

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



"CULTIVO HIDROPONICO DE REMOLACHA (Beta vulgaris) var Crosby Egyptian EN SUSTRATOS DE ESCORIA VOLCANICA ROJA Y GRANZA DE ARROZ (Oryza sativa L.) UTILIZANDO FERTILIZANTES TRADICIONALES"

POR:

**WALTER AGUILAR
MARINA ELIDA MORENO CATOTA
CARLOS ALBERTO NIETO MARTINEZ**

**PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO**

SAN SALVADOR.

MARZO 1992

T. UFS
1304
A283
1992.

001001
Ej 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

"CULTIVO HIDROPONICO DE REMOLACHA (Beta vulgaris) var Crosby
Egyptian EN SUSTRATOS DE ESCORIA VOLCANICA ROJA Y GRANZA DE
ARROZ (Oryza sativa L.) UTILIZANDO
FERTILIZANTES TRADICIONALES"

cl) por la Secretaría de la Fac. de CC.A.A. 18-VI-92.

POR :

WALTER AGUILAR
MARINA ELIDA MORENO CATOTA
CARLOS ALBERTO NIETO MARTINEZ

SAN SALVADOR, MARZO DE 1992

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

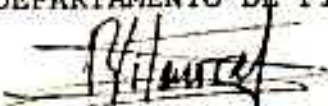
SECRETARIO GENERAL : LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

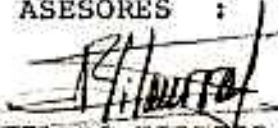
SECRETARIO : ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



ING. AGR. JOSÉ RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE

ASESORES :



ING. AGR. JOSÉ RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE



ING. AGR. MIGUEL FIGUEROA


JURADO EXAMINADOR :



ING. AGR. JOSÉ MARÍA CAMPOS CAMPOS



ING. AGR. MANUEL DE JESÚS HERNÁNDEZ JUÁREZ



ING. AGR. RENÉ FRANCISCO VASQUEZ

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la técnica de cultivos hidropónicos, cuyo principio básico es el cultivo de plantas con ausencia total de tierra. Dicha tecnología ofrece hortalizas con una alta calidad biológica, libre de pesticidas y de residuos orgánicos con el uso de técnicas caseras para el control de plagas y enfermedades, haciendo uso máximo de la mano de obra familiar, para mejorar las condiciones alimenticias y fortalecer la economía familiar a través de la autogestión; por lo que el presente trabajo pretende contribuir a la utilización e implementación de la Hidroponía Social o Popular en el país, como un modelo de nuevas alternativas para la producción de hortalizas en las zonas urbana, suburbana y rural, donde existe poco espacio físico para cultivar, o se carece de tierras fértiles.

La investigación se realizó durante los meses de mayo-julio de 1991. Se evaluaron dos sustratos : Escoria volcánica roja y granza de arroz; y tres fuentes fertilizantes: solución nutritiva COLJAP, abono azul y fórmula triple quince; para lo cual se utilizó como diseño estadístico el completamente al azar con arreglo factorial 3×2 . Con 12 parcelas con 4 repeticiones y 3 tratamientos por sustrato, para un total de 24 parcelas experimentales ubicadas aleatoriamente.

Los parámetros evaluados fueron: peso de la raíz, diámetro de la raíz, altura de la planta, grados Brix y el análisis Beneficio-Costo. Los resultados obtenidos son: Los diámetros de las raíces de remolacha variedad Crosby Egyptian reportados por la literatura fueron superados cuando se utilizó como fuente de fertilizantes la solución nutritiva COLJAP / abono

azul; usando como sustrato, la escoria volcánica roja; que la granza de arroz dió buenos resultados solamente con la solución nutritiva, y además de la escoria-abono azul resultó ser el más rentable en comparación al tratamiento granza solución nutritiva.

Con base a los resultados se concluye que la escoria volcánica roja, es un excelente sustrato para el cultivo de remolacha en los sistemas hidropónicos; entre la solución nutritiva y abono azul no existe diferencias en los resultados en peso, diámetro y altura, utilizando como sustrato la escoria volcánica roja.

AGRADECIMIENTOS

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por habernos dado la vida y el entendimiento necesario.

- A NUESTROS PADRES :
Por su amor, su apoyo, su esfuerzo y sacrificios para lograr nuestra meta deseada y formarnos profesionalmente.

- A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR :
Por permintirnos ser parte de ella.

- A LAS INSTITUCIONES : PRODERE-EDINFODOC y CONARA
A la Lic. Marina Lo Giudice, Coordinadora de PRODERE, por su apoyo para el desarrollo de la investigación, esperando que sea una alternativa para la dieta alimentaria de las Comunidades rurales más pobres del Departamento de Chalatenango (Nueva Concepción).

- Al Ing. Miguel Figueroa:
Por brindarnos su colaboración con la donación de la solución nutritiva COLJAP y literatura consultada.

- A LA SEÑORA MARTA AGUILAR :
Por habernos permitido realizar la fase de campo de la investigación en un predio de su casa y brindarnos su apoyo y colaboración.

- AL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
ING. RICARDO VILANOVA ARCE :
Por proporcionarnos información sobre esta técnica (hidroponia) y brindarnos palabras de aliento cuando más lo necesitábamos.

- A NUESTROS ASESORES :
Por habernos dado todos los conocimientos necesarios y guiarnos en el desarrollo de la investigación; y lograr de esta forma nuestros objetivos.

- A NUESTRO JURADO CALIFICADOR :
Por su dedicación y aprobación de nuestra investigación.

- A la señora Marina del Carmen Rodríguez, por su sacrificio y dedicación para la presentación de nuestro seminario de graduación.

- A NUESTROS COMPANEROS Y AMIGOS :
Por darnos su apoyo y comprensión desinteresadamente.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por permitirme terminar uno de mis más anhelados objetivos.

- A MI MADRE :
MARTA LUZ AGUILAR
Por sus sacrificios, su amor y dedicación que me brinda en cada momento.

- A MIS HERMANOS :
Martha Roxana, Luis Felipe, César Aurelio Magarín Aguilar y Roberto Coto Aguilar
Con amor fraternal.

- A MI ESPOSA :
Marina Beatriz Alvarado de Aguilar
Por su amor, comprensión y apoyo brindado durante mi formación profesional.

- A MI HIJA :
Jenniffer Beatriz
Con mucho amor

- A LA LIC. TERESA RODRIGUEZ MARTINEZ (Q.D.D.G.)
Por brindarme sus consejos y apoyo moral en momentos difíciles.

- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS :
Por su colaboración y comprensión.

- A MIS MAESTROS :

Con respeto gratitud por guiarme con sus enseñanzas y
formarme profesionalmente.

- A MI PATRIA :

El Salvador

Walter Aguilar

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO Y AL NIÑITO DE ATOCHA :
Por prestarme la vida e iluminar mi pensamiento.

- A MIS PADRES :
José Armando Moreno
María del Pilar Catota de Moreno
Con eterna gratitud, por todos sus esfuerzos y sacrificios
para formarme profesionalmente.

- A MIS HERMANAS :
Ana Luz y María Antonia
Con mucho amor fraternal

- A MI ESPOSO :
Roger Antonio Martínez
Por su amor y sacrificio

- A MIS HIJOS :
Emerson Armando, Kevin Bryan y Denisse Geraldine
Por su amor y ternura en mis momentos difíciles.

- A MIS SOBRINITOS :
Flor de María, Daniel Armando, Rafael Antonio, y Marcelo
Ernesto
Con cariño.

- A MIS PROFESORES :
Por haberme guiado y brindado los conocimientos neces-
arios para lograr mis objetivos

- A MIS COMPAÑEROS :
Por haber compartido gratos momentos.

- A MIS FAMILIARES, AMIGOS Y A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE
DE UNA U OTRA FORMA ME APOYARON PARA LOGRAR MI META.

- A MI PATRIA : El Salvador.

Marina Elida Moreno Catota

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por darme la vida

- A MIS PADRES :
José Nieto Domínguez
Rosaura Avalos Martínez

- A MIS HERMANOS
Ana María, Marta Elena, Berta Elizabeth, Rina Margarita
y Fernando Antonio
Por su apoyo y comprensión

- A MIS PRIMOS Y SOBRINOS
Con cariño

- A MIS TIOS Y DEMAS FAMILIA
Con cariño y aprecio

- A MI PATRIA : EL SALVADOR.

Carlos Alberto Nieto Martínez

I N D I C E

	Página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	viii
INDICE DE CUADROS	xx
INDICE DE FIGURAS	xxvi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Concepto de hidroponía	3
2.2. Reseña histórica	4
2.3. Hidroponía sofisticada	7
2.4. Hidroponía social	8
2.4.1. Ventajas de la hidroponía social	9
2.5. Clasificación de la hidroponía	12
2.5.1. Clasificación según el medio seleccionado como sustrato	12
2.5.1.1. Raíz en sólido	12
2.5.1.2. Raíz en líquido	13
2.5.1.3. Raíz en gaseoso	13
2.5.2. Clasificación según sistema de drenaje	13
2.5.2.1. Sistema abierto	14
2.5.2.2. Sistema cerrado	15
2.5.3. Clasificación de acuerdo al uso de componentes líquidos y sólidos como fuente de nutrimentos.	15

	Página
2.5.3.1. Soluciones nutritivas	15
2.5.3.1.1. Formulación de la solución nutritiva a partir de concentrados preparados	16
2.5.3.1.2. Formulación de soluciones a partir de abonos <u>corrientes</u>	19
2.5.3.2. Componentes nutritivos sólidos	22
2.5.3.2.1. Fertilización foliar	24
2.5.4. Clasificación de acuerdo a la naturaleza del <u>sustrato</u>	25
2.5.4.1. Sustratos de origen orgánico	26
2.5.4.2. Sustratos de origen mineral	26
2.6. Sustratos sólidos	26
2.6.1. Características de los sustratos	26
2.6.2. Sustratos de origen orgánico	29
2.6.2.1. Granza de arroz	29
2.6.2.2. Cenizas	31
2.6.2.3. Aserrines y virutas	31
2.6.2.4. Turba	33
2.6.3. Sustratos de origen mineral	33
2.6.3.1. Ladrillos y tejas sólidas	33
2.6.3.2. Escoria de horno	34
2.6.3.3. Piedra pómez	35
2.6.3.4. Vermiculita	36

	Página
2.6.3.5. Perlita	35
2.6.3.6. Pumita	37
2.6.3.7. Gravas	37
2.6.3.8. Escoria volcánica roja	39
2.6.4. Tratamientos a sustratos orgánicos	40
2.6.4.1. Fermentación de la granza por humedecimiento	40
2.6.4.2. Fermentación de la granza por inundación	41
2.6.4.3. Mezclas de sustratos	42
2.7. Módulos de cultivo	43
2.7.1. Características de los módulos	43
2.7.2. Tipos de módulos	43
2.8. Elementos básicos de la hidroponía	44
2.8.1. Luz	45
2.8.2. Aire	45
2.8.3. Temperatura	45
2.8.4. Agua	46
2.9. Generalidades del cultivo de la remolacha	48
2.9.1. Origen y distribución de la remolacha	48
2.9.2. Taxonomía	48
2.9.3. Clasificación de la remolacha	48
2.9.4. Importancia alimenticia	49
2.9.4.1. Utilización	50
2.9.5. Variedades más importantes del cultivo de remolacha	50

	Página
2.12.7.5. Aluminio	70
2.13. Labores culturales	71
2.13.1. Siembra	71
2.13.2. Raleo	73
2.13.3. Aporco	73
2.13.4. Escardado	73
2.13.5. Riego	73
2.13.6. Cosecha	74
2.13.7. Control natural de plagas y enfermedades ..	75
3. MATERIALES Y METODOS	78
3.1. Localización del estudio	78
3.2. Condiciones climáticas del lugar	78
3.3. Preparación de módulos	78
3.3.1. Construcción	78
3.3.2. Plastificado	79
3.4. Selección y preparado de los sustratos	79
3.4.1. Escoria volcánica roja	81
3.4.2. Granza de arroz	82
3.4.3. Colocación de los sustratos en los módulos.	83
3.5. Desinfección de los sustratos	83
3.6. Establecimiento y manejo del cultivo	83
3.6.1. Prueba de germinación	83
3.6.2. Siembra	84
3.6.3. Raleo	85
3.6.4. Aporco	85

	Página
3.6.5. Escardado	85
3.6.6. Riego	85
3.6.7. Control de plagas y enfermedades	86
3.7. Tratamientos	86
3.8. Metodología estadística	89
3.8.1. Diseño experimental y estadístico	89
3.8.2. Variables analizadas	91
3.8.2.1. Diámetro de las raíces	91
3.8.2.2. Peso de la raíz	91
3.8.2.3. Altura de plantas	91
3.8.2.4. Grados Brix	92
3.8.2.5. Análisis de costos	92
4. RESULTADOS Y DISCUSION	93
4.1. Condiciones climáticas del lugar donde se estableció el ensayo	93
4.2. Análisis químico de la escoria volcánica roja	97
4.3. Aspectos generales del cultivo	93
4.3.1. Control de plagas y enfermedades	102
4.4. Diámetro de la raíz	105
4.5. Peso de la raíz	112
4.6. Altura de plantas	119
4.7. Grados Brix	126

	Página
4.8. Análisis de Beneficio-Costo	130
5. CONCLUSIONES	133
6. RECOMENDACIONES	135
7. BIBLIOGRAFIA	136
8. ANEXOS	140

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Cronología de las investigaciones hechas en hidroponía	6
2	Ventajas de la hidroponía sobre los cultivos en tierra	10
3	Comparación de cosechas por hectáreas en -- cultivo hidropónico y tradicional	11
4	Mezcla de fertilizantes preparados usados en Colombia por industrias COLJAP	17
5	Fuentes para la preparación de la solución nutritiva	20
6	Principales mezclas de sustratos usados en hidroponía social	42
7	Requerimientos de luz para diversas hortalizas	45
8	Características de algunas variedades de remolacha más importantes en Centro América .	51
9	Composición química de la remolacha azucarera	53
10	Necesidades de luz para diversas hortalizas.	57
11	Cantidades de nutrimentos puros extraídos - por la remolacha en kg/ha	61

Cuadro		Página
12	Deficiencias nutricionales que se presentan en el cultivo tradicional de remolacha	72
13	Programa de fertilización con base a tres - fuentes de fertilizantes, usando como sustrato la escoria volcánica roja y la granza de arroz, para el cultivo de remolacha	88
14	Valores promedios mensuales de elementos meteorológicos registrados durante el periodo de realización del ensayo (mayo-julio/91), del cultivo de remolacha en hidroponía	95
15	Análisis químico de la escoria volcánica roja	98
16	Alturas promedio (cm) de las plantas de remolacha, en sustratos de granza y escoria volcánica roja	100
17	Diámetros promedios en (cm) de las raíces - de remolacha en hidroponía, con tres fuentes de fertilizantes y dos sustratos durante los meses de mayo-julio del 91.	105
18.	Análisis de varianza de los diámetros promedios (cm) de las raíces de remolacha con tres fuentes de fertilizante y dos sustratos	106

Cuadro		Página
19	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamiento en los diámetros de las raíces de remolacha en cultivo hidropónico al 1% de significancia	107
20	Análisis de la interacción entre fertilizantes y sustratos en el diámetro de las raíces de remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian	110
21	Prueba de Duncan para diferencias entre medias de fuentes de fertilizantes en los diámetros de las raíces de remolacha en cultivo hidropónico al 1% de significancia	111
22	Peso promedio en gramos de las raíces de remolacha al final del ciclo vegetativo usando dos sustratos y tres fuentes de fertilizante, durante el período de mayo-julio de 1991	113
23	Análisis de varianza de peso promedio (gr) de las raíces de remolacha en hidroponía, aplicando tres fuentes de fertilizante en dos tipos de sustrato durante el período de mayo-julio/91	114
24	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamiento en cultivo hidropónico de remolacha al 1% de significancia, durante el período de mayo-julio/91	117

Cuadro		Página
25	Análisis de la interacción entre fertilizantes y sustratos en el peso (gr) de la raíz de remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian durante el período de mayo-julio/91 ..	118
26	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tres fuentes de fertilizante en el peso (gr) de las raíces de remolacha al 1% de significancia	119
27	Alturas de plantas de remolacha (cm) al final del ciclo vegetativo con tres fuentes de fertilizante y dos sustratos, durante el período de mayo-julio/91	120
28	Análisis de varianza de alturas de las plantas de remolacha (cm) al final del ciclo vegetativo, durante el período mayo-julio/91 .	120
29	Prueba de Duncan para la diferencias entre medias de tratamientos en cultivo hidropónico de remolacha al 1% de significancia	121
30	Análisis de la interacción entre fertilizantes y sustratos en las alturas de las plantas de remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian	124
31	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de fuentes de fertilizante en altura de plantas (cm) en cultivo hidropónico de remolacha al 1% de significancia	125

Cuadro		Página
32	Grados Brix (%) de las raíces de remolacha en hidroponía al final del ciclo vegetativo usando tres fuentes de fertilizante y dos sustratos	126
33	Análisis de varianza de grados Brix de raíces de remolacha en hidroponía	129
34	Presupuesto del cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian, en sistema hidropónico utilizando escoria volcánica - roja y abono azul	131
35	Presupuesto del cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian, en sistema hidropónico utilizando granza de arroz y solución nutritiva	132
A-1	Preparación de te's botánicos: ajo, cebolla y chile, usados para el control preventivo de plagas	141
A-2	Calendario de control de plagas a base de extractos naturales	142
A-3	Resultados obtenidos del muestreo de <u>Diabrotica balteata</u> en el cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> en sistema hidropónico, en el mes de julio	143
A-4	Principales enfermedades que afectan al cultivo de la remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian	144

Cuadro

Página

A-5	Principales plagas que atacan al cultivo de la remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptium	145
-----	--	-----

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Módulo hidropónico tipo	80
2	Distanciamiento entre surcos entre plantas y márgenes laterales en un metro cuadrado	84
3	Plano de distribución de los tratamientos y repeticiones en los módulos hidropónicos.	90
4	Elementos meteorológicos que incidieron en el desarrollo del cultivo de remolacha en hidroponía en el período de mayo-julio/91 .	96
5	Temperaturas observadas durante el período de desarrollo del cultivo de remolacha en hidroponía, en los meses de mayo-julio/91 .	96
6	Principales enfermedades encontradas en el cultivo de remolacha, en sistema hidropónico	103
7	Principales plagas encontradas en el cultivo de remolacha, en sistema hidropónico ...	104
8	Efecto de las fuentes de fertilizantes y sustratos en los diámetros promedios (cm) - de las raíces de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , var. Crosby Egyptian	108

Figura		Página
9	Efecto de las fuentes de fertilizantes y - sustratos en los diámetros (cm) de las raí- ces de remolacha <u>Beta vulgaris</u> var. Crosby Egyptian	109
10	Efecto de las fuentes de fertilizantes y - sustratos en el peso de las raíces de remo- lacha <u>Beta vulgaris</u>	114
11	Efecto de las fuentes de fertilizantes y sustratos en el peso de las raíces de remo- lacha <u>Beta vulgaris</u>	115
12	Efecto de las diferentes fuentes de ferti- lizantes y sustratos en la altura de las plantas (cm) de remolacha <u>Beta vulgaris</u> ..	122
13	Efecto de las diferentes fuentes de ferti- lización y sustratos en la altura de las plantas (cm) de remolacha <u>Beta vulgaris</u> ..	123
14	Efecto de las fuentes de fertilizantes y dos sustratos en el contenido de sólidos solubles de remolacha <u>Beta vulgaris</u> en hí- droponía	127
15	Efecto de tres fuentes de fertilizante y sustrato en grados Brix (°) de las raíces de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , en hidroponía.	128
A-1	Ciclo de vida de la <u>Diabrotica balteata</u> - (tortuguilla)	146

INTRODUCCION

En el presente ensayo se trabajó con una técnica relativamente nueva en el país, conocida como "Cultivos Hidropónicos" cuyos principios básicos difieren de los métodos convencionales en la producción de hortalizas. Dicha tecnología se considera como un sistema estabulado para producir hortalizas, debido a que las plantas se encuentran en un área confinada, en la cual se controlan de manera precisa muchos factores externos como el agua, luz etc ; sin el uso de tierra. Por tal motivo la hidroponía puede convertirse en una alternativa para mejorar las condiciones de salud, al reducir los riesgos de infección por enfermedades gastrointestinales como el "Cólera" las cuales son adquiridas con mayor frecuencia en comunidades marginales, áreas sub-urbanas, zonas con desplazados y campesinos sin tierras que en su mayoría viven en condiciones insalubres. Esta disminución de las enfermedades puede lograrse, debido a que la hidroponía es de carácter masificable, permitiendo además mejorar las condiciones alimenticias y fortalecer la economía familiar a través de la autogestión. Por lo que el presente trabajo pretende contribuir al paquete tecnológico que facilite la utilización e implementación de la hidroponía social o popular, a través de la máxima simplificación y disminución de costos con el uso de fertilizantes --



químicos tradicionales y con la innovación de materiales usados como sustratos disponibles en el país.



2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Concepto de hidroponía

El término hidroponía fue utilizado por primera vez durante los años treinta por el Doctor, W.F. Gericke, de la Universidad de California; palabra derivada de las griegas hydro (agua) y ponos (labor, trabajo), que literalmente significa cultivo en agua (4, 11, 21, 25). Esta técnica se encuentra oficialmente considerada como una industria de categoría intermedia, ubicada entre la agricultura y la manufactura; la cual ha evolucionado prevaleciendo los principios fundamentales: el cultivo de plantas con prescindencia total de la tierra y de toda materia orgánica (11, 25). Por lo que actualmente la hidroponía se define como: la ciencia del crecimiento de las plantas, sin utilizar el suelo, aunque usando un medio inerte, tal como grava, arena, turba, vermiculita, piedra pómez, escoria volcánica y otros, a los cuales se añade un componente de nutrimentos que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo. Tomando en cuenta que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio sólido de cultivo se les denomina a menudo CULTIVO SIN SUELO, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero Hidropónico (25, 28).

2.2. Reseña histórica

Los primeros ensayos en hidroponía se iniciaron hace - aproximadamente tres siglos, a partir de los descubrimientos llevados a cabo por el belga Jan Van Helmont. No obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra, mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los Aztecas en México y los jeroglíficos egipcios, fechados cientos de años antes de Cristo, son ejemplos de cultivos hidropónicos (11, 13, 26, 29).

La primera noticia científica escrita, data de 1600 con el descubrimiento de Van Helmont, concluyendo que las plantas obtienen del agua las sustancias para su crecimiento. El inglés, John Woodward, en el año de 1699, concluyó que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua, obtenidas del suelo. Los alemanes Sachs y Knop en 1860, eliminaron completamente el medio inerte humedecido y cultivaron las plantas en la solución que contenía minerales, considerándolos como los fundadores del sistema hidropónico (13, 26). Posteriormente se desarrollaron una serie de investigaciones entre los científicos de diferentes partes del mundo (Cuadro 1), hasta los años de 1929-1930, con los ensayos del Doctor William F. Geriecke, que trató de convertir esta teoría de laboratorios en métodos prácticos para obtener cosechas. Dicha técnica se propagó

rápidamente por los Estados Unidos y tomó nuevo impulso al iniciar la segunda Guerra Mundial en 1939. El ejército norteamericano y la fuerza aérea Británica, instalaron cultivos hidropónicos en sus bases militares, por lo cual las tropas aliadas consumieron durante esos años millones de toneladas de verduras cultivadas con este sistema (3, 4, 11).

En la década de los años cincuenta, los militares siguieron utilizando los cultivos hidropónicos, expandiéndolos a nivel comercial en países tales como: Italia, España, Francia, Inglaterra, Alemania, Grecia, Israel y la URSS (26).

En 1955, se desarrolló el Círculo Internacional de trabajos en cultivos Hidropónicos (IWOSC), que permitió un acelerado desarrollo del conocimiento científico (9).

Con el desarrollo de los plásticos, los cultivos hidropónicos dieron otro gran paso adelante. Los plásticos liberaron a los agricultores de las costosas construcciones, y se pudo automatizar por completo el sistema hidropónico, reduciendo los costos operacionales (19, 26).

Los cultivos hidropónicos han llegado a ser una realidad para los cultivadores en invernaderos, virtualmente en todas las áreas climáticas, existiendo grandes instalaciones hidropónicas a través del mundo. Por Ej., en las regiones más áridas del mundo, tales como: México y el Extremo Oriente, donde el suministro de agua, es limitado, los complejos hidropónicos, están dando buenos resultados (23).

Cuadro 1. Cronología de las investigaciones hechas en hidroponía.

A Ñ O	AUTOR	A P O R T E
1577-1661	J.B. Helmont	Pionero en la nueva ciencia hidropónica. Estudió el origen de los elementos que constituyen la planta.
1767-1845	Theodore De Saussure	Estableció el principio de esencialidad de ciertos elementos minerales al cultivar plantas en soluciones de sales simples.
1787-1895 y 1771-1853	Carl S. Sprengel y A.P. Wiegman	Obtuvieron la evidencia de los principios de De Saussure sobre la "Ley del Mínimo".
1860	W. Knop	Desarrolló la técnica del cultivo - en solución nutritiva.
1860	Julius Von Sachs	Demostró que la fase sólida del suelo no era necesaria para la nutrición de las plantas y preparó soluciones con elementos menores en las que cultivó plantas hasta la madurez.
1884-1949	Hoagland	Perfecciona las fórmulas sobre la composición de la solución nutritiva.
1936	Estación Experimental de New Jersey	Se estudiaron los métodos de cultivos en arenas y en gravas con sobre y subirrigación.

Continuación Cuadro 1.

AÑO	AUTOR	APORTE
1938	D. Wm. F. Gericke	Inventó la palabra hidroponia. Su sistema consistía en que la parte aérea de la planta, reposa sobre una rejilla formada por tejidos de alambre, que atraviesan las raíces y se sumergen en recipientes que contiene la solución nutritiva.
1945	Meir Schwarz	Desarrolló técnicas para la fertilización sobre el sustrato, el riego automático y el abonado por capilaridad.
1945	Fenningsfeld y Steiner	Desarrollaron la técnica de los cultivos en turba y la técnica de la solución nutritiva universal.
1960	Allen Cooper	Desarrolló la técnica del cultivo NFT, la cual consiste en cultivar las plantas con raíces inmersas en sólo una lámina superficial de solución nutritiva.
1970	Shigeo Nasawa	Introdujo una nueva modalidad de cultivo hidropónico, la hidroponia consistente en proveer a la planta de una bandeja gigante, la cual permite un desarrollo radicular muy grande.

