, participa en la formación de clorofila. Es inmóvil y no se trasloca.
Magnesio (Mg).	Es vital como constituyente de la molécula de clorofila, activador de reacciones enzimáticas y es vehículo del fósforo.
Boro (B).	Necesario para traslocación de azúcares, participa en la reproducción y germinación, regula el ingreso de agua y la relación. Ca: K.
Cobre (Cu).	Participa en la fotosíntesis y la formación de clorofila.
Hierro (Fe).	Catalizador de la clorofila y relativamente inmóvil en los tejidos de la planta.
Manganeso (Mn).	Interviene en la fotosíntesis y la formación de clorofila, necesario para la reproducción y metabolismo de los carbohidratos.
Molibdeno (Mo).	Directamente involucrado en la fijación del nitrógeno por las bacterias en las leguminosas.
Zinc (Zn)	Participa en sistemas enzimáticos esenciales a la síntesis de proteínas y carbohidratos, producción de semillas y tasa de madurez.
Cloro (Cl).	Efecto indeterminado. Puede acelerar el proceso de fotosíntesis.
Cobalto (Co).	Efecto indeterminado excepto en el complejo B que juega papel importante.
Sodio (Na).	Ayuda a conservar el potasio, afecta la relación hídrica de la planta, ayuda al mantenimiento de la planta en tiempos de sequía.

FUENTES: OLIVARRS. Fundamentos de actuación de metalosatos Albión. 1992. (37).  
 MICHARLSON. Mejores cultivos con los programas albión. 1992. (32).

**CUADRO 17.** Síntomas de deficiencias presentados en las plantas por la carencia de los elementos esenciales.

Elemento.	Carencia.
Nitrógeno (N).	Plantas permanecen pequeñas y se tornan rápidamente cloróticas, deficiente formación floral y fructificación (31).
Fósforo (P).	Sistema radicular raquítico, hojas y tallos deficientes, floración y madurez retardados. (31).
Potasio (K).	Amarillamiento de los ápices y márgenes foliares por la que la fotosíntesis es poco activa reduciendo el crecimiento de la planta. (23)
Calcio (Ca).	Los márgenes foliares sufren clorosis que se desvanece gradualmente sobre los tejidos sanos. (23)
Magnesio (Mg).	Moteado en los espacios comprendidos entre las nervaduras de las hojas. (23)
Azufre (S)	Retarda el crecimiento de la planta, se caracteriza por plantas uniformemente cloróticas y los tallos usualmente se alargan (6).
Hierro (Fe)	Las hojas nuevas permanecen pequeñas con coloración amarillo-pálido, que en ocasiones se torna blanco (6).
Manganeso (Mn)	Similares a los del Mg excepto que en este se manifiesta sobre las hojas jóvenes (6).
Zinc (Zn)	Achaparramiento y enanismo de plantas, formación de rosetas, debido al acortamiento de los entrenudos de las ramas jóvenes, como consecuencia el rendimiento decae (6).
Cobre (Co)	Clorosis, motivando en casos agudos la defoliación y muerte de las ramas (6).
Boro (B)	Las zonas de crecimiento mueren, deformación y atrofia de hojas, agrietamiento de corteza, gomosis, muerte de ramas y deformación frutos y flores (23).
Molibdeno (Mo)	Se inicia con manchas cloróticas en hojas inferiores seguido de necrosis marginal y enchinamiento de hojas (43).

La planta de zanahoria es eficiente en la absorción de nutrimentos, ya que el sistema radicular se extiende en una pequeña área y los fertilizantes son utilizados con rapidez en las cercanías de la raíz (45). Para DOMINGUEZ

(13) la zanahoria se comporta como la mayor parte de los cultivos hortícolas: la cantidad de elementos extraídos para una cosecha del orden de 30 a 40 ton/ha y la cantidad de nutrimentos a aplicar aparecen en el cuadro 18.

**CUADRO 18.** Cantidad de elemetos extraídos por la zanahoria y cantidades de nutrimentos a aplicar en el cultivo en el suelo.

Elemento	Cantidad extraída (Kg./Ha).	Elemento	Cantidad a aplicar (Kg./Ha.)
Nitrógeno	150 Kg.	Nitrógeno	100-150 Kg. N/ha
Fósforo	60 Kg.	Fósforo	30- 80 Kg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha
Potasio	200 Kg.	Potasio	100-200 Kg. K <sub>2</sub> O/ha

Fuente: DOMINGUEZ. Abonado de los cultivos hortícolas de hoja, tallo, bulbo y raíz 1982 (13).

En este cultivo se tiene una buena respuesta a la aplicación de nitrógeno hasta niveles moderados, siendo el exceso perjudicial para la calidad y capacidad de almacenamiento: es exigente en fósforo el cual mejora las condiciones de almacenamiento. Tradicionalmente el potasio aumenta el contenido de azúcares y otros aspectos cualitativos, debiendo estar en equilibrio con el nitrógeno (12, 21). La zanahoria posee requerimientos especiales del elemento Boro, pues la deficiencia de este elemento ocasiona un ennegrecimiento de la raíz, lo cual se corrige con 30 Kg/ha (4.19).

La zanahoria en cultivo hidropónico no debe sufrir deficiencias nutricionales, los aportes adicionales de nutrimentos se hacen para aumentar la calidad de las raíces. Si los sustratos son sueltos se deben emplear fertilizantes altamente solubles, un ejemplo de nutrimentos solubles lo constituyen las soluciones nutritivas (8).

Si, en la formación de raíces, se desea incrementar el caroteno, se puede adicionar Nitrato de Potasio, en dosis de 0.55 g/l incorporado a la solución utilizada (8).

Los sustratos orgánicos como cascarilla de arroz, virutas o maderas, pueden ocasionar deficiencias de hierro por su fermentación permanente, para evitarlo se aplica quelato de hierro en dosis de 1 cc/10 l de agua. Cuando se usan mezclas de sustratos pesados como escoria y arena se pueden hacer nutriciones controladas con dosis de 5 cc de nutriente mayor y 2 cc de nutriente menor por litro (8).

#### 2.7.5. Principales plagas y enfermedades que atacan a la zanahoria.

La zanahoria como todo cultivo se ve afectado por el ataque de plagas y enfermedades que dependiendo de su severidad, afectan en gran medida su producción. El atributo principal del sistema hidropónico es la baja utilización de pesticidas químicos: pero a pesar de ello, en ocasiones resulta indispensable controlar alguna plaga espontánea, debiendo evitarse al máximo utilizar productos químicos no solo por efectos residuales en las plantas y fruto, sino por el peligro que encierra su manipulación por parte de personas que se dedican a la hidroponía social (10).

Las plagas y enfermedades que atacan a la zanahoria y su respectivo control se resumen en los cuadros A-1 y A-2 respectivamente.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del experimento.

El estudio se realizó en la terraza del edificio de aulas y laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador, durante los meses de septiembre a diciembre de 1992. El sitio experimental se encuentra a una altura de 710 msnm con coordenadas geográficas de 88°12.4' de longitud y 13°43.3' de latitud.

#### 3.2. Características climáticas del lugar.

Para conocer las diferentes condiciones climáticas predominantes en el lugar se recolectaron los datos mensuales de temperatura, humedad relativa, precipitación, horas luz y viento de la estación metereológica ubicada en la Universidad de El Salvador.

#### 3.3. Preparación de módulos.

##### 3.3.1. Construcción.

Los módulos se construyeron de cuatro metros de largo por un metro de ancho y doce centímetros de profundidad, distancia del nivel del suelo 0.20 metros para facilitar el manejo del cultivo. Se utilizó madera aserrada (tablas, cuartones, costaneras, reglas riostras, etc.). Cada metro cuadrado se separó con regla pacha para evitar que haya interferencias entre tratamientos. El diseño del módulo se presenta en la figura 1.

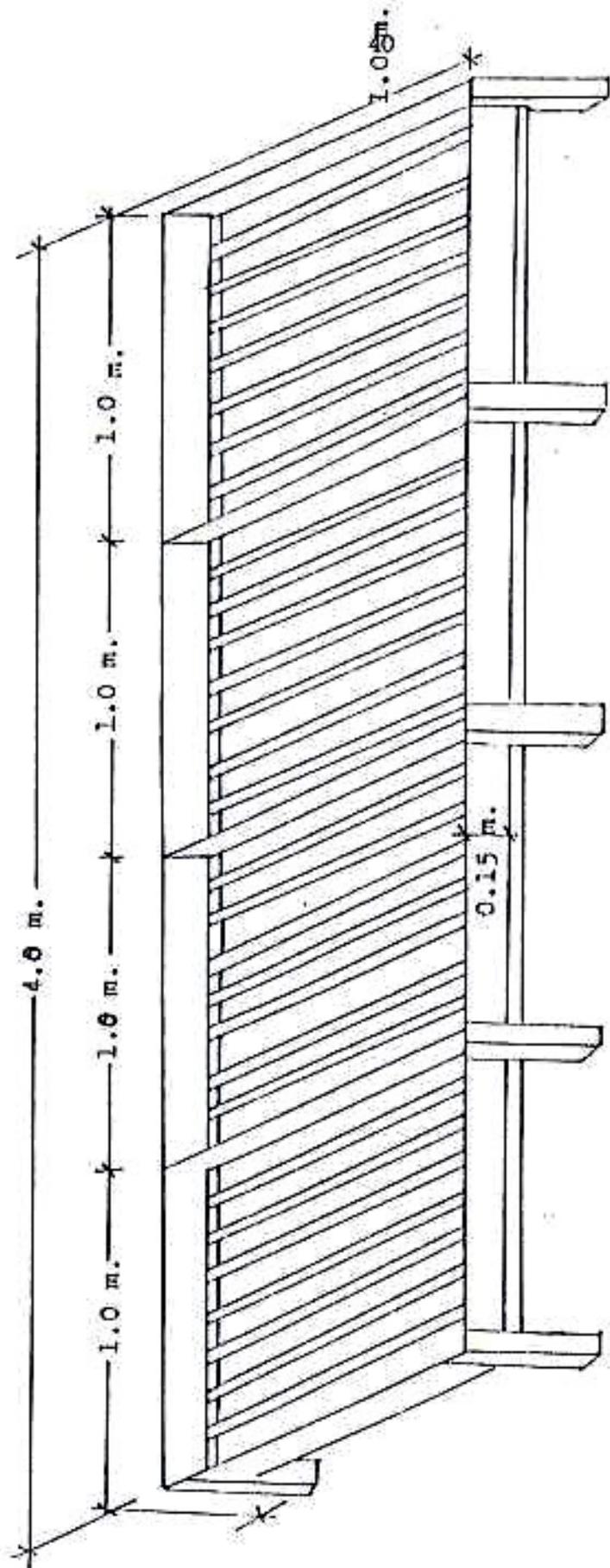


FIG. 1. Módulo hidropónico tipo  
 Dimensiones: 1.0 x 4.0 x 0.15 m.  
 Escala : 1:20.



### 3.3.2. Plastificado.

El plastificado consistió en cubrir la camas de módulos con plástico negro calibre 200; procediendo luego a abrir agujeros pequeños para evitar acumulaciones excesivas de agua; esto permitió proporcionar un ambiente similar al suelo para el mejor desarrollo de la planta.

### 3.4. Selección y preparación de sustratos.

Los sustratos utilizados fueron escoria volcánica roja, granza de arroz más ceniza de granza, y la mezcla de escoria volcánica roja con granza de arroz más ceniza de granza.

#### 3.4.1. Escoria volcánica roja.

La escoria volcánica se obtuvo de una cantera ubicada en el cantón El Cerrito, jurisdicción de Quezaltepeque, departamento de San Salvador, la cual presenta las características químicas definidas por ACUILAR et al (2) cuadro (3).

##### 3.4.1.1. Tamizado y lavado.

El tamizado se realizó utilizándose una zaranda de 3 mm de diámetro, para separar las partículas por su tamaño y así lograr una granulometría uniforme para mejorar la retención tanto de agua como de nutrimentos, luego se procedió al lavado el cual consistió en aplicar abundante agua sobre la escoria volcánica durante 30 minutos para eliminar las impurezas presentes en

el sustrato.

### 3.4.2. Granza de arroz más ceniza.

La granza de arroz se obtuvo en el molino OMOA, que está ubicado en los alrededores de la terminal de buses de Oriente en San Salvador.

#### 3.4.2.1. Fermentación de granza de arroz.

La fermentación consistió en dejar la granza humedeciendo durante 15 días, para que los granos presentes germinaran; para su posterior utilización.

#### 3.4.2.2. Ceniza de granza.

La ceniza se obtuvo en el molino San Francisco, ubicado en Rosario de la Paz, departamento de La Paz. La ceniza es producto del proceso de incineración de la granza de arroz a altas temperaturas.

#### 2.4.2.3. Mezcla de granza más ceniza.

Para la utilización de la granza de arroz con ceniza se hizo una mezcla en una proporción de 2:1 de granza y ceniza respectivamente; esto permitió darle una mejor estructura al sustrato y proporcionar una cama adecuada para el desarrollo y crecimiento del cultivo. En el presente trabajo se entenderá por granza de arroz a la mezcla de esta con ceniza.

### 3.4.3. Mezcla de escoria volcánica con granza de arroz.

Este sustrato se prepara mezclando 50 % de escoria y 50 % de granza de arroz.

### 3.4.4. Colocación de los sustratos en los módulos.

De los 12 módulos que se construyeron para el ensayo; 4 contenían escoria volcánica roja, para lo cual se colocaron 6 cm de escoria gruesa en el fondo del módulo y 6 cm de escoria fina; de los 8 restantes 4 contenían la mezcla y los otros cuatro la granza de arroz.

### 3.5. Desinfección de sustratos.

La desinfección se realizó utilizando la combinación de métodos químicos y físicos, para lo cual se aplicó formalina al 5 % en dosis de un galón de solución por metro cuadrado de sustrato; procediendo luego a tapar los módulos con plástico transparente para no dejar escapar los gases y ayudar a la desinfección por medio de la solarización (aumento de temperatura del sustrato por efecto de los rayos solares). Pasados quince días se retiró el plástico dejándolo así durante 2 semanas para eliminar los gases presentes.

### 3.6. Establecimiento y manejo del cultivo.

#### 3.6.1. Prueba de germinación.

Antes de efectuar la siembra se procedió a determinar el porcentaje de

$\mu$  = Promedio sobre el cual esta girando cualquier valor del experimento

$R_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima repetición

$P_j$  = Efecto de la  $J$ -ésima parcela principal

$(R \times P)_{ij}$  = Error entre parcelas principales

$S_k$  = Efecto de la  $K$ -ésima sub-parcela

$(P \times S)_{jk}$  = Efecto de la interacción de la parcela principal  $J$  y sub-parcela  $K$

$(R \times S)_{ik} + (R \times P \times S)_{ijk}$  = Error entre sub-parcelas.

En el cuadro 20 y figura 2 se presentan los tratamientos en estudio y la distribución de los tratamientos.

**CUADRO 20.** Tratamientos, programas de fertilización y sustratos utilizados en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) Var. Chantenay Royal. UKS 1992.

Tratamientos.	Sustratos.	Programas.
$S_1F_1$ ( $T_1$ )	Escoria volcánica roja.	100% Blaukorn + metalosatos
$S_1F_2$ ( $T_2$ )	" " "	50% Blaukorn + metalosatos.
$S_1F_3$ ( $T_3$ )	" " "	Solución nutritiva.
$S_1F_4$ ( $T_4$ )	" " "	Metalosatos.
$S_2F_1$ ( $T_5$ )	Granza de arroz más ceniza	100% Blaukorn + metalosatos
$S_2F_2$ ( $T_6$ )	" " " " "	50% Blaukorn + metalosatos.
$S_2F_3$ ( $T_7$ )	" " " " "	Solución nutritiva.
$S_2F_4$ ( $T_8$ )	" " " " "	Metalosatos.
$S_3F_1$ ( $T_9$ )	Mezcla Granza + escoria.	100% Blaukorn + metalosatos
$S_3F_2$ ( $T_{10}$ )	" " "	50% Blaukorn + metalosatos.
$S_3F_3$ ( $T_{11}$ )	" " "	Solución nutritiva.
$S_3F_4$ ( $T_{12}$ )	" " "	Metalosatos.