FUENTE : FOSSATI, C. Como practicar el hidrocultivo, 1986 (13)
RESH, H.W. Cultivos hidropónicos, 1987 (26).

2.3. Hidroponía sofisticada

La hidroponía es una ciencia joven que se ha usado bajo una base

comercial desde hace solamente cuarenta años, no obstante, aún en este período relativamente corto, se ha convertido en una técnica muy sofisticada adaptándose a diversas situaciones, gracias al desarrollo (11, 26) de la cibernética, y de los sistemas computacionales que han posibilitado la automatización absoluta de los cultivos, permitiendo incluso, el envío de la información a una central que despacha el pedido, ubicando los cultivos al aire libre o en invernadero, o hasta los altamente especializados en submarinos atómicos para obtener verduras frescas para la tripulación. Necesitando para ello equipo moderno, recursos económicos elevados, mano de obra especializada, entre otros (26).

2.4. Hidroponía social

El desarrollo de la hidroponía en América Latina, ha sido más lento que en las demás regiones del mundo, implementándose en los últimos 20 años a nivel experimental y en la última década a nivel de producción. Para ello se ha utilizado una técnica adaptada a los recursos de la zona, convirtiendo a la hidroponía en una actividad productiva más práctica y simplificada al alcance de los hidrocultivadores (13, 26).

Es así como Colombia, se ha encargado a este interés universal; y ha participado en Simposios, reuniones, cursos, hasta llegar a la hidroponía social en los últimos cinco años,



donde su única restricción son las fuentes de agua potable y los nutrimentos (4, 9).

2.4.1. Ventajas de la hidroponía social

La técnica de cultivos hidropónicos ofrece entre otras, las siguientes ventajas: La hidroponía es un medio excelente para producir hortalizas en los países que tengan poca tierra cultivable, o con una gran densidad de población (26, 29). Su independencia del factor tierra, es determinante para impulsar su implementación debido a que las tierras tienen alto valor, en ocasiones son de baja calidad orgánica. En las zonas urbanas es muy difícil conseguir tierras para cultivar, aunque sea en mínima extensión. En cambio en el cultivo hidropónico, cualquier superficie es adecuada para instalar una huerta familiar. Los cultivos hidropónicos no utilizan fumigantes venenosos en cantidades perjudiciales para la salud. Al no generarse la necesidad de combatir plagas propias de la tierra, y de medios ambientales no controlados, las cosechas de las plantas hidropónicas carecen de residuos venenosos tan comunes hoy en día, en los cultivos tradicionales. Además, presenta muchas otras ventajas sobre los cultivos convencionales (Cuadro 2). Los cultivos hidropónicos logran el máximo aprovechamiento de la mano de obra familiar, involucrando a niños y ancianos, ya que dicha técnica no exige de trabajos forzados para su establecimiento. La hidroponía a nivel casero, enriquece positivamente -



Cuadro 2. Ventajas de la hidroponía sobre los cultivos en tierra

HIDROPONIA	GEOPONIA
<ul style="list-style-type: none">- No existen el control de ma las hierbas, no hay laboreo.- El número de plantas solamente está limitado por la iluminación; así pues es posible una mayor densidad de plantas, lo cual da como resultado una cosecha 10 veces mayor por unidad de superficie.- No necesita mucha preparación especial del lugar de siembra.- Optimización en el uso de fertilizantes que se traduce a una enorme economía.- Se puede cultivar cualquier tipo de plantas independientemente.- Aumenta el tiempo de conservación, ya que el fruto es de calidad y consistencia óptima.- No existe la presencia de plagas del suelo.- No se le añaden agentes biológicos, no se crean agentes patógenos para los humanos.	<ul style="list-style-type: none">- Siempre existe control de malas hierbas, hay laboreo.- El número de plantas limitado por la nutrición que pueda dar el suelo y por las disponibilidades de luz.- Buena preparación del suelo con apropiado equipo de labranza.- Grandes pérdidas de fertilizantes a causa de el arrastre de las aguas.- Debe haber rotación de cultivos para evitar el empobrecimiento del suelo.- En algunos suelos deficientes de calcio, los frutos son blandos y su conservación es corta.- Existe de manera frecuente las plagas en el suelo como larvas y nemátodos.- Los restos orgánicos utilizados frecuentemente como fertilizantes, en algunos casos aumenta el riesgo de enfermedades.

Fuente : RESH, H.W. Cultivos hidropónicos, 1987 (26).

la conciencia ecológica del hogar, con implicaciones científicas, sociales y espirituales (3, 11).

La hidroponía presenta un mejor control de los agentes biológicos, no así en los cultivos tradicionales, los cuales trabajan con restos orgánicos que en muchas ocasiones son ingeridos por el ser humano, transformándose en fuentes de infección. Por lo que la hidroponía puede convertirse en una alternativa para reducir los efectos de las enfermedades intestinales, como el cólera. Un cultivo de esta naturaleza ayuda a mejorar la dieta alimenticia de una familia y es factible de transformarse, eventualmente en una fuente de recursos complementarios para el presupuesto familiar.

Sin embargo, cabe mencionar que a los cultivos sin tierra se han reconocido sus dos principales ventajas: los altos rendimientos en sus cosechas (Cuadro 3), y su especial utilización en las regiones más áridas del mundo (9, 19, 25).

Cuadro 3. Comparación de cosechas por hectáreas en cultivo hidropónico y tradicional

COSECHA	TRADICIONAL (kg)	HIDROPONICO (kg)
Guisantes	2,000	1,800
Arroz	1,000	5,000
Avena	1,000	2,500
Remolacha	8,000	24,000
Patatas	1,600	14,000
Coles	13,000	18,000
Lechuga	9,000	21,000
Tomate	16,000	400,000
Pepino	7,000	28,000

Fuente : RODRIGUEZ, R.O. Hidroponía tropical, 1989 (29).

2.5. Clasificación de la hidroponía

La hidroponía se clasifica tomando como referencia los siguientes criterios: 1) el medio escogido como sustrato; 2) el sistema de drenaje y 3) por la utilización de soluciones nutritivas líquidas y componentes nutritivos sólidos (26).

2.5.1. Clasificación según el medio seleccionado como sustrato.

De acuerdo al medio utilizado como sustrato se tienen 3 variantes : raíz en sólido, raíz en líquido y raíz en gaseoso (26, 29).

2.5.1.1. Raíz en sólido

En esta modalidad las raíces se ubican en un medio sólido como: Arenas, gravillas, escoria de carbón, ladrillo molido, arenilla expandida, vermiculita, granza de arroz, escoria volcánica, etc. lográndose de esta manera una aportación al desarrollo de hidroponía social, al diversificar los medios utilizados, para que los países puedan utilizar los recursos más inmediatos en las diferentes zonas. Este sistema de cultivo es el más empleado en el tercer mundo; es así como en algunos lugares volcánicos se emplea la piedra pómez, escoria volcánica; en regiones industriales la escoria de carbón, en zonas agrícolas la cascarilla de arroz (4).

2.5.1.2. Raíz en líquido

La raíz en líquido es el auténtico sistema hidropónico en el cual la raíz desnuda aparece sumergida en un medio líquido que contiene los nutrimentos necesarios para la planta; dentro de esta modalidad se cuenta con varios sistemas, entre ellos tenemos: Técnica de cultivo en flujo laminar (N.F.T.), Hyponico, Potes, y Estanques (3, 4, 9).

2.4.1.3. Raíz en gaseoso

Este sistema es llamado también aeropónico, en el cual las raíces de las plantas se encuentran suspendidas y son alimentadas por la solución nutritiva en forma de neblina. Esta modalidad ha sido utilizada solamente a nivel didáctico y recreativo.

En el tercer mundo las modalidades más utilizadas han sido las de la hidroponía en sólido y en líquido (4, 26, 29).

2.5.2. «Clasificación según el sistema de drenaje

El sistema de drenaje preferible en hidroponía es aquel que inunde y drene intermitentemente a uno que permanezca inundado. Los sustratos orgánicos como la cascarilla de arroz, viruta de madera, etc., requieren de un excelente drenaje, pues de lo contrario entran rápidamente en descomposición. Los sustratos minerales como: arcillas, piedra pómez, escorias volcánicas, escorias de carbón, son más seguras para el sumi-

nistro de oxígeno a las raíces

Entre los sistemas de drenaje tenemos: Sistema abierto y sistema cerrado (1, 4).

2.5.2.1. Sistema abierto

El sistema abierto es aquel en el cual la solución nutritiva que se les aplica a las plantas es justamente la necesaria y el drenaje no es reutilizado. La cantidad que drena es mínima ya que se le aplica a la planta lo necesario para el consumo diario, evitando así el desperdicio de nutrimentos (26, 29).

La fuente de nutrimentos puede suministrarse también en forma sólida con la observación de que la cantidad de agua aplicada es la que requiere el cultivo y sirve para poner en solución los nutrimentos del fertilizante a fin de que se encuentren a disposición de las raíces de las plantas.

En este sistema si no se controla adecuadamente el aporte de agua de riego pueden haber problemas de lixiviación, sin embargo, con la aplicación de fertilizantes de liberación gradual el problema de lixiviación de nutrimentos se ve reducido por la naturaleza de dichos fertilizantes (13, 21, 26).

2.5.2.2. Sistema cerrado

En el sistema cerrado la solución nutritiva circula a través del cultivo y va a parar a un tanque desde el cual puede ser reutilizada.

En este caso se debe usar una composición cuidadosamente formulada con el fin de evitar desbalances nutricionales. Esta solución puede ser utilizada indefinidamente siempre y cuando se repongan el agua y los nutrientes que vayan consumiendo las plantas (4).

2.5.3. Clasificación de acuerdo al uso de componentes líquidos y sólidos como fuente de nutrimentos.

Los nutrientes esenciales que necesitan las plantas pueden ser aportados en forma líquida como solución nutritiva y en forma sólida como fertilizantes tradicionales (1, 4, 13).

2.5.3.1. Soluciones nutritivas

Los elementos nutritivos en la solución, comúnmente usados en hidroponía se agrupan en dos y algunos casos en tres componentes : A, B y C (13, 21).

El componente A, generalmente contiene los elementos mayores: Nitrógeno, fósforo y potasio; el componente B, contiene magnesio, azufre y calcio; y el componente C, los elementos menores: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cobalto y cloro (26, 29).

Algunas formulaciones juntan los elementos del componente B y C.

Los nutrimentos se suministran a las plantas diariamente disolviendo las sales fertilizantes en agua para preparar la solución los cuales deben contener todos los elementos que cada especie cultivada normalmente extrae del suelo. La elección de las sales que deberán ser usadas dependen de una serie de factores: La proporción relativa de iones que deberemos añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente, por ejemplo: Una molécula de nitrato de potasio (KNO_3), proporcionará un ión de potasio (K) y otro ión de nitrato (NO_3^-), así como una molécula de nitrato cálcico $Ca(NO_3)_2$ nos dará un ión cálcico Ca y dos iones de nitrato ($2NO_3^-$) (13, 22).

Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrimentos tienen a la vez diferentes solubilidad, por ejemplo el calcio puede ser suministrado por hidrato cálcico o por el sulfato cálcico; este último es más barato pero su solubilidad es muy baja (8).

2.5.3.1.1. Formulación de la solución nutritiva a partir de concentrados preparados.

Las personas, que se dedican a la hidroponía, pueden usar una o dos de las fórmulas que se han propuesto para la alimentación de las plantas. En otros países ofrecen al público

mezclas completas por ser utilizadas de inmediato en los cultivos hidropónicos; quedando a elección de cada cual comprarlas ya preparadas o bien realizarlas personalmente en la propia casa (1, 8, 26).

Si decidiera no preparar su propia fórmula y comprar en cambio una de las mezclas ya preparadas, deberá seguir las instrucciones del fabricante respecto a las cantidades a utilizar. A continuación se presenta en el Cuadro 4, una mezcla de fertilizantes ya preparados para el uso de cultivos sin tierra, que están disponibles en el mercado colombiano, la cual se ha desarrollado a partir de nutrientes sólidos presentando algunas características con facilidad y economía en el transporte a grandes distancias ya que ocupan menos espacio en el almacenamiento. Para conveniencia en su manipulación los nutrientes sólidos vienen empacados en cantidades prepesadas adecuadas para la preparación de 200 lt de solución nutritiva (8, 26).

Cuadro 4. Mezcla de fertilizantes preparados usados en Colombia por industrias COLJAP.

Nutriente mayor sólido	14	-	6	-	15	-	15
	N		P		K		Ca
Nutriente menor líquido	Nitro		MAG		-		Fe
Nutriente menor sólido	Super Micro		-		9		

Fuente : COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. La solución nutritiva, 1991 (8).

Una de las empresas pioneras que distribuyen soluciones a partir de nutrientes sólidos es : Industrias Agroquímicas Colombo-Japonesa (COLJAP) y ofrecen lo que se llama paquete hidropónico (8).

La solución nutritiva para cultivos hidropónicos debe aportar el 90% del nitrógeno en forma nítrica y el 10% restante en forma amoniacal. Cuando se sobrepasa cierto valor máximo 40% de nitrógeno en forma amoniacal se produce toxicidad y muerte de raíces. La relación de nitrógeno-azufre no debe pasar de 7-1 para no causar acumulación de azufre en el sustrato (8, 22).

Con frecuencia se ha pedido una formulación óptima, para las diversas cosechas en particular; sin embargo estas formulaciones no son perfectas y no pueden serlo, puesto que la formulación óptima depende de muchas variables que no pueden ser controladas. Una formulación óptima dependerá de las siguientes variables: 1) especie y variedad de la planta, 2) estado y desarrollo de la planta, 3) parte de la planta que será cosechada (raíz, tallo, hojas, frutos), 4) época del año, duración del día, 5) clima-temperatura, intensidad de luz, hora e iluminación del sol (13, 22).

Para equilibrar las necesidades aproximadas de los diferentes cultivos se puede trabajar con diferentes concentraciones a partir de la solución madre (8, 26, 29).

En el Cuadro 5, se presentan las fuentes para la preparación de la solución nutritiva, asegurando la presencia de los elementos necesarios para el desarrollo del cultivo, y que se encuengren en forma asimilable por las raíces de los mismos (8, 22).

Las soluciones nutritivas, se preparan con fertilizantes altamente solubles, los cuales deben aportar todos los elementos necesarios para el adecuado desarrollo de las plantas.

2.5.3.1.2. Formulación de soluciones a partir de abonos corrientes.

Las sales fertilizantes son por lo general más económicas que las clasificadas para laboratorio, por lo que será más conveniente su utilización. Estas sustancias no tan refinadas contienen como impurezas muchos de los otros nutrimentos menores como: Manganeso, Boro, Zinc, Cobre; lo que hará innecesaria la adición de cantidades suplementarias de los mismos a las fórmulas de cultivos hidropónicos caseros.

Cuadro 5. Fuentes para la preparación de la solución nutritiva.

ELEMENTO	FUENTE
Nitrógeno (N)	Nitrato de Calcio, Nitrato de Amonio, Nitrato de Potasio, Urea.
Fósforo (P)	Fosfato Monoamónico, Fosfato Diamónico, Acido Fosfórico, Fosfato Monopotásico, Fosfato Monocálcico.
Potasio (K)	Nitrato de Potasio, Cloruro de Potasio, Sulfato de Potasio.
Clacio (Ca)	Sulfato de Calcio, Nitrato de Calcio.
Magnesio (Mg)	Sulfato de Magnesio, Nitrato de Magnesio.
Azufre (S)	Sulfatos, especialmente de Magnesio.
Hierro (Fe)	Quelato de Hierro
Manganeso (Mn)	Sulfato de Manganeso
Cobre (Co)	Sulfato de Cobre, Nitrato de Cobre.
Zinc (Zn)	Sulfato de Zinc
Boro (B)	Acido Bórico
Molibdeno (Mo)	Molibdato de Amonio
Cobalto (Co)	Sulfato de Cobalto
Sílice	Silicato de Sodio

Fuente: COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. La solución nutritiva, 1991 (8).
RESH, H.W. Cultivos hidropónicos, 1987 (26).

A continuación se describen algunas fórmulas y su simbología que se pueden utilizar en cultivos hidropónicos, entre ellas tenemos las siguientes : B.M.3, B.M.1, y la A.R.S. 32 (3, 11, 26).

a) Fórmula B.M. 3

<u>Sal Fertilizantes</u>	<u>Gramos</u>	<u>Elementos nutritivos Previstos</u>
Sulfato de Amonio	284	N, S
Sulfato Potásico	100	S, K
Superfosfato	142	P, Ca
Sulfato de Magnesio	86	S, Mg
Sulfato de Hierro	Cantidad suficiente como para cubrir la cabeza de un fósforo.	

b) Fórmula B.M. 1.

<u>Sal Fertilizante</u>	<u>Gramos</u>	<u>Elementos nutritivos Previstos</u>
Nitrato de Sodio	355	N
Sulfato de Potasio	113	S, K
Superfosfato	142	P, Ca
Sulfato de Magnesio	100	S, Mg
Sulfato de Hierro	Cantidad suficiente como para cubrir la cabeza de un fósforo.	

c) Fórmula A.R.S. 32

<u>Sal fertilizante</u>	<u>Gramos</u>	<u>Elementos nutritivos Previstos</u>
Sulfato de Amonio	43	S, N
Nitrato de Potasio	255	K, S
Fosfato monocálcico	113	Ca, P
Sulfato Calcio	198	S, Ca
Sulfato Magnesio	170	S, Mg
Sulfato de Hierro	Cantidad suficiente como para cubrir la cabeza de un fósfo- ro.	

Las fórmulas mencionadas anteriormente deberán prepararse de la siguiente manera: Pesar por separado cada uno de los elementos, mezclándolos hasta formar un polvo fino; almacenándola en un lugar seco. Como regla general se utilizarán 10 g de mezcla de sales fertilizantes por 4 lt de agua, y como regla práctica de uso doméstico deberá considerarse una cucharadita de té no colmada de mezcla de sales fertilizantes por 4 lt de agua (8, 11).

2.5.3.2. Componentes nutritivos sólidos

En los componentes nutritivos sólidos están considerados los fertilizantes de uso tradicional, clasificados según la composición en: Fertilizantes simples, y fertilizantes compuestos (8, 11, 26).

Bajo esta modalidad la hidroponía social tiende a convertirse en una técnica más popular y práctica por la semejanza en la forma de fertilizar en geonía cuyas aplicaciones se realizan cada cierto tiempo, permitiendo utilizar los fertilizantes de existencia comercial al alcance de los hidricultores.

Considerando que las características de los sustratos es el de ser inerte química y biológicamente, es necesario utilizar fertilizantes compuestos y además completar el programa de fertilización con abonos foliares con lo cual se asegura un buen suministro de los nutrimentos para un buen desarrollo de las plantas. En el mercado mundial existen un gran número de fertilizantes compuestos que se ofrecen a los agricultores en formulaciones adecuadas a las necesidades de sus suelos y cultivos. Así podemos encontrar fertilizantes de formulaciones muy variadas (8, 19, 22).

Estos fertilizantes se producen mediante procedimientos químicos o mezclas de fertilizantes simples, pueden tener diferentes colores y esto depende de los elementos nutritivos que contengan, y de como se hayan fabricado. Además se les pueden agregar ciertos acondicionadores para evitar que el fertilizante absorba humedad y se aterrone o se usen pigmentos colorantes. Para distinguir las distintas fórmulas fertilizantes también existen fertilizantes compuestos que poseen elementos menores en pequeñas cantidades como el abono

azul y Blaukor. Los elementos menores requieren una atención y cuidados especiales ya que el contenido cualitativo y cuantitativo en estos últimos fertilizantes no es completo y de acuerdo con las necesidades de las plantas, muchas veces es necesario hacer aplicaciones complementarias de elementos menores. Estas aplicaciones se hacen con soluciones de abonos vía foliar (17).

2.5.3.2.1. Fertilización foliar

Las pulverizaciones de soluciones de abonos, realizadas durante la vegetación sobre determinados cultivos y en épocas fijas constituyen lo que se llama : Abono foliar o pulverizaciones fertilizantes (17).

Es bien conocido que las raíces no son los únicos órganos capaces de absorber los elementos minerales, sino que también las hojas y los tallos pueden asimilar las sustancias nutritivas, tanto minerales como orgánicas (aminoácidos principalmente). Por lo tanto, es posible aportar elementos minerales a los cultivos mediante pulverizaciones de materias fertilizantes sobre las hojas (17).

La absorción es tanto más eficaz cuanto más joven es la hoja; y se realiza por ambas caras de ésta, por lo que interesa mojar al máximo toda la superficie foliar. Por otra parte, hay que advertir que el líquido que cae al suelo no se pierde en absoluto; incluso en el caso de que la planta no ab

sorbiere nada de abono por las hojas, la pulverización fertilizante constituiría un método de aplicación que aseguraría un excelente reparto del abono en el sustrato.

Las soluciones de abonos que se utilizan en las pulverizaciones fertilizantes afectan no sólo al nitrógeno, sino a la totalidad de los elementos: N-P-K, los secundarios y microelementos (16, 17).

La mayor parte de las carencias pueden combatirse mediante pulverizaciones en las hojas, que contengan el producto que se halla en déficit. Por sus características especiales, el elemento de mayor interés en el abonado foliar es el Nitrógeno. Sin embargo, el abono foliar no es más que un complemento, entonces se aplicará cuando :

- a) Cuando se quiera hacer que la planta absorba rápidamente los alimentos para corregir su alimentación deficiente. Las pulverizaciones permiten obtener un reverdecimiento en un tiempo mínimo.
- b) Cuando el sustrato no ofrece las condiciones adecuadas para que la raíz desempeñe sus funciones (16, 22).

2.5.4. Clasificación de acuerdo a la naturaleza

De acuerdo a la naturaleza del medio, éste puede dividirse en dos tipos: Sustratos de origen orgánico y sustratos de origen mineral (13, 22, 26).

*Clasif de acuerdo
a la naturaleza* X

2.5.4.1. Sustratos de origen orgánico

En esta categoría están incluidos todos aquellos sustratos que tienen origen orgánico como: La granza de arroz, aserrines, virutas y turbas. (13, 22).

2.5.4.2. Sustratos de origen mineral:^{1/}

En esta clasificación están incluidos todos aquellos sustratos que tienen origen mineral como ejemplo: piedra pómez, las arenas, escorias de carbón, escorias volcánicas y otros (13, 26, 28).

2.6. Sustratos sólidos

Es un medio inerte, que tiene una doble función: La primera para anclar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan (5, 11).

2.6.1. Características de los sustratos

Un sustrato hidropónico debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo (5); por lo que la elección del medio deberemos determinarla según disponibilidad de éste, costo, calidad, etc. (26). No siempre un sustrato

^{1/} BLANDON, A. 1991. Seminario sobre hidroponía social. Santa Tecla, El Salv. ONU-PRODERE. (Comunicación personal).

trato reúne todas las características deseables, por ello a veces se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros. A continuación se describen algunas características que debe tener un sustrato ideal para el cultivo sin tierra :

1. Debe retener cantidad adecuada de humedad y permitir una buena aereación.

La capacidad de retención del agua por un sustrato se determina a partir del tamaño de las partículas, de su forma y de la porosidad (13, 26); es decir que la granulometría ha de ser tal que permita la circulación del agua y del aire en forma equilibrada (5, 11, 13). Es importante tener en cuenta que el sustrato no solamente deberá ser capaz de poseer una buena retención para el agua, sino que también debe poseer buen drenaje; según esto, se debe evitar los materiales excesivamente finos en especial cuando está húmedo, para así prevenirnos de una retención excesiva de agua y de una falta de movimiento del oxígeno dentro del sustrato (5).

En general los mejores sustratos son aquellos que permiten la presencia del 15 al 35% de aire y del 20 al 60% de agua en relación con el volumen total (5, 13).

2. Estabilidad física

El sustrato deberá ser suficientemente duro en orden a poder durar bastante tiempo. Los agregados muy blandos que pueden desintegrarse fácilmente deberán de evitarse, ya que

perden rápidamente su estructura y el tamaño de sus partículas va disminuyendo, lo cual trae como resultado una compactación que produce una pobre aireación de las raíces.

Así, pues, los sustratos de origen granítico serán los mejores, especialmente aquellos que tienen un alto contenido de cuarzo, calcita y feldespato (13, 26).

3. Debe ser químicamente inerte

El sustrato deberá ser químicamente inactivo, o sea, no absorber ni suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representaría una alteración en la solución nutritiva. El aserrín de ciertas maderas, pueden suministrar taninos, los cuales son tóxicos para las plantas (3, 5, 13).

4. Debe ser biológicamente inerte

El sustrato debe ser un medio carente de actividad biológica, al comienzo del cultivo el sustrato debe estar libre de plagas y enfermedades; es peligroso, por tanto, cualquier material que contenga tierra no desinfectada, pues los daños por patógenos como nemátodos u hongos podrían ser fatales en este caso (5, 11, 13).

5. Debe ser liviano

El peso del sustrato determina, obviamente; la resistencia del montaje hidropónico, los tipos de módulos o canales, los soportes para manejar columnas y en general el valor de la infraestructura de acuerdo con el tipo de construcción (5, 13, 29).

x

6. Debe estar disponible

Esta es una condición lógica, pero a veces no tenida en cuenta. En muchas ocasiones el sustrato ideal no está disponible en el medio y olvidamos recursos de la región, que eventualmente podrían reemplazarlo (5, 13).

7. La capilaridad

La capilaridad consiste en que un sustrato tenga la capacidad de absorber agua a través de los microporos y de transportarla en todas las direcciones (5, 13, 26).

8. Debe ser de bajo costo

Generalmente este factor determina antes que todas las otras condiciones, el sustrato a utilizar y usualmente, el principal factor de costo es el transporte, lo cual nos lleva a analizar dentro de las posibilidades y las condiciones del sitio del cultivo hidropónico cual es la escala de costos que implica uno y otro sustrato (5, 13).