**CUADRO 19. Programas de fertilización utilizados en el cultivo hidropónico de zanahoria (*Daucus carota* L.).**

FERTILIZANTES	PROGRAMAS
<i>Blaukorn (100%) + metalosatos (F<sub>1</sub>)</i>	<p>Aplicación de 27 g/m de blaukorn, fraccionado en 7 aplicaciones: 5 g a la siembra; 5 aplicaciones de 4 g/semana y 2 g en la 5ª semana acompañado de 2 g de Urea</p> <p>Aplicaciones semanales de metalosatos: 1cc de Crop Up a la siembra y a la emergencia, acompañado de 1cc de NPK; 3cc de Crop Up a la 1ª semana y 5cc hasta la cuarta semana. Después aplicaciones alternas de Crop Up y NPK. 5cc. Aplicación de 1cc de Boro a la 2ª y 4ª semana y 1cc de calcio a la 5ª semana.</p>
<i>Blaukorn (50%) + Metalosatos (F<sub>2</sub>)</i>	<p>Aplicación de 14.4 g/m de Blaukorn divididas en 7 aplicaciones de 2g/semana. Aplicación de 2g de Urea a la 5ª semana.</p> <p>Aplicaciones semanales de metalosatos en igual forma que el programa 1 (P<sub>1</sub>).</p>
<i>Soluciones nutritivas (F<sub>3</sub>)</i>	<p>Aplicación de 1 l/m<sup>2</sup>/día de 1/4 de Full de solución durante los primeros 20 días.</p> <p>Aplicación de 1 l/m<sup>2</sup>/día de 1/2 de Full de solución durante los siguientes 20 días.</p> <p>En los últimos 60 días 4 l/m<sup>2</sup>/día de solución Full.</p>
<i>Metalosatos (F<sub>4</sub>)</i>	<p>Aplicación de 3 g de Seed-plus a la semilla al momento de siembra. Al 50% de emergencia 6 cc Crop Up + 2 cc Crop-plus + 6 N-P-K, a la emergencia total y de la segunda semana 8 cc Crop Up + 12 cc N-P-K a la tercera semana 6 cc Crop-Up + 12 cc N-P-K + 2 cc calcio; a la cuarta semana 8 cc Crop Up + 12 cc N-P-K + 3 cc Boro; de la 5ª a la 9ª semana, 14 cc Crop Up + 15 cc N-P-K; de la 9ª a la 11ª semana 8 cc Crop Up + 12 cc N-P-K a la segunda semana 3 cc de Boro y a la 5ª semana 5 cc de Calcio.</p>

### 3.6.9. Cosecha.

Se realizó a los 100 días de sembrado el cultivo, para lo cual se procedió a arrancar las zanahorias de cada metro cuadrado y posteriormente se tomaron datos para analizar las variables en estudio.

3.7. Metodología estadística.

3.7.1. Diseño experimental y estadístico.

Se evaluaron 3 sustratos con 4 programas de fertilización en el cultivo hidropónico de zanahoria de la variedad Chantenay Royal. El diseño estadístico usado fue completamente al azar en parcelas divididas, teniendo 12 tratamientos y 4 repeticiones: asignando los sustratos en las parcelas grandes y los programas de fertilización en las parcelas pequeñas. El área total del ensayo fue de 77 m<sup>2</sup> de los cuales 48 m<sup>2</sup> contienen los tratamientos repartidos así: 16 m<sup>2</sup> con escoria volcánica roja, 16 m<sup>2</sup> con granza de arroz y 16 m<sup>2</sup> con la mezcla de los dos anteriores. Se constituyeron 12 módulos de 4 m<sup>2</sup> cada uno: cada m<sup>2</sup> representó la parcela experimental teniendo un total de 48 parcelas experimentales, distribuidas al azar.

Con el objeto de estudiar el efecto de los tratamientos y sus interacciones sobre altura de plantas, diámetro de raíces, peso fresco total, peso fresco y seco de raíz, peso fresco y seco de hojas índice de cosecha, porcentaje de deformación y análisis económico. Para cada variable, se realizó análisis de varianza y prueba de Duncan, para interpretar los resultados y establecer diferencias entre los tratamientos.

El modelo estadístico aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + P_j + (R \times P)_{ij} + S_k + (P \times S)_{jk} + (R \times S)_{ik} + (R \times P \times S)_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$  = Cualquier información de la unidad experimental

germinación en la semilla de zanahoria variedad Chantenay Royal; para lo cual se colocaron 100 semillas en condiciones apropiadas resultando a los 7 días un porcentaje de germinación del 80 %.

### **3.6.2. Siembra.**

La siembra se efectuó en forma directa, haciéndose surcos separados 0.10 m entre sí con una profundidad de 0.02 m depositando la semilla a chorro seguido, a razón de 3.5 gr de semilla por m<sup>2</sup>; posteriormente se procedió a tapar los surcos y colocar sacos de henequen sobre el sustrato para evitar que el agua lluvia o de riego saque la semilla, mantener una humedad uniforme y proporcionar oscuridad a la semilla para su germinación. Al tener un 50% de emergencia de plántulas se retiraron los sacos para evitar ahilamiento y daño mecánico a las plántulas.

### **3.6.3. Raleo.**

Se realizaron 2 raleos, el primero a los 15 días después de la siembra eliminando solamente los excesos de plántulas de cada surco; a los 21 días después de la siembra se realizó el raleo definitivo dejando un distanciamiento entre plántulas de 0.06 m.

### **3.6.4. Aporco.**

Después de realizado el raleo se procedió al aporco para proporcionar mayor fijeza a las plántulas y evitar la exposición de las raíces a la luz del sol. Esta práctica se realizó semanalmente durante todo el desarrollo del

cultivo, y se agregó mayor cantidad de sustrato a los módulos para poder realizarlo y evitar la exposición de las coronas de las raíces de zanahorias al sol y evitar el verdeo.

### 3.6.5. Escardado.

Para evitar el exceso de humedad en el sustrato se realizó semanalmente a partir del raleo, el escardado, dando así mayor aireación al cultivo. de las lluvias, debido a que los módulos, como ya se dijo antes, están a la interperie.

### 3.6.6. Riego.

El control del riego en el cultivo hidropónico de la zanahoria es de vital importancia debido a que la textura de los diferentes sustratos permiten un alto grado de drenaje del agua y es muy fácil que el cultivo sufra déficit hídrico; por lo que se debe asegurar un suministro adecuado de agua a diario y durante todo el ciclo según las necesidades del cultivo y las condiciones ambientales; en nuestro caso la siembra y las primeras fases del cultivo coincidieron con el final del invierno (sept.-oct.), por lo que el riego después de las lluvias se complementaba con 1 gl/m<sup>2</sup>/día pero a medida que el cultivo desarrollaba y la época seca se hizo más evidente (Nov.-Dic.), fue necesario aumentar la cantidad de agua hasta 2 gl/m<sup>2</sup>/día de una manera fraccionada para que el cultivo hiciera uso óptimo de la misma, mediante la aplicación de 1 gl/m<sup>2</sup>/día en la mañana y por la tarde; éstas cantidades de agua aplicadas fueron determinadas en trabajos realizados anteriormente por CLAROS et al (7).

### 3.6.7. Fertilización.

La fertilización se realizó en base a los cuatro programas de fertilización que se detallan en el cuadro *F1*.

El primer programa se basa en la fertilización de Blaukorn más metalosatos: el 2º se diferencia del 1º en que lleva el 50% de Blaukorn; el tercero se aplicó con soluciones nutritivas y el último con productos metalosatos. La fertilización de Blaukorn se fraccionó en dos aplicaciones para evitar el lavado por la lluvia; lo mismo se realizó con los metalosatos realizando tres aplicaciones por semana, utilizando la dosis del cuadro 19. Al aparecer síntomas de deficiencias en el programa *F4* se decidió a partir de la 6ª semana relizar una aplicación adicional de 3 cc de N-P-K/semana.

### 3.6.8. Control plagas y enfermedades.

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron aplicaciones preventivas de tés botánicos tales como el ajo; el cual se prepara macerando 2 cabezas de ajo y dejándolas reposar en 1/2 litro de agua por 24 horas; luego se procedió a colarla para hacer una solución madre; de esta solución se tomaron 15 cc por litro de agua; aplicándosele al cultivo 2 veces por semana. Para el control de las enfermedades se hicieron aplicaciones preventivas con fungicidas como Ridomil, Benlate y Cupravit a una concentración de 90 ppm. Debido al aumento de las lluvias se incrementaron las concentraciones de los fungicidas antes mencionados a 150 ppm. para evitar el apareamiento de *Alternaria dauci* que causa lesiones en el follaje.

tarde en un volumen de 4 l/m<sup>2</sup> en cada aplicación. (7)

La zanahoria necesita una temperatura ambiental entre los 15-21 °C para obtener un buen desarrollo (8), en el ensayo la temperatura media registrada fue de 23.7 °C (Cuadro 21), esta diferencia probablemente afectó el desarrollo radicular.

La temperatura máxima promedio durante el ensayo fue de 30.9°C, la cual está arriba del rango óptimo para el desarrollo radicular que es de 13 a 24 °C; esta diferencia causa que la raíz se quede corta y gruesa (8). La temperatura mínima que predominó en el ensayo fue de 16.5 °C que se encuentra entre el rango óptimo para el desarrollo de la raíz (Cuadro 8).

#### 4.2. Aspectos generales del cultivo.

**Fase de emergencia (8 días después de la siembra):** La emergencia de la semilla no fue uniforme en los distintos sustratos, alcanzando un 80% en escoria volcánica, 60% en granza y 70% en mezcla de ambos sustratos. Esta diferencia se debe probablemente a la granulación más uniforme de la escoria con relación a los otros sustratos. A los 15 días después de la siembra los diferentes tratamientos se fueron uniformizando presentando buenas características (sanas y vigorosas).

**Fase de crecimiento:** A los 15 días después de la siembra se comenzaron a aplicar los programas de fertilización y se realizó un primer raleo. A los 21 días se realizó el segundo raleo dejándolo al distanciamiento definitivo (6x10 cm) e iniciándose la toma de datos de altura de plantas semanalmente. A los 28

días después de la siembra comenzó a observarse diferencias en el desarrollo del cultivo debidas principalmente a los programas de fertilización, observandose un mal desarrollo en los tratamientos en los que se aplicaba únicamente metalosatos (F<sub>4</sub>).

*Fase de desarrollo:* A los 42 días después de la siembra se comenzó a observar el engroamiento de la raíz en algunos programas tales como F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> en el sustrato de escoria volcánica. A los 49 días se dió el engrosamiento en los programas F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> en granza de arroz.

A partir de los 86 días de sembrado el cultivo el desarrollo del follaje de la planta se mantuvo constante y aumentando el desarrollo de la raíz en mayor porcentaje en todos los tratamientos.

A los 100 días de siembra se realizó la cosecha, en donde se arrancaron las plantas en cada tratamiento y repetición para obtener los resultados correspondientes a cada variable.

#### 4.3. Control de plagas y enfermedades.

Durante el desarrollo del cultivo no se observó un ataque severo o de significancia económica de plagas y enfermedades debido a los controles preventivos y a las características del cultivo. A los 30 días después de la siembra se presentó en algunas plantas síntomas de *Alternaria dauci*; pero se controló con aplicaciones de Ridomil, Benlate y Cupravit a una concentración de 90 ppm y cuando aumentaron las lluvias se incrementó la concentración a 150 ppm. Para controlar las plagas (insectos) se hicieron aplicaciones preventivas

grupos de zanahoria de acuerdo a su tamaño en los diferentes tratamientos de cada repetición y sumando cada grupo para obtener el peso fresco total por m<sup>2</sup>.

#### 3.8.5. Peso fresco (g) de raíz. \*

Para el peso fresco de raíz se tomaron muestras de 5 zanahorias por tratamiento en cada repetición, cortando las hojas y pesandolas. Es necesario aclarar que se ha utilizado la misma muestra por tratamientos, primeramente determinando los pesos frescos y luego los pesos frescos de raíces y hojas.

#### 3.8.6. Peso seco (g) de raíz.

Se tomaron 5 plantas por repetición y las raíces fueron colocadas en bolsas de papel periódico agujereadas y luego colocadas en una estufa a 105 °C de temperatura durante 4 días, tiempo después del cual se pesaron.

#### 3.8.7. Peso fresco (g) de hojas. \*

Se tomaron las 5 muestras por tratamiento y por repetición y se procedió a pesar las hojas sacando al final el promedio por tratamiento.

#### 3.8.8. Peso seco (g) de hojas.

Este peso se obtuvo de las 5 muestras de hojas por tratamiento y repetición colocándose en bolsas de papel periódico perforadas y luego en la estufa a 105 °C de temperatura durante 2 días, luego se pesaron sacándose los promedios respectivos.

### 3.8.9. Índice de cosecha de peso seco.

Para obtener el índice de cosecha se utilizaron los datos de peso seco de la raíz y del follaje. Para determinar dicho índice se utilizó la siguiente fórmula:

$$I.C. = \frac{\text{Peso seco de la raíz}}{\text{Peso seco de la raíz} + \text{peso seco follaje}} \times 100.$$

### 3.8.10. Porcentaje de deformación de raíz.

Para este parámetro se procedió al conteo del número de zanahorias por tratamiento y repetición que, presentaban deformaciones al ser comparadas con las características de la variedad (Cuadro 8).

### 3.8.11. Análisis beneficio - costo.

Para analizar la rentabilidad de los diferentes tratamientos se escogieron aquellos que presentaron los mejores resultados al analizar las diferentes variables, seleccionando los siguientes: Escoria volcánica roja con 50% blaukorn más metalosatos ( $T_2$ ); mezcla de escoria con granza y solución nutritiva ( $T_{11}$ ); escoria volcánica roja con 100% Blaukorn más metalosatos ( $T_1$ ) y mezcla de escoria con granza y 100% Blaukorn más metalosatos ( $T_e$ ).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

##### 4.1. Condiciones climáticas del lugar donde se realizó el ensayo.

El lugar donde se realizó el ensayo está ubicado a una altura de 710 msnm; los datos meteorológicos fueron tomados de la Estación ubicada en Universidad de El Salvador; obteniéndose los promedios mensuales de precipitación (mm), humedad relativa (%), temperatura media del aire (°C), temperatura máxima y mínima (°C) y luz solar media (H.L.). En el cuadro 21 aparecen los valores mensuales de los elementos meteorológicos.

**CUADRO 21.** Datos mensuales de los elementos meteorológicos registrados durante los meses de Septiembre a Diciembre de 1992. UES 1992.

Elementos Metereológicos.	Unidades	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
Precipitación	mm	321	184.7	27.9	14.6	137
H R.	%	81	74	73	67	73.8
T° media	°C	23.5	23.9	24	23.2	23.7
T° máxima	°C	31	31.2	31	30.2	30.9
T° Mínima	°C	16.7	16.7	16.4	16.0	16.5
Luz solar media	H.L.	5.8	8.5	7.4	8.0	7.4

**FUENTE:** Estación meteorológica de la Universidad de El Salvador. San Salvador. 1992.

La precipitación promedio mensual durante el desarrollo del cultivo fue de 137 mm; alcanzando en el mes de septiembre y octubre sus mayores valores, por lo que en estos meses la cantidad de agua de riego aplicada fue mínima; en los meses de noviembre y diciembre se aplicó riego según el programa mostrado en el cuadro 15, ya que la cantidad de agua lluvia no satisfacía los requerimientos hídricos en la etapa fenológica del cultivo. Para corregir esta deficiencia se aplicaron dos riegos diarios, uno por la mañana y otro por la



### 3.8. Variables analizadas.

#### 3.8.1. Altura (cm) de plantas. \*

La determinación de este parámetro se realizó semanalmente a partir del raleo definitivo (21 días) midiendo con cinta métrica desde la superficie del sustrato hasta la hoja más alta, en una muestra de 10 plantas/m<sup>2</sup> al azar. Para el análisis de varianza se consideraron 3 fechas, a la 35, 56 y 77 días después de la siembra del cultivo.