2.6.2. Sustratos de origen orgánico

2.6.2.1. Granza de arroz

El grano de arroz está protegido por una cápsula en forma de canoa, conformada, por una estructura celulosa, rica en silicio (3, 5). Dicho material es un sub-producto de la industria molinera, que se produce ampliamente en las zonas arroceras y que ofrece buenas propiedades para ser utilizada de varias maneras (3, 11).

La granza de arroz es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de silicio (15-20%), granulado, extremadamente liviano, resistente a la pudrición y en especial barato. Su densidad oscila entre 0,07 kg/L y 0,20 kg/L. Algunos de los usos que tiene la granza son : Su ceniza rica en sílice y nitrógeno, se usa en suelos ácidos como alcalinizante y nutriente. En construcción, se usa como aislante del sonido y térmico. Se le utiliza sola o mezclada con arena o escoria como sustrato hidropónico entre otras (3, 5).

Como sustrato hidropónico por ser liviano permite una mayor utilización del espacio vertical y horizontal, aunque en algunos casos no ofrece mucha estabilidad a los cultivos, da buen drenaje, buena aereación, pero presenta una baja retención de humedad inicial y es difícil conservar la humedad homogéneamente cuando se usa como sustrato único, por lo que se recomienda mezclarla con otros tipos de materiales o de ceniza de la misma. Tiene buena inercia química, pero puede tener problemas con los residuos de cosecha, como granos de arroz enteros o fragmentos, a la vez que pueden encontrarse semillas de otras plantas, que pueden germinar, generando un problema de malezas (5, 13).

Con el tiempo de uso, la granza de arroz sufre una degradación física, que ocasiona cambios en sus propiedades físico-químicas, las cuales son favorables al desarrollo de los cul

tivos hidropónicos; entre los cambios más notables que podemos observar están: aumento de la retención de humedad y capilaridad. A este proceso se le llama envejecimiento de la granza de arroz (5).

2.6.2.2. Cenizas

Estas pueden obtenerse 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 hidropónicos; a este procedimiento se le da el nombre de lixiviación. No deben descartarse las cenizas más finas, se les dejará secar para luego mezclarlas con las más gruesas y obtener así el medio de cultivo. También puede utilizarse cenizas de origen volcánico que se encuentran en grandes cantidades en lugares que posean volcanes en actividad o dormidos (5, 11).

El carbón vegetal o animal proporciona otro tipo de ceniza también aptas para construir el agregado aunque, con frecuencia, de mayor costo y difícil de obtener en las zonas industrializadas.

2.6.2.3. Aserrines y virutas

El cultivo en aserrín es especialmente popular en zonas que poseen una gran industria forestal, tales como la Costa Oeste de Canadá y de los Estados Unidos (26).

Los aserrines y virutas suelen tener el problema del desconocimiento de su origen, lo que implica un riesgo alto por la eventual presencia de compuestos tóxicos de la madera; sin embargo han sido probados con éxito los aserrines de pino y eucalipto.

El aserrín solo, tiene un pésimo drenaje, aumenta su peso proporcional al agua que retiene, es muy difícil de mojar inicialmente, y causa problemas por encharcamiento. De ahí que es necesario mezclarlo con virutas, para mejorar su drenaje, aun que éstas plantean luego problemas del riego al no permitir una buena distribución de agua horizontal (1, 5, 9).

Los aserrines y virutas son compuestos orgánicos, con una velocidad de descomposición que depende del tipo de madera y que ocasiona en este proceso un alto consumo de nitrógeno, generando deficiencia de este elemento para las plantas, cuando el suministro se hace a niveles normales en la solución nutritiva. El aserrín por ser de naturaleza orgánica tiende a descomponerse con el tiempo, por lo que se recomienda que entre cada dos cosechas deberá rastrillarse y se añadirá una parte nueva, proporcional a la descompuesta o eliminada por fijación a las raíces al retirarse las plantas al final del cultivo (5, 26).

Cuando la madera es transportada a través del mar, es necesario determinar su contenido de cloruro de sodio. En caso de encontrar alguna cantidad mayor de 10 ppm, el aserrín de-

bará ser lavado completamente con agua pura aproximadamente por una semana (5, 26).

2.6.2.4. Turba

La turba consiste en vegetación acuática, pantanosa o de ciénaga parcialmente descompuesta, la composición de los diferentes depósitos de turba varía ampliamente dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición, contenido mineral y grado de acidificación. Existen tres tipos de -- turba: Turba de musgo, de cañaveral y de humus; la primera es la menos descompuesta y proviene de Sphagnum, Eriophorum y otros musgos teniendo una alta capacidad de retención de humedad y alta acidez, pH de 3,8 - 4,5 y conteniendo una pequeña cantidad de nitrógeno, cerca del 1%, aunque con poco o nada de fósforo y potasio. En los cultivos hidropónicos no debería usarse solamente turba como medio de sustentación por ser poco uniforme, lo que podría dar lugar a poco desarrollo de las plantas, sin embargo en pequeñas cantidades puede añadirse arena y vermiculita, tanto para hacerlos más sueltos - como para mejorar la aereación (11, 26).

2.6.3. Sustratos de origen mineral

2.6.3.1. Ladrillos y tejas molidas

Los ladrillos pueden triturarse muy fácilmente utilizando un martillo pesado. Es más conveniente reducirlos a un

tamaño que oscile entre 0,5 y 2 centímetros, lo cual conforma una buena granulometría (11). Son buenos sustratos como retenedores de humedad, dada su extraordinaria porosidad. Cuando las partículas son muy pequeñas presentan problemas de falta de porosidad. Es un sustrato que tiende a degradarse físicamente y por lo irregular de sus partículas pueden presentar los mismos problemas de las gravas. Es necesario cuidar su origen, en cuanto a la presencia de elementos cálcicos o de cemento. Es pesado y de difícil manejo (5, 9).

2.6.3.2. Escoria de hornos

Las escorias son residuos de hornos y calderas, muy utilizadas por floricultores y viveristas para el enraizamiento. Es un buen sustrato, mientras se cuida su granulometría, pues cuando es muy fina, produce encharcamiento y cuando es gruesa tiene los mismos problemas de las gravas (11, 13).

Como sustrato tiende a degradarse físicamente hasta convertirse en polvo. Puede presentar problemas químicos como fijación de fósforo y excesos de boro. El lavado, el suministro de estos elementos y la corrección de la acidez o alcalinidad (pH), son prácticas obligadas cuando se utilizan estos sustratos. En este sentido es bueno hacer ensayos antes de proceder en escalas mayores. Es un sustrato con muy buena retención y distribución de humedad, de peso medio y de suministro irregular en algunos sitios (5, 9).

2.6.3.3. Piedra pómez

La piedra pómez, pumita o lava vítrea, también puede utilizarse, ya que su naturaleza esponjosa y llena de cavidades le permite hasta flotar en el agua (11, 13). Es un material de origen volcánico, muy parecido a la escoria de carbón mineral, la cual se encuentra disponible en diversas zonas volcánicas. Posee muy buena retención de humedad y muy buenas condiciones físicas de estabilidad y durabilidad. A veces puede presentar problemas químicos por excesos de azufre y boro, pero éstos pueden ser eliminados mediante el uso de agua caliente. No trae ninguna clase de enfermedades y desde el punto de vista biológico es completamente estéril; siempre que se extraiga de vetas profundas y no contenga mezclas de tierra. En la actualidad este sustrato ha dado muy buen resultado en el cultivo de orquídeas (5, 19).

2.6.3.4. Vermiculita

La vermiculita se obtiene en forma natural y se clasifica mineralógicamente como silicatos alcalinos de alumina, con cantidades variables de Magnesio. Su nombre se deriva del latín vermis, que significa gusano, si se observan detenidamente las partículas se verá que se curvan ligeramente adoptando la apariencia de pequeños gusanos o lombrices. El mineral en bruto se compone de vermiculita y biotita, en el primero las escamas están adheridas entre sí por medio de agua

y, en el segundo por potasio. Al calentar a una temperatura de 1100 grados Celsius, en agua se convierte en vapor y hará que el mineral aumente de 12 a 15 veces su tamaño original. El producto resultante es estéril, liviano y sumamente absorbente, reteniendo agua y aire. Estas propiedades hacen que la vermiculita resulte muy útil en los cultivos hidropónicos (11, 26). Esta tiene una capacidad de intercambio catiónico relativamente alta y por lo tanto, puede retener nutrientes en reserva y cederlos posteriormente, sus contenidos de Mg y K, aunque bajos son fácilmente disponibles por las plantas. La vermiculita para horticultura se clasifica en 4 tamaños: 1- con partículas de 5-8 mm de diámetro; 2- tamaño más regular de 2-3 mm de diámetro; 3- de 1-2 mm de diámetro y 4- que es la más útil como medio de germinación que va de 0,74 - 1 mm de diámetro (22, 26).

2.6.3.5. Perlita

La perlita es un material silíceo de origen volcánico extraído de los ríos de lava, el material recién sacado se muele y se cierne calentándose a una temperatura de 760 grados Celsius; temperatura a la cual se evapora el agua contenida en las partículas expandiéndose ésta a otras más pequeñas con aspecto esponjoso muy ligeras. Las altas temperaturas del proceso nos dan un material estéril. En las apli

caciones hortícolas el tamaño de la partícula más usada es el de 0,16 - 0,19 cm. La perlita absorbe 4 veces su peso en agua (26).

A diferencia de la vermiculita no tiene intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales. El tamaño fino es útil como medio de germinación, mientras que las partículas mayores son las más apropiadas para mezclar las partes iguales en arenas y turba para sustrato (22, 26).

2.6.3.6. Pumita

La pumita al igual que la perlita, es un material silíceo de origen volcánico, pudiendo utilizarse después de molido y cernido sin necesidad de calentarse, tiene las mismas propiedades que la perlita, aunque es más pesado y no absorbe tanta agua; puesto que no ha sido deshidratado, se utilizan mezclas de turba y arena para el cultivo de plantas en macetas (13, 26).

2.6.3.7. Gravas

Los cultivos en gravas son especialmente útiles en las zonas que tienen gran abundancia de rocas volcánicas tal como ocurre en las Islas Canarias y en Hawái (26). Las gravas o gravillas son pedazos de rocas trituradas artificialmente o encontrados en estado natural en los lechos de los ríos o en canteras; se componen de piedrecillas redondas o

quebradas y toda clase de guijarros, piedra caliza, coral triturado, piedras de sílice o cuarzo, canto rodado, guijas, pizarra machacada y pizarra quemada, entre otros (11).

Las partículas de estas piedras tienen un diámetro de 5-25 mm. El mejor tamaño de las gravas es el comprendido entre 6-12 mm, se puede usar roca triturada pero es mejor la roca redondeada de río (5, 13). Estas deberán de ser lo suficientemente fuertes como para no partirse con facilidad, a la vez que sean capaces de retener suficiente humedad en sus espacios vacíos, y también disponer de un buen drenaje que permita una adecuada aereación de las raíces; para evitar la elevación del pH deberá procurarse que las partículas no sean de material calcáreo (5). Las gravas son en general, buenos materiales para hidroponía de subirrigación, dado que por el tamaño de sus partículas no presentan buena distribución del agua horizontalmente. La capilaridad es muy baja, tienen magnífico drenaje por lo que se pueden utilizar para ese fin; lo afilado e irregular de sus partículas, puede presentar problemas a los cultivos de bulbos o raíces y a los tallos de las plantas (5, 26).

En general este tipo de sustrato requiere de una elevada frecuencia de riego, sobre todo cuando la profundidad del recipiente es pequeño. Para instalaciones con 15-20 cm de profundidad, se pueden requerir hasta 3 riegos diarios (26).

2.6.3.8. Escoria volcánica roja

Estas rocas son de origen volcánico; pertenecen al subtipo de rocas ígneas o eruptivas, de color oscuro. Proviene de un magma interior semifluido que se formó sobre las rocas que lo cubrían abriéndose paso por lugares de poca resistencia, volcándose a veces al exterior en forma de mantos o rellenando cavidades en el interior. En el primer caso constituye rocas efusivas o volcánicas que al enfriarse rápidamente, los cristales que se forman son pequeños y hasta microscópicos. En el segundo caso forman rocas intrusivas pues al enfriarse lentamente, los elementos minerales cristalizan poco a poco y uno después de otro presentando una estructura granular (10, 30).

De acuerdo a su contenido mineralógico son básicas ya que tienen menos del 52% de silicatos. Estas contienen además algunos minerales como: calcio, magnesio y hierro, presentando colores oscuros y son pesados debido al contenido de minerales de hierro (10).

En cuanto a su textura es vítrea (porque tienen estructuras amorfas) sin cristales definidos y ocurre cuando el magma se enfría rápidamente y los cristales minerales no tienen tiempo de formarse, por consiguiente resulta una masa enteramente vitrosa (27).

Su estructura es porosa debido a la gran cantidad de poros que se forman los cuales son el resultado de los gases

que se expanden y que tienden a ser lava en la superficie como espuma (10, 30).

2.6.4. Tratamientos a sustratos orgánicos

A algunos sustratos orgánicos, es necesario hacerles un tratamiento especial antes de usarlos en hidroponía.

Uno de estos sustratos es la granza de arroz, la cual hay que someterla a un proceso de fermentación. Este proceso puede realizarse por dos formas : 1) por humedecimiento de la granza; y 2) por inundación de la granza (13, 26).

2.6.4.1. Fermentación de la granza por humedecimiento

Este proceso se hace con el objeto de eliminar los granos de arroz presentes, para lo cual se procede a humedecerla, ocurriendo ciertas reacciones químicas. Inicialmente los granos de arroz reaccionan con el agua, éstos se hidrolizan, y sus almidones se van convirtiendo en azúcares como la glucosa, la cual a su vez se va fermentando con la consecuente producción de alcohol y ácido carbónico, que son fitotóxicas por vía radicular y causan síntomas similares a los de la clorosis férrica (deficiencia de hierro) en las plantas (5).

La fermentación en condiciones aeróbicas dura de 15-20 días a 18 grados centígrados, y se produce un incremento del pH aproximadamente hasta 7.8; además se presenta en la solución un nivel creciente de glucosa que puede llegar a 2 Cmg/Lt

y se detecta la presencia de espuma y emisión de CO_2 (5).

2.6.4.2. Fermentación de la granza por inundación

Esta es otra forma de fermentar la granza, para tal fin, se debe disponer de un tanque, donde la cascarilla se pueda dejar inundada con agua durante 10 a 15 días. Este sistema permite eliminar insectos que tenga la cascarilla, pero poco se sabe si es efectivo en la destrucción de hongos. Por otro lado este método no es muy efectivo en la eliminación de los residuos de cosecha de arroz, ya que las condiciones anaeróbicas, hacen que la fermentación de los almidones sea demasiado lenta. Durante la digestión, las bacterias anaerobias obtienen el oxígeno a expensas de otros compuestos, entre los cuales hay algunos que contienen azufre en forma de sulfatos. Estos compuestos se reducen y se produce anhídrido sulfhídrico, un gas extremadamente tóxico y fétido. Este gas en muy bajas concentraciones, unido a la carencia de oxígeno elimina todos los insectos que pueda traer la cascarilla (5, 26, 28).

Después de la digestión, que dura aproximadamente de 10 a 15 días, según la temperatura, se deja esparcida la cascarilla al aire, para que se oxigene y se seque (5).

2.6.4.3. Mezclas de sustratos

Una alternativa razonable para trabajar con los sustratos es realizar mezclas en diferentes proporciones. La arena, la escoria o piedra pómez son excelentes mezcladores pa-

ra garantizar la distribución de la humedad (Cuadro 6). - Las proporciones de cada uno de los diferentes ingredientes empleados siempre deberán buscar un acuerdo con las características contempladas en el "Decálogo del Sustrato", sin embargo las mezclas más sueltas podrán servir para cultivos bajo techo y las mezclas más pesadas podrán utilizarse para cultivo al aire libre (11, 26, 28).

La gravilla, el ladrillo picado y el aserrín, mezclados en proporción de una parte de cada uno, ha sido un sustrato bastante generalizado en algunas zonas urbanas y marginales. Mezclas de dos partes de cascarilla de arroz con una parte de arena fina han servido para establecer cultivos verticales, en bolsas plásticas (4).

Cuadro 6. Principales mezclas de sustratos usados en hidroponía social.

MEZCLAS MAS USADAS				
Granza de arroz	1	Escoria	1	
Granza de arroz	1	Arena	1	
Granza de arroz	4	Tierra	1	
Aserrín	1	Escoria	1	
Piedra pómez	1	Aserrín	1	
Granza 1	Aserrín	1	Escoria	1

Fuente : COLJAP, Industria Agroquímica, Los Sustratos. 1991

(5).

2.7. Módulos de cultivo

La función básica de los módulos es contener el sustrato en el cual crecerán las raíces de las plantas.

2.7.1. Características de los módulos

Los módulos de cultivo deben presentar las siguientes características : a) Ser un material que no se descomponga rápidamente; b) que no altere las propiedades de los fertilizantes ni del sustrato (3, 6); c) la profundidad puede ser de 10 a 12 cm, lo cual permite el cultivo de una gran variedad de hortalizas (3).

Para el cultivo de zanahoria y remolacha es preciso construir módulos de mayor profundidad aproximadamente 15-20 cm; d) el ancho del módulo no deberá ser superior a 1,20 m; esto es para un mejor desarrollo de las labores culturales como siembra, aporco, fertilización, transporte (3, 11); e) el largo de los módulos puede llegar hasta 12 m de longitud; sin embargo, se deberá considerar el área a cultivar, la facilidad de transitar, el tamaño y disponibilidad de los materiales para la elaboración del módulo. Los módulos pueden tener patas, a cuales se colocan de acuerdo con la superficie disponible (3, 6).

2.7.2. Tipos de módulos

Entre los recipientes utilizados en los cultivos hidrop⁶

nicos tenemos: cultivos en canaletas, cultivos en bancadas, cultivos en sacos o bolsas individuales, cultivos tubulares horizontales, cultivos en columnas verticales, en la pared, sistema de canales, módulos de bambú, módulos de madera y otros (1, 6).

2.8. Elementos básicos de la hidroponía

Los fundamentos hidropónicos que se deben tener en cuenta para lograr el máximo desarrollo de un cultivo, ya sea ornamental u hortícola, tiene que ver con la correcta utilización de los requisitos necesarios para su desarrollo. Los más importantes de estos son: temperatura, luz, agua, oxígeno, nutrición de la planta y sustratos (9, 11).

2.8.1. Luz

La luz es indispensable para la realización de la fotosíntesis, fenómeno imprescindible en la vida vegetal. Las plantas requieren diferentes cantidades de luz (energía solar) según el tipo de planta y su estado de desarrollo (Cuadro 7). De acuerdo con las exigencias de las plantas, podemos seleccionar el lugar en que se van a cultivar, según el espacio disponible.

En sitios más sombreados o donde la luz solar no ilumina durante todo el día, la iluminación directa de luz solar no debe ser inferior a cuatro horas diarias (3, 9).

X

2.8.2. Aire

La oxigenación adecuada del sistema radicular del cultivo hidropónico resulta fundamental para el éxito final del mismo. Las raíces deben respirar perfectamente para lograr un adecuado desarrollo de la planta. Para conseguirlo, es importante que el sustrato sea poroso de tal forma que el aire circule cómodamente y se trata de darle oxígeno a la zona radicular a través de ciertas prácticas culturales como es el escardado (11, 22).

Cuadro 7. Requerimientos de luz para diversas hortalizas.

Luminosidad Alta	Luminosidad mediana
Repollo	Acelga
Cebolla	Apio
Pepino	Cilantro
Rábano	Espinaca
Tomate	Lechuga
Zanahoria	Perejil
Remolacha	

FUENTE : CENTRO LAS GAVIOTAS, Manual de hidroponía social, 1989 (3).

2.8.3. Temperatura

Entre los varios factores que afectan el crecimiento de la planta, la temperatura es la más importante. Las plantas son capaces de crecer solamente dentro de un estrecho rango de temperatura, aunque muchas pueden sobrevivir en condiciones un poco más extremas (4, 22).

X

La mayoría estará bien ambientada, con una temperatura promedio que vaya de los 10 grados a los 35 grados Celsius. La temperatura ideal para las plantas de climas templados se encontrará entre los 15 y 21 grados Celsius y de 24 a 32 grados Celsius para las especies tropicales. Una temperatura muy elevada, poca luz y poca humedad harán que las plantas se desarrollen muy poco y las hojas se arrugan (11).

Las temperaturas bajas dificultan la absorción de agua y elementos nutritivos, llegando al marchitamiento y a la clorosis. También el exceso de temperaturas altas perjudica abiertamente el desarrollo de la planta (9).

2.8.4. Agua

El agua es muy importante en el desarrollo de las plantas, en la hidroponía, no deja de serlo; sin embargo las plantas cultivadas por este método consumen menos cantidad porque ésta no se comparte con las partículas del suelo, las malezas y otros organismos. La cantidad de agua necesaria para un cultivo, está determinada por el tipo de planta, la edad y el nivel de desarrollo del cultivo, la temperatura, la transpiración, el viento, el sustrato en el cual está sembrado y del tipo de drenaje del módulo o del recipiente de cultivo (4).

En general el consumo diario de agua oscila entre 2 y 3 litros por metro cuadrado (3, 22).

Las aguas a utilizarse en el cultivo hidropónico pueden

ser de pozo, de lluvias (limpias), aguas depuradas o destiladas; las de río o de arroyo pueden utilizarse, siempre y cuando se tenga la seguridad que no estén contaminadas especialmente de sustancias residuales y que su contenido de sales minerales no sea muy alto (4, 9). Así mismo la calidad del agua es fundamental para que el cultivo hidropónico pueda ser llevado a buen fin. Si el agua tiene un contenido superior a 50 ppm de cloruro sódico resultará muy difícil que un cultivo llegue a prosperar en esas condiciones, se notará entonces una disminución progresiva en el crecimiento del cultivo hasta morir (11).

Para superar este problema lo mejor será filtrar el agua pasándola por un tanque atestado de paja, hojas secas o pasto prensado, dejándola estacionar al aire libre por algunas horas.

El agua de lluvia es teóricamente pura, pero en la práctica contiene pequeñísimas cantidades de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono en disolución, como también ciertas impurezas, especialmente cerca de las zonas industriales; pero esas impurezas no tienen importancia para los cultivos hidropónicos (3).

La dureza del agua (alto contenido de ión carbonato), bloquea la absorción de nutrientes claves como el hierro, por ejemplo las aguas duras presentan un gran contenido de sales de calcio y magnesio, mucho mayor que la cantidad que

verdaderamente necesita el cultivo (8, 22).

En zonas de pocas lluvias se han ido incrementando los cultivos hidropónicos como medio para el ahorro de agua, principalmente cuando ésta se obtiene desalinizando el agua de mar o de pozos muy salobres (4).

2.9. Generalidades del cultivo de la remolacha

2.9.1. Origen y distribución de la remolacha

Las formas silvestres de remolacha son propias de las orillas del mar en Europa y en Asia, muy variable en caracteres y duración.

Las formas cultivadas derivan probablemente del Oeste Mediterráneo, son bienales y se cultivan por sus hojas carnosas y más corrientemente por la raíz engrosada. Actualmente se encuentran distribuidas en la mayoría de países del mundo (17).

2.9.2. Taxonomía

Clasificación botánica

Orden	:	Quenopodidas
Familia	:	Quenopodiáceas
Tribu	:	Quenopódicas
Género	:	Beta
Especie	:	vulgaris

2.9.3. Clasificación de la remolacha

Las remolachas agrícolas se dividen en : Forrajeras, azu

careras, semiazucareras y hortícolas.

Las forrajeras contienen un 6% de azúcar, las azucareras contienen entre 17-20% de azúcar; las semiazucareras un 12% de azúcar y las remolachas hortícolas, que son utilizadas en ensaladas y entremesas, son de tamaño pequeño y color vinoso (15).

2.9.4. Importancia alimenticia

La remolacha constituye importantes fuentes energéticas que producen dinamismo y calor, pose 21% de carbohidratos y un elevado porcentaje de agua.

Un kg de azúcar produce aproximadamente 4000 calorías (18). La remolacha se cultiva para el aprovechamiento de sus raíces que se consumen en ensaladas y encurtidos (15) y en muchos países la finalidad principal del cultivo es extraer azúcar de la raíz y obtener subproductos de gran importancia en la fabricación del azúcar tales como: melazas y pulpas. Finalmente las hojas y cuello que resultan del deshojado constituye un buen alimento para el ganado. La melaza que es un subproducto de la fabricación contiene alrededor de la mitad de su peso en azúcar. De melaza se obtiene un 5% aproximadamente del peso de la raíz. La melaza se emplea como alimento del ganado, también se emplea para producir alcohol y preparar levaduras de panificación. La pulpa que es el residuo que queda de las rodajas cortadas después de la extracción del azúcar es un alimento muy rico en agua (95%), pero

luego son prensadas y desecadas, en la forma como se vende al agricultor. Los ganaderos de vacuno de leche son los principales consumidores de pulpa de remolacha ya que ésta representa un lactógeno de primera calidad (14, 18).

2.9.4.1. Utilización

Se utiliza en fresco cocida y condimentada en ensaladas.

La conservación en vinagre llamada también encurtidos, es método que se utiliza en el hogar, conservando la remolacha su aroma y sabor peculiar (20).

2.9.5. Variedades más importantes del cultivo de remolacha.

Las variedades que más se adaptan a los climas tropicales presentan algunas características similares en cuanto a los días a cosecha, forma de fruto y diámetro (Cuadro 8).

2.9.6. Características botánicas

2.9.6.1. Raíz

La raíz es dura, fibrosa y larga en las especies espontáneas, pero mediante el cultivo y la selección se ha transformado en un cuerpo carnoso cónico (15). Hacia abajo globoso o napiforme, rara vez sobresale del nivel del suelo. Su color externo es pardo claro o amarillento y la superficie rugosa, siendo muy característica dos surcos longitudinales casi opuestos y ligeramente espiralados en la mayoría de las variedades, demostrando indicio de riqueza sacarina; en ellos bro-

tan las raíces secundarias las cuales no aparecen en ningún otro lugar de la raíz siendo mucho más abundantes y finos cuanto mayor sea el porcentaje de azúcar (15, 18).