#### 3.8.2. Diámetro (cm) de raíces.

Al momento de la cosecha se agruparon las zanahorias en 3 tamaños: grande, mediana y pequeña. De cada grupo se tomó una muestra proporcional haciendo un total de 10 raíces por m<sup>2</sup>, en las cuales se midió con un Vernier la parte superior (corona) de estas.

#### 3.8.3. Longitud (cm) de raíces. †

Para analizar esta variable se tomó una muestra al azar de 10 plantas/m<sup>2</sup> (las mismas de diámetro) al momento de la cosecha y se procedió con una regla a medir la longitud de la raíz que va desde la base superior de la corona hasta la punta.

#### 3.8.4. Peso fresco (kg) total por m<sup>2</sup>.

El peso fresco total (raíz mas follaje) se obtuvo pesando los diferentes

de té de ajo dos veces por semana por lo que no hubo problemas durante la fase del cultivo. Hubo presencia de controladores biológicos naturales tales como la *Cycloneda sanguinea*.

#### 4.4. Altura de plantas.

Para el análisis de esta variable se realizaron mediciones semanales de las cuales para efecto de análisis estadístico se seleccionaron tres fechas del ciclo del cultivo: A los 35, 56 y 77 días después de la siembra.

A los 35 días se pudo observar que la mayor altura se obtuvo con la mezcla de granza mas escoria y aplicaciones de Blaukorn mas Metalosatos ( $S_3F_1$ ), mientras que con los tratamientos de granza de arroz con solución nutritiva ( $S_2F_3$ ) y granza de arroz más Metalosatos ( $S_2F_4$ ) se obtuvieron las menores alturas (Cuadro 22 y Figura 3).

**CUADRO 22.** Altura de plantas de zanahoria (cm) a los 35 días después de la siembra sometidas a diferentes sustratos y programas de fertilización en hidroponía. URS. 1992.

Sustrato	Programas				$\bar{X}_e$
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	26.45	26.55	15.08	13.97	20.51
$S_2$	19.58	17.36	8.78	8.66	13.59
$S_3$	28.32	24.65	13.00	12.56	19.58
$\bar{X}_F$	24.78	22.85	12.99	11.66	

El análisis de varianza denota que existe diferencia significativa entre sustratos y programas de fertilización: ésta diferencia de altura se debe en mayor proporción a los programas (Cuadro 23).

**CUADRO 23.** Análisis de varianza de altura de plantas a los 35 días después de la siembra en la evaluación de zanahoria en cultivos hidropónicos. URS. 1992.

Factores	G.L.	S.C.	C M	Fcal.	F tabl	
					0.05	0.01
Sustratos	2	450.69	225.34	8.54**	4.26	8.02
Error (a)	9	19.72	2.19	-		
programas Fer.	3	1707.47	569.15	105.20**	2.96	4.60
Interacción	6	48.48	8.08 ns	1.49	2.46	3.66
Error (b)	27	146.09	5.41	-		
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>2.372.45</b>	<b>810.18</b>			

CV = 13 %

La prueba de Duncan demostró que los sustratos S<sub>1</sub> y S<sub>3</sub> estadísticamente son iguales pero superiores a S<sub>2</sub> (Cuadro 24).

**CUADRO 24.** Prueba de Duncan de diferencia entre Medias de sustratos en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 35 días de siembra en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. URS. 1992.

Sustrato	Medias	Diferencia de medias
S <sub>1</sub>	20.52	A
S <sub>3</sub>	19.58	A
S <sub>2</sub>	13.60	B

Así mismo los programas F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> estadísticamente son iguales, pero superiores a F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub> (Cuadro 25). Estas diferencias pueden deberse a las características que presentan los metalosatos de actuar rápidamente en el cultivo cuando son complementados con un fertilizante sólido, en este caso

Blaukorn. (35,36).

**CUADRO 25.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de programas de fertilización en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 35 días de siembra en hidroponía al 5% de significancia. UKS. 1992.

Programas de fert.	Media	Diferencia de medias
F <sub>1</sub>	24.79	A
F <sub>2</sub>	22.85	A
F <sub>3</sub>	12.29	B
F <sub>4</sub>	11.67	B

A los 56 días después de la siembra, el crecimiento de las plantas mantuvo la misma tendencia. Se puede observar que en la escoria volcánica más Blaukorn 50% y Metalosato (S<sub>1</sub>F<sub>2</sub>) presenta los mayores valores de altura y el tratamiento constituido de granza de arroz con metalosatos (S<sub>2</sub> F<sub>4</sub>), los menores (Cuadro 26 y figura 3).

**CUADRO 26.** Altura de plantas de zanahoria (cm) a los 56 días después de la siembra sometidos a diferentes sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UKS. 1992.

Sustratos	Programas				X <sub>o</sub>
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S <sub>1</sub>	47.15	49.55	47.77	30.40	43.72
S <sub>2</sub>	42.97	38.87	34.20	19.97	34.00
S <sub>3</sub>	47.82	45.90	46.97	27.50	42.05
X <sub>F</sub>	45.98	44.77	42.98	25.96	

El análisis de varianza demuestra que existe diferencia significativa entre sustratos y programas de fertilización siendo la diferencia mayor debido

a los programas (Cuadro 27).

**CUADRO 27.** Análisis de varianza de altura de plantas a los 56 días después de de la siembra en la evaluación de zanahoria en cultivos hidropónicos, al 1% de significancia. URS, 1992.

Factores.	G.L.	S.C.	C M	F <sub>c</sub>	F tabl.	
					0.05	0.01
Sustratos.	2	873.036	436.52	43.63**	4.26	8.02
Error (a).	9	90.047	10.005	-		
Programas Fer	3	3175.765	1058.588	52.28**	2.96	4.60
Interacción.	6	123.464	20.58	1.02ns	2.46	3.56
Error (b).	27	546.616	20.245			
Total	47	4808.928	1545.935			

CV= 11%

La prueba de Duncan establece estadísticamente que los sustratos escoria volcánica (S<sub>1</sub>) y la mezcla de escoria volcánica más granza (S<sub>3</sub>), son iguales y superiores al sustrato de granza de arroz (S<sub>2</sub>) (Cuadro 28).

**CUADRO 28.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de sustrato en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 56 días después de la siembra en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. URS, 1992.

Sustrato	Medias	Diferencia de Medias
S <sub>1</sub>	43.72	A
S <sub>3</sub>	42.05	A
S <sub>2</sub>	34.01	B

Los programas F<sub>1</sub> (Blaukorn 100% más metalosatos), F<sub>2</sub> (Blaukorn 50% + metalosatos) y F<sub>3</sub> (soluciones nutritivas) son iguales estadísticamente y superiores a F<sub>4</sub> (metalosatos) (Cuadro 29). Es importante señalar que a esta fecha los tratamientos con el programa de solución nutritiva (F<sub>3</sub>) han

alcanzado la altura promedio de los programas  $F_1$  y  $F_2$ .

**CUADRO 29.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en la altura de plantas de zanahoria correspondientes a los 56 días después de la siembra en hidroponía al 5% de significancia. URS. 1992.

Programa de fertilización.	Medias.	Diferencia de Medias.
$F_1$	45.98	A
$F_2$	44.78	A
$F_3$	42.98	A
$F_4$	25.96	B

Al observar las alturas de plantas de zanahoria a los 77 días después de la siembra se determinó que el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento  $S_3F_3$  (53.77 cm) y el menor valor en el  $S_2F_4$  (Cuadro 30 y Fig. 3).

**CUADRO 30.** Altura de plantas de zanahoria (cm) a los 77 días después de la siembra sometidas a diferentes sustratos y programas de fertilización en hidroponía. URS. 1992.

Sustratos	Programas				$X_{\bar{a}}$
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	49.80	49.42	51.37	35.95	46.63
$S_2$	40.67	49.27	47.87	26.42	41.06
$S_3$	47.05	48.02	53.77	33.65	45.62
$XF$	45.84	48.90	51.00	32.00	

El análisis de varianza demostró que existe diferencia significativa al 1% en los sustratos y programas de fertilización; sin embargo no existe diferencia significativa en la interacción de ambos factores (Cuadro 31).

**CUADRO 31.** Análisis de varianza de altura de plantas a los 77 días después de la siembra en la evaluación de zanahorias en cultivos hidropónicos al 1% de significancia. URS. 1992.

Factores	G.L.	S.C.	C.M.	FC	F tablas	
					0.05	0.01
Sustratos	2	92.952	46.48	14.66**	4.26	8.02
Error (a)	9	28.572	3.17	-	-	-
Programas	3	2817.240	939.08	69.10**	2.96	4.60
Interacción	6	199.115	33.18	2.44 <i>ns</i>	2.46	3.56
Error (b)	27	366.970	13.59			
Total	47	3504.849	1035.5			

CV=8.16%

La prueba de Duncan estableció que los sustratos S<sub>1</sub> y S<sub>3</sub> estadísticamente son iguales pero superiores a S<sub>2</sub> (Cuadro 32). Esta diferencia pueda deberse a que la escoria volcánica presenta una mejor estructura granulométrica que permite un adecuado grado de humedad, buena aireación y movilidad del fertilizante en el sustrato, que le permite un adecuado desarrollo al cultivo (10,22). La granza de arroz presenta dificultades para el desarrollo de la planta debido a su estructura laminar, pues disminuye la disolución y movilidad de los fertilizantes provocando una absorción limitada (4).

**CUADRO 32.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de sustratos en la altura de plantas de zanahoria correspondiente a los 77 días después de la siembra en cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. URS. 1992.

Sustratos.	Medias.	Diferencias de medias.
S <sub>1</sub>	46.64	A
S <sub>3</sub>	45.63	A
S <sub>2</sub>	41.06	B

Para los programas de fertilización, se demostró que la solución nutritiva  $F_3$ , Blaukor 50% más metalosatos ( $F_2$ ) y Blaukor 100% más metalosatos  $F_1$  son iguales estadísticamente y superiores al programa constituido únicamente por metalosatos ( $F_4$ ) (Cuadro 33).

Es importante mencionar que la altura lograda por el cultivo con las soluciones nutritivas ( $F_3$ ) consideradas como el programa de fertilización ideal en cultivos hidropónicos por contener los nutrimentos necesarios para el desarrollo de las plantas fue sin embargo igual estadísticamente a los programas alternos de Blaukor 50% y 100% más Metalosatos ( $F_2$  y  $F_1$ ).

**CUADRO 33.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en la altura de plantas de zanahoria correspondientes a los 77 días después de la siembra en hidroponía al 5% de significancia. URS. 1992.

Programas de fertilización.	Medias.	Diferencias de medias
$F_3$	51.01	A
$F_2$	48.91	A
$F_1$	45.84	A
$F_4$	32.01	B

En la siguiente figura se presenta un resumen del comportamiento de la altura de las plantas de zanahoria a los 35, 56 y 77 días después de la siembra, en la cual se puede observar que las tendencias del crecimiento originadas por los programas de fertilización se mantienen durante el ciclo del cultivo en los diferentes sustratos.

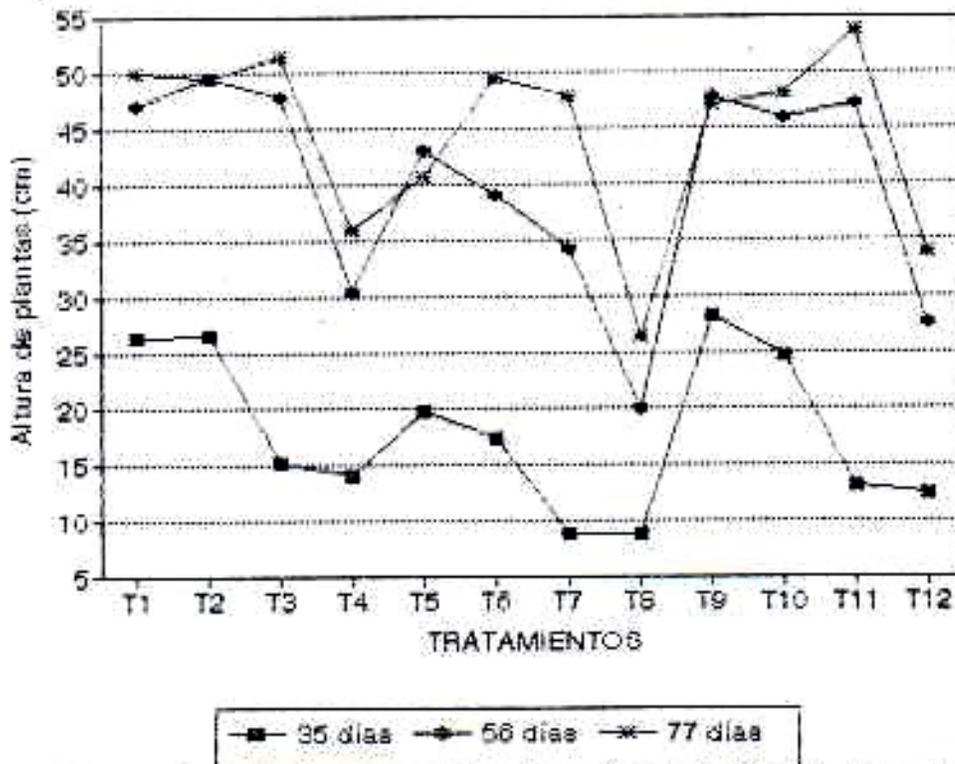


Fig. 3. Altura de plantas de zanahoria a los 35, 56 y 77 días después de la cosecha en cultivo hidropónico. URS 1992.

#### 4.5. Diámetro de raíces de zanahoria.

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 34 y Fig. 4) puede observarse que el mayor diámetro (3.96 cm) se obtuvo con escoria volcánica y Blaukorn 50% ( $S_1F_2$ ) y el menor diámetro (2.91 cm) en el tratamiento grana de arroz y Metalosatos ( $S_2F_4$ ). El mayor diámetro obtenido en esta investigación alcanzó un 80% del reportado por la misma variedad en cultivo al suelo (20). La disminución del 20% puede deberse al efecto de la temperatura en este lugar (18).

CUADRO 34: Diámetro promedio de raíz de zanahoria (cm) al momento de la cosecha, en la evaluación de tres sustratos y cuatro programas de fertilización en cultivo hidropónico. UES. 1992.