Cuadro 8. Características de algunas variedades de remolacha más importantes en Centro América.

Variiedad	Características	Días a cosecha	Forma de fruto	Diámetro (cm)	Follaje
Crosby Egyptian	Variiedad muy popular de color rojo oscuro con anillos internos más claros.	A los 60 días después de la siembra.	Forma de globo achatado	5	Color verde oscuro brillante 40-45 cm.
Detroit Dark Red 670-02	Una de las variedades de mayor aceptación, de color rojo oscuro.	Se cosecha de los 60-70 días	Redondo aglobado	6-7	Color verde rojizo 30 cm.
Ruby Queen 670-03	Variiedad de gran popularidad, especialmente para fines de enlatado, con pulpa color rojo brillante y textura suave.	Se cosecha a los 55 días después del trasplante.	Forma globosa		
Gladiator	Mantiene buena forma aún plantado en densidades altas.	A los 55 días	Globoso terminado en una fina raíz	6	Color verde rojizo 30 cm.

Fuente : GUDIEL, V.M. Manual agrícola Super B, 1987 (17).
GUERRERO, G.A. Cultivos herbáceos extensivos, 1977. (18).

2.9.6.1.1. Sólidos solubles de la raíz

El azúcar de la remolacha se comenzó a preparar en Europa

desde hace dos siglos, donde la mayor cantidad de azúcar es proveniente de la remolacha. La remolacha azucarera es una variedad de la Beta vulgaris, obtenida por Franz Carl Achard a fines del Siglo XVIII (25).

La sacarosa constituye actualmente el azúcar predominante en la producción mundial. Dos son las fuentes principales de la preparación industrial de la sacarosa: la caña de azúcar y la remolacha azucarera (25).

La época de madurez adecuada se determina midiendo el índice de refracción del jugo, que indica el azúcar presente. La concentración de azúcar no es uniforme en la raíz, aumenta del cuello a la parte central (17%) y luego disminuye hacia la punta en un 10% (14, 25).

Para determinar la densidad de las soluciones de azúcar se usan distintos métodos: Determinación de la densidad mediante el Picnómetro, Balanza de Mohr o bien mediante densímetros graduados como Sacarímetro o con escalas especiales como la Brix. La escala Brix da en grados el equivalente a la concentración de sacarosa por ciento en peso y es muy usada para la verificación de la concentración de jarabes, mostos, etc. (25).

2.9.6.2. Hojas

Las hojas constan de un largo y fuerte pecíolo y de la lámina que se halla recorrida longitudinalmente por el grueso nervio central; la hoja es bastante grande, oval, obtusa

y algo acorazada (12, 15). Las hojas forman una roseta con un 5/13 de filotaxia sobre un compacto y elongado tallo. El largo y el área de las hojas son fuertemente influenciadas por la variedad, número de hojas en las plantas, clima y nutrientes. La cantidad de hojas iniciales en condiciones de un medio ambiente favorable son de un rango de 2 a 4 ó 5 hojas por semana. La cantidad de hojas es menor con luz baja, temperatura baja o puede deberse a una deficiencia en nitrógeno (12).

Cuadro 9. Composición química de la remolacha azucarera.

Elementos	Porcentaje
Agua	75 - 78 %
Fibra	4 - 6 %
Sacarosa	12 - 16 %
Azúcar invertida	0 - 0.3%
Cenizas	0.8 - 1.5%
Materias nitrogenadas	1.5 - 2.5%
Gomas y ácidos orgánicos	0.4 - 0.8%
Grasas	0.2%

Fuente : MONTES, A.L. Bromatología, 1969 (25).
JAPON, Q.J. Cultivo extensivo de la remolacha de mesa, 1984 (20).

2.9.6.3. Flores

Las flores quedan limitadas a unas pequeñas agrupaciones

sésiles (glomérulos), situados en las axilas de las brácteas, cada flor tiene un periantio de 5 segmentos verde-amarillentos y de 5 estambres opuestos a los segmentos del perianto. El ovario es totalmente infero y es portador, en la mayoría de los casos de tres cortos estilos; la polinización es típicamente anemófila y lo normal es la polinización cruzada - (12).

2.9.6.4. Semillas

Las semillas son de estructura compleja, conteniendo cada una, de 4 ó más semilla embebidas en el seno de una masa formada por el tejido del periantio y el receptáculo endurecido; cuando estas semillas o agrupaciones son sembradas, las semillas "verdaderas" germinan in situ, por lo que cada agrupación puede dar lugar al nacimiento de varias plántulas. El tamaño del glomérulo mide aproximadamente de 3-8 mm. La semilla "verdadera" de su interior es pequeña de 1.5 - 2.5 mm (12, 15).

2.10. Factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de la remolacha

La actividad fotosintética de la planta, está determinada por la condición nutricional de la misma y por el medio en que ést. viva. Entre las condiciones que dependen de la plan

ta' están: El contenido de clorofila, superficie de las láminas, longitud del período de crecimiento, edad de las hojas, éstas pierden poco a poco su actividad por envejecimiento. Hay otros factores externos que regulan la actividad fotosintética de la planta y que están interrelacionadas, por ejemplo el clima de cada zona, la luz, el calor, la humedad, la concentración de anhídrido carbónico de la atmósfera (18).

Las temperaturas elevadas y los climas brumosos paralizan el crecimiento de la raíz y la acumulación de azúcares (14, 18).

2.10.1. Temperatura

El clima más apropiado para el cultivo de remolacha es el fresco, con temperatura media de 25 grados Celsius. Bajo temperaturas altas y otras condiciones desfavorables, la raíz de la remolacha desarrolla anillos de color claro alternados con los de rojo o violeta oscuro, lo que se considera un indicador de poca calidad. Si la plantación queda expuesta a temperaturas de 4-10 grados Celsius por 15 días y si el frío prevalece por uno o dos meses, se puede perder el 50% al 100% de la producción por floración prematura (14).

En los países de temperatura moderadas y largas horas de iluminación, la función de asimilación de la planta supera a su función respiratoria. En cambio cuando la duración del día disminuye y la temperatura aumenta como en nuestro país,

la asimilación de fotosintatos se reduce. Con el aumento de la temperatura la función respiratoria se activa con la destrucción de los fotosintatos. La asimilación de la planta desciende y puede cesar sobre los 35 grados Celsius, paralizando el crecimiento de la raíz y la acumulación de los azúcares (18).

En la remolacha de secano hay un momento en que cesa la formación de azúcar y si la riqueza aumenta, sólo se debe a la concentración de jugos en la planta (14, 18).

2.10.2. Luminosidad

La luminosidad ejerce influencia en la calidad de la remolacha; ya que actúa en la formación de los glúcidos que se realiza en los tejidos clorofilianos, produciendo azúcares en las hojas a expensas del anhídrido carbónico. El proceso fotosintético, puede esquematizarse diciendo que bajo la acción de la luz, el CO_2 actúa sobre el agua de las células, produciendo una sustancia que muchos autores asimilan al aldehído fórmico, la cual, mediante su polimerización, da lugar a la glucosa (14).

La remolacha está claramente incluida entre las plantas de día largo. Además, está incluida dentro del grupo de hortalizas que necesitan luminosidad alta para su adecuado desarrollo (Cuadro 10). Si la intensidad de luz es excesiva y va acompañada de temperaturas elevadas puede incluso reducir

la función que realiza la clorofila. Respecto a la composición de la luz se ha visto que es más activa la luz roja que la violeta (14, 18).

Según Becker una intensa iluminación, unida a un período de sequía da lugar a una intensa actividad fotosintética que provoca una formación alta de hidratos de carbono, al mismo tiempo que se reduce el contenido de nitrógeno y elementos minerales de la planta y produciendo un espigado.

La luminosidad conviene a la remolacha porque activa la función cloroflica que repercute en el crecimiento de las raíces y en la concentración de azúcares (14).

Cuadro 10. Necesidades de luz para diversas hortalizas.

Luminosidad alta	Luminosidad mediana
Arveja	Acelga
Brócoli	Apio
Calabacita	Cilantro
Cebolla	Espinaca
Colinabo	Hierbas aromáticas
Pepino	Lechuga
Chile dulce	Perejil
Rábano	
Tomate	
Zanahoria	
Remolacha	
Frijol	
Repollo	

Fuente : CENTRO LAS GAVIOTAS, Manual de Hidroponía social,
1989 (3).

2.11. Nutrición de la planta

Las plantas sanas requieren un gran suministro de nutrientes y cuando éstos son deficientes o no balanceados, no crecen o lo hacen muy lentamente. Los síntomas de falta de estos elementos son bien conocidos por los científicos y los jardineros experimentados. Lo esencial en el trabajo hidropónico es asegurarse de que los cultivos reciban la cantidad óptima de nutrientes en las proporciones adecuadas durante su ciclo vegetativo. Las sales minerales o fertilizantes son los encargados de proveer los elementos nutritivos esenciales para la alimentación de las plantas. Cuando una mezcla fórmula de productos químicos correctamente balanceados, se disuelve en la cantidad de agua que corresponde, dará una fórmula nutritiva o solución capaz de alimentar y mantener un crecimiento continuo a todo un cultivo (11, 13).

De los 92 elementos naturales que se conocen, solamente 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas; no obstante, muchas de éstos no se consideran esenciales para su crecimiento, y su existencia probablemente se deba a que las raíces de las plantas absorben en su entorno algunos elementos que existen en forma soluble. Las plantas, no obstante, tienen la habilidad de seleccionar la cantidad de diversos iones que absorben, y según la especie puede variar esta habilidad de seleccionar cada uno de los iones en particular (13, 25).

Un elemento deberá cumplir cada uno de los tres criterios

que expondremos a continuación para ser considerado esencial en el crecimiento de las plantas: 1) La planta no podrá completar su ciclo de vida en la ausencia del elemento; 2) La acción del elemento debe ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente; 3) El elemento deberá estar directamente implicado en la nutrición de la planta; esto es, ser un constituyente de un metabolito especial o esencial, o por lo menos, ser necesaria su presencia por la acción de una enzima esencial y no ser simplemente la causa de que otros elementos sean más fácilmente asimilables, o ser al menos un antagonista de un efecto tóxico de otros elementos (4, 26).

Solamente 16 elementos están generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Estos están arbitrariamente divididos entre macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes (macroelementos) son aquellos requeridos relativamente en gran cantidad por las plantas, y los micronutrientes (elementos traza o menores), aquellos que son necesitados en menor cuantía (13, 22, 26).

Los macroelementos incluyen: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Azufre (S), y Magnesio (Mg).

Los microelementos incluyen: Hierro (Fe), Cloro (Cl), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu), y Molibdeno (Mo) (22, 26).

En los cultivos hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disueltos en agua, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad puesto que deben permanecer en solución para ser tomados por las plantas (8, 25). Al utilizar sales minerales o fertilizantes deben considerarse la disponibilidad de estos elementos en el mercado, su facilidad de almacenamiento, solubilidad y costos (26).

No existe una diferencia fisiológica entre las plantas que crecen en un cultivo hidropónico y aquellos que lo hacen en el suelo. En el suelo, tanto los componentes orgánicos como inorgánicos deberán ser descompuestos en elementos inorgánicos tales como: Calcio, Magnesio, Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Hierro, y otros; antes que ellos estén a disposición de las plantas, estos elementos están adheridos a las partículas del suelo y se intercambian en la solución de éste, donde son absorbidos por las plantas. En los cultivos hidropónicos, las raíces de las plantas son humedecidas con una solución de nutrimentos que contienen estos elementos; por lo tanto, el proceso de utilización de los minerales por las plantas es el mismo (7, 13).

La nutrición de la remolacha, al igual que otras especies que han de crear gran cantidad de materia en un lapso de tiempo no muy largo, requiere un estudio mucho más cuidadoso del que se podría deducir de la forma en que generalmente se practica. En efecto, basta considerar los múltiples factores

que influyen en el aprovechamiento de los fertilizantes como: constitución del sustrato, nutrimentos extraídos por la planta, retención y fijación por el complejo, humedad, aereación, movilidad de los nutrientes, drenaje y reacción del suelo - (18).

La constitución física de algunos sustratos usados en hidroponía influyen grandemente en la aplicación de los fertilizantes.

2.11.1. Nutrimentos extraídos por la planta

Para obtener una cosecha de 15,000 docenas ó 400 qq de remolacha/mz, el cultivo extrae del suelo ciertas cantidades de nutrimentos puros que se detallan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Cantidades de nutrimentos puros extraídos por la remolacha en kg/ha.

Nutrimento extraído	Cantidad extraída por la planta (kg/ha)
Nitrógeno	111,36 kg
Fósforo	40,91 kg
Potasio	181,82 kg

FUENTE : GUDIEL, V.M. Manual agrícola Super B, 1937 (17).

De acuerdo con el análisis de suelo y la cantidad de nutrimentos que el cultivo extrae, se podrán utilizar cualquiera de las fórmulas de fertilizantes que se adapte a las necesidades del cultivo.

2.12. Acción de los principales elementos sobre la remolacha

2.12.1. Nitrógeno

El nitrógeno es aquel que produce los efectos más rápidos y evidentes especialmente en el desarrollo foliar. Este elemento como parte integrante de la albúmina protoplasmática, favorece el desarrollo de los órganos verdes, la función clorofílica y la producción de azúcar (16, 18).

El exceso de nitrógeno ejerce efectos negativos, ya que lo rápido y espectacular de sus efectos puede enmascarar su verdadera acción sobre la raíz. Para tal fenómeno, bastan dos o tres días, en coyunturas favorables, para que mejore sensiblemente el aspecto de la planta, provocando una reducción en la acumulación de reservas en la raíz afectando el peso y el tamaño de la misma, favoreciendo el desarrollo excesivo de la parte aérea; también produce una disminución de la riqueza sacarina; disminuye la capacidad de movilización de los azúcares a la raíz, y da lugar a un incremento en el porcentaje salino de la remolacha. La resistencia de las hojas a las enfermedades se ve reducida, lo que está relacionado con la debilitación de las membranas celulares (18).

Una vez que las hojas han completado el desarrollo foliar, se inicia el crecimiento de la raíz. El azúcar formado en las hojas va acumulándose en las raíces, razón por la cual in

teresa tener muchas hojas que permanezcan activas el mayor tiempo posible. Si la cantidad de nitrógeno no es absorbida en el momento oportuno la planta prolongará su fase vegetativa para garantizar su estabilidad, afectando con ello la etapa de engrosamiento de la raíz, la disminución del azúcar, el aumento del contenido de nitrógeno perjudicial en las raíces y por lo tanto retrazando la maduración (16, 18).

Naturalmente que este efecto, se ve reforzado cuando se trata de abonos amoniacales en lugar de nítricos, ya que los amoníacos son de acción lenta.

El nitrógeno nítrico, es la forma bajo la cual la planta absorbe la mayor cantidad de dicho elemento, el cual no es retenido por el poder absorbente del suelo, presenta un alto grado de solubilidad, por lo que no necesita mayor participación de la flora microbiana bajo esta presentación para ser absorbida por las raíces de las plantas (18). Este aspecto es muy importante, si se considera que los sustratos en hidroponía son química y biológicamente inertes.

Los abonos amoniacales presentan una ligera ventaja sobre los nitratos, especialmente en las tierras de consistencia medía. Ello es debido a que las pérdidas de nitrógeno son menores a causa de que el amonio puede no sólo ser retenido, sino también fijado por el complejo de adsorción; por lo tanto es preciso reservar una parte de la dosis nitrogenada para el momento de la siembra, con el fin de cubrir las primeras necesidades de la remolacha (16).

Para minimizar los problemas antes mencionados debe seleccionarse el momento oportuno para la adición de estos abonos, lo cual depende de varios factores entre los que se destacan el ciclo vegetativo y las características agroclimáticas; por lo que deberá realizarse de manera que:

- Asegure la rápida iniciación del desarrollo de la planta.
- Evite la absorción tardía de nitrógeno (16, 18).

2.12.2. Fósforo.

El fósforo favorece el desarrollo de las raíces, y la formación de azúcares, la proliferación celular, la formación de albúmina y sustancias grasas. Uno de los factores más notables es la aceleración de la maduración, también incrementa en el desarrollo de las raíces especialmente en las primeras fases. El fósforo incrementa el metabolismo de las primeras membranas celulares, lo que hace a la remolacha menos vulnerable a la infección (14, 16).

La deficiencia de fósforo produce una erección en las hojas y es difícil la formación de azúcar (18).

Cuando la absorción fosfórica es óptima el nitrógeno se emplea íntegramente en la emisión de hojas y desarrollo de las raíces cuyo peso alcanza entonces valores máximos. Cuando hay deficiencia de este elemento se nota fácilmente por la falta de concentración de sacarosa (14).

El fósforo ejerce una acción indirecta, pero evidente sobre, la calidad y el % de sacarosa; acelera la maduración de

la raíz, asegura un favorable aprovechamiento del nitrógeno, y es tanto más necesario cuanto más abundan las materias nitrogenadas (18).

Aunque la remolacha azucarera absorbe cantidades moderadas de fósforo, este elemento es tan indispensable como los restantes para la formación de sacarosa.

Las aportaciones excesivas de fósforo pueden reducir el rendimiento, este fenómeno parece tener su origen en la maduración prematura, la cual impide a la raíz alcanzar su peso normal (18).

Es de notar que las combinaciones de fósforo con diversas bases son más notables que las sales de otros nutrientes, y también de más lenta y difícil movilización. Por ello, la remolacha puede sufrir insuficiencia fosfórica en su primera fase vegetativa, ya que el sistema radicular no se ha desarrollado todavía lo suficiente para explorar el volumen de tierra necesario, del que debe extraer la cantidad que la planta precisa de dicho elemento o nutriente (18).

2.12.3. Potasio

Es el principal mineral que figura en el desarrollo de la remolacha, el K_2O , ocupa un 50% de la ceniza de la raíz.

El potasio ejerce una acción moderadora de los efectos nocivos del exceso de nitrógeno, al demorar la maduración compensa el retraso producido por el fósforo. El potasio goza -

de gran movilidad dentro de la planta, lo que activa la penetración del agua en las raíces y de los restantes nutrientes, al propio tiempo que ejerce funciones neutralizadoras en el interior de la célula (23). También mejora las propiedades mecánicas de la raíz, especialmente en lo que concierne a su elasticidad. En la parte foliar el potasio juega un importante papel en la formación de las materias protéicas de la hoja aunque abunda más en el pecíolo que en el limbo. Desempeña un papel primordial en la génesis de los hidratos de carbono, de las grasas y del almidón, pues dependen esencialmente de la acción del potasio. El potasio suministra electrones a las hojas para la síntesis de azúcares, grasas, proteínas y otros principios inmediatos y juntamente con el fósforo permite una eficacia completa al nitrógeno, que produce los mejores rendimientos cuando mayor es la absorción de fósforo y potasio (16, 18).

Resumiendo la acción del potasio sobre las funciones vegetativas cabe señalar que juega un importante papel en la génesis del almidón y consecuentemente en la de sacarosa, incrementa la asimilación de materia protéica; y desarrollo de las raíces, facilita la absorción del agua y del nutriente en ella disueltos, hace a las plantas menos vulnerables a las adversidades y contrarresta los efectos negativos del nitrógeno y del fósforo (18).

2.12.4. Azufre

Al igual que el nitrógeno y el fósforo el azufre es absorbido abundantemente en las primeras fases vegetativas, existiendo en las hojas una neta correlación entre el azufre y el nitrógeno. Es muy importante la acción del azufre -- en la interacción de los glúcidos, hasta el punto que supera el nitrógeno en tal importante función (23). En la llanura del Po en Italia, se ha comprobado un aumento de riqueza y producción de sacarosa/ha con el empleo de azufre o de yeso.

2.12.5. Calcio

Es un elemento indispensable para el crecimiento de los meristemos especialmente de los radiculares. Representa por término medio, el 0.04% de la materia seca de la remolacha. No es muy frecuente que el calcio actúe aisladamente como elemento regulador del rendimiento, ya que su acción depende del compuesto del que forme parte. El porcentaje de calcio llega al máximo en la hoja cuando cesa su actividad.

La relación Calcio-Magnesio de la porción foliácea permanece casi invariable, mientras que el fósforo, magnesio y calcio actúan conjuntamente en las últimas semanas del ciclo vegetativo (16).

2.12.6. Magnesio

El papel del magnesio es muy importante en la mayor par-

el interior de la planta (14, 23). La cantidad de boro a añadir es de 15-20 kg/ha de borato sódico, no debe superarse estas dosis pues un exceso de boro puede producir efectos tóxicos a las plantas (14).

2.12.7.2. El magnesio, molibdeno, cobre, zinc :

Son necesarios para el desarrollo de las plantas de remolacha; pero su acción específica no ha sido todavía bien definida (23).

2.12.7.3. Cloro

La lámina de la hoja contiene poco cloro, el cual se acumula en el pecíolo. La absorción del cloro se halla en relación inversa con la del azufre e indirecta con la del sodio; que en la raíz disminuye el porcentaje de cloro a medida que se acumula la sacarosa.

Sodio :

Este nutriente es indispensable para el desarrollo de la remolacha azucarera, pero generalmente no se precisa adiciones aisladas de dicho elemento, ya que se suministra con el nitrato sódico (16, 18).

La remolacha azucarera es una de las plantas más exigentes en sodio, siendo su eficacia considerable cuando la planta dispone, al propio tiempo, de cantidades adecuadas de po-

tasio asimilable. El sodio se acumula con regularidad en las hojas a medida que transcurre el ciclo vegetativo ya que la remolacha es muy ávida en este elemento (16, 18).

El ritmo de absorción es muy semejante al del potasio, pero éste actúa inmediatamente para formar parte de los tejidos de las primeras hojas, mientras que el sodio lo hace más tarde y emigra a las viejas al final del ciclo (14).

2.12.7.4. Manganeso

Su papel en la fisiología vegetal es importante principalmente en la actividad de diversas enzimas. El suelo, en general, está muy bien provisto de sales de manganeso, pero este elemento puede encontrarse de tal forma que no puede ser asimilable por la planta, especialmente en suelos calizos o en suelos ácidos encalados excesivamente; por lo que se producen carencias sobre todo en cereales, guisantes, remolachas y frutales (17,23).

Las escorias son grandes proveedoras de manganeso al suelo, ya que contienen de 20-50 kg/Tn (16).

2.12.7.5. Aluminio

En estudios realizados por Keser (14), para determinar si había tolerancia diferencial al aluminio en cultivares de remolacha y se determinó que a 0 ppm de aluminio los ocho cultivares en estudio presentaron desarrollo normal anatómico y

morfológico (14, 17).

A 4 ppm de aluminio, los 2 cultivares más susceptibles presentaron grandes acumulaciones de fosfato de aluminio, las zonas meristemáticas de las raíces primarias y laterales de estas plantas, perdieron sus patrones normales de organización y su crecimiento fue inhibido.

Este estudio además indicó que la tolerancia diferencial puede ser determinada por estados tempranos de desarrollo (14, 23).

En el Cuadro 12, se presentan las deficiencias nutricionales que se encuentran en el cultivo tradicional.

2.13 Labores culturales

Son aquellas que nos permiten darle un buen manejo para un magnífico desarrollo de los cultivos.

Entre las labores culturales tenemos: siembra, raleo, escardado, aporco, riego (15).

2.13.1. Siembra

Se realiza manualmente a chorrillo, o por postura; el distanciamiento en suelo es de 40 cm entre surco y 12 cm entre planta; y los distanciamientos en hidroponía se reducen sustancialmente en más de un 50% con relación al sistema geopónico como 12 x 12 cm y 15 x 15 cm.

Cuadro 12. Deficiencias nutricionales que se presentan en el cultivo tradicional de remolacha.

ELEMENTO	SINTOMAS DE DEFICIENCIAS
NITROGENO	<ul style="list-style-type: none">- El color verde claro en la lámina que puede convertirse en amarillo si la escasez es muy acentuada.- Las hojas que ocupan una posición erecta tienden hacia la horizontal.- Los síntomas de deficiencia de este elemento son semejantes a los de escasez de manganeso, ya que sólo difiere en que la decoloración de la hoja es total cuando la provisión de nitratos resulte insuficiente.
FOSFORO	<ul style="list-style-type: none">- Color verde oscuro de las hojas, que en los casos más graves vira al rojizo en la periferia.- Produce la erección de las hojas, pues aparecen casi verticales.- Cuando la insuficiencia de fósforo persiste por mucho tiempo el limbo adquiere un verde claro, que vira lentamente a amarillo, este síntoma es muy parecido a la deficiencia de nitrógeno.
POTASIO	<ul style="list-style-type: none">- Color verde azulado que se acentúa en las nervaduras, esta tonalidad comienza para virar a amarillo a partir del ápice foliar de las hojas más viejas, cuya coloración se propaga a la porción perimetral luego al eje central, siguiendo las zonas inter-nervias. Posteriormente aparece el color pardo oscuro en los bordes foliares.- Superficie claramente ondulada del limbo y la curvatura hacia abajo de sus bordes.
BORO	<ul style="list-style-type: none">- Debilitamiento de la planta haciendola fácilmente vulnerable a la podredumbre del corazón.
CALCIO	<ul style="list-style-type: none">- Reducción del desarrollo radicular y efecto de modo característico el aspecto de la hoja.- Puede ocasionar indirectamente la acumulación de otros nutrientes en los tejidos, provocando un desequilibrio que perjudica el desarrollo vegetativo con baja en la producción.

Fuente: MEIA MEIA, P. Cultivos de riego, 1963 (16), y GROSS, A. Abonos; Guía Práctica de la Fertilización, 1976 (16).

La profundidad de siembra es de 1.5 cm del sustrato, la terminación comienza a los 2-3 días de sembrado y en cada postura germinan de 3-4 plantas (14, 15).

2.13.2. Raleo

El raleo consiste en dejar una sola plantita de las tres que genera cada glómérulo (15).

El aclare o raleo debe hacerse oportunamente; cuanto más se tarde en hacer el raleo, la operación resulta más costosa y el cultivo se resiente (14, 15).