Sustratos	Programas				$\bar{X}_S$
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S <sub>1</sub>	3.70	3.96	3.56	3.26	3.62
S <sub>2</sub>	3.49	3.49	3.36	2.91	3.31
S <sub>3</sub>	3.66	3.60	3.74	3.15	3.54
$\bar{X}_f$	3.62	3.68	3.55	3.11	

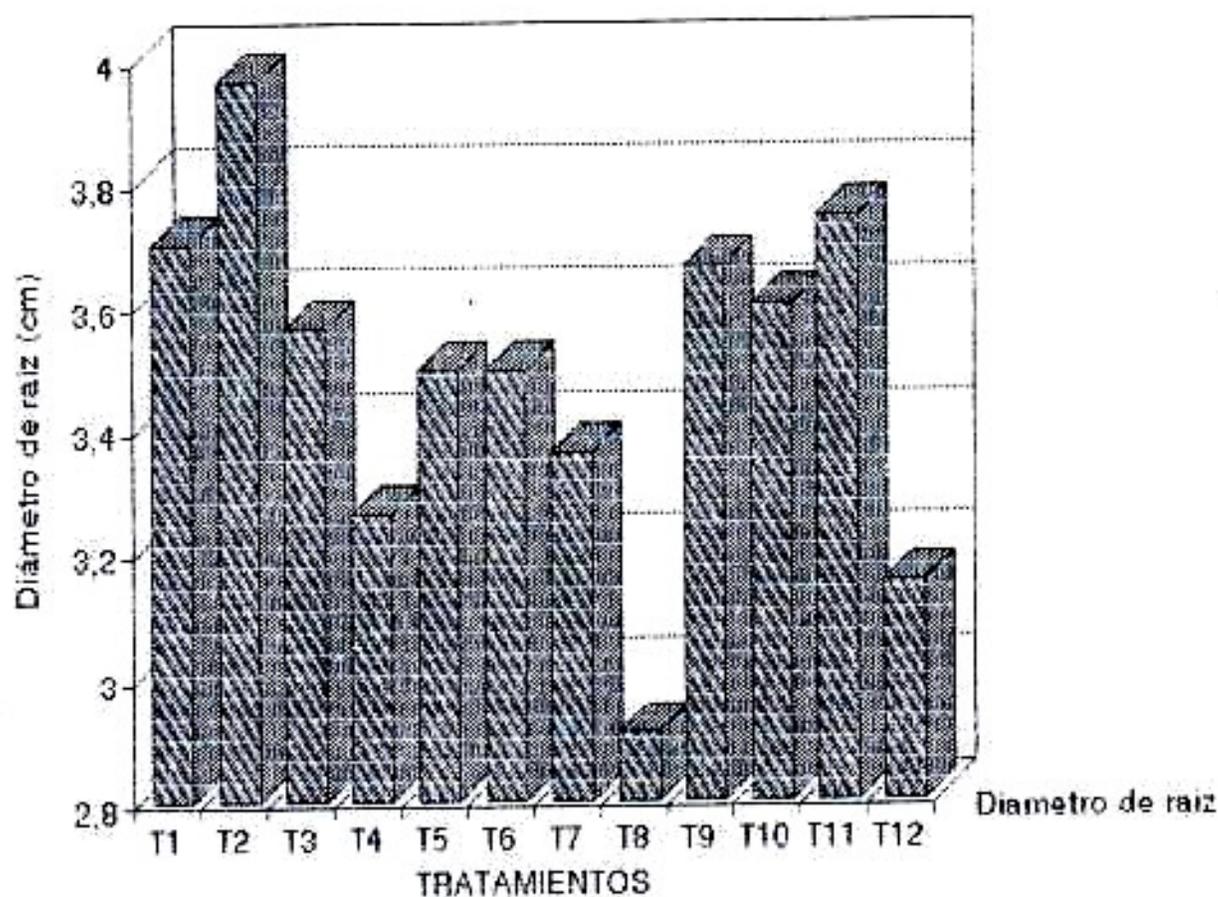


Fig. 4. Diámetro de hombros de raíces de zanahoria en cultivo hidropónico. UES 1992.

Al efectuar el análisis de varianza para los diámetros de raíz de zanahoria se determinó que existe diferencia significativa al 1% en sustratos y programas de fertilización. Estadísticamente no existió diferencia significativa entre la interacción de sustratos y programas de fertilización, por tanto se puede afirmar que actúan independientemente (Cuadro 35)

**CUADRO 35.** Análisis de varianza de diámetros de raíz de zanahoria al momento de la cosecha en la evaluación de tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. URS. 1992.

F de V	G.L.	SC	CM	F.cal.	F Tablas	
					0.05	0.01
Sustratos.	2	0.81	0.405	11.57 **	4.26	8.02
Error (a).	9	0.32	0.035	-	-	-
Fertilización.	3	2.46	0.820	18.22 **	2.96	4.60
S x b	6	0.32	0.053	1.18 ns	2.46	3.56
Error (b).	27	1.21	0.045	-	-	-
Total	47	5.12	1.358			

CV= 8.06%

Al realizar la prueba de Duncan se determinó que los sustratos  $S_1$  y  $S_3$  son estadísticamente iguales pero superiores a  $S_2$  (Cuadro 36).

**CUADRO 36.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustratos en el diámetro de raíz de zanahoria al momento de la cosecha al 5% de significancia. URS 1992.

Sustratos.	Media.	Diferencia de Medias.
$S_1$	3.624	A
$S_3$	3.542	A
$S_2$	3.317	B

La prueba de Duncan (Cuadro 37) determinó que los programas constituidos

por Blaukorn 50% más Metalosatos ( $F_2$ ), Blaukorn 50% más Metalosatos ( $F_1$ ) y solución nutritiva ( $F_3$ ) son estadísticamente iguales pero superiores al programa de Metalosatos ( $F_4$ ); sin embargo numericamente las medias que corresponden a los programas  $F_2$  y  $F_1$  son mayores, esta diferencia pueda deberse a que el Blaukorn presenta una actividad lenta que ayuda a una mejor absorción por parte de la planta (19). Al mismo tiempo los Metalosatos complementan el aporte de Potasio permitiendo una mejor distribución de fotosíntatos (25).

**CUADRO 37.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el diámetro de raíz al momento de la cosecha en cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. URS. 1992.

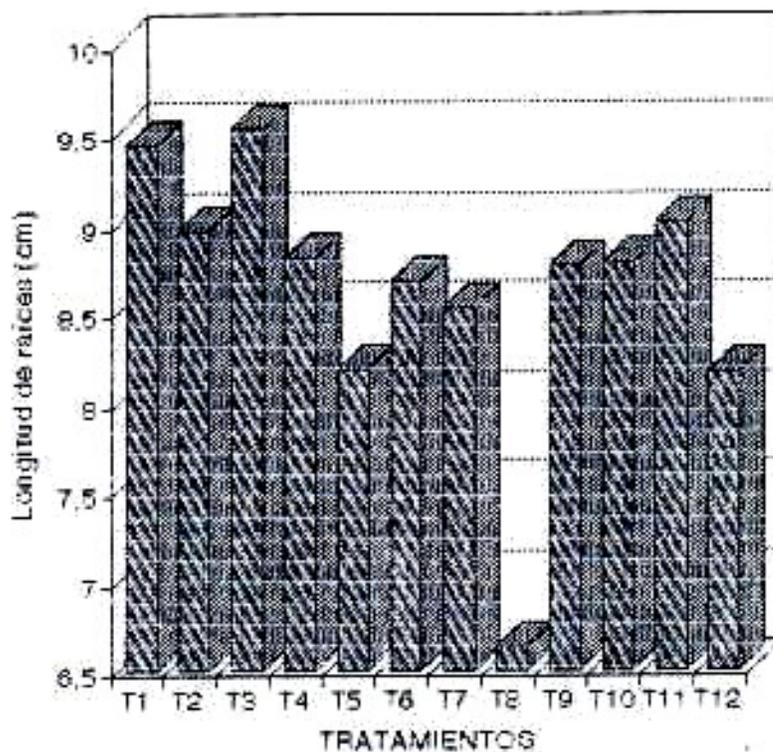
Programas de fertilización.	Medias.	Diferencia de medias.
$F_2$	3.688	A
$F_1$	3.622	A
$F_3$	3.558	A
$F_4$	3.110	B

#### 4.6. Longitud de raíces de zanahoria.

Al observar el comportamiento de la longitud de raíces de zanahoria var. Chantenay Royal se determinó que los trataminetos  $S_1F_3$  y  $S_1F_1$  alcanzaron los mayores valores (9.52 y 8.44 cm respectivamente), reportandose el menor valor en el tratamiento  $S_2F_4$  con un valor de 6.66 cm (Cuadro 38 y Fig. 5). Al comparar con los datos reportados por GUDIÉL (20) para esta misma variedad cultivada al suelo (10 a 15 cm) se determinó que en hidroponía alcanzó un 73%.

**CUADRO 38.** Longitud promedio de raíces de zanahoria (cm) al momento de la cosecha para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en hidroponía. URS. 1992.

Sustratos	$\bar{r}_1$	Programas			$\bar{X}_S$
		$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	9.44	8.96	9.52	8.81	9.18
$S_2$	8.18	8.67	8.53	6.63	8.00
$S_3$	8.77	8.78	9.01	8.17	8.68
$\bar{X}_F$	8.80	8.80	9.02	7.87	



**Fig. 5.** Longitud de raíces de zanahoria en cultivo hidropónico. URS 1992.

El análisis de varianza demuestra que existe significancia al 1% en sustratos y programas de fertilización; así como interacción al 5% entre ambos (Cuadro 39).

**CUADRO 39:** Análisis de varianza de longitud promedio de raíz al momento de la cosecha, para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en el cultivo hidropónico de zanahoria al 1% de significancia. UES 1992.

F. de V.	G.L.	SC.	CM.	Fcal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Sustrato	2	11.17	5.585	45.04 **	4.26	8.02
Error (a)	9	1.12	0.124	-	-	-
Frog. Fertil.	3	9.41	3.137	11.62 **	2.96	4.60
SxF	6	4.12	0.687	2.54 *	2.46	3.56
Error (b)	27	7.30	0.270			
Total	47	33.12	9.803			

CV= 6.06

La prueba de Duncan reporta que el sustrato de escoria volcánica ( $S_1$ ) estadísticamente es superior a la mezcla escoria volcánica más ceniza ( $S_3$ ) y Granza de arroz ( $S_2$ ). Así mismo el sustrato ( $S_3$ ) es superior al sustrato ( $S_2$ ) Cuadro 40. Esta diferencia en longitud de raíces se debe a que la escoria volcánica presenta mejor estructura que permite el desarrollo de la raíz (10).

**CUADRO 40.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustratos en la longitud de raíz de zanahoria Var. Chantenay Royal al 5% de significancia en hidroponía. UES 1992.

Sustratos	Medias	Diferencia de medias
$S_1$	9.185	A
$S_3$	8.686	B
$S_2$	8.007	C

Con respecto a los programas de fertilización la prueba de Duncan determinó que los programas  $F_3$ ,  $F_2$  y  $F_1$  son estadísticamente iguales y superiores a  $F_4$  (Cuadro 41). Esta mayor longitud se debe a que los fertilizantes se encuentran por más tiempo disponibles para las plantas (10). Los programas  $F_2$  y  $F_1$  son complementados con los fertilizantes foliares (Metalosatos).

**CUADRO 41.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en la longitud de raíz de zanahoria Var. Chantenay Royal al 5% de significancia, en hidroponía. UKS 1992.

Fertilización	Medias	Diferencia de medias
$F_3$	9.02	A
$F_2$	8.80	AB
$F_1$	8.79	AB
$F_4$	7.87	B

Al efectuar la gráfica de la interacción entre sustratos y programas de fertilización se observa que esta existe entre los tratamientos  $S_1F_1$ ,  $S_1F_2$ ,  $S_2F_3$  y  $S_2F_2$  (Cuadro 42 y Fig. 6) lo que permite afirmar que la longitud de la raíz depende tanto del tipo de sustrato así como del programa de fertilización que se utilice.

Las longitudes obtenidas pueden deberse a factores como la profundidad y estructura de los sustratos en combinación con los programas de fertilización; lo anterior se confirma con los resultados por CLAROS (7), quien menciona que la estructura del sustrato determina el grado de movimiento del agua, fertilizante y aire, afectando estas condiciones la penetración de la raíz lo cual influye directamente en su longitud.

CUADRO 42. Cuadro de doble entrada de medias de sustratos por programas de fertilización en la interacción de estos factores. URS 1992.

Sustratos	Programas				Totales
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S <sub>1</sub>	9.44	8.96	9.52	8.81	36.73
S <sub>2</sub>	8.18	8.67	8.53	6.63	32.01
S <sub>3</sub>	8.77	8.78	9.01	8.17	34.73
Totales	26.39	26.41	27.06	23.61	103.47

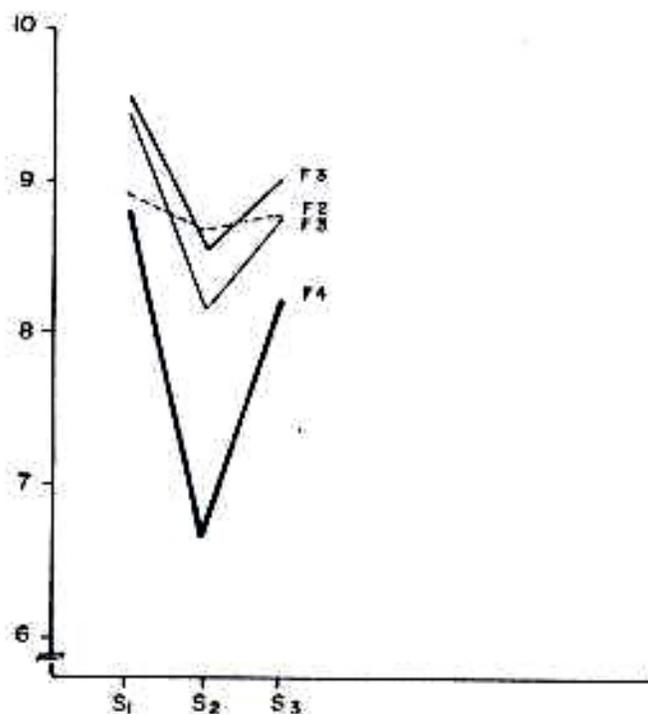


Fig. 6. Interacción Sustratos-Programas de Fertilización en la longitud de raíz de zanahoria Chantenay Royal en hidroponía. URS 1992.

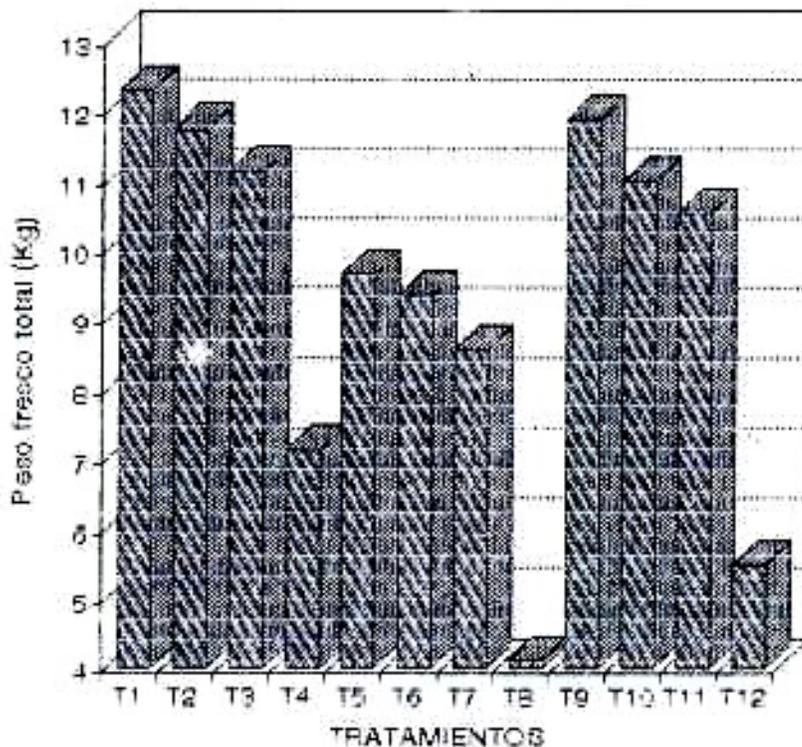
#### 4.7. Peso fresco total m<sup>2</sup>.

Al analizar el comportamiento de los pesos promedio (Kg/m<sup>2</sup>) de zanahoria se puede determinar que los mayores valores se han obtenido en

escoria volcánica ( $S_1$ ) con el programa de fertilización Blaukorn 100% más metalosatos ( $F_1$ ) y el menor valor en el sustrato de granza de arroz ( $S_2$ ), con el programa de Metalosatos ( $F_4$ ), cuadro 43 Fig. 7.

**CUADRO 43.** Pesos promedios (Kg) de zanahoria/m<sup>2</sup> al momento de la cosecha utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía. URS 1992.

Sustratos	Programas				$\bar{X}_o$
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	12.30	11.73	11.13	7.13	10.57
$S_2$	9.62	9.34	8.57	4.12	7.91
$S_3$	11.85	10.98	10.53	5.50	9.71
$\bar{X}_o$	11.26	10.68	10.08	5.58	



**Fig. 7.** Peso fresco total de zanahoria en cultivo hidropónico. URS 1992.

El análisis de varianza del peso de zanahoria (Kg/m<sup>2</sup>), demuestra que estadísticamente existe diferencia significativa al 1% en los programas de fertilización y sustrato. La interacción entre estos dos factores no es significativa lo que establece que actúen independientemente (Cuadro 44).

**CUADRO 44.** Análisis de varianza de peso de zanahoria por m<sup>2</sup> utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. UES 1992.

F de varia.	Gl	SC	CM	Fcal.	Ftablas.	
					0.05	0.01
Error (a)	9	2.71	0.30	-	-	-
Prog. Fertil.	3	241.30	80.43	127.67 **	2.96	4.60
Interacción	6	1.95	0.32	0.51 ns	2.46	3.56
Error (b)	27	16.95	0.63	-	-	-
Sustrato.	2	58.83	29.41	98.03 **	4.26	8.02
Total	47	321.74	111.08			

CV= 8.31

La prueba de Duncan determinó que los pesos promedios de zanahoria por m<sup>2</sup>, estadísticamente no son iguales entre los sustratos (Cuadro 45). Los programas de fertilización F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> son iguales estadísticamente y superiores a F<sub>4</sub> (Cuadro 46).

**CUADRO 45.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medios de sustrato en peso (Kg) de zanahoria/m<sup>2</sup> utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía al 5% de significancia. UES. 1992.

Sustratos.	Medias.	Diferencia de medias.
S <sub>1</sub>	10.57	A
S <sub>3</sub>	9.71	B
S <sub>2</sub>	7.91	C

**CUADRO 46.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en peso fresco (Kg) de zanahoria por m<sup>2</sup> utilizando tres muestratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía al 5% de significancia. UES 1992.

Prog. de Fertilización	Medias	Diferencias de medias.
F <sub>1</sub>	11.26	A
F <sub>2</sub>	10.68	A
F <sub>3</sub>	10.08	A
F <sub>4</sub>	5.58	B

En investigaciones efectuadas por AGUILAR *et al.* reporta que los mayores pesos de raíz obtenidos en remolacha fueron en escoria volcánica; así mismo CLAROS *et al.* (7), determinaron que el rendimiento en peso de remolacha en escoria volcánica superó los rendimientos en mezcla y granza de arroz. Estos rendimientos reportados son influenciados por la estructura que presenta la escoria ya que su alta porosidad permite una buena retención de nutrimentos, los cuales estarían durante más tiempo disponibles para la planta, esta es favorecida por la naturaleza de los fertilizantes (10).

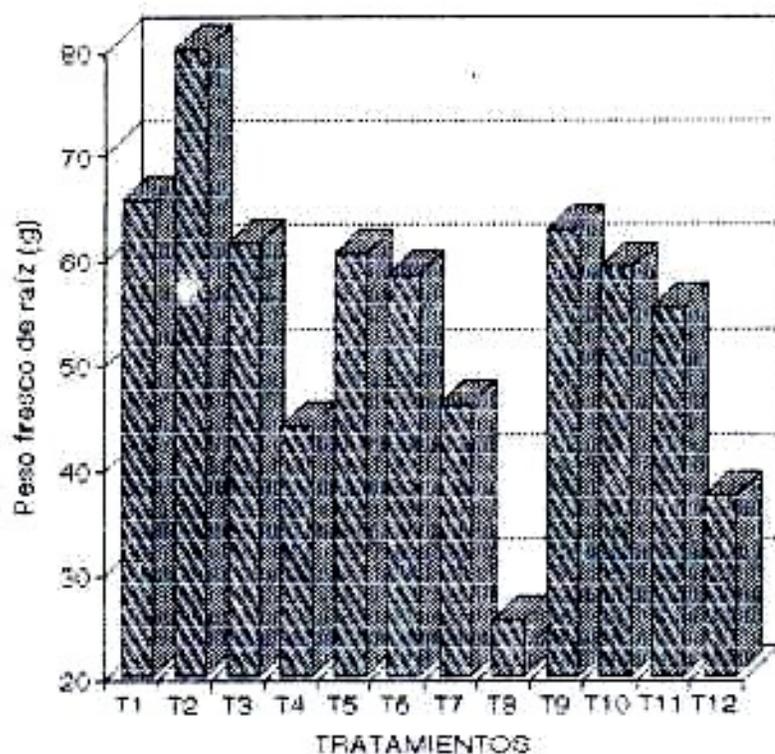
En estudios efectuados por FUSADES (17), se reporta que en trabajos realizados en la localidad de Chalchuapa, entre los meses de agosto a diciembre de 1986, un peso promedio de 5.77 Kg/m<sup>2</sup> en cultivo al suelo de la variedad Chantenay Royal; al compararlo con los resultados obtenidos en el presente ensayo (4.032 a 12.54 Kg/m<sup>2</sup>) se observa un aumento considerable debido quizá a los mejores distanciamientos utilizados en hidroponía, aumentando así el número de zanahorias /m<sup>2</sup>, lo cual es una ventaja de los cultivos hidropónicos.

#### 4.8. Peso fresco de raíz.

Al analizar el promedio de peso fresco de raíz de zanahoria se determinó que el tratamiento dos ( $S_1F_2$ ), presenta el mayor valor (79.75 g), y el menor (25.42 g) el tratamiento ocho ( $S_2F_4$ ) (Cuadro 47 y Fig. 8).

**CUADRO 47.** *Peso fresco promedio de raíz (g) para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en cultivos hidropónicos de zanahoria variedad Chantenay Royal. UKS. 1992.*

Sustratos	Programas				$\bar{X}_S$
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	65.26	79.75	61.07	43.79	62.47
$S_2$	60.05	58.16	45.86	25.41	47.37
$S_3$	62.50	58.93	55.12	37.21	53.44
$\bar{X}_F$	62.60	65.61	54.02	35.47	



**Fig. 8.** *Peso fresco de raíz de zanahoria en cultivo hidropónico. UKS 1992.*

El análisis de varianza demostró que hay diferencia significativa al 1% en los sustratos y programas de fertilización; sin embargo no existe ninguna diferencia en la interacción de ambos factores (Cuadro 48).

**CUADRO 48.** Análisis de varianza del peso fresco de raíz de zanahoria para la evaluación de sustratos y programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. URS. 1992.

Factores	G.L.	SC	CM	Fcal.	Ftablas.	
					0.05	0.01
Sustratos.	2	1840.69	920.35	59.57 **	4.26	8.02
Error (a).	9	139.05	15.45	-		
Prog. fert.	3	6608.80	2202.93	37.59 **	2.96	4.60
Interacción	6	566.88	94.48	1.61 ns	2.46	3.56
Error (b).	27	1582.48	58.61			
Total	47	10737.90	3291.81			

CV= 14.07%

La prueba de Duncan para sustratos determinó que en la escoria volcánica ( $S_1$ ) se obtuvieron los mayores pesos (Cuadro 49). Esto puede deberse a que las características tanto químicas como físicas de este sustrato permiten que el fertilizante permanezca por mayor tiempo disponible para la planta (10).

**CUADRO 49.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de sustratos en el peso fresco de raíz en el cultivo hidropónico de la zanahoria variedad Chantenay Royal al 5% de significancia. URS 1992.

Sustratos.	Medias.	Diferencia de medias.
$S_1$	62.47	A
$S_3$	53.44	B
$S_2$	47.37	C

La prueba de Duncan determinó que los programas  $F_2$ ,  $F_1$  y  $F_3$  son iguales y superiores a  $F_4$  (Cuadro 50). Este resultado se debe a que el fertilizante sólido y la solución nutritiva permanecen por más tiempo disponible para la

planta. Además que el Blaukorn al ser complementado con los fertilizantes foliares (Metalosatos) proporcionaron los nutrimentos necesarios para que fueran trasladados hacia la raíz.

**CUADRO 50.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el peso fresco de raíz en el cultivo hidropónico de zanahoria variedad Chantenay Royal al 5% de significancia. UES 1992.

Programa.	Medias.	Diferencia entre medias.
F <sub>2</sub>	65.61	A
F <sub>1</sub>	62.60	A
F <sub>3</sub>	54.02	A
F <sub>4</sub>	35.47	B

#### 4.9. Peso seco de raíz.

Los resultados obtenidos en esta variable reflejan que el tratamiento con escoria volcánica roja con 50% de Blaukorn más metalosatos (T<sub>2</sub>), presenta el mayor valor de peso seco (28.1 g), presentando el menor valor el T<sub>12</sub> (13.30 g) Cuadro 51 y Fig. 9.

**CUADRO 51.** Pesos secos promedios de raíces de zanahoria (g) utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía. UES 1992.

Sustratos	Programas				$\bar{X}_S$
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S <sub>1</sub>	22.26	28.10	25.71	20.65	24.18
S <sub>2</sub>	20.04	22.52	19.80	14.64	19.25
S <sub>3</sub>	15.88	17.69	20.08	13.30	16.74
$\bar{X}_F$	19.39	22.77	21.86	16.20	

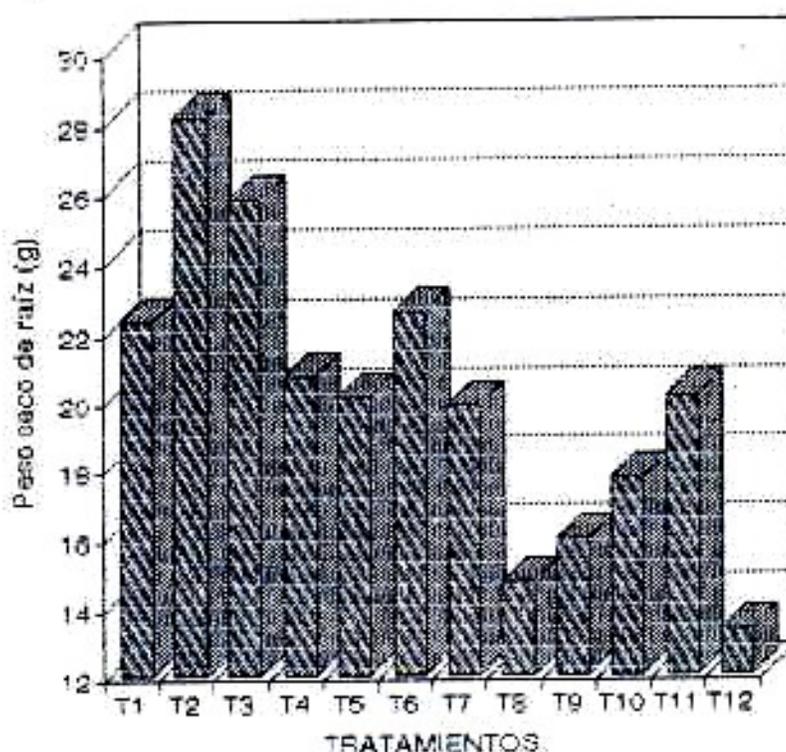


Fig. 9. Peso seco de raíz de zanahoria en cultivo hidropónico. URS 1992.

En el análisis de varianza se observa que existe diferencia significativa al 1% entre los sustratos y al 5% entre los programas de fertilización; sin embargo no existe ninguna diferencia en la interacción de ambos factores (Cuadro 52).

CUADRO 52. Análisis de varianza de pesos secos promedio de raíces de zanahoria, utilizando sustratos y programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. URS 1992.

Factores.	GL	SC	CM	Fcal	Ftablas	
					0.05	0.01
Sustratos.	2	458.86	229.43	9.36 **	4.26	8.02
Error (a)	9	220.67	24.52	-	-	-
Prog. fert.	3	311.64	103.88	3.49 *	2.96	4.60
Interacción	6	53.83	8.97	0.30 ns	2.46	3.56
Error (b)	27	803.23	29.75	-	-	-
Total	47	1848.23	396.55			

CV= 27.27%

La prueba de Duncan demostró que la escoria volcánica ( $S_1$ ) es superior a la granza de arroz ( $S_2$ ) y a la mezcla de ambas ( $S_3$ ). Cuadro 53.

**CUADRO 53.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de sustrato para el peso seco de raíz en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. URS. 1992.

Sustrato	Media	Diferencia de medias
$S_1$	24.18	A
$S_2$	19.25	B
$S_3$	16.74	B

En cuanto a los programas de fertilización la prueba de Duncan determinó que los programas  $F_2$ ,  $F_3$ , y  $F_1$  son iguales y superiores a  $F_4$  (cuadro 54).

Al analizar estos resultados se puede evaluar el efecto de los programas en el peso seco de la raíz ya que  $F_2$  y  $F_1$  presentan una combinación de fertilización al sustrato y foliar, siendo absorbido por la planta tanto por la raíz como por la hoja; no así el programa  $F_3$  (solución nutritiva) que presenta una vía de absorción (raíz), siendo desventaja pues era fácilmente lavada por la lluvia; esto dificultó la asimilación en forma efectiva de los fotosintatos hacia la raíz.

**CUADRO 54.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización para el peso seco de raíz de zanahoria al 5% de significancia. URS. 1992.

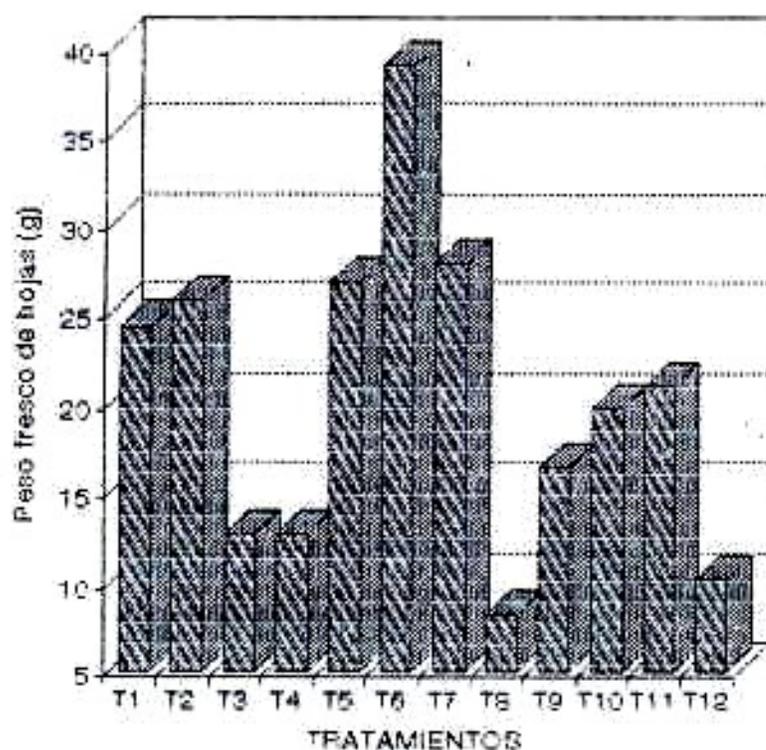
Prog. de Fertilización	Media	Diferencia de medias
$F_2$	22.77	A
$F_3$	21.86	A
$F_1$	19.39	A
$F_4$	16.20	B

#### 4.10 Peso fresco de hojas.

Al analizar el comportamiento de los pesos promedios de follaje (g) de zanahoria se puede determinar que los valores mas altos se han obtenido en los tratamientos  $S_2 F_2$  y  $S_2 F_3$ ; siendo el menor valor  $S_2 F_4$ . Cuadro 55 y figura 10.

**CUADRO 55.** Pesos promedios de follaje (g) de zanahoria en evaluación de tres sustratos y cuatro programas de fertilización en el cultivo hidropónico de zanahoria. UES 1992.