2.13.3. Aporco

El aporco se deberá realizar en el cultivo de la remolacha a los 15 días, a fin de estimular el engrosamiento de la raíz (14).

2.13.4. Escardado

Consiste en la remoción del sustrato, para mejorar la aereación de las raíces. Ya que algunos sustratos tienden a compactarse produciendo una pobre aereación en la zona radicular de la planta (5, 7).

2.13.5. Riego

El cultivo de la remolacha no tolera excesos de agua, por lo que se recomienda riegos frecuentes poco voluminosos. Para repetir el riego no debe esperarse a que las hojas aparez

cañ marchitas, porque en tal caso existe alteración irreversible del metabolismo vegetal, entonces volver a regar cuando el suelo está agrietado y se inclinan los folíolos hacia abajo al mediodía. Como regla general los riegos han de aumentarse durante la formación y desarrollo de la raíz (15).

Las necesidades de agua de la remolacha son considerables, la superficie foliar puede considerarse como una de las más desarrolladas dentro de los diferentes cultivos. Como la transpiración se realiza a través de las láminas, las plantas expulsan grandes cantidades de agua que deb. de tomar previamente del suelo (14, 15).

La remolacha se desarrolla mal en terrenos encharcados, y cuando el encharcamiento ocurre por los riegos cuando la raíz ya está desarrollada, este encharcamiento produce disminución de riqueza sacárida y constituye focos de enfermedades bacterianas en la raíz (15).

El suministro de agua en las plantas, está íntimamente relacionado con el suministro de oxígeno que se necesita para la respiración del sistema radicular de las plantas. Un exceso de agua aunque no sea en esencia contraproducente reduce el suministro de aire a las raíces (15).

2.13.6. Cosecha

El momento óptimo para la recolección de la remolacha ocurre cuando ésta no puede almacenar más azúcar; momento en que

ha alcanzado su madurez fisiológica (14). Ello también depende del ciclo vegetativo de cada variedad, que generalmente oscila de 55-70 días.

La calidad de la remolacha dependerá mucho de que la recolección se efectúe en el momento óptimo de madurez fisiológica. Con respecto al problema de la riqueza en azúcar y a la época de recolección, no se puede perder de vista que lo que realmente interesa no es el porcentaje de azúcar, sino la cantidad de azúcar producida/Ha (14, 17).

Este aumento que se produce no lleva implícito un aumento de azúcar/Ha, sino que, más bien es debido a la pérdida de humedad en las raíces (14, 15).

2.13.7. Control natural de plagas y enfermedades

El control de las plagas a través de extractos naturales está basado en tecnologías sencillas, que cualquier persona puede preparar (12).

Este tipo de control de plagas es muy antiguo, los colonizadores aprendieron de la población local que existían determinadas plantas con las cuales se pueden combatir las plagas. Luego de una investigación extensiva se introdujeron en las colonias los cultivos de plantas insecticidas. A esta época pertenecen las primeras investigaciones fundamentales sobre las plantas insecticidas.

Después de la segunda guerra mundial, estos intentos fueron desplazados por los pesticidas sintéticos (19, 25).

A partir de 1980, se comienza nuevamente a trabajar con plantas insecticidas. Después de reconocer los problemas ocasionados por los pesticidas sintéticos, renace el interés por las plantas insecticidas.

La investigación científica ha aportado conocimientos e información importantes sobre características y potencial de las plantas insecticidas. Sin embargo, no está necesariamente orientada a que el campesino elabore sus propios productos con mayor eficiencia, sino cómo sobre esas bases encontrar productos comerciales compatibles con el medio ambiente (4, 26).

La protección de cultivos no puede consistir nunca en una sola medida, y no pretende sustituir las medidas preventivas existentes, sino complementarlos a corto plazo. Su efecto no es tan alto como el de los insecticidas sintéticos. Visto a largo plazo el método de protección natural de cultivos tiene las siguientes ventajas :

1. Reduce el riesgo de la resistencia
2. Tiene menos consecuencias letales para los enemigos naturales de las plagas.
3. Reduce el riesgo de aparición de plagas secundarias
4. Es menos nocivo para el hombre.
5. No ocasiona daños en el medio ambiente como los agroquímicos.
6. No condiciona dependencia del aprovisionamiento con productos químicos.

7. Puede significar menores costos financieros.

Dentro de los extractos muy útiles para el control de plagas tenemos: Extracto de ajo, cebolla, chile, tabaco y sábila; algunos de estos además de poseer características insecticidas presentan características fungicidas (12, 31).

El mejor método de controlar enfermedades, es el preventivo.

Los insectos también están relacionados con el control de enfermedades. Algunos virus pueden ser transmitidos por los áfidos. Otros insectos dejan heridas en las frutas y el follaje por donde pueden penetrar enfermedades. Un buen programa de control de insectos, es importante para el control de enfermedades, en los cultivos (26, 29).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del estudio

El trabajo experimental se realizó en un lote ubicado en el final de la Calle 15 de septiembre # 285, Barrio Candalaria, Municipio de San Salvador, durante los meses de mayo a julio del año 1991. Dicho lugar está ubicado a una altitud de 680 metros sobre el nivel del mar; las coordenadas geográficas son: 13.41 latitud norte y 89.12 longitud este.

3.2. Condiciones climáticas del lugar

Con el propósito de conocer y analizar las condiciones climáticas del lugar, durante el período en que se realizó el ensayo; se colectaron datos mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial de la estación meteorológica ubicada en la Universidad de El Salvador.

3.3. Preparación de módulos

3.3.1. Construcción

Se construyeron camas de siembra de 1.0 metro de ancho por 3.0 metros de largo, colocando sobre la base reglas de 10 cm de ancho, espaciadas a 7 cm en los módulos donde se utilizó como sustrato la escoria volcánica; y donde se usó como sustrato la granza de arroz, fueron espaciadas a 10 cm,

ya que dicho sustrato es más liviano. Cada metro cuadrado de módulo fue separado por una división que permitió la ubicación de los diferentes tratamientos y evitó la contaminación entre ellos, la profundidad fue de 0.10 metros con una altura sobre el suelo de 0.30 metros (Figura 1).

3.3.2. Plastificado

El plastificado consistió en forrar las camas de siembra con plástico negro calibre 200 para evitar que en los tratamientos se lixiviaran los nutrimentos. El plástico se agujereó para permitir el escurrimiento del exceso de agua de riego o de lluvia. También el plastificado permite en la cama de siembra un ambiente similar al del suelo, además el forro casi total del módulo, permite alargar la vida útil del mismo. La cantidad de plástico que se utilizó en cada módulo fue de 4 m².

3.4. Selección y preparación de los sustratos

Los sustratos seleccionados para este estudio fueron escoria volcánica roja y granza de arroz. Ambos se seleccionaron por presentar características adecuadas y cumplir la mayoría de los requisitos para ser utilizados en hidroponía social.

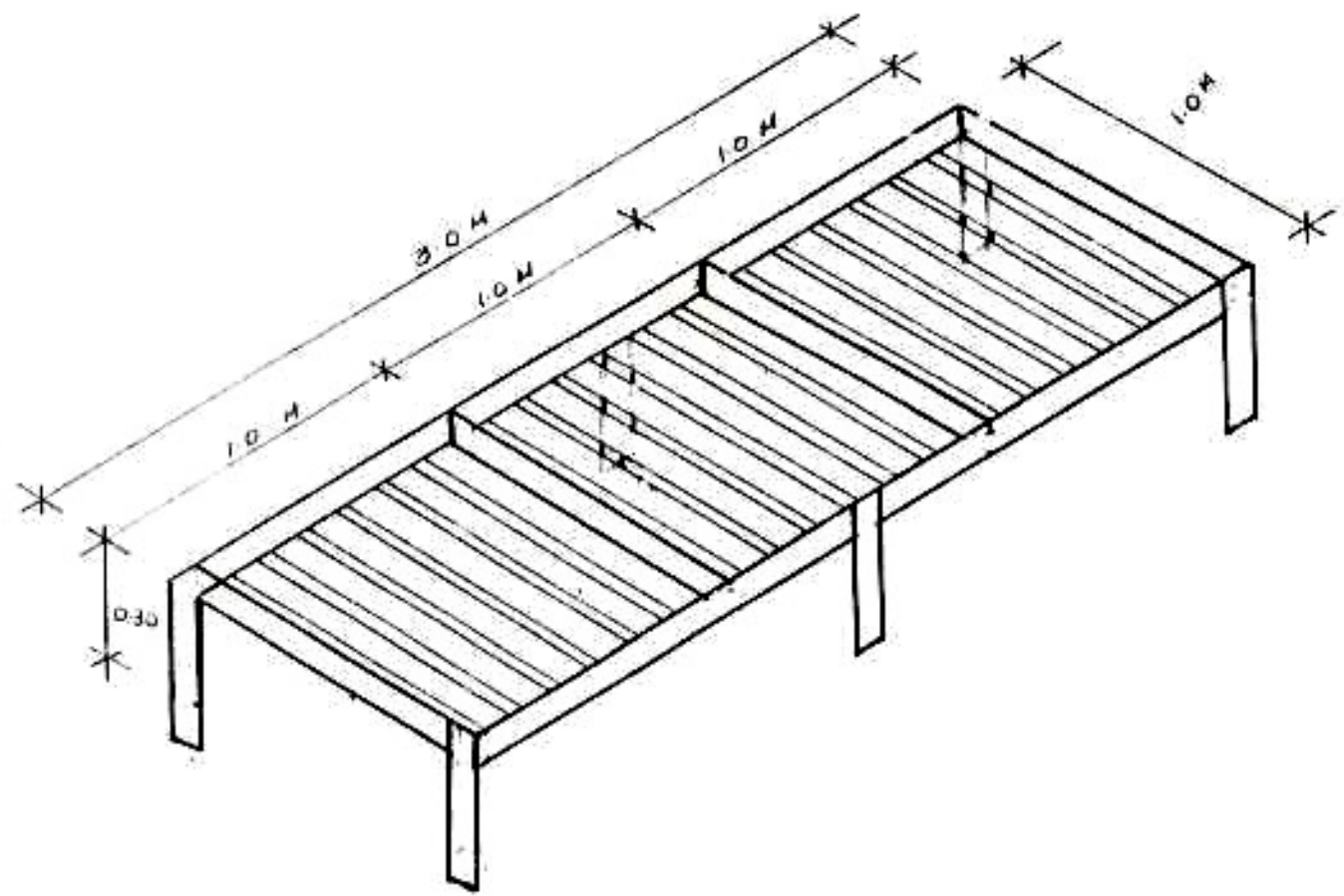


FIG. 1 MODULO HIDROPONICO TIPO
ESC. 1: 100
DIMENSIONES 1.0 x 3.0 x 0.10 Mts.

X

3.4.1. Escoria volcánica roja

La escoria volcánica se obtuvo de una cantera ubicada en el cerro El Cerrito, Jurisdicción de Quezaltepeque, Departamento de San Salvador. En el lugar del ensayo se procedió a la realización de los siguientes tratamientos: análisis físico-químico, tamizado y lavado.

Análisis Químico.

De la escoria volcánica ya procesada se tomó una muestra de 1 kilogramo de peso y fue enviada al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas para su análisis químico (Cuadro 15).

Tamizado.

El tamizado se hizo con la finalidad de separar las partículas por su tamaño y utilizar las más pequeñas, con el propósito de aumentar el área de superficie para una mayor retención de agua y nutrimentos. Para este tratamiento se utilizó una malla de 3 mm de diámetro y otra de 5 mm.

Lavado.

El lavado consistió en aplicar agua a la escoria volcánica durante 15 minutos, para eliminar las impurezas que pudiera tener.

X

3.4.2. Granza de arroz

La granza de arroz se obtuvo en el Molino Jiboa, ubicado en las cercanías de la Terminal de Oriente en San Salvador. Posteriormente se procedió a darle un tratamiento fermentativo para ser utilizada como sustrato.

Fermentación.

La fermentación consistió en colocar la granza en un medio húmedo cubierto con plástico transparente para evitar contaminación con las partículas del suelo y aumentar la temperatura para acelerar el proceso de fermentación. El período de fermentación fue de 15 días, con el objeto de eliminar los granos de arroz que estuvieran presentes; los cuales liberan alcoholes tóxicos a las plantas por vía radicular.

Ceniza de granza.

La ceniza de granza se obtuvo del Molino San Francisco, ubicado en Rosario de La Paz, Departamento de La Paz.

Mezcla de la granza de arroz con ceniza de granza.

Para utilizar la granza de arroz como sustrato, se mezcló con ceniza de la misma granza, en proporción de 2:1, con el objeto de mejorar su estructura para un mejor desarrollo del cultivo.

3.4.3. Colocación de los sustratos en los módulos.

Este consistió en depositar la escoria volcánica y la granza de arroz dentro de las camas de siembra, distribuidos uniformemente. La escoria volcánica se distribuyó en dos capas; una conteniendo partículas de 5 mm de diámetro ubicados en los primeros cuatro centímetros y otra capa de 3 mm de diámetro en los 6 cm restantes, esto se realizó con el propósito de darle una mayor aireación a las raíces del cultivo y mejorar el drenaje.

3.5. Desinfección de los sustratos

Para desinfectar los sustratos se combinaron dos formas de tratamientos : La solarización y la aplicación de agua hervida a una temperatura aproximada de 95 °C.

La solarización consistió en colocar un plástico negro en la parte superior de los módulos, durante 15 días, para aumentar la temperatura del sustrato a 70°- 80 °C eliminando de esta forma la mayoría de microorganismos patógenos; posteriormente antes de la siembra fueron tratados con agua hervida utilizando alrededor de 6 a 8 litros por metro cuadrado.

3.6. Establecimiento y manejo del cultivo

3.6.1. Prueba de germinación

Las semillas de remolacha variedad Crosby Egyptian fue-

ron sometidas a una prueba de germinación, colocando 30 semillas en condiciones apropiadas. Como resultado se observó a los tres días 100% de germinación.

3.6.2. Siembra

La siembra se efectuó en forma directa, colocando una semilla cada 5 cm con un distanciamiento entre surco de 16 cm, dejando un margen de 8 cm en cada extremo de los módulos, quedando distribuidos 6 surcos por metro cuadrado. Después de la siembra se procedió a colocar sacos de yute para acelerar el proceso de germinación y mantener la humedad; luego al comienzo de la germinación, los sacos fueron retirados (Figura 2).

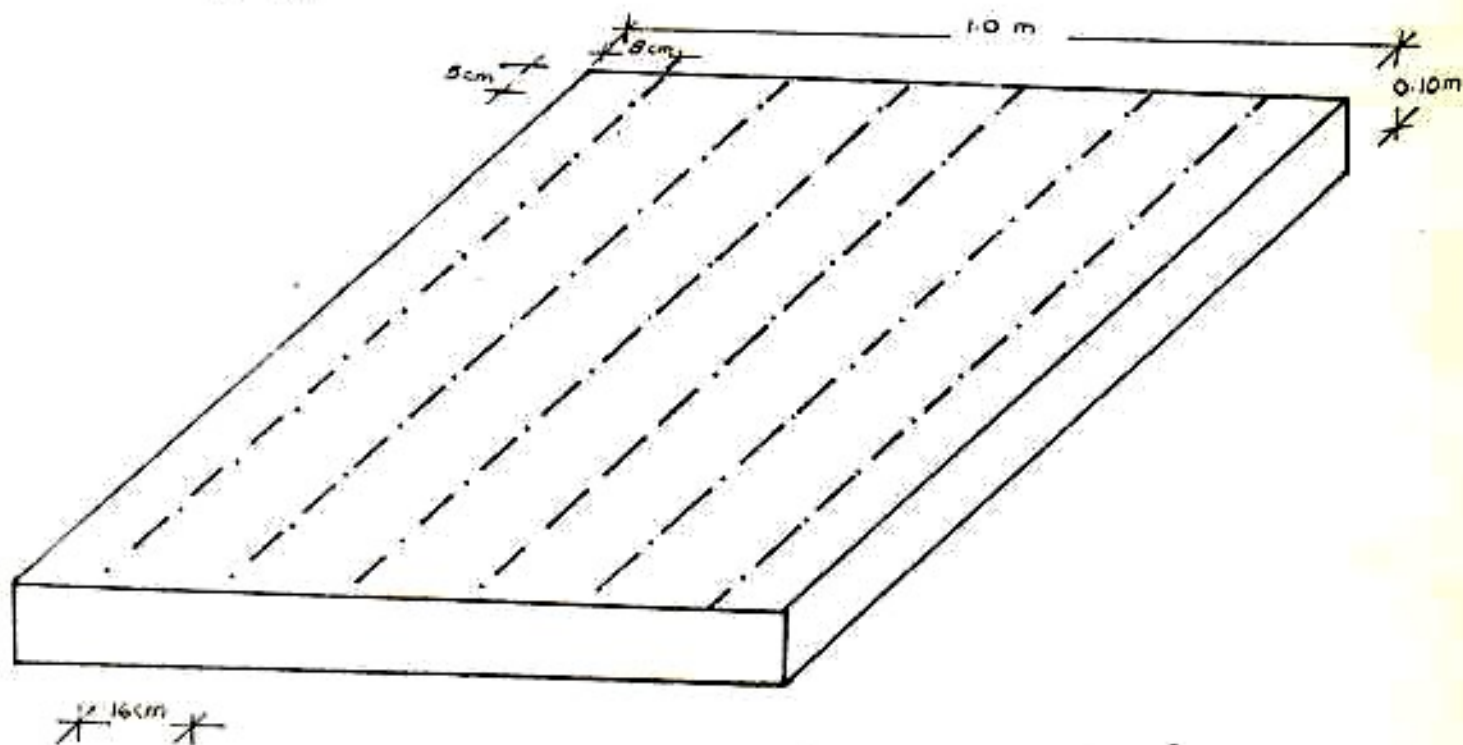


Figura 2. Distanciamiento entre surcos, entre plantas y márgenes laterales en un metro cuadrado de módulo. Esc. 1:100.

3.6.3. Raleo.

El raleo se efectuó a los 14 días después de la siembra, dejando el distanciamiento definitivo de 16 cm entre surco por 10 cm entre planta.

3.6.4. Aporco.

Se hizo a los 15 días de la siembra y después del raleo, con el objeto de fijar las plantas adecuadamente al sustrato e impedir el afloramiento de las raíces, estimulando de esta manera el engrosamiento de las mismas.

3.6.5. Escardado.

Se realizó cada 5 días, con el objeto de proporcionar un mayor contenido de aire a las raíces, evitar la compactación del sustrato y el exceso de humedad cerca de las plantas, que podría eventualmente facilitar la incidencia de enfermedades o plagas.

3.6.6. Riego.

Los módulos estaban al aire libre expuestos a la precipitación pluvial. Sin embargo cuando fue necesario se mantuvo a capacidad de campo el sustrato. La cantidad de agua aplicada por metro cuadrado durante el día fue de 8 litros, en dos riegos.

3.6.7. Control de plagas y enfermedades.

Se hicieron observaciones periódicas para detectar la presencia de plagas y enfermedades. El control de plagas se realizó con base a un programa de aplicaciones preventivas de diferentes extractos botánicos de cebolla, de ajo y de chile. Las aplicaciones de estos extractos se hicieron a intervalos de 5 días; además se colocaron alrededor de los módulos bandas de plástico amarillo impregnadas de aceite de motor, con el objeto de atraer y atrapar la mayor cantidad de insectos. La preparación de los extractos botánicos se presenta en el Cuadro A-1.

Para el control de enfermedades se elaboró un programa preventivo sencillo, que consistió en dos aplicaciones de Ridomil a 200 ppm. Se realizaron algunas labores culturales como podas, para mejorar el microclima del cultivo, y se trató de evitar heridas y otros daños que favorecieran la entrada de patógenos (21, 22).

3.7. Tratamientos

Los tratamientos en estudio se basaron en la utilización de tres fuentes de fertilizantes aplicados al cultivo hidropónico de la remolacha, usando como sustrato la escoria volcánica roja y la granza de arroz.

Se diseñaron tres programas de fertilización, los cuales se detallan en el Cuadro 13. El primero tuvo como base

la solución nutritiva, paquete hidropónico COLJAP. En el segundo programa utilizó como base de nutrimentos, el abono azul complementado con Nitromac Calcáreo y Bayfolán.

En el tercer programa, se utilizó como base el fertilizante sólido fórmula triple 15, complementado con Nitromac Calcáreo y Bayfolan.

Para la preparación de la solución nutritiva COLJAP, se utilizó el paquete hidropónico COLJAP. Este paquete hidropónico viene en tres presentaciones :

- Paquete de nutrimentos mayores sólidos de 340 gramos.
- Paquete de nutrimentos intermedios líquidos.
- Paquete de nutrimentos menores de 52 gramos.

La forma de preparar la solución es la siguiente: se disuelve el contenido del paquete de nutrientes mayor sólido de 340 gramos en cantidad suficiente de agua, hasta completar un litro, este líquido será el nutriente mayor concentrado. Por otra parte, se disuelve el contenido del paquete intermedio y del paquete de nutriente menor de 52 gramos en agua, hasta completar 400 cm cúbicos, obteniendo así el nutriente menor concentrado.

En cuanto a los programas de fertilización con abono Azul (F_2) y fórmula triple 15 (F_3), se hicieron con base a los requerimientos del cultivo y las recomendaciones cont

el manual Super B para el cultivo de remolacha.

Cuadro 13. Programa de fertilización con base a tres fuentes de fertilizantes, usando como sustrato la Escoria volcánica roja y la granza de arroz para el cultivo de remolacha.

TRATAMIENTO	PROGRAMACION
Programa de fertilización con solución nutritiva (F ₁) COLJAP.	Aplicaciones diarias de la solución nutritiva completa (full), desde los dos días de germinada hasta los 60 días de ciclo vegetativo, más tres aplicaciones de abono foliar; a los 30 días de siembra y luego cada 10 días, en dosis de 15 cc/lt.
Programa de fertilización con Abono Azul (F ₂)	Aplicaciones de 28 gr/m ² fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera: 7 gr/m ² a la siembra, a los 15 días, 21 días y 28 días después de la siembra. Aplicaciones de 16 gr/m ² de NITROMAC calcareo en 2 fraccionamientos a los 35 y 42 días. Tres aplicaciones de fertilizantes foliar (Bayfolán) a los 30 días de la siembra y luego cada 10 días con una dosis de 15 cc/lt.
Programa de fertilización con fórmula 15-15-15 (F ₃)	Igual al del Abono Azul.

Fuente: Cuadro modificado. Gudiel V.M. Manual Agrícola Super B, 1978 (17) y COLJAP. Industrias Agroquímicas, La Solución Nutritiva, 1991 (8).

3.8. Metodología estadística

3.8.1. Diseño experimental y estadístico

El diseño ~~estadístico~~^{Experimental} usado fue el completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2. El área total del ensayo fue de 43.66 m², con 7.40 m de largo por 5.9 m de ancho; se construyeron 8 módulos de 1 m de ancho y 3 m de largo y se dividió en 3 compartimientos de 1 metro cuadrado cada uno, esto representó la parcela experimental, teniendo un total de 24 parcelas experimentales. Cada par de módulos significó una repetición. En cuatro de ellos se ubicó la escoria volcánica roja y en los otros cuatro se ubicó la mezcla de granza de arroz con ceniza de la misma, con los respectivos programas de fertilización (Figura 3).

Con el objeto de estudiar el efecto de los tratamientos y sus interacciones sobre la altura de las plantas, grosor de raíces, cantidad de sólidos solubles al momento de la cosecha y del peso, se realizó un análisis de varianza general para cada variable estudiada. Se efectuó la prueba de Duncan para interpretar los resultados y establecer diferencias entre los tratamientos.

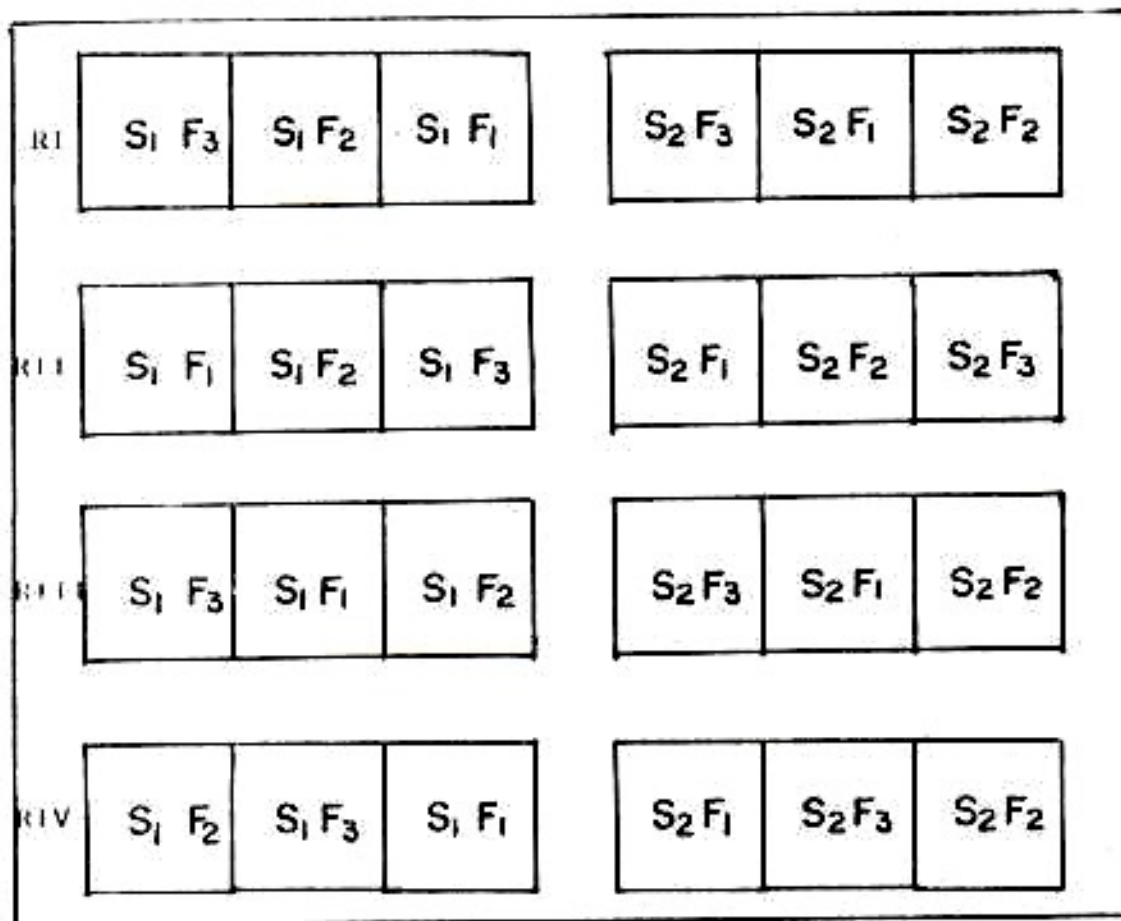
El modelo estadístico aplicado fue el siguiente :

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ij}$$

Donde :

Y_{ij} = Característica bajo estudio observado en la parcela "j" y donde se aplicó el tratamiento "i".

U = Media experimental.



SUSTRATOS

- S₁: Escoria Volcánica roja
- S₂: Mezcla de granza de Arroz con Ceniza de la misma.

FUENTES DE FERTILIZANTES

- F₁: Solución Nutritivo COLJAP.
- F₂: Abono Azul
- F₃: Fórmula Triple Quince (15-15-15)

Fig. 3 PLANO DE DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS Y REPETICIONES EN LOS MODULOS HIDROPONICOS

- T_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A.
 B_j = Es el efecto del j -ésimo nivel del factor b
 $(TB)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre T_i y B_j
 E_{ij} = Errores aleatorios con media cero, varianza σ^2
y sin correlaciones entre si.
 i = 1,2,.....q : número de tratamientos
 j = 1,2,.....r : número de repeticiones

3.8.2. Variables analizadas

Para medir el efecto de los tratamientos en estudio se consideraron las variables siguientes; Diámetro de las raíces, peso de la raíz, altura de plantas, grados brix, y análisis de Beneficio-Costo.

3.8.2.1. Diámetro de las raíces

El diámetro de las raíces se tomó con base al diámetro ecuatorial. Este se hizo en centímetros utilizando el Vernier y tomando al azar 10 plantas del área útil/m² de cada repetición.

3.8.2.2. Peso de la raíz

Para el peso de la raíz se tomaron 10 muestras (raíces) de cada repetición, pesando una por una y obteniendo sus respectivos promedios.

3.8.2.3. Altura de plantas

La determinación de la altura de las plantas, se hizo cada 7 días, a partir de los 14 días de germinadas midiendo la

altura en centímetros desde la superficie del sustrato hasta el ápice de la lámina foliar más alta.

3.8.2.4. Grados Brix.

Los grados Brix, se determinaron a través del refractómetro con una escala de 0-39°, para hacer esta medición se partió la remolacha por la mitad, de esta porción se obtuvo la parte central y a esta parte se le extrajo el jugo el cual sirvió para determinar la cantidad de sólidos solubles.

3.8.2.5. Análisis Beneficio-Costo

Para efecto de analizar la rentabilidad de los tratamientos que respondieron positivamente a los objetivos planteados, se procedió a realizar el análisis Beneficio-Costo, el cual contempló los materiales básicos para el establecimiento de un metro cuadrado de remolacha bajo el sistema hidropónico, usando diferentes insumos y sustratos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Condiciones climáticas del lugar donde se estableció el ensayo

El lugar donde se realizó el ensayo está ubicado a una altura de 680 msnm, los elementos meteorológicos a los que estuvo sujeta la investigación fueron tomadas de la Estación Agrometeorológica de la Universidad de El Salvador, obteniendo promedios mensuales de los siguientes elementos: Precipitación pluvial (mm), humedad relativa del aire en porcentaje, luz solar media (horas luz), temperatura media del aire (°C), temperatura máxima media (°C); en el Cuadro 14 y Figura 4 y 5, aparecen los datos climáticos que influyeron en el desarrollo del cultivo.

La precipitación pluvial promedio que prevaleció durante el desarrollo del cultivo de remolacha fue de 163 mm (Cuadro 14). Dicha cantidad superó las necesidades hídricas que demanda el cultivo, ya que según García (14), se necesitan 35 mm mensuales de agua. Sin embargo, tal cantidad no afectó los diámetros y peso de las raíces de remolacha de los tratamientos, escoria-abono azul (S_1F_2), escoria-solución nutritiva (S_1F_1) y granza-solución nutritiva (S_2F_1); probablemente se debió a la irregularidad en las lluvias, al riego programado por metro cuadrado y al control del riego liberal a través del sistema de drenaje abierto.

La humedad relativa se mantuvo constante en los meses que duró el ensayo (Figura 4), con un promedio de 75.73% (Cuadro 14), lo que fue favorable para el desarrollo del cultivo.

Las condiciones de temperatura permitieron obtener resultados satisfactorios, debido a que la temperatura media fue de 25.10 °C (Cuadro 14); según García (14), la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de remolacha es de 25 °C, influyendo positivamente en los tratamientos, escoria-abono azul (S_1F_2), escoria-solución nutritiva (S_1F_1) y granza-solución nutritiva (S_2F_1), por lo que puede deducirse que los tratamientos con resultados negativos fueron influenciados por otras variables como el tipo de sustrato, el tipo de fertilizante usado como la triple 15-15-15, ya que la actividad fotosintética, está determinada por la condición nutricional de la misma (14, 18). En todo el período de ejecución, las temperaturas mínimas y máximas medias fueron constantes; en el orden de 18 °C y 31 °C respectivamente (Figura 5).

El cultivo de remolacha pertenece a las plantas de días largos, por lo cual son exigentes en luminosidad alta (Cuadro 10), tales exigencias no fueron satisfechas para el cultivo ya que se tuvo un promedio de 6.83 horas luz. Según García (14), la luminosidad alta activa la función clorofílica que repercute en el crecimiento de la raíz y en la con

centración de azúcar. Sin embargo, se obtuvieron diámetros mayores de lo que reporta la literatura (17).

Según Guerrero (18), en los países con temperaturas moderadas y largas horas de iluminación, la función de asimilación de la planta supera a la función respiratoria.

Cuadro 14. Valores promedios mensuales de elementos meteorológicos registrados durante el periodo de realización del ensayo (mayo-julio/91), del cultivo de remolacha en hidroponía.

ELEMENTOS METEOROLOGICOS	UNIDADES	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
Precipitación pluvial	(mm)	51.2	293.8	144.0	163.0
Humedad relativa del aire	(%)	75.0	79.0	73.2	75.73
Luz solar media	(h. luz)	6.2	5.8	8.5	6.83
Temperatura media del aire	(°C)	25.2	24.7	25.4	25.10
Temperatura máxima media	(°C)	31.9	31.0	31.0	31.30
Temperatura mínima media	(°C)	18.0	18.1	18.0	18.03

Fuente : Estación Agronometeorológica de la Universidad de El Salvador, San Salvador, 1991.

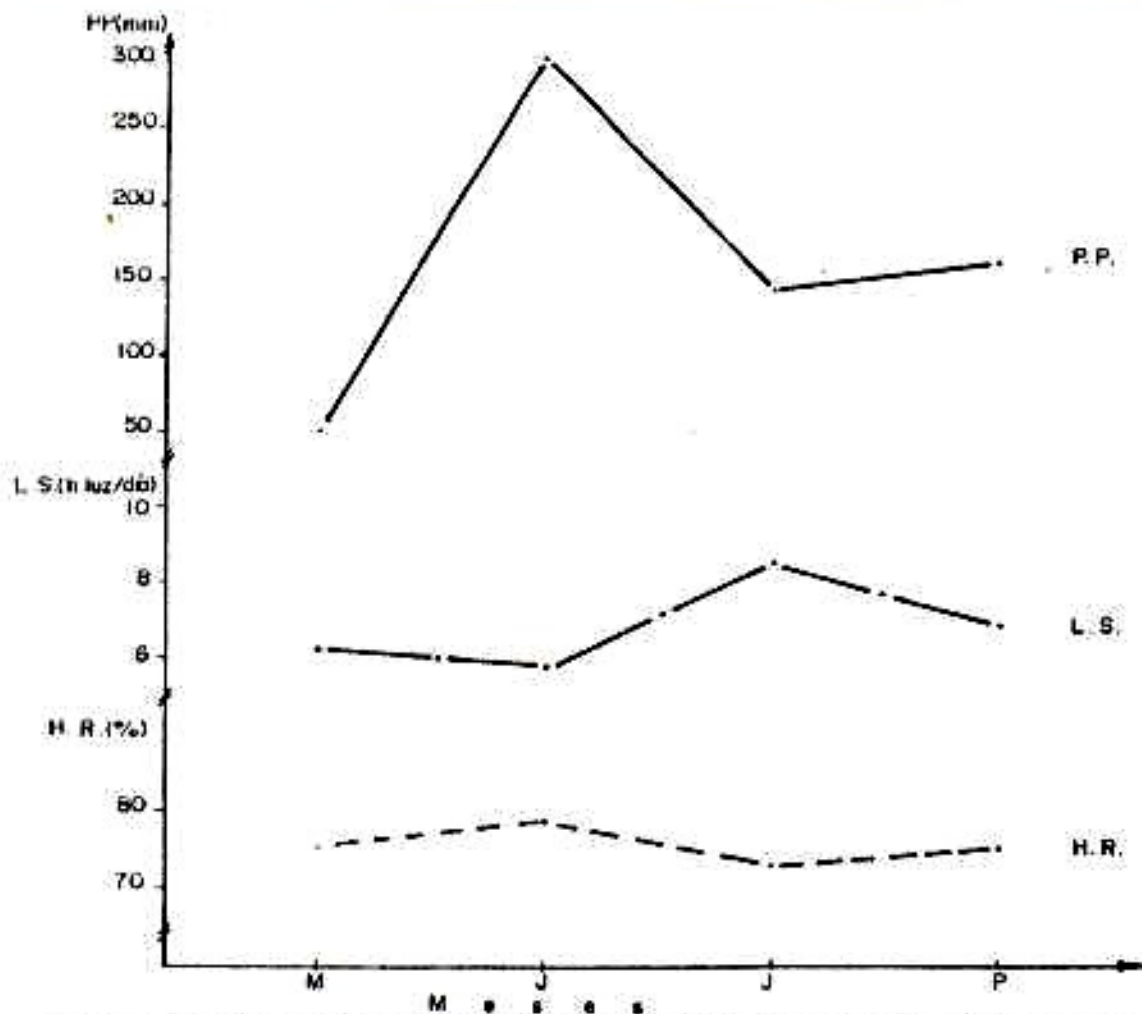


Fig. 4: Elementos meteorológicos que incidieron en el desarrollo del cultivo de remolacha en hidroponía en el período de mayo a julio /91 .

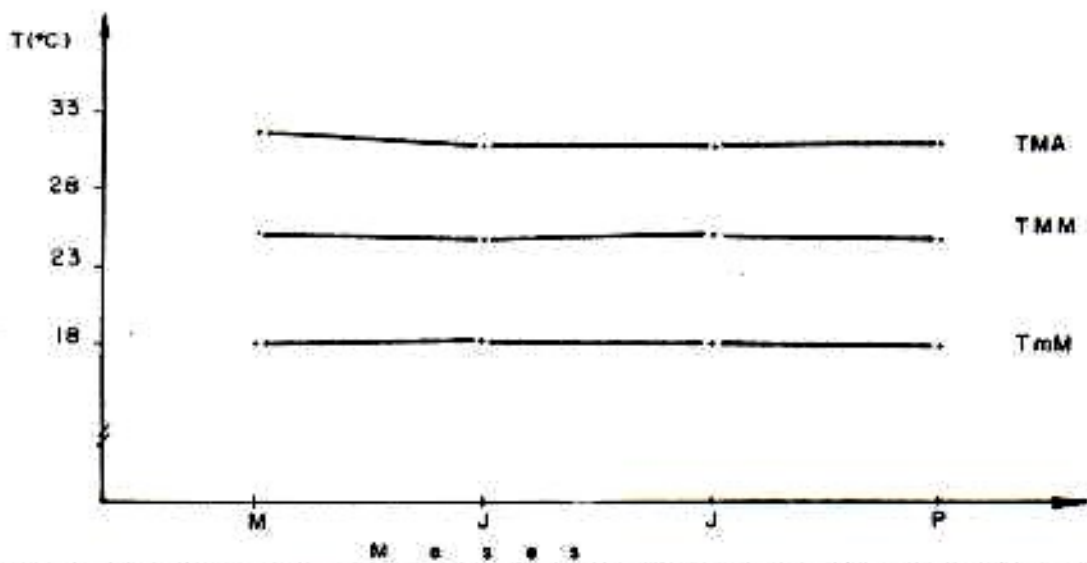


Fig. 5: Temperaturas observadas durante el período de desarrollo del cultivo de remolacha en hidroponía, en los meses de mayo a julio /91 .

4.2. Análisis químico de la escoria volcánica roja, utilizado en cultivo hidropónico de remolacha (Beta vulgaris) var. Crosby egyptian.

El resultado del análisis químico de la escoria, demuestra que es un material que puede ser utilizado como sustrato en los sistemas hidropónicos, ya que presenta un contenido químico de elementos no disponibles a las plantas. Dicho sustrato presenta variaciones en las cantidades de los elementos, encontrándose en mayor proporción el calcio con 602.50 ppm, fósforo 104.45 ppm y magnesio con 70 ppm (Cuadro 15).

Por las cantidades reportadas de los elementos se observa que el sustrato no es completamente inerte, aportando en un período largo cantidades mínimas, las cuales no cumplen con las necesidades adecuadas para un buen desarrollo de las plantas.

Cuadro 15. Análisis químico de la escoria volcánica roja.

CARACTERISTICAS	UNIDADES	VALOR
Textura	-	Vítrea
Estructura	-	Porosa
pH	-	8.4
Nitrógeno Nítrico	ppm	35 ppm
Fósforo	ppm	104.45
Sodio	ppm	60.00
Potasio	ppm	38.75
Calcio	ppm	602.50
Magnesio	ppm	70.00
Manganeso	ppm	23.75
Cobre	ppm	1.00
Hierro	ppm	31.50
Zinc	ppm	2.18
Boro	ppm	0.41
Azufre	ppm	6.00

Estos datos fueron obtenidos en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

4.3. Aspectos generales del cultivo

En el sustrato de la escoria volcánica roja, el cultivo

X

de remolacha germinó a los 4 días después de haber sembrado la semilla, presentando una emergencia uniforme. Esta uniformidad probablemente se debió a la granulometría de la escoria y al porcentaje de porosidad en sus partículas, contribuyendo a mantener la humedad superficial homogénea-

En la mezcla de granza de arroz con ceniza de la misma, germinó entre los 5 y 6 días; encontrándose en algunas zonas una germinación no uniforme, esto se debió posiblemente a la disposición laminar de la granza de arroz, lo que dificultó mantener la humedad superficial homogénea, afectando la buena germinación de la semilla.

El cultivo de remolacha en la escoria volcánica roja, - presentó un mayor crecimiento, durante los primeros 30 días con relación al cultivo sembrado en la granza de arroz. Aún el vigor de las plantas era mayor.

A los 28 días el crecimiento de las plantas en escoria era el doble de las cultivadas en granza, a excepción del tratamiento granza-solución nutritiva (S_1F_1), que a los 35 días tuvo una buena recuperación aproximándose a los tratamientos en escoria (Cuadro 16). Esta aproximación, posiblemente se debió a la forma de fertilización líquida y a la composición química completa de la solución, lo que contribuyó a una mayor absorción de los nutrimentos por vía radical. A los 20 días de realizada la siembra se realizó el recuento del número de hojas, encontrándose de 6-8 hojas en

la escoria volcánica y de 5-6 en la granza.

Cuadro 16. Altura promedio (cm) de las plantas de remolacha, en los sustratos de granza y escoria volcánica roja.

TRATA- MIENTOS	S E M A N A S						
	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.
S ₁ F ₁	4.40	12.26	21.28	27.64	32.10	35.38	34.55
S ₁ F ₂	4.96	12.45	21.05	25.17	25.78	27.90	33.38
S ₁ F ₃	4.41	11.75	20.56	23.02	26.38	30.01	31.30
S ₂ F ₁	2.64	4.88	8.66	15.72	24.03	30.23	32.38
S ₂ F ₂	2.24	3.49	6.34	13.85	21.73	31.03	40.28
S ₂ F ₃	2.18	3.26	6.06	12.91	21.63	31.71	38.35

S₁ = Escoria volcánica roja

S₂ = Granza de arroz

A los 23 días de establecido el cultivo, se observó una coloración pardo rojiza en los bordes de la lámina foliar; esta coloración posiblemente se debió a una deficiencia de magnesio (15, 19); lo que provocó acumulación de antocianinos, observándose una mayor proporción en los tratamientos con escoria volcánica-triple quince (S₁F₃) y granza-triple quince (S₂F₃).

Esta deficiencia en dichos tratamientos se debió proba-

blemente, a que la fórmula 15-15-15 no posee en su composición química elementos menores; no así la solución nutritiva y el abono azul que contienen elementos menores. Para corregir esta deficiencia, se aplicó fertilizante foliar 4 días antes de la fecha proyectada, en dosis de 15 cc/lt de agua, asperjándose de tal manera que el follaje quedara bien mojado. Con dicha aplicación se detuvo el avance de la coloración púrpura, volviendo a su color normal.

Sin embargo, cabe mencionar que el color rojizo en los bordes y venas es característico en las hojas de la remolacha variedad Crosby egyptian. Pero, se observó que la tonalidad se acentuaba a medida que el cultivo avanzaba en edad. Esta deficiencia de magnesio probablemente influyó en la concentración de azúcar y en el peso de la raíz, debido a que el magnesio es componente indispensable de la molécula de clorofila, pigmento necesario en la absorción de energía lumínica y formación de fotosintatos.

A los 23 días de establecido el cultivo las plantas en la granza de arroz fueron agoviadas severamente a causa de una fuerte lluvia huracanada; lo que también provocó daños mecánicos en las raíces absorbentes. Posiblemente este fenómeno contribuyó al retraso del engrosamiento de la raíz; debido al poco anclaje que proporciona la granza de arroz como sustrato; tal situación no se presentó en los tratamientos con la escoria volcánica roja debido a una mayor capacidad

de anclaje, por ser un material pesado, permitiendo una mayor estabilidad al cultivo.

El engrosamiento de la raíz, se inició entre los 25 a - 30 días en el sustrato de escoria volcánica roja. Durante esta fase, el cultivo desarrolló una altura promedio de 25.28 cm, lo que representa casi un 80% del desarrollo definitivo. Ese engrosamiento fue evidente a los 35 días en la granja de arroz.

A los 45 días se presentó un marchitamiento en las hojas más viejas, las cuales se eliminaron por falta de producción de fotosintatos. El desarrollo de la raíz era más evidente en los tratamientos con escoria, comparados a los tratamientos en granza.

Posteriormente, el desarrollo de la altura fue más lento a medida que la raíz alcanzaba su diámetro máximo durante las últimas dos semanas, hasta obtener en la séptima semana un promedio en altura de 33.08 cm en los tratamientos con escoria y de 37.00 cm en los tratamientos con granza.

4.3.1. Control de plagas y enfermedades

En la etapa de germinación las plántulas fueron atacadas por el mal del talluelo, causado por el hongo Rizoctonia solani (Fig. 6B); el cual se controló inmediatamente, con dos aplicaciones de Ridomil, a una concentración de 200 ppm, y a intervalos de 5 días. Esta baja incidencia se debió a la -



aplicación oportuna de Ridomil previniendo el desarrollo de la enfermedad.

A los 30 días se observaron síntomas aislados de la enfermedad Mancha, *Cercospora*, causada por el hongo *Cercospora beticola* (Fig. 6A). Este daño fue controlado de manera oportuna y eficiente con el fungicida Benlate, en una dosis de 200 ppm y a intervalos de 7 días, en tres aplicaciones.

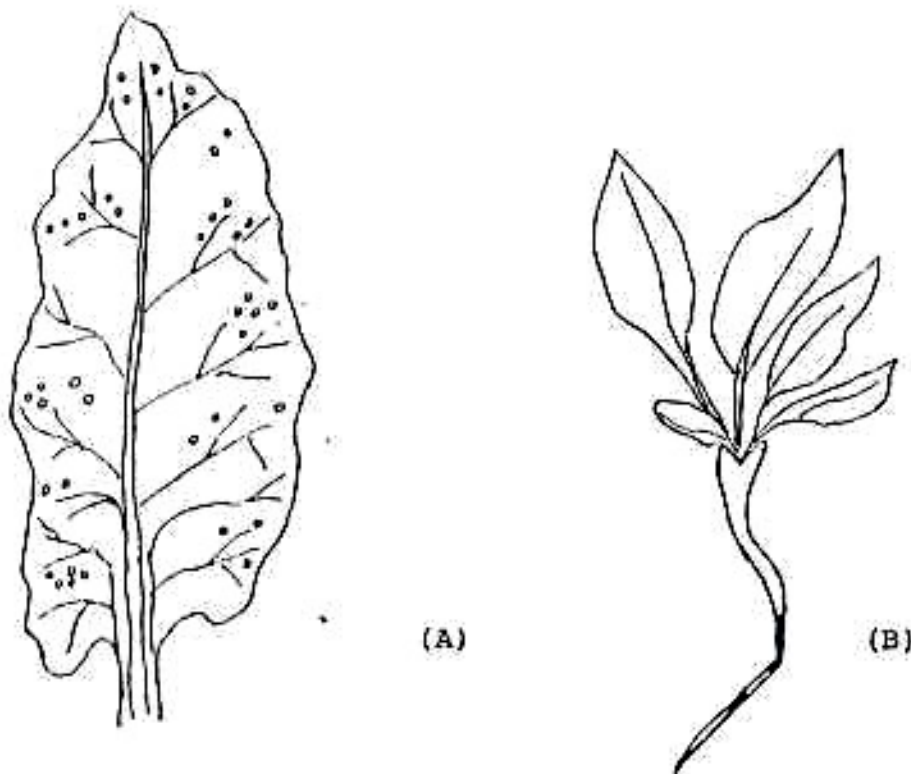


Figura 6. Principales enfermedades encontradas en el cultivo de remolacha, en sistema hidropónico.

- (A) Daño causado por el hongo *Cercospora beticola* (Mancha Cercospora)
- (B) Daño causado por el hongo *Rizoctonia solani* (Mal del talluelo).

A los 35 días después de establecido el cultivo, se observaron algunas plagas como la tortuguilla (Diabrotica balteata), (Fig. 7-A), pero los daños ocasionados fueron pocos. Se realizó un muestreo para determinar la densidad poblacional, seleccionando 20 plantas por módulo (Cuadro A-1); obteniéndose una densidad de 0.54 tortuguillas/m².

En algunos casos se observaron diferentes estadios de la Diabrotica, cuando se realizó la práctica de escardas (Fig. A-1). Este insecto no causó mayores problemas debido a la edad que tenía el cultivo (21), y principalmente a las aplicaciones frecuentes de extractos botánicos que mantuvieron baja las poblaciones.

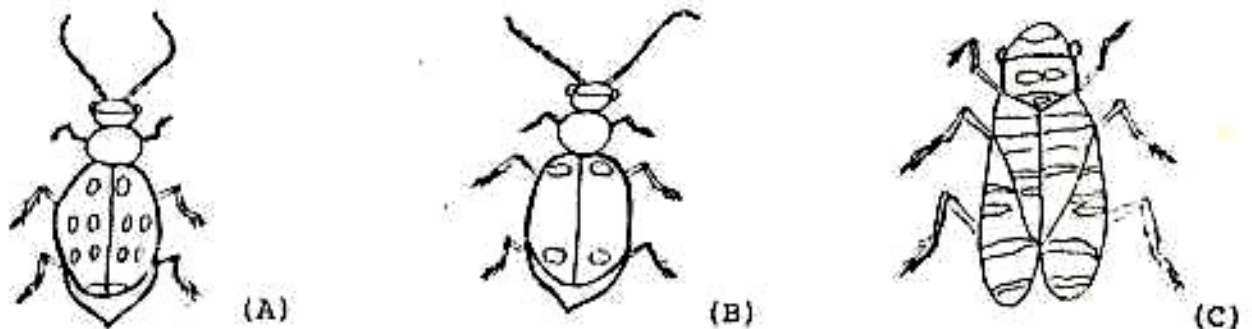


Figura 7. Principales plagas encontradas en el cultivo de remolacha en sistema hidropónico.

- (A) Diabrotica balteata (tortuguilla)
- (B) Diabrotica viridula (tortuguilla)
- (C) Agrosoma proxima (chicharrita)

Además hubo presencia de hormigas, las que se controlaron con aplicaciones de extracto de chile picante. Adicionalmente se aplicaron extractos de ajo y cebolla para evitar la presencia de otras plagas.

4.4. Diámetro de raíces

Para el análisis de esta variable se tiene el diámetro promedio de las raíces de remolacha sometidas a diferentes evaluaciones estadísticas (Cuadro 17).

Con base a los resultados obtenidos puede observarse en forma general que los diámetros de las raíces fueron mayores en la escoria volcánica, además puede apreciarse que la solución nutritiva provocó los mayores diámetros en comparación a las otras fuentes de fertilizantes en ambos sustratos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Diámetros promedios en (cm) de las raíces de remolacha en hidroponía, con tres fuentes de fertilizantes y dos sustratos durante los meses de mayo-julio del 91.

Tratamientos	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
S ₁ F ₁	6.09	6.11	5.75	5.77	23.72	5.93
S ₁ F ₂	5.84	6.06	6.01	5.43	23.34	5.84
S ₁ F ₃	5.16	5.16	5.10	4.80	20.22	5.06
S ₂ F ₁	5.40	5.45	5.47	5.70	22.02	5.51
S ₂ F ₂	4.80	5.17	4.90	4.80	19.67	4.92
S ₂ F ₃	4.27	4.17	4.27	4.12	16.83	4.21
TOTAL	31.56	32.12	31.50	30.62	125.80	

El análisis de varianza demostró que existen diferencias significativas entre tratamientos, sustratos y fertilizantes y que no existe interacción entre los sustratos y fertilizantes (Cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de varianza de los diámetros promedios (cm) de las raíces de remolacha con tres fuentes de fertilizante y dos sustratos.