Programas					
Sustratos.	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$\bar{X}_S$
$S_1$	24.32	25.71	12.68	12.68	21.41
$S_2$	26.72	39.00	27.74	8.33	25.45
$S_3$	16.46	19.79	20.87	10.15	16.94
$\bar{X}_F$	22.67	28.17	23.85	10.39	



**Fig. 10.** Peso fresco de hojas de zanahoria, en cultivo hidropónico. UES. 1992.

En el análisis de varianza se pudo establecer que existe diferencia significativa en los programas de fertilización; no así en sustratos, ni interacción (cuadro 56).

**CUADRO 56.** Análisis de varianza del peso fresco de follaje de zanahoria a la cosecha en cultivos hidropónicos al 1% de significancia. URS 1992

Factores	G.L.	S.C.	C.M.	FCal.	Ftabla	
					0.05	0.01
Sustratos	2	578.69	289.84	4.21 ns	4.26	8.02
Error (a)	9	617.82	68.65	-		
Prog. Fert.	3	2095.32	698.44	5.95 **	2.96	4.60
Interacción	6	549.50	91.58	0.78 ns	2.46	3.56
Error (b)	27	3166.66	117.28	-		
Total	47	7007.99	1265.29			

CV= 50.91

La prueba de Duncan determinó que los programas  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_1$  son iguales y superiores a  $F_4$ ; sin embargo numéricamente el mejor programa fue el  $F_2$  (Cuadro 57).

**CUADRO 57.** Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el peso fresco de follaje en el cultivo hidropónico de la zanahoria al 1% de significancia. URS. 1992.

Programa	Media	Diferencia de medias
$F_2$	28.17	A
$F_3$	23.86	A
$F_1$	22.67	A
$F_4$	10.39	B

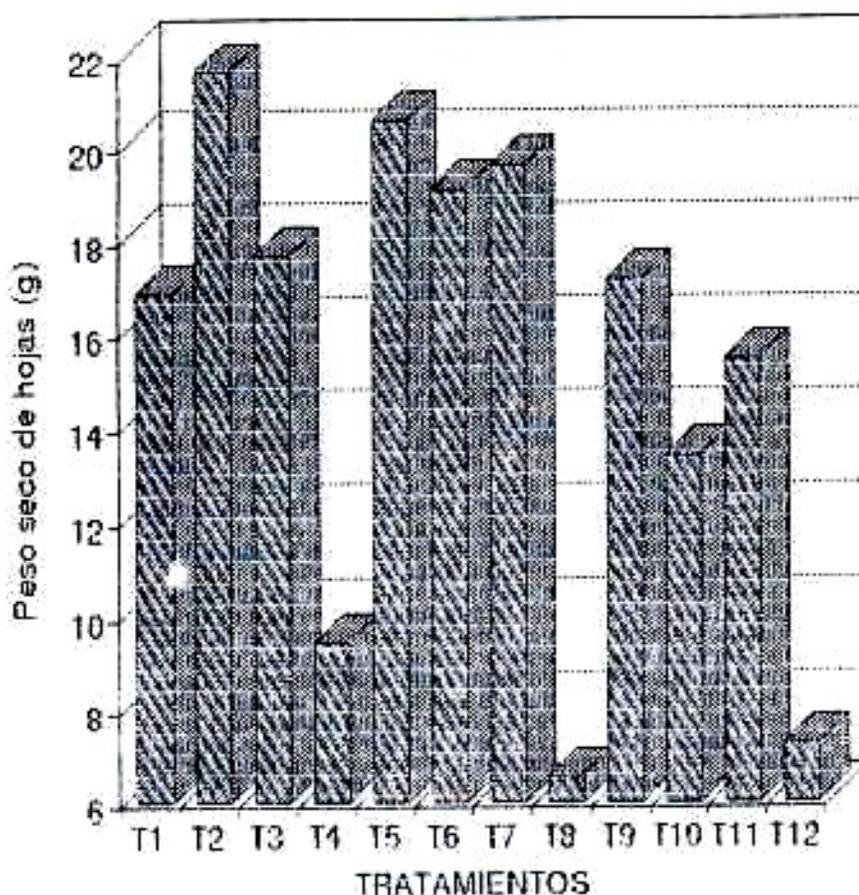
#### 4.11. Peso seco de hojas.

Los resultados obtenidos reflejan que el tratamiento de escoria

volcánica más 50% Blaukorn y Metalosatos (T<sub>2</sub>) presentan los mayores valores (21.64 g), y el menor valor el T<sub>8</sub> (6.39 g) Cuadro 58 y Fig. 11.

**CUADRO 58.** Promedios de peso seco de follaje en g de zanahoria sometidos a diferentes sustratos y programas de fertilización en cultivo hidropónico. URS 1992.

Sustratos	Programas				$\bar{X}_S$
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S <sub>1</sub>	16.86	21.64	17.68	9.44	16.40
S <sub>2</sub>	20.60	19.11	19.59	6.53	16.46
S <sub>3</sub>	17.15	13.37	15.42	7.24	13.29
$\bar{X}_F$	18.20	18.04	17.56	7.74	



**Fig. 11.** Peso seco de hojas de zanahoria en la evaluación de sustratos y programas de fertilización en hidroponía. URS 1992.

El análisis de varianza determinó que existe diferencia significativa al 5% entre los sustratos y al 1% entre los programas de fertilización; sin embargo la interacción de ambos factores no es significativa. (Cuadro 59).

**CUADRO 59.** Análisis de varianza para el peso seco de follaje de zanahoria sometido a 3 sustratos y 4 programas de fertilización en cultivos hidropónicos al 1% de significancia. URS 1992.

Factores	G.L.	SC.	C.M.	FCal.	F Tablas	
					0.05	0.01
Sustratos	2	104.94	52.47	5.87 *	4.26	8.02
Error (a)	9	80.39	9.93	-	-	-
Fertilización	3	938.61	312.87	14.80 **	2.96	4.60
Sx $F$	6	126.61	21.10	0.998 ns	2.46	3.56
Error (b)	27	570.77	21.14			
Total	47	1821.32	416.51			

CV= 29.87

La prueba de Duncan determinó que la granza de arroz ( $S_2$ ) y la escoria volcánica son superiores a la mezcla de ambos ( $S_3$ ) (Cuadro 60).

**CUADRO 60.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medias sustratos en el peso seco de follaje en el cultivo hidropónico de zanahoria al 5% de significancia. URS 1992.

Sustratos	Medias	Diferencia de Medias
$S_2$	16.46	A
$S_1$	16.40	A
$S_3$	13.29	B

Al efectuar la prueba de Duncan a programas de fertilización se observa que los programas  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  son iguales y superiores a  $F_4$  (Cuadro 61). Probablemente se deba a la forma de aplicación de estos, pues los sustratos permiten una mayor acumulación de nutrimentos que en las aplicaciones foliares, además de no ser lavados por el agua lluvia con facilidad.

**CUADRO 61.** Prueba de Duncan para la diferencia entre medias de peso seco de follaje de zanahoria en programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. URS 1992.

Programa Fert.	Media	Diferencia de medias
F <sub>1</sub>	18.20	A
F <sub>2</sub>	18.04	A
F <sub>3</sub>	17.56	A
F <sub>4</sub>	7.74	B

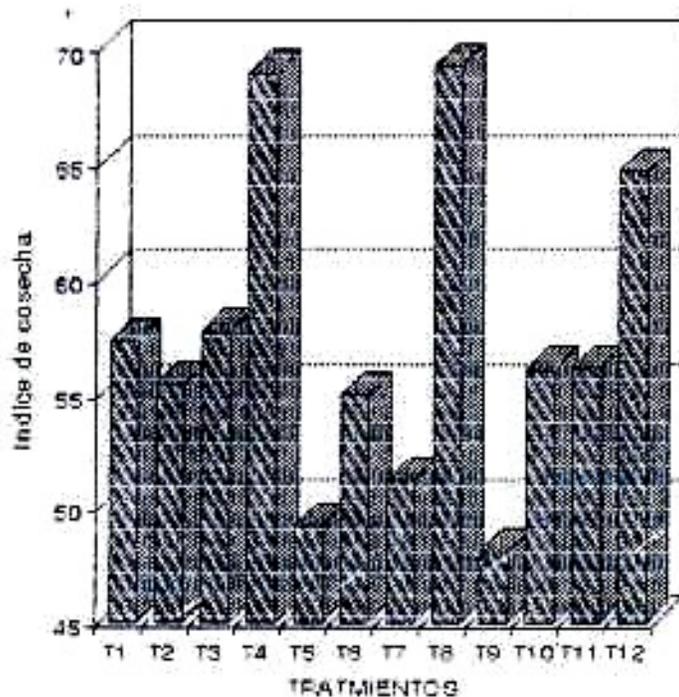
El tratamiento de 50% Blaukorn más Metalosatos y escoria volcánica presentó una mayor acumulación de nutrimentos en la hoja debido a que el sustrato hace más disponibles los nutrimentos para la planta y el programa de fertilización es complementario (Foliar y de Fondo).

#### 4.12 Índice de cosecha de peso seco.

Al analizar los promedios de Índice de Cosecha de peso seco (Cuadro 62 y Fig. 12), se puede observar que el tratamiento más eficiente fue el T<sub>3</sub> (S<sub>2</sub>F<sub>4</sub>) y el menor fue el T<sub>1</sub> (S<sub>3</sub>F<sub>1</sub>).

**CUADRO 62.** Índice de cosecha promedio (peso seco) del cultivo de zanahoria utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía URS 1992.

Sustratos	Programas				$\bar{X}_S$
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
S <sub>1</sub>	57.22	55.4	57.66	68.90	59.79
S <sub>2</sub>	49.21	54.92	51.18	69.19	56.12
S <sub>3</sub>	48.08	56.05	56.13	64.7	56.24
$\bar{X}_F$	51.50	55.46	54.99	67.59	



**Fig. 12.** *Indice de Cosecha de peso seco de zanahoria en cultivo hidropónico. URS 1992.*

Al efectuar el análisis de varianza se pudo determinar que hay diferencias significativas al 1% entre los programas de fertilización e interacción entre ambos factores (Cuadro 63).

**CUADRO 63.** *Análisis de varianza de índices de cosecha (peso seco) del cultivo de zanahoria utilizando tres sustratos y cuatro programas de fertilización en hidroponía al 1% de significancia. URS 1992.*

Factores	Gl	SC	CV	Fcal	F tablas	
					0.05	0.01
Sustrato	2	139.29	69.64	3.82 ns	4.26	8.02
Error (a)	9	164.04	18.23	-	-	-
Prog. Fertiliz.	3	1780.54	593.38	66.15 **	2.96	4.60
Interacción	6	203.96	33.99	3.97 **	2.46	3.56
Error (b)	27	242.29	8.97	-	-	-
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>2530.12</b>	<b>724.34</b>			

CV= 20.3%

Al realizar la prueba de Duncan se determinó que el programa de fertilización ( $F_4$ ) fué el más eficiente en traslocar fotosintátos, siguiéndole en menor proporción el  $F_2$  y  $F_3$ ; presentando el  $F_1$  la mayor diferencia entre los programas (Cuadro 64).

Al analizar los resultados se determinó que el programa de fertilización más eficiente en la traslocación de los nutrimentos de las hojas hacia la raíz fué el  $F_4$  que consistió en la aplicación únicamente de fertilizantes foliares (Metalosatos). dicha eficiencia podría estar en relación a la cantidad de nutrimentos disponibles para la planta. Este resultado no fué reflejado al final ya que las raíces se quedaron pequeñas al igual que las hojas. Con este resultado se confirma que un fertilizante foliar en hidroponía debe ser acompañado por un fertilizante sólido al sustrato (35,36).

En contraste se encuentra el  $F_1$  ya que su eficiencia fué disminuida quizá por el bloqueo de algunos nutrimentos entre sí, a diferencia de  $F_2$ , ya que la eficiencia lo demostró hasta en el tamaño de las raíces.

**CUADRO 64.** Prueba de Duncan de Índice de cosecha para programas de fertilización. Utilizando 3 sustratos y 4 programas de fertilización en zanahoria bajo la técnica de hidroponía. UKS 1992.

Programas de fertilización	Medias	Diferencia de medias
$F_4$	67.60	A
$F_2$	55.46	B
$F_3$	54.99	B
$F_1$	51.5	C

Al efectuar la gráfica de la interacción entre sustratos y programas de fertilización se observa que esta existe entre los tratamientos  $S_1F_2$ ,  $S_1F_3$ ,  $S_2F_3$  y  $S_2F_4$  (Cuadro 65 y Fig. 13), lo que permite afirmar que los programas de fertilización y sustratos trabajan en forma conjunta para traslocar los nutrimentos hacia la raíz.

CUADRO 65. Cuadro de doble entrada para determinar la interacción entre sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UKS 1992.

Sustratos	Programas				Total
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	57.22	55.40	57.66	68.90	239.18
$S_2$	49.21	54.92	51.18	69.19	224.50
$S_3$	48.08	56.05	56.13	64.70	224.96
Total	154.51	166.37	164.97	202.79	688.64

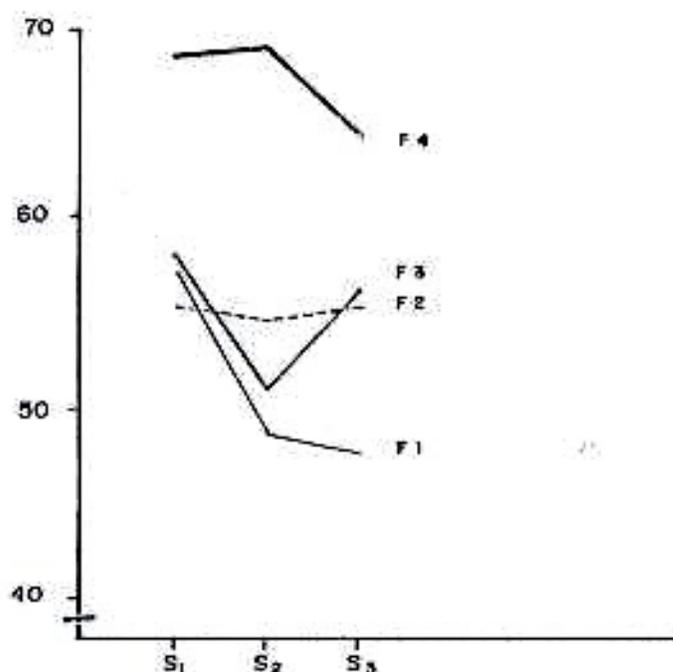


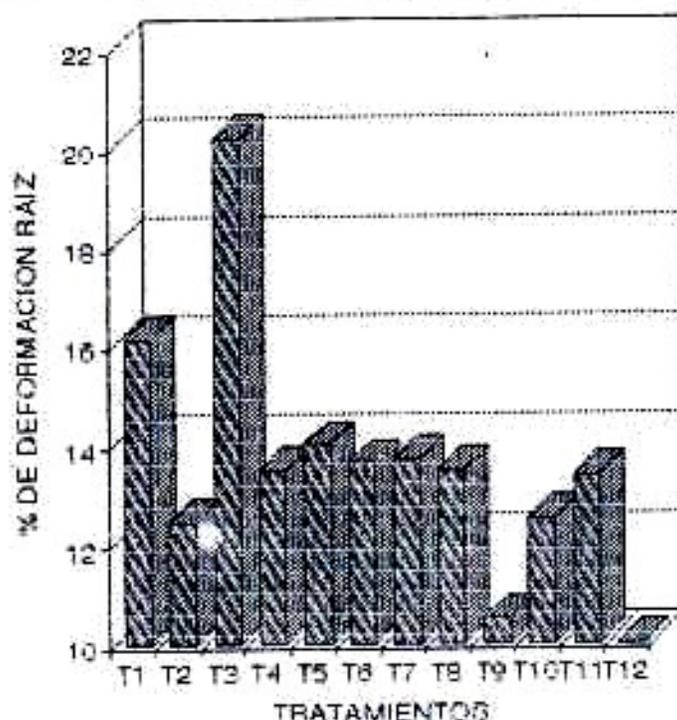
Fig. 13. Prueba de interacción de sustratos y programas de fertilización utilizando tres sustratos y cuatro programas en hidroponía. UKS 1992.