A N V A						
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.OBS	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	8.418	1.684	49.500**	2.77	4.25
Sustratos	1	3.197	3.197	94.003**	4.41	8.28
Fertilizantes	2	4.937	2.469	72.575**	3.55	6.01
Int. S x F	2	0.284	0.142	4.174 ^{ns}	3.55	6.01
Error	18	0.612	0.034			
T O T A L	23	9.039733				

ns : No significativo

** : Significativo

La prueba de Duncan estableció que los tratamientos en escoria volcánica-solución nutritiva (S_1F_1) y escoria volcánica-abono azul (S_1F_2), estadísticamente son iguales presentando los mejores diámetros promedios de 5.93 y 5.84 cm, - respectivamente, resultado que puede observarse en el Cuadro 19 y Figuras 8 y 9. Estos diámetros superan los datos reportados por Guidiel (17), para la variedad Crosby egyp-tian cultivada en suelo.

En los tratamientos de granza de arroz donde se utilizó abono azul (F_2) y fórmula triple quince (F_3), sólo se lograron diámetros de 4.92 cm y 4.21 cm, respectivamente; sin embargo, en el tratamiento granza-solución (S_2F_1), la diferencia no fué tan marcada con relación a los diámetros mayores.

Los diámetros mayores probablemente se obtuvieron por la granulometría de la escoria volcánica y la forma redonda de las partículas; por una mayor estabilidad que ofrece la escoria contra el efecto del viento y la lluvia; por el manejo práctico que ofrece la escoria como sustrato para la realización de las diferentes prácticas culturales (fertilización, aporco); por la composición completa de las fuentes de fertilizantes (F_1 y F_2); y por el programa de fertilización establecido. Además, aunque el distanciamiento de siembra fue el mismo para todos los tratamientos, probablemente también contribuyó en el buen desarrollo de la raíz.

Cuadro 19. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamientos en los diámetros de las raíces de remolacha en cultivo hidropónico, al 1% de significancia.

TRATAMIENTOS	MEDIAS (cm)	DIFERENCIA DE MEDIAS
S_1F_1	5.93	a
S_1F_2	5.84	a b
S_2F_1	5.51	b c
S_1F_3	5.06	d
S_2F_2	4.92	d
S_2F_3	4.21	e

Nota : Medias estadísticamente iguales se identifican con la misma letra.

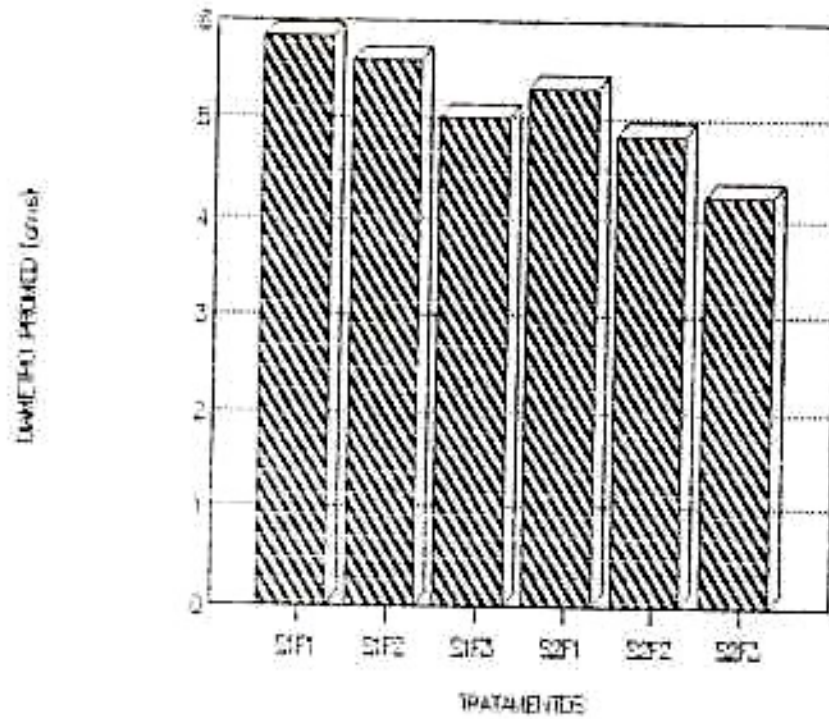


Figura 8. Efectos de las fuentes de fertilizantes y tipo de sustratos en los diámetros promedios (cm) de las raíces de remolacha Beta vulgaris Var. Crosby Egyptian.

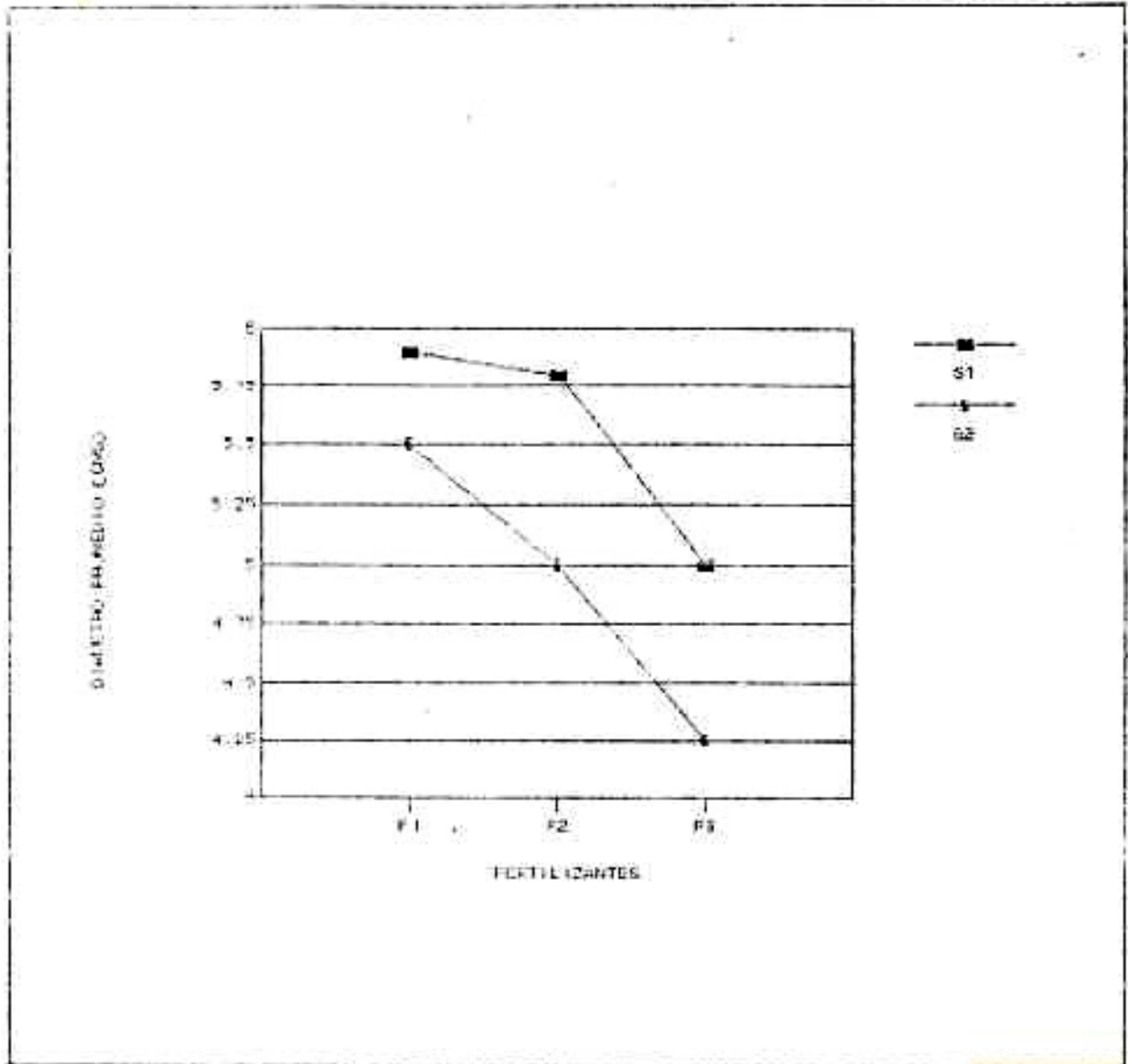


Figura 9. Efecto de las fuentes de fertilizante y sustratos en el diámetro (cm) de las raíces de remolacha Beta vulgaris, var. Crosby Egyptian.

Es importante señalar que las principales diferencias se presentan a nivel de los sustratos, ya que los diámetros obtenidos en los tratamientos con escoria, superan los resultados en la granza (Cuadro 20). La escoria volcánica influyó en un 13% más en los diámetros de las raíces con relación al sustrato granza de arroz.

Los diámetros bajos probablemente estuvieron influenciados de manera directa por la disposición laminar de la granza que dificultó la disolución y movilidad de los fertilizantes sólidos, provocando una absorción limitada de los nutrimentos en las primeras etapas del ciclo vegetativo (5).

Si la cantidad de nitrógeno no es absorbida en el momento oportuno, la planta prolongará su fase vegetativa para garantizar su estabilidad retardando con ello el engrosamiento de la raíz (Gros).

Cuadro 20. Análisis de la interacción entre fertilizantes y sustratos en el diámetro de las raíces de remolacha Beta vulgaris Var. Crosby Egyptian.

SUSTRATOS	F ₁	F ₂	F ₃	TOTAL	MEDIA
S ₁	23.72	23.34	20.22	67.28	5.61
S ₂	22.02	19.57	16.83	58.32	4.88
TOTAL	45.74	43.01	37.05	125.80	
MEDIA	5.72	5.38	4.63		

Estas características físicas de la granza no afectaron considerablemente al tratamiento granza-solución nutritiva (S_2F_1), debido a la composición y forma de aplicar la solución nutritiva en disolución.

La prueba de Duncan también demostró que entre las fuentes de fertilizantes solución nutritiva (F_1) y el abono azul (F_2), que es un fertilizante sólido, no existen diferencias estadísticas significativas, ya que el efecto en los diámetros de los tratamientos (S_1F_1 y S_1F_2), presentan diferencias mínimas.

Sin embargo, existe una diferencia mínima de 0.34 cm entre la solución nutritiva y el abono azul (Cuadro 21), que posiblemente se debe a la fabricación exclusiva de la solución nutritiva para uso de los sistemas hidropónicos, a su composición, presentación y forma de aplicar la disolución con frecuencia diaria en las plantas, cosa que no se realiza con fertilizantes sólidos.

Cuadro 21. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de fuentes de fertilizantes en los diámetros de las raíces de remolacha en cultivo hidropónico al 1% de significancia.

FUENTE DE FERTILIZANTE	MEDIAS (cm)	DIFERENCIA DE MEDIAS
F_1	5.72	a
F_2	5.38	a
F_3	4.63	b

Además, ambos fertilizantes contienen todos los elementos esenciales que la planta normalmente necesita para un buen desarrollo. Cuando éstas son deficientes o, no balanceadas, las plantas no crecen o lo harán en forma anormal, tal como ocurrió en los tratamientos donde se utilizó la triple quince. También puede apreciarse que no basta con que los fertilizantes sean completos como el abono azul (F_2) para generar buenos resultados, sino que los sustratos deben poseer ciertas características físicas que le permitan actuar a los fertilizantes.

4.5. Peso de la raíz

Para el análisis de esta variable se tiene el peso promedio de las raíces sometidas a diferentes tratamientos - (Cuadro 22, Fig. 10).

De acuerdo a los resultados obtenidos puede observarse que los pesos de las raíces fueron mayores en la escoria volcánica, además puede apreciarse que la fuente de fertilizante solución nutritiva (F_1), produjo buenos resultados - en los dos sustratos (escoria y granza de arroz).

Cuadro 22. Peso promedio en gramos de las raíces de remolacha al final del ciclo vegetativo usando dos sustratos y tres fuentes de fertilizante, durante el período de mayo-julio de 1991.

Tratamientos	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
S ₁ F ₁	108.04	97.90	88.59	86.50	381.03	95.26
S ₁ F ₂	86.47	92.66	82.83	65.78	327.74	81.94
S ₁ F ₃	62.37	65.06	65.68	49.04	242.15	60.54
S ₂ F ₁	65.85	76.04	73.39	73.78	289.06	72.27
S ₂ F ₂	53.15	71.73	57.98	53.32	236.18	59.05
S ₂ F ₃	41.43	38.99	41.32	32.91	154.65	38.66
TOTAL	417.31	442.38	409.79	361.33	1630.81	

El análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos, sustratos y fuentes de fertilizantes, y que no existe interacción entre los sustratos y fuentes de fertilizantes (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de varianza de peso promedio (gramos) de las raíces de remolacha en hidroponía, aplicando tres fuentes de fertilizante en dos tipos de sustrato durante el período de mayo-julio/91.

A N V A

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.OBS.	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	7807.603	1561.521	23.271**	2.77	4.25
Sustratos	1	3060.719	3060.719	45.614**	4.21	8.28
Fertilizantes	2	4745.358	2372.679	35.360**	3.55	6.01
Int. S x F	2	1.526	0.763	0.011 ^{ns}	3.55	6.01
Error	18	1207.804	67.100			
TOTAL	23	9015.407				

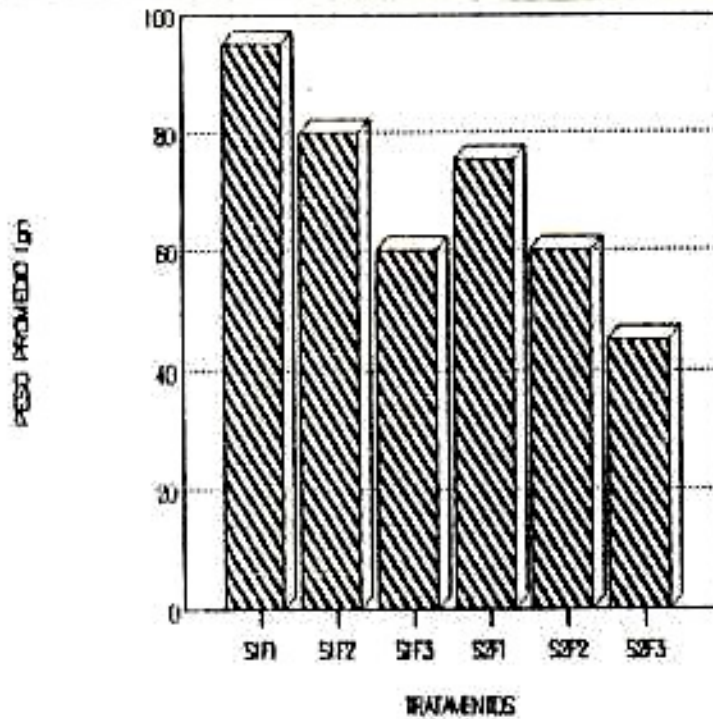


Figura 10. Efecto de las fuentes de fertilizantes y sustratos en el peso de las raíces de remolacha Beta vulgaris.

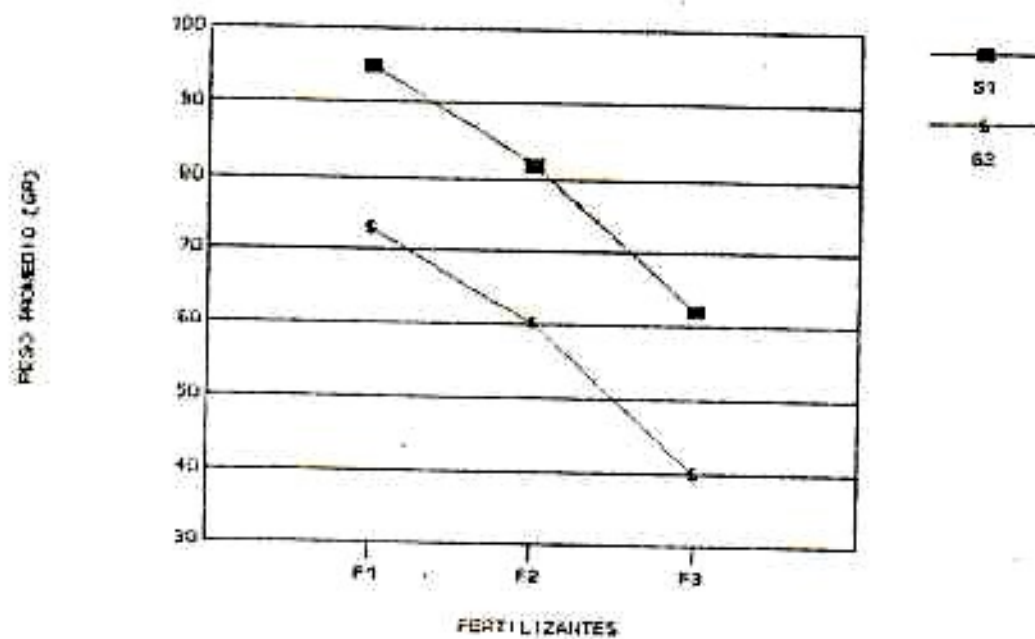


Figura 11. Efecto de las fuentes de fertilizantes y sustratos en el peso de las raíces de remolacha Beta vulgaris, var. Crosby Egyptian.

La prueba de Duncan demostró que entre los tratamientos de escoria-solución nutritiva (S_1F_1) y escoria abono azul (S_1F_2), no hubo diferencia significativas presentando los mejores pesos promedios en relación con los demás tratamientos de 95.25 gr y de 81.94 gr, respectivamente (Cuadro 24 y Figura 10 y 11).

Según Mela Mela (23), esto se da cuando la asimilación fosfórica es óptima, entonces el nitrógeno se emplea íntegramente en la emisión inicial de hojas y desarrollo de las raíces favoreciendo la acumulación de fotosintatos en las mismas, aumentando su peso. Es decir que el mayor desarrollo del follaje en los tratamientos anteriores permitió una mayor asimilación y distribución de fotosintatos hacia las raíces. En este sentido es crucial que se mantenga un nivel óptimo de potasio para que el flujo de carbohidratos hacia las raíces no se vea afectado.

El tratamiento escoria-fórmula triple quince (S_1F_3), decae significativamente en peso, respecto a los otros del mismo sustrato; posiblemente se debió al desequilibrio mineral que no permitió una buena traslocación de fotosintatos a la raíz; sin embargo puede observarse una mayor concentración de sólidos solubles en la raíz debido a su menor peso (Cuadro 22, 32).

Cuadro 24. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamiento en el peso (gr) de las raíces - de remolacha en cultivo hidropónico al 1% de significancia, durante el período de mayo-julio 1991.

Tratamientos	Medias (cm)	Diferencia de Medias
S ₁ F ₁	95.26	a
S ₁ F ₂	81.94	a b
S ₁ F ₃	72.27	b c
S ₂ F ₁	60.54	d
S ₂ F ₂	59.05	d
S ₂ F ₃	38.66	e

Los mejores valores en peso de las raíces se obtuvieron en la escoria volcánica roja, influyendo en un 13% en los pesos de las raíces con relación al sustrato granza de arroz (Cuadro 25).

Esto podría explicarse porque la escoria posee una granulometría que permite un adecuado grado de humedad, buena aereación y buena movilidad de los fertilizantes dentro del sustrato, de acuerdo a lo citado por COLJAP Industria Agroquímica y Huterwall (6, 19), para el éxito final del cultivo, ya que las raíces deben respirar perfectamente para lo-

grar un adecuado desarrollo de la planta, por lo que es importante que el sustrato posea cierto grado de porosidad, según lo citado por COLJAP Industria Agroquímica (5). El problema de la granza de arroz radica principalmente en la disposición laminar de sus partículas que no permite una buena movilidad de los fertilizantes y de los minerales.

El efecto de los sustratos y de los fertilizantes sobre el peso de las raíces es similar a los resultados obtenidos en cuanto al diámetro de la raíz.

Cuadro 25. Análisis de la interacción entre fertilizantes y sustratos en el peso (gr) de la raíz de remolacha Beta vulgaris var. Crosby Egyptian durante el período de mayo-julio/91.

	F ₁	F ₂	F ₃	TOTAL	MEDIA
S ₁	381.03	327.74	242.15	950.92	79.24
S ₂	289.06	236.18	154.65	679.89	56.66
TOTAL	670.09	563.92	396.80	1630.81	
MEDIA	83.76	70.49	49.60		

Además la prueba de Duncan demostró que entre la solución nutritiva (F₁) y el abono azul (F₂), hubo una diferencia aunque no significativa la cual puede reflejarse en una

mayor acumulación de agua (Cuadro 26). Posiblemente en los tratamientos donde se utilizó como fuente de fertilizante abono azul existe menos acumulación de agua y por lo tanto menor peso en las raíces. Esta menor cantidad de agua incide en una mayor acumulación de azúcares. Esto último lo podemos visualizar en los mayores valores de grados Brix obtenidos en los tratamientos escoria-abono azul (Cuadro 32 y Fig. 17, 18).

Cuadro 26. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tres fuentes de fertilizante en el peso (gr) de las raíces de remolacha al 1% de significancia.

Fuente de Fert.	Medias	Diferencia de Medias
F ₁	83.76	a
F ₂	70.49	a
F ₃	49.60	b

Nota : Las medias estadísticamente iguales se identifican con la misma letra.

4.6. Altura de las plantas

En general, se determinó que la escoria volcánica favoreció el crecimiento mayor de las plantas, ya que se obtuvieron alturas promedios de 22.25 cm, mientras que en la granza

fue de 16.83 cm, presentando una diferencia mínima entre los tratamientos ubicados en el mismo sustrato (Cuadro 27).

Cuadro 27. Alturas de plantas de remolacha (cm) al final del ciclo vegetativo con tres fuentes de fertilizantes y dos sustratos, durante el período de mayo-julio/91.

Tratamientos	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
S ₁ F ₁	23.28	23.32	25.37	23.02	94.99	23.75
S ₁ F ₂	22.05	22.45	22.71	20.94	88.15	22.04
S ₁ F ₃	19.78	22.01	21.33	20.79	83.91	20.98
S ₂ F ₁	17.89	17.29	16.12	16.36	67.66	16.92
S ₂ F ₂	17.55	17.20	16.95	16.27	67.97	16.99
S ₂ F ₃	17.29	17.32	15.75	15.92	66.28	16.57
TOTAL	117.84	119.39	118.23	113.30	468.96	

El análisis de varianza para altura de plantas estableció que existen diferencias significativas entre tratamientos, sustratos y fuentes de fertilizantes, y que no existe interacción entre sustratos y fertilizantes (Cuadro 28).

Cuadro 28. Análisis de varianza de alturas de las plantas de remolacha (cm) al final del ciclo vegetativo, durante el período de mayo-julio/91.

A N V A

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.OBS.	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	195.883	38.567	52.853**	2.77	4.25
Sustratos	1	176.801	176.801	242.296**	2.41	8.28
Fertilizantes	2	9.711	4.855	6.654**	3.55	6.01
Int. S x F	2	6.321	3.161	4.332 ^{ns}	5.55	6.01
Error	18	13.134	0.730			
T O T A L	23	205.5674				

** = Significativo al 1%

ns = No significativo

La prueba de Duncan establece que entre los tratamientos escoria volcánica-solución nutritiva (S_1F_1) y escoria volcánica-abono azul (S_1F_2) no hubo diferencias estadísticas significativas, presentando las mayores alturas promedio de 23.75 cm y 22.04 cm al final del ciclo vegetativo respectivamente (Cuadro 29 y Fig. 12 y 13). Esto probablemente se debió a los nutrimentos absorbidos de una forma eficiente, según lo cita Mela Mela (23) y Resh (26), por la disponibilidad adecuada de la solución nutritiva COLJAP y del abono azul, combinado con las características físicas de la escoria volcánica roja, que permite una movilidad adecuada de los nutrimentos, facilitando la absorción por las raíces y también se proporciona un mayor contacto con el sustrato ya que en el sustrato de granza de arroz, las raíces son fácilmente desarraigadas por los diferentes factores ambientales y labores culturales que se realizan ocasionalmente.

Cuadro 29. Prueba de Duncan para diferencias entre medias de tratamientos en altura de plantas (cm) en cultivo hidropónico de remolacha al 1% de significancia.

Tratamiento	Medias	Diferencia de Medias
S_1F_1	23.75	a
S_1F_2	22.04	a b
S_1F_3	20.98	b c
S_2F_1	16.99	d
S_2F_2	16.92	d e
S_2F_3	16.57	d e

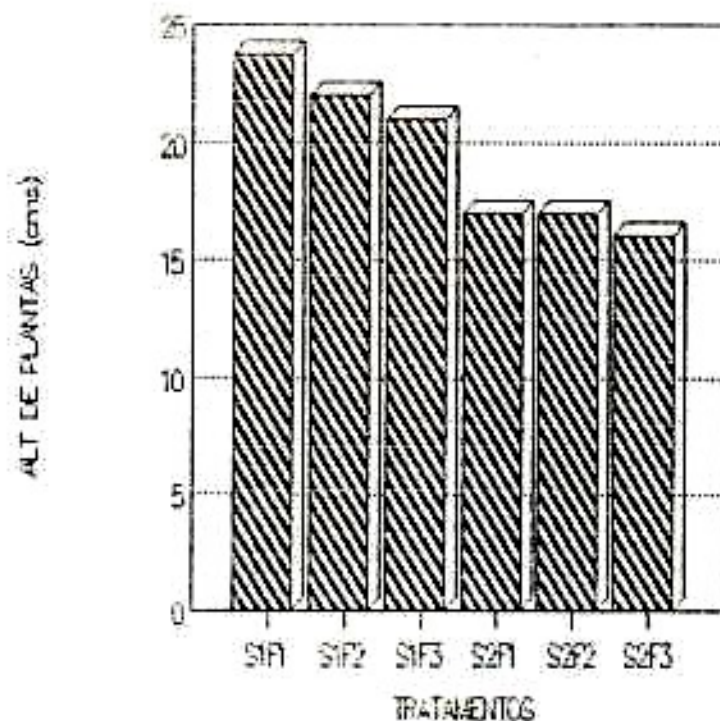


Figura 12. Efectos de las diferentes fuentes de fertilizantes y sustratos en la altura de las plantas (cm) de remolacha Beta vulgaris.