#### 4.13. Porcentaje de deformación de la raíz.

El porcentaje de deformación de raíces fué superior en el tratamiento de escoria volcánica y solución nutritiva ( $S_1F_3$ ) con valores de 20.25% y el menor valor (10%) lo presenta el tratamiento de mezcla de granza de arroz y escoria volcánica con Metalosatos ( $S_3F_4$ ), Cuadro 66 y Fig. 14.

**CUADRO 66.** Porcentajes promedios de deformación de raíces de zanahoria sometidas a tres sustratos y programas de fertilización en hidroponía. UES. 1992.

Sustratos	Programas				$\bar{X}_S$
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
$S_1$	16.12	12.45	20.15	13.47	15.55
$S_2$	14.00	13.62	13.67	13.47	13.69
$S_3$	10.47	12.50	13.35	10.00	11.58
$\bar{X}_F$	13.53	12.86	15.72	12.31	



**Fig. 14.** Porcentaje de deformación de raíces de zanahoria en cultivo hidropónico. UES 1992.

El análisis de varianza determinó que no existe diferencia significativa al 5% entre los sustratos, programas de fertilización e interacción (Cuadro 67).

**CUADRO 67.** Análisis de varianza para el porcentaje de deformación de las raíces de zanahoria sometidas a sustratos y programas de fertilización en hidroponía al 5% de significancia. URS. 1992.

Factores.	GL	SC	CV	F cal.	F tablas.	
					0.05	0.01
Sustrato.	2	127.46	63.73	2.40 ns	4.26	8.02
Error (a).	9	239.23	26.58	-		
Prog. Fertil.	3	75.34	25.11	1.23 ns	2.96	4.60
Interacción.	6	103.60	17.27	0.85 ns	2.46	3.56
Error (b)	27	548.68	20.32			
Total	47	1094.31	153.01			

CV= 33.54

Los mayores valores de porcentaje de deformación se presentaron en escoria volcánica, esto puede deberse al diámetro de las partículas de escoria gruesa y a la profundidad del sustrato, ya que 6 cm de escoria gruesa se colocaron en el fondo del módulo lo cual pudo afectar el desarrollo de la raíz. En granza de arroz se obtuvieron deformaciones similares a la escoria, debido quizá a la inestabilidad física del sustrato, ya que según FIGUEROA (16), este factor provoca la deformación de la raíz de zanahoria, ya que la granza presenta una disposición laminar que limita el buen desarrollo del cultivo. A la vez manifiesta que este problema puede ser superado al mezclar la granza con otros sustratos; esta teoría se pudo comprobar con los resultados obtenidos, ya que la mezcla presenta los menores porcentajes de deformación.

En estudios efectuados por FUSADES (17), se reporta que en trabajos realizados en la localidad de Chalchuapa, el porcentaje de deformación fué del 4.5% para la variedad Chantenay Royal cultivada al suelo; al compararlo con los resultados obtenidos (10 - 20%), estos son superiores: esto se debe a que los sustratos que poseen partículas más grandes (Escoria volcánica).

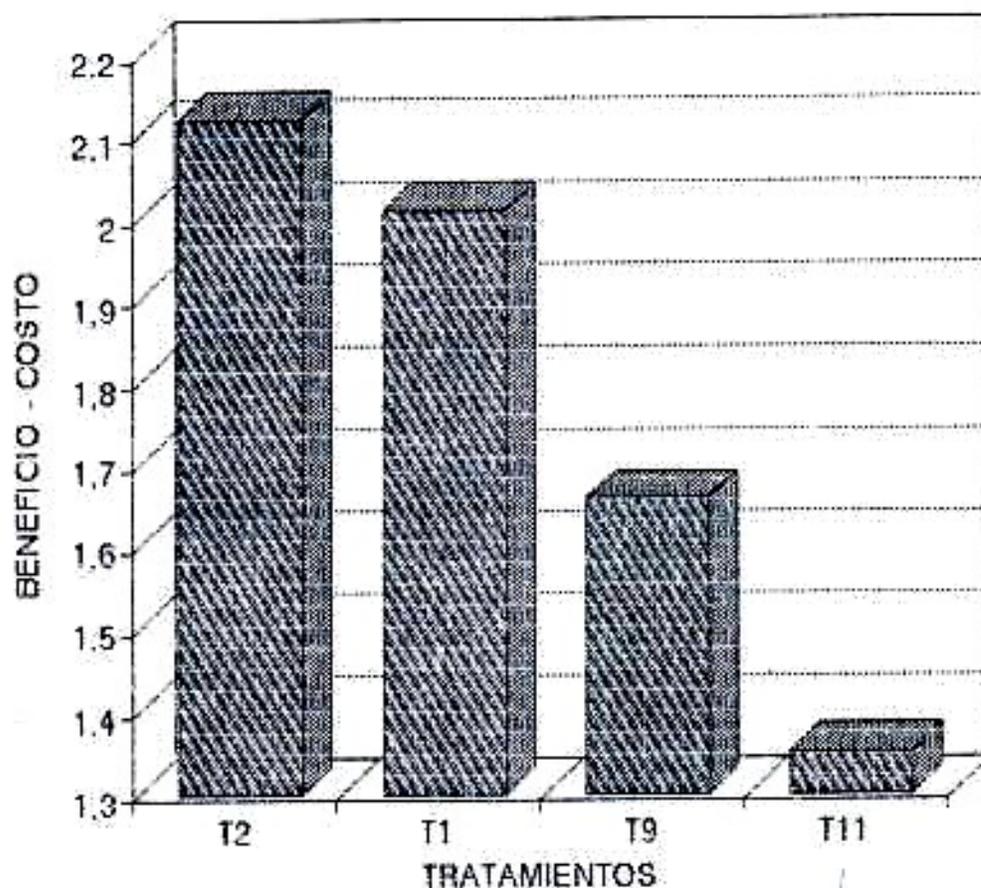
#### 4.14. Análisis beneficio-costo.

Para el análisis de esta variable se escogieron los 4 tratamientos que mejor respondieron en cuanto a sustratos y programas de fertilización en las diferentes variables. Al observar los resultados obtenidos (Cuadro 68 y Fig. 15), se puede apreciar que el tratamiento dos de escoria volcánica con Blaukorn al 50% más Metalosatos ( $S_1F_2$ ), es el más rentable debido a que el costo de la escoria volcánica y la reducción al 50% de Blaukorn disminuyen los costos, reportándose un beneficio costo de ₡ 2.12 lo que representa que por cada colón invertido se generan ₡ 1.12 de ganancia. Lo contrario sucede con el tratamiento once ( $T_{11}$ ), que es la mezcla de escoria volcánica con granza de arroz y solución nutritiva ( $S_3F_3$ ), ya que el costo se ve incrementado debido al uso de la mezcla, por lo que nos proporciona ₡ 0.35 por cada colón invertido.

Los presupuestos de los cuatro tratamientos se presentan en los Cuadros 69, 70, 71 y 72.

**CUADRO 68.** Análisis de beneficio-costo para los cuatro mejores tratamientos utilizados en la evaluación de sustratos y programas de fertilización en el cultivo hidropónico de zanahoria. URS 1992.

Tratamiento	Costo	Ingreso	l. neto	B/C
T <sub>2</sub> : S <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	47.00	99.60	52.60	2.12
T <sub>1</sub> : S <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	49.50	99.60	50.10	2.01
T <sub>9</sub> : S <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	49.87	83.00	33.13	1.66
T <sub>11</sub> : S <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	48.90	66.40	17.42	1.35



**Fig. 15.** Análisis beneficio - costo para los tratamientos que mejor respondieron en el cultivo hidropónico de zanahoria. URS 1992.

CUADRO 69. Presupuesto del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), en cultivo hidropónico utilizando escoria volcánica roja, abono azul (50%) y metalosatos. URS 1992.

Tratamiento: S <sub>1</sub> F <sub>2</sub> = T <sub>2</sub>						
Detalles	Cantidad Utilizada	Precios/ Unidad(¢)	Costo Total(¢)	Amortización (N° de cosecha)		
<b>Materiales:</b>						
<b>Módulos</b>						
Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	¢ 3.50	¢ 4.20	6	¢	0.70
Escoria	1 (saco)	3.45	3.45	12		0.29
Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	20.00	30.00	12		2.50
<b>Equipo:</b>						
Bomba de aspersión	1	250.00	250.00	30		8.33
<b>Insumos:</b>						
Fertilizante Blaukor	0.3 Lbs.	1.20	1.20			1.20
Urea	0.04 Lbs.	2.50	0.15			0.15
Foliales Crop-Up	35 cc.	0.22	7.70			7.70
N-P-K	21 cc.	0.16	3.36			3.36
Calcio	2 cc.	0.16	0.32			0.32
Boro	1 cc.	0.16	0.16			0.16
Semilla	0.125 oz.	7.00	0.88			0.88
Extractos Ajo	1 bot.	1.00	1.00			1.00
<b>Mano de obra:</b>						
Mano de obra:						
Por atención al cultivo $5 \text{ min} \times 100 = \frac{500 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 8.33 \text{ h} \times 2.45 \text{ ¢} = 20.41$						
¢ 47						

**CUADRO 70.** Presupuesto del cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*) en cultivo hidropónico utilizando como sustrato la mezcla de escoria volcánica roja con granza de arroz más ceniza de granza y como fertilizante la solución nutritiva Coljap. URS. 1992.

Tratamiento: S <sub>3</sub> F <sub>3</sub> = T <sub>11</sub>					
Detalles	Cantidad Utilizada	Precio/Unid. (¢)	Costo Total (¢)		Amortización (N° Cosechas)
<b>Material:</b>					
Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	¢ 3.50	¢ 4.20	6	¢ 0.70
Mezcla	2 sacos	5.96	11.73	6	1.96
Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	20.00	30.00	12	2.50
<b>Equipo:</b>					
Bomba de Aspersión	1	¢250.00	¢250.00	30	¢ 8.33
<b>Insumos:</b>					
Fertilizante Solución nutritiva	1.5 set	8.8	13.20		13.20
Coljap Semilla	0.124 onz.	7.00	0.88		0.88
Extractos ajo	1 bot.	1.00	1.00		1.00
<b>Mano de Obra:</b>					
Mano de obra por atención al cultivo 5min X 100 días = $\frac{500 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 8.33 \text{ hX}$					
2.45 = 20.41					
48.98					

**CUADRO 71.** Presupuesto del cultivo de zanahoria (*Daucus Carota L.*), en cultivo hidropónico utilizando escoria volcánica roja y abono azul (100X) y metalosantos. URS 1992.

Tratamiento: S <sub>1</sub> F <sub>1</sub> = T <sub>1</sub>					
Detalles	Cantidad Utilizada	Precio/ Unidad(\$)	Costo Total		Amortización (N° cosechas)
<b>Materiales:</b>					
<b>Módulos</b>					
Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	\$ 3.50	\$ 4.20	6	\$ 0.70
Escoria	1 (saco)	3.45	3.45	12	0.29
Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	20.00	30.00	12	2.60
<b>Equipo</b>					
Bomba de aspersión	1	250.00	250.00	30	8.33
<b>Insumos:</b>					
<b>Fertilizantes:</b>					
(Blaukor)	0.6 lbs.	4.00	2.40		2.40
Urea	0.04 lbs.	2.50	0.15		0.15
<b>Faliarés:</b>					
Crop-Up	35 cc.	0.22	7.70		7.70
N-P-K	21 cc.	0.16	3.36		3.36
Calcio	2 cc.	0.16	0.32		0.32
Boro	1 cc.	0.16	0.16		0.16
Semilla	0.125 onz.	7.00	0.88		0.88
Extracto Botánico ajo	1	1.00	1.00		1.00
<b>Mano de obra:</b>					
Mano de obra por atención al cultivo 5 min x 100 día = $\frac{500 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 8.33 \text{ hr} \times 245 = \underline{\$20.41}$					
49.50					

CUADRO 72. Presupuesto del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), en cultivo hidropónico utilizando la mezcla de escoria volcánica roja con granza de arroz más ceniza de granza y abono azul (100%) con metalosatos, como fertilizante foliar. URS 1992.

Tratamiento: $SaF_1 = Fe$				
Detalle	Cantidad Utilizada	Precio Unidad (¢)	Costo Total(¢)	Amortización (N°Cosechas)
<b>Materiales:</b>				
Módulo				
Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	¢ 3.50	¢ 4.20	6 ¢ 0.70
Mezcla	2 (sacos)	5.86	11.73	6 1.96
Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	20.00	30.00	12 2.50
<b>Equipo</b>				
Bomba de aspersión	1	250.00	250.00	30 8.33
<b>Insumos:</b>				
<b>Fertilizantes:</b>				
Blaukor	0.6 lbs.	4	2.40	2.40
Urea	0.04 lbs.	2.50	0.15	0.15
Crop-Up	35 cc.	0.22	7.70	7.70
N-P-K	21 cc.	0.16	3.36	3.36
Calcio	2 cc.	0.16	0.32	0.32
Boro	1 cc.	0.16	0.16	0.16
Semilla	0.125 onz.	7.00	0.88	0.88
Extractos botánicos ajo	1 bot.	1.00	1.00	1.00
<b>Mano de obra:</b>				
Mano de obra por atención al cultivo 5 min X100 días = $\frac{500 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 8.33 \text{ hr} \times$				
2.45 = ¢ 20.41				
¢ 49.87				

## 5. CONCLUSIONES.

1. La escoria volcánica roja es un buen sustrato para el cultivo hidropónico de zanahoria (Variedad Chantenay Royal), al superar a la granza de arroz y a la mezcla de estos: al mismo tiempo que permite obtener las mayores longitudes de raíces.
2. El programa de fertilización Metalosatos y Blaukorn al 50% es el más adecuado para el cultivo de zanahoria bajo la técnica de hidropónia.
3. La solución nutritiva no es la única alternativa de fertilización en hidropónia.
4. La mezcla de escoria volcánica con granza de arroz también es un buen sustrato ya que la granza de arroz presenta algunas dificultades en el manejo provocando inestabilidad al cultivo.
5. Los fertilizantes foliares en el cultivo hidropónico de zanahoria var. Chantenay Royal, no satisfacen las necesidades del cultivo.
6. El programa de fertilización de Blaukorn 50% más Metalosatos es el más rentable en el cultivo hidropónico de la zanahoria.
7. El tratamiento de escoria volcánica más Blaukorn aplicado en un 50% más Metalosatos permitió alcanzar los mayores diámetros de raíz de zanahoria (Daucus carota L.) var. Chantenay Royal.

## 6. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda usar escoria volcánica roja para el cultivo de zanahoria variedad Chantenay Royal, pues permite obtener mayores longitudes y diámetros de raíces.
2. Se recomienda utilizar el programa 50% Blaukorn más Metalosatos (F<sub>2</sub>) del presente ensayo ya que ha dado los mejores resultados al evaluar las diferentes variables.
3. Se recomienda que para el uso de la granza se debe mezclar con escoria volcánica roja para mejorar la estructura y permitirle un mayor desarrollo a la raíz de la zanahoria.
4. Se recomienda utilizar una fertilización foliar acompañada de fertilización al sustrato en hidroponía ya que ambas se complementan.
5. Se recomienda que la capa gruesa de escoria volcánica sea reducida a la mitad, aumentando así la capa fina para disminuir las deformaciones en la raíz de zanahoria.
6. Se recomienda utilizar la escoria volcánica con fertilización de Blaukorn al 50% más Metalosatos (T<sub>2</sub>), por ser el más rentable.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. AGROTEC. sf. *Los cultivos hidropónicos*. Bogotá, Colombia sn. p. 11-12.
2. AGUILAR, W.; MORENO.; NIETO, C. 1992. *Cultivo hidropónico de remolacha (*Beta vulgaris*) var. Crosby Egyptian en substratos de escoria volcánica roja y granza de arroz (*Oryza sativa* L.) utilizando fertilizantes tradicionales*. Tesis Ing. Agr. San Salvador. Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas. p. 130, 81, 82.
3. BENITES, A. 1988. *Plantas de uso médico popular en el municipio de San Miguel, departamento de San Miguel*. Tesis Licenciado en Ecología, San Salvador. Universidad de El Salvador. 182. p.
4. CACERES, E. 1966. *Producción de hortalizas*. Lima, Perú IICA. p. 260-264.
5. CENTRO LAS GAVIOTAS. 1969. *Manual de hidroponía social: una alternativa apropiada para la generación de ingreso a través de una tecnología de punta escalonada*. Cali, Colombia. programa de las Naciones Unidas para el desarrollo.
6. CERVANTES, M.; HERNANDEZ, A. 1991. *Efecto de los metales pesados en el Rendimiento y calidad del fruto calabacino (*Cucurbita pepo* L. var. Gray zuchini), en visitación. Municipio de Melchor Umango, estado de México*. Tesis Ing. Agr. Cuautitlán Izcalli, Universidad Autónoma de

México. Facultad de estudios superiores. p. 27-43.

7. CLAROS, G.; GUZMAN, R.; LOZANO A. H. 1992. Determinación de un programa de riego en la producción hidropónica de remolacha, utilizando escoria volcánica y granza de arroz. Tesis Ing. Agr. San Salvador. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. sp. (no publicado).
8. COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. 1991. Hidroponía. Las raíces. Aprende fácil. Cultivos hidropónicos (Col). Vol. 28:429-444.
9. CRONQUIST, A. 1984. Introducción a la botánica. Tard. Antonio Marino Ambrosio. 2ª Ed. Mexico. CONTINENTAL. Pag. 453-473
10. CULTIVOS HIDROPONICOS LTD. 1989. Manual hidropónico: una huerta en su casa. Editor Pablo Parra. Bogotá, Colombia. sn. p. 18, 31-33.
11. DIAZ O., H. sf. Quelación y función de los minerales. Santiago. Chile. INCITEP. sp.
12. DOMINGUEZ, V. A. 1982. Abonado de hortalizas de los cultivos hortícolas de hoja, tallo, bulbo y raíz. Boletín divulgativo N° 8/82 HD. p. 15 y 16.
13. \_\_\_\_\_. 1982. Abonado de los cultivos hortícolas. España. Boletín divulgativo N° 22/81 HD. p. 7, 9, 15.

14. FERSINI, A. 1976. *Horticultura práctica*. Trad. Fernanda Rodríguez. 2a. ed. Mexico. DIANA. p. 490-498.
15. FERTILIZAR es nutrir la planta. 1989. Artículo en periódico. *El Diario de Hoy*, San Salvador. (El Salvador) Junio 4:9.
16. FIGUEROA, M. 1992. Cultivo de zanahoria utilizando granza de arroz. San Salvador. El Salvador. COMARA (Comunicación personal).
17. FUSADES. 1989. Evaluación de variedades de cultivos hortícolas. Cultivo de zanahoria. San Salvador. El Salvador. FUSADES. p. 39-42.
18. GARCIA, A. 1959. *Horticultura*. 2a. ed. Madrid, España. SALVAT. p. 216-222.
19. GROSS, A. 1967. *Abonos, guía práctica de la fertilización*. Trad. Ramón Olalquiaga. 4a. ed. Madrid, España. Mundi-prensa. p. 133, 134, 213.
20. GUDIOL, V. M. 1987. *Manual Agrícola Super B*. 6a. ed. Guatemala. Super B. p. 221-233.
21. HELMUT, M. 1978. *Enciclopedia sistemática agropecuaria, plantas, cultivos, cosechas*. Barcelona, España. AEDOS. vol 1. p. 298-314.

22. HURTERWAL, G. O. 1979. *Hidroponía: cultivo de plantas sin tierra*. Buenos Aires, Argentina. ALBATROS. 80 p.
23. JACOB, A.; UEXKULL, N. 1973. *Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y sub tropicales*. Trad. López Martínez. 4a. ed. Mexico. EUROAMERICANO. 78 p.
24. LABORATORIOS ALBION. 1989. *Balance de nutrientes para cultivo y ganancia económica*. Si. sp.
25. \_\_\_\_\_. *sf. Fundamentos de la nutrición*. E.E.U.U. sp.
26. \_\_\_\_\_. *sf. Metalosatos*. E.E.U.U. sp.
27. LAGOS, J. 1987. *Compendio de botánica sistemática*. 3a. ed. San Salvador, El Salvador. Dirección de publicaciones. 318 p.
28. LA TORRE, B. 1990. *Plagas de las hortalizas, manual de manejo integrado*. Santiago, Chile. pp. 403-426.
29. MARULANDA, C. 1991. *La hidroponía popular en América Latina y El Caribe*. Agronómica. (Col.). vol. 4:6-9.
30. MENJIVAR, R.; RAMIREZ, A.; TEJADA, H. 1992. *Respuesta bioeconómica y calidad nutritiva del maíz H-101 para ensilaje mediante la aplicación de diferentes dosis de aminoproteínatos*. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad Evangélica de El Salvador. Facultad

31. MILLER. G. LL.; BENETDETT. W. 1982. *Alimentación mineral aplicaciones foliares y efectos específicos de metalosatos en el desarrollo de cebada y soya. Una nueva era en la nutrición vegetal. E.E.U.U. p. 199-201.*
32. MICHAELSON. R. 1982. *Mejores cultivos con los programas Albion. Una Nueva Era en la Nutrición Vegetal. Utah, E.E.U.U. p. 251-254.*
33. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. *sf. Huertos caseros. El Salvador. Escuela Nacional de Agricultura. Boletín Divulgativo. p. 7-8.*
34. MINISTERIO DE SALUD. 1968. *Evaluación de la situación alimenticia y nutricional en El Salvador. San Salvador. El Salvador. p. 155.*
35. MOSS. E. 1982. *Investigaciones aplicadas de metalosatos. Una nueva era en la nutrición vegetal. Utah. E.E.U.U. p. 254-264.*
36. NUNEZ. E. *sf. Fundamentos de actuación de metalosatos de Albión. San Salvador. El Salvador. BICAGRO. p. 5-11.*
37. OLIVARES. R. 1992. *Fundamentos de actuación de Metalosatos Albión. San Salvador. El Salvador. BICAGRO. p. 2-21.*
38. OJEDA. R.; HERNANDEZ. O. 1989. *Hidroponía tropical. Valencia.*



España. VADELL. p. 65-84.

39. PATTERSON. J. 1967. *Fertilizantes agrícolas*. Trad. Horacio Marco Moll. Zaragoza, España. ACRIBIA. p. 1.
40. PENNINGSFELD, F.; KURZMAN, F. 1983. *Cultivos hidropónicos y en turba*. Tra. Santos Caffarena. 2a. ed. Madrid, España. MUNDIPRENSA. p. 8.32-34.
41. ROST, T. et al. sf. *Botánica. introducción a la biología vegetal*. Mexico. LIMUSA. p. 105-114.
42. SALAZAR, G. 1991. *Guía práctica de cultivos hidropónicos populares*. Santo Domingo, República Dominicana. INUD.
43. TOBAR, C.; PEREZ, R. 1978. *Introducción y evaluación de cultivares de zanahorias (*Daucus carota* L.) en dos localidades de El Salvador*. XXIV Reunión anual del PCCICA. San Salvador, El Salvador. p. H8/1-H8/6.
44. VILANOVA, R. 1985. *Nutrición mineral*. San Salvador, El Salvador. 32 p.
45. WHITAKER, T.; SHERF, A.; CLARK, L. 1970. *Carrot production in the United State. Agricultura handbook No 378*. Washington D.C. USA. Agricultural Research Service. pp. 14-15.

B. ANEXOS

CUADRO A-1. Principales plagas del cultivo de zanahoria. (*Daucus carota* L.).

Nombre común	Nombre técnico	Descripción del daño	Control
Arañitas Acaros	<i>Oligonychus peruvianus</i>	Produce moteados blanquecinos en las hojas, seguido por amarillamiento y bronceamiento foliar.	El control deberá hacerse con aplicaciones preventivas de
Chinche Negra	<i>Ecnoderes incurvus</i>	Produce moteados blanquecinos y senescencia foliar prematura.	tes botánicos repelente como:
Picudo de las hortalizas	<i>Listroderes costirostris</i>	Daña las yemas, hojas e incluso las raíces; los tallos pueden ser cortados en forma similar al daño de los gusanos cortadores.	Ajo, Chile picante, tabaco y otros
Afidos	<i>Aphis</i> sp.	Se alimentan de hojas y tallo de plantas causando amarillamiento y debilidad de plantas	
Botijones	<i>Epicaea</i> sp.	Se alimenta de tallos y de raíces causando la muerte de plantulas.	
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> sp.	Se alimentan de raíces y bases de tallos presentando las plantas coloraciones amarillentas.	
Gusanos cortadores	<i>Agrotis</i> sp <i>Feltia</i> sp	Se alimentan de la corteza de los tallos, a la altura de la raíz cortándolos o royéndolos en su base.	
Gusano medidor	<i>Trichoplusia</i> sp.	Ataca las hojas causando serias defoliaciones.	
trips	<i>Trips</i>	Causan amarillamiento y debilitamiento de las plantas.	

FUENTE: LA TORRE. Plagas de las hortalizas, manual de manejo integrado. 1980. (28).

CUADRO A-2. Principales enfermedades del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.).

1. Nombre común 2. Agente causal 3. Hospederos susceptibles	Síntomas y factores que favorecen la diseminación.	Control
1. Tizón de la zanahoria 2. <i>Cercospora carotae</i> 3. zanahoria y otras especies del género <i>Daucus</i>	Lesiones alargadas a lo largo del borde de la hoja, manchas pequeñas semejantes a cabezas de alfileres en las hojas. Al desarrollarse el centro de la lesión se necrosa. Ataca generalmente hojas nuevas	Sumergir las semillas durante 5 min. en cloruro de mercurio al 1%. Aplicaciones de Zineb, Dithane M-45 (0.5 lb/mz). Realizar buena desinfección.
1. Tizón de la zanahoria. 2. <i>Alternaria dauci</i> 3. Zanahoria y otras especies del género <i>Daucus</i>	Las lesiones se confunden con la <i>Cercospora</i> ; pero son de forma más irregular y el tejido necrosado es de color oscuro o negro. ataca generalmente hojas viejas, es favorecido por la humedad y el viento.	El mismo que el anterior.
1. Enfermedad bacteriana 2. <i>Xanthomonas carotae</i> 3. Zanahoria	En las hojas, se forman manchas color pardo, rodeadas de un halo color amarillo y bandas negras en los tallos. Atacan la raíz principal causando lesiones que presentan el aspecto de pustulas. Favorecen la enfermedad la lluvia, tierra de otros lugares infectados e insectos.	Rotación de cultivos. Tratar la semilla con agua caliente a 50°C durante 10 min. Con el fin de eliminar los germenos.
1. Pudrición acuosa 2. <i>Erwinia caratovora</i> 3. Zanahoria y otras hortalizas	Se produce inicialmente una lesión acuosa y blanda la cual progresa rápidamente atacando la raíz, es acompañada de un fuerte mal olor. Factores que la favorecen son el riego, labores de cultivo, drenaje superficial del agua lluvia, altas temperaturas y alta humedad.	El mismo utilizado para <i>Xanthomonas</i> .

FUENTE: LA TORRE. Plagas de las hortalizas, manual de manejo integrado. 1990. (28).

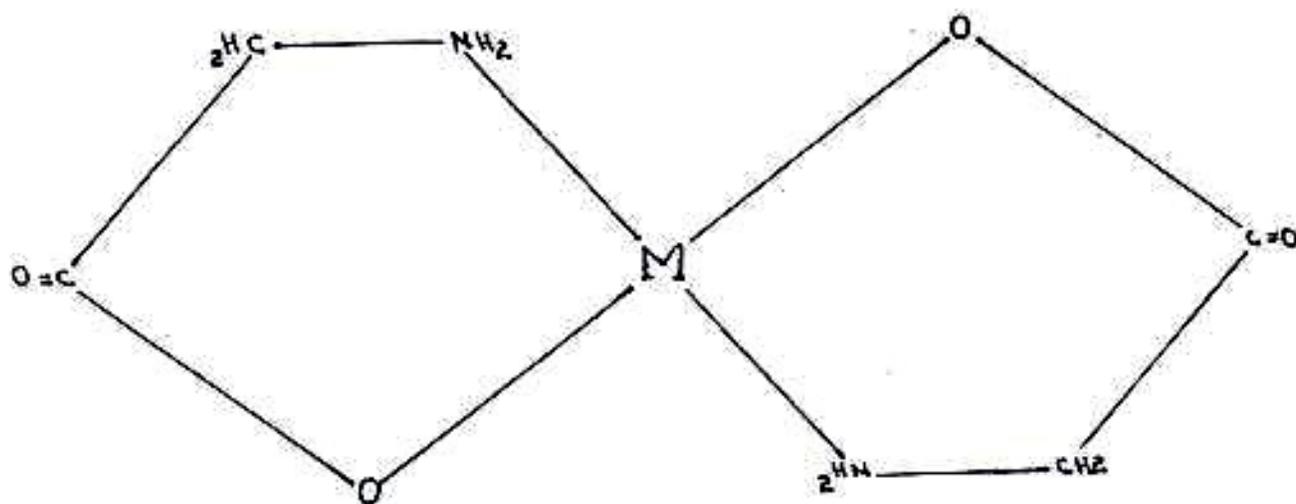


Fig. A-1. Esquema de unión de los quelatos utilizados como fertilizantes foliares en la evaluación de "zanahoria" en hidroponía.

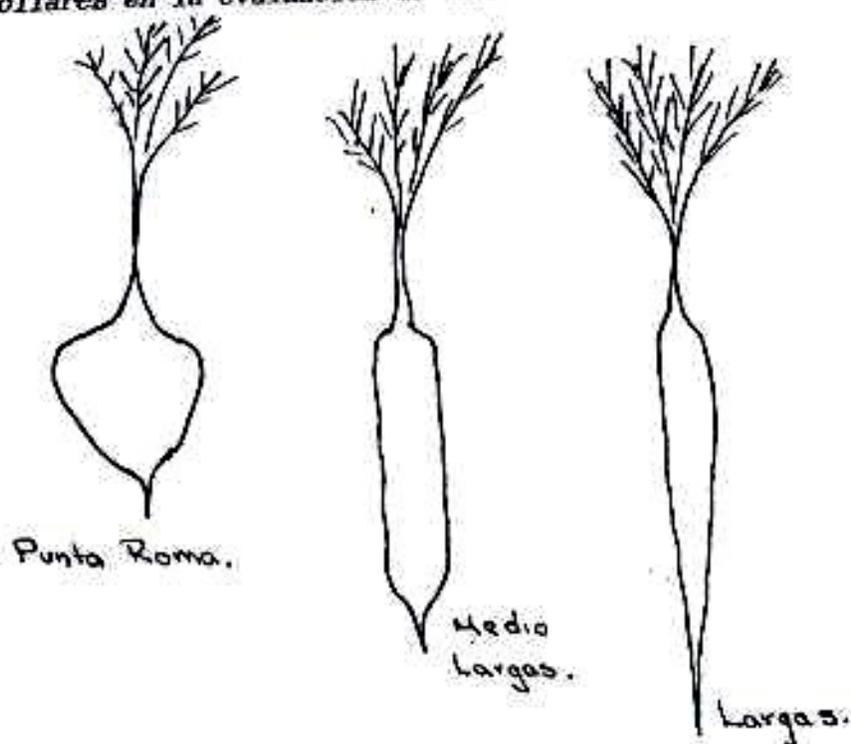


Fig. A-2. Clasificación de la zanahoria según forma y tamaño.