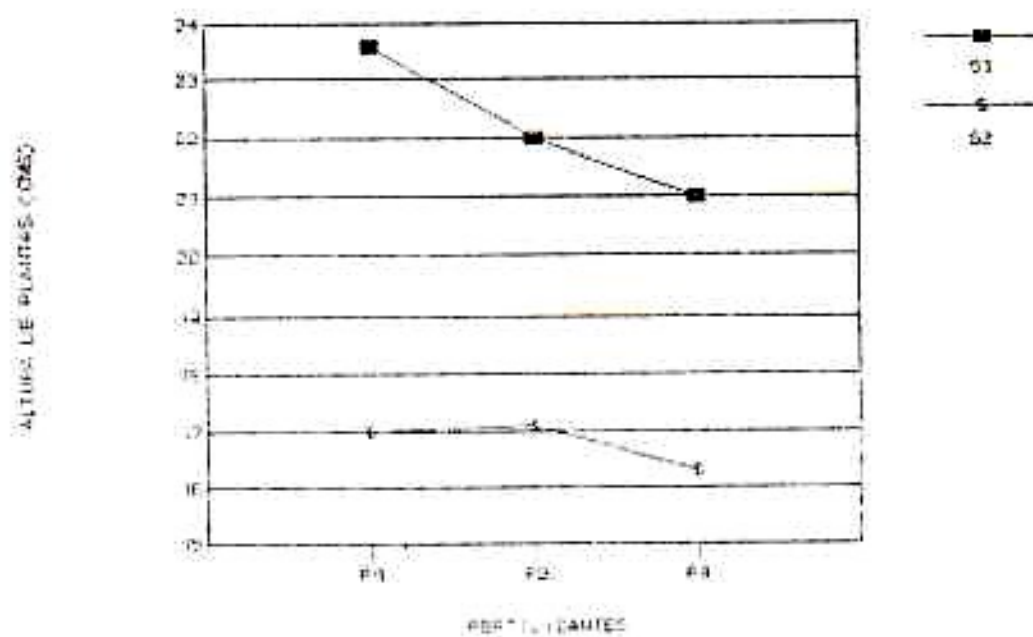


Figura 13. Efecto de las fuentes de fertilizantes y sustratos en altura de las plantas (cm) de remolacha Beta vulgaris, Var. Crosby Egyptian.

El sustrato escoria volcánica roja, fue determinante para lograr las mejores alturas de las plantas influyendo en un 24% más que la granza de arroz (Cuadro 30), esto probablemente se debió a las ventajas que ofrece la escoria obteniendo como resultado una mayor altura y área foliar y que incide en la iniciación temprana del engrosamiento de la raíz. Según Mela Mela (23) y Gros (16), una vez que las hojas han completado su desarrollo foliar se inicia el crecimiento de la raíz, los fotosintatos formados en las hojas se van acumulando en las raíces, razón por la cual se necesita tener muchas hojas que se desarrollen rápidamente y que permanezcan activas el mayor tiempo posible.

Cuadro 30. Análisis de la interacción entre fertilizantes y sustrato en las alturas (cm) de las plantas de remolacha Beta vulgaris var. Crosby Egyptian.

	F ₁	F ₂	F ₃	TOTAL	MEDIA
S ₁	94.99	88.15	83.91	267.05	22.25
S ₂	67.66	67.97	66.28	201.91	16.83
TOTAL	162.65	156.12	150.19	468.96	
MEDIA	20.33	19.52	18.77		

El análisis de la respuesta de las fuentes de fertilizantes demostró que entre la solución nutritiva (F₁), abono azul (F₂) y fórmula triple quince no hay diferencia estadística --

significativa (Cuadro 31); sin embargo, con la solución nutritiva (F_1) y abono azul (F_2), existe una distribución -- adecuada de fotosíntatos hacia la parte aérea y las raíces, en cambio cuando se utilizó la fórmula triple quince (F_3), los resultados en diámetro y peso de las raíces de remolacha fueron bajos, esto se debió probablemente a la falta de equilibrio en la distribución de los fotosíntatos, acumulándose en la parte aérea de la planta. Posteriormente, los tratamientos ubicados en la granza de arroz experimentaron un crecimiento acelerado de las hojas, lo cual se debió posiblemente a la absorción tardía del nitrógeno; producto de la baja movilidad que presentan los nutrientes en la disposición laminar de la granza de arroz. Al estudiar el desarrollo de las plantas en escoria, hubo un desarrollo gradual del follaje de las plantas; sin presentar cambios bruscos como en la granza.

Cuadro 31. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de fuentes de fertilizante en altura de plantas (cm) en cultivo hidropónico de remolacha al 1% de significancia.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
F_1	20.33	a
F_2	19.52	a
F_3	18.77	a

4.7. Grados Brix

Para el análisis de esta variable se tienen los grados Brix en porcentaje de las raíces de remolacha sometidas a diferentes tratamientos.

En general, se determinó que con la fuente de fertilizante triple quince se obtuvieron los mayores valores en grados Brix (Cuadro 32 y Figuras 14, 15).

Cuadro 32. Grados Brix (%) de las raíces de remolacha en hidroponía al final del ciclo vegetativo usando tres fuentes de fertilizante y dos sustratos.

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIAS
S ₁ F ₁	1.90	1.40	1.20	1.23	5.73	1.43
S ₁ F ₂	2.23	2.10	1.73	3.03	9.09	2.27
S ₁ F ₃	2.33	2.62	2.57	2.07	9.59	2.40
S ₂ F ₁	0.80	1.33	2.57	1.47	6.17	1.54
S ₂ F ₂	0.87	3.47	1.50	1.97	7.81	1.95
S ₂ F ₃	2.40	2.67	1.83	3.50	10.40	2.60
TOTAL	10.53	13.59	11.40	13.27	48.79	

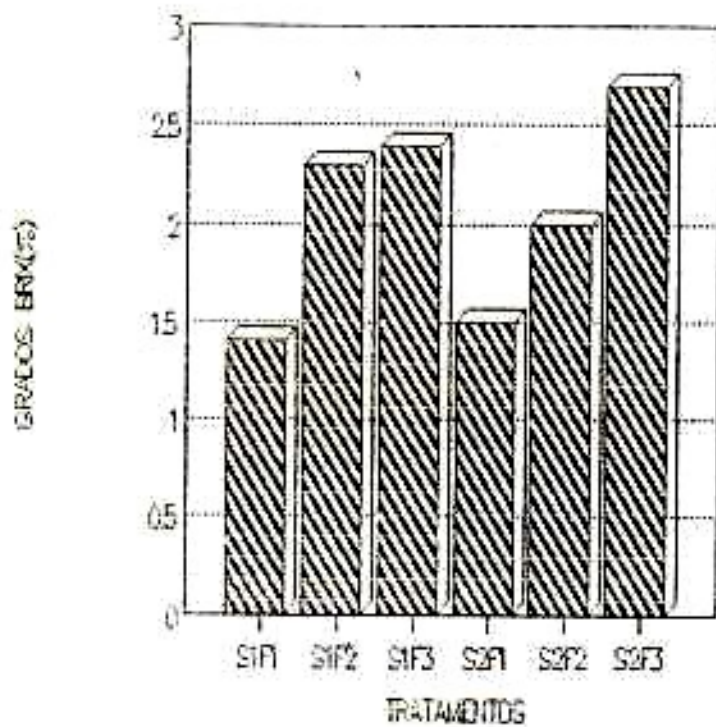


Figura 14. Efecto de tres fuentes de fertilizantes y dos -
sustratos en el contenido de sólidos solubles de
remolacha Beta vulgaris en hidroponía.

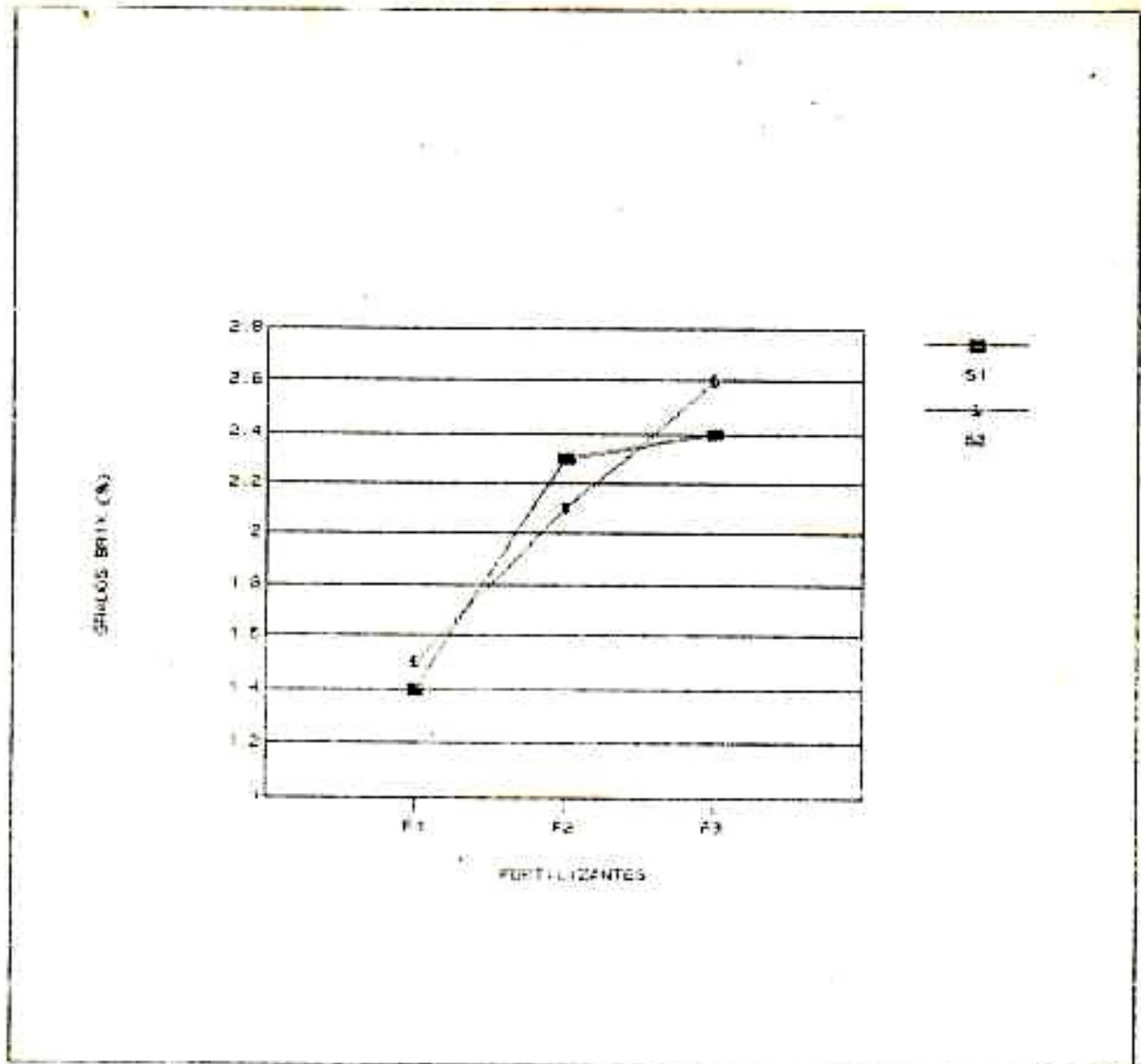


Figura 15. Efecto de tres fuentes de fertilizante y dos --
sustratos en grados Brix (%) de raíces de remo-
lacha Beta vulgaris, en hidroponía.

Para el análisis de los grados Brix en remolacha, estadísticamente se demostró, según ANVA que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, sustratos y fertilizantes y que no existe interacción entre los sustratos y fertilizantes (Cuadro 33).

Cuadro 33. Análisis de varianza de grados Brix de raíces de remolacha en hidroponía.

A N V A						
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.OBS.	F. 0.05	F. 0.01
Tratamientos	5	4.478	0.896	1.968 ^{ns}	2.77	4.25
Sustratos	1	0.000	0.000	0.000 ^{ns}	4.41	8.28
Fertilizantes	2	4.167	2.083	4.578 ^{ns}	3.55	6.01
Int. S x F	2	0.833	0.417	0.916 ^{ns}	3.55	6.01
Error	18	8.190				
T O T A L	23	12.66789				

ns = No significativo

** = Significativo al 1%

La prueba de Duncan demostró que no hay diferencia significativa entre tratamientos y sustratos (Cuadro 34), debido a que la variedad Crosby Egyptian pertenece al grupo de remolachas de mesa.

4.8. Análisis Beneficio-Costo

Para el análisis beneficio-costo fueron seleccionados los tratamientos que mejor respondieron a las fuentes de fertilizantes y sustratos como escoria-abono azul (S1F2) y grana-solución nutritiva (S2F1), con el objeto de comparar su rentabilidad, ya que el tratamiento (S1F2) responde a los objetivos plasmados en el presente trabajo, de tal manera que el uso "innovador de la escoria volcánica roja y del abono azul, resultó ser una alternativa para la grana-solución nutritiva (S2F1) el cual resultó ser mejor en dicho sustrato".

El análisis de costo demostró que utilizando como sustrato la escoria volcánica roja-abono azul se obtuvo un costo de $\text{¢ } 32.31/\text{m}^2$, con un beneficio de $\text{¢ } 60.00/\text{m}^2$ y un ingreso neto de $\text{¢ } 27.69/\text{m}^2$ (Cuadro 37). El análisis de costo del tratamiento grana-solución nutritiva fue de $\text{¢ } 40.72/\text{m}^2$, con un beneficio de $\text{¢ } 60.00/\text{m}^2$ y de un ingreso neto de $\text{¢ } 19.28$ (Cuadro 38).

La diferencia del ingreso neto entre ambos tratamientos fue de $\text{¢ } 8.41/\text{m}^2$, por lo que resultó ser más rentable el tratamiento (S1F2). Esta diferencia predominantemente se debió al costo de los insumos, principalmente de la solución nutritiva.

Cuadro 37. Presupuesto del cultivo de remolacha Beta vulgaris var. Crosby egyptian, en sistema hidropónico utilizando escoria volcánica roja y abono azul.

Area	:	1 m ²
Costo/m ²	:	¢ 32.31
Ingreso/m ²	:	¢ 60.00
Ingreso Neto/m ²	:	¢ 27.69

DETALLES	Cantidad utilizada	Precio/Unidad (¢)	Costo total (¢)	Amortización (No. de cosechs)	
<u>MATERIALES</u>	5.64				
- Módulo		30.00	30.00	12	¢ 2.50
- Plástico	1.20 m ²	1.75	2.10	6	¢ 0.35
- Escoria	1 (saco)	3.45	3.45	12	¢ 0.29
- Zaranda	1.5 m ²	30.00/1.5	30.00	12	¢ 2.50
<u>EQUIPO</u>	8.8				
- Regadera metálica	1	20.00	20.00	12	¢ 1.66
- Atomizador	1	18.00	18.00	12	¢ 1.50
<u>INSUMOS</u>	8.92				
- Fertilizantes	128 gr	4.26	4.26		¢ 4.26
- Extractos botánicos		3.00	3.00		¢ 3.00
- Bayfolán	45 cc	23.00/1000cc	1.035		¢ 1.035
- Semilla	3.54 gr	5.00/28.35 gr	0.62		¢ 0.62
<u>MANO DE OBRA</u>	14.6				
- Mano de obra/atención al cultivo	5 min. x 60 días = 300 min ÷ 60 = 5 hr x 2.92				¢ 14.60
					<u>¢ 32.31</u>

Cuadro 38. Presupuesto del cultivo de remolacha Beta vulgaris var. Crosby egyptian en sistema hidropónico utilizando granza de arroz y solución nutritiva.

Area	:	1 m ²
Costo/m ²	:	¢ 40.72
Ingreso/m ²	:	¢ 60.00
Ingreso neto/m ²	:	¢ 19.28

DETALLES	Cantidad utilizada	Precio/Unidad ¢	Costo total (¢)	Amortización (No. de cosechas)
<u>MATERIALES</u>	3.84			
- Módulo		30.00	30.00	12 ¢ 2.50
- Plástico	1.20 m ²	1.75	2.10	6 ¢ 0.35
- Granza-ceniza		5.95	5.95	6 ¢ 0.99
<u>EQUIPO</u>	7.07			
- Equipo de riego y recipientes plásticos.		85.00	85.00	12 ¢ 7.07
<u>INSUMOS</u>	15.215			
- Solución COLJAP	1.2	8.80	10.56	¢ 10.56
- Bayfolán	45 cc	23.00/1000 cc.	1.035	¢ 1.035
- Extractos botánicos		3.00	3.00	¢ 3.00
- Semilla	3.54 gr	5.00/28.35 gr.	0.62	¢ 0.62
<u>MANO DE OBRA</u>	14.6			
Mano de obra/atención al cultivo :	5 min. x 60 días = 300 min. ÷ 60 = 5 horas x 2.92 ¢ 14.60			
				¢ 40.725

5. CONCLUSIONES

- La escoria volcánica roja es un excelente sustrato para el cultivo de remolacha (Beta vulgaris) var Crosby egip-tian en sistema hidropónico, superando el desarrollo de la remolacha en granza de arroz como sustrato.
- Se comprobó que las características físicas de la escoria volcánica roja, en cuanto a disposición de sus partículas, granulometría, peso y densidad del sustrato beneficiaron el desarrollo del cultivo más que la granza de arroz.
- Con relación a las variables diámetro, peso y altura de las plantas existe diferencia significativa entre sustra-tos y fertilizantes.
- La granza de arroz como sustrato dió buenos resultados en el desarrollo de la remolacha, utilizando como fuente fer-tilizante la solución nutritiva.
- Las fuentes de fertilizante solución nutritiva (F1) y abo-no azul (F2), son las que mejor funcionan usando como sus-trato la escoria volcánica roja y granza de arroz; sin em-bargo es más recomendable la fertilización con abono azul por la facilidad en su manejo.
- La fuente de fertilizante triple quince (F3), no funciona

X

en el cultivo hidropónico de remolacha, usando como sug
trato escoria volcánica roja y granza de arroz.

- Se comprobaron valores bajos de grados Brix en el cultivo de remolacha variedad Crosby egyptian.
- Por su bajo costo, la escoria volcánica roja utilizada como sustrato resultó ser la más recomendable para este sistema.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la escoria volcánica roja como sustrato por sus buenas características físicas y facilidad en su manejo.
- Se recomienda el uso de la escoria volcánica roja como sustrato y abono azul como fuente fertilizante.
- No se recomienda el uso de la granza de arroz como sustrato por su baja estabilidad física.
- Las fertilizaciones foliares deberán iniciarse a los 15 días de establecido el cultivo.
- Realizar más investigaciones con el sustrato escoria volcánica roja.
- Afinar programas de fertilización tanto en forma sólida como líquida (foliares).
- Realizar escardas cada 4 días con el propósito de disminuir plagas en el sustrato, darle una mejor aereación y evitar la compactación del mismo.

7. BIBLIOGRAFIA

1. CALDERON, S.F.; RODRIGUEZ, C.; GOMEZ M., J.H.; QUEVEDO, I. 1989. El cultivo hidropónico, manual práctico. Bogotá, Colombia, COLJAP - Departamento Técnico. P. 3-17, 34-40, 54-60.
2. CASSERES, E. 1966. Producción de hortalizas. Lima, Perú, IICA. P. 178-182.
3. CENTRO LAS Gaviotas. 1969. Manual de hidroponia social; una alternativa apropiada para generación de ingreso a través de una tecnología de punta escalonada. Cali, Colombia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Alcaldía M.P. y DE BOGOTA. 73 P.
4. COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. 1991. Hidroponia; cultivo sin suelo. Aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col.). Vol. 1: 7-27.
5. _____. 1991. Los sustratos; aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col.). Vol. 3: 41-56.
6. _____. 1991. Los recipientes; aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col.). Vol. 4: 57-72.
7. _____. 1991. La nutrición de las plantas; aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col). Vol. 6: 89-103.
8. _____. 1991. La solución nutritiva; aprenda fácil - cultivos hidropónicos (Col.). Vol. 10: 155-169.
9. CULTIVOS HIDROPONICOS LTD. 1989. Manual hidropónico; una huerta en su casa. Bogotá, Colombia. s.n. 76 P.

10. CURY, R. 1941. Mineralogía y geología; trabajos prácticos clave mineralógica. 4a ed. Buenos Aires, Argentina. L.J. Rosso. P. 233-235, 239.
11. DOUGLAS, J.S. 1972. Hidroponia; como cultivar sin tierra. 4 ed. Buenos Aires, Argentina. El Ateneo. P. 1-60, 129-133.
12. ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA. 1984. El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agrónomos, hortícolas y tropicales. Honduras, E.A.P./AID. P. 17-20, III-26.
- 13/ FOSSATI, C. 1986. Como practicar el hidrocultivo; sorprendentes resultados del cultivo sin tierra en soluciones de agua. Trad. M. Luz González. 2 ed. Madrid, España. EDAF. P. 13-18, 25-38, 95-143.
14. GARCIA, F.J. 1971. Cultivos herbáceos. Zaragoza, España, AGROCIENCIA. P. 284-291, 296-303.
15. GILL, N.T.; VEAR, K.C. 1965. Botánica agrícola. Trad. Horacio Marco Moll. Zaragoza, España. Acribia. P. 149-160.
16. GROSS, A. 1976. Abonos; guía práctica de la fertilización. Trad. Alonso Domínguez Vivancos. 6 ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. P. 337-381, 390-536.
- /17. GUDIEL, V.M. 1987. Manual agrícola Super B. 6 ed. Guatemala. Super B. P. 175-178.
18. GUERRERO, G.A. 1977. Cultivos herbáceos extensivos. Madrid, España. Mundi-Prensa. P. 145-155, 162-166, 178-191.

19. HUTERWALL, G.O. 1979. Hidroponía; cultivo de plantas sin tierra. Buenos Aires, Argentina. ALBATROS. SRL. P. 23-174.
20. JAPON, Q.J. 1984. Cultivo extensivo de la remolacha de mesa. Madrid, España. Ministerio de Agricultura-Pesca y Alimentación. Hojas divulgadoras No. 18. P. 11-15.
21. KING, A.B.S.; SAUNDER, J.L. 1984. Las plagas invertébradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, Inglaterra. TDRI/CATIE. P. 57-61.
22. LA PATRIA. 1989. Cultivemos; la hidroponía popular. Manizalez, Colombia. Vol. 25: 3-23.
23. MELA, M.P. 1963. Cultivos de regadío. Zaragoza, España. AGROCIENCIA. P. 425-458, 531-550, 554-563.
24. MEYER, A. s.f. Geología y mineralogía. San Salvador, Facultad de Ingeniería. P. 1-3, 7.
25. MONTES, A.L. 1969. Bromatología. Buenos Aires, Argentina. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Vol. 2. P. 258, 264, 238-289.
26. RESH, H.W. 1987. Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción. Trad. José Santos Caffarena. 2a ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. P. 25-76, 96-118, 151-272.

27. ROBINSON, G.W. 1967. Los suelos; su origen, constitución y clasificación. Trad. José Luis Amoros. Barcelona, España. OMEGA. P. 248-249, 254.
28. RODRIGUEZ, C.; DIAZ, D. 1991. Manual para cultivos hidropónicos. Bogotá, Colombia. Fondo Rotatorio Editorial, Tecnología Apropriada y Participación Comunitaria. P. 41-52, 71-91.
29. RODRIGUEZ, R.O.; ARMAS, O.H. 1989. Hidroponía tropical. Bogotá, Colombia. VADELL. P. 36-135.
30. ORESTES, C. 1943. Geología; curso elemental de historia natural; 9a ed. Buenos Aires, Argentina. LOPEZ. P. 260-267, 276-179.
31. STOLL, G. 1989. Protección natural de los cultivos en zonas tropicales. Argentina. AGRECOL. P. 10-23, 81-120.

8. A N E X O S

Cuadro A-1. Preparación de tés botánicos: Ajo, cebolla y chile, utilizados para el control preventivo de plagas.

	TE DE AJO	TE DE CEBOLLA	TE DE CHILE
MATERIALES	- 1 onza de aceite mineral 6 de cocina	- 1 onza de aceite mineral o de cocina	- 1 onza de aceite mineral o de cocina
	- 2 cabezas grandes de ajo.	- 2 cebollas grandes.	- 8 chiles espuela de gallo
	- 1 colador.	- 1 colador	- 1 colador
PROCEDIMIENTO	1) Se maceran las 2 cabezas de ajo.	1) Macerar las cebollas.	1) Macerar los chiles.
	2) Agregar el aceite mineral.	2) Agregar el aceite mineral 6 de cocina.	2) Agregar el aceite mineral 6 de cocina.
	3) Colar y dejar reposar por 24 horas.	3) Colar y dejar reposar por 24 horas.	3) Colar y dejar reposar durante 24 horas.
	4) Completar con agua hasta 250 cc.	4) Completar con agua hasta 250 cc.	4) Completar con agua hasta 250 cc.
	5) De la solución anterior tomar 30 cc. por litro de agua.	5) Tomar 30 cc de la solución anterior por cada litro de agua.	5) Tomar 30 cc de la solución antes mencionada, por cada litro de agua.
	6) Aplicar al cultivo hidropónico.	6) Asperjar al cultivo hidropónico.	6) Asperjar al cultivo.

FUENTE : STOLL, G. Protección natural de los cultivos. 1989 (31).

Cuadro A-2. Calendario de control de plagas a base de extractos naturales..

EXTRACTOS	FRECUENCIA DE APLICACION											
	M A Y O			J U N I O				J U L I O				
	3a.	4a.		1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.	
DE CHILE		hatched						hatched				
DE AJO				hatched		hatched		hatched		hatched		
DE CEBOLLA					hatched		hatched		hatched		hatched	hatched

Cuadro A-3. Resultados obtenidos del muestreo de Diabrotica balteata, en el cultivo de remolacha (Beta vulgaris) en sistema hidropónico, en el mes de julio.

No. de plantas	S U S T R A T O S							
	GRANZA (MODULOS DE 3m ² c/u)				ESCORIA (MODULOS DE 3m ² c/u)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	-	-	-	-	1	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	1	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	1	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	1	-
8	-	-	-	1	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	1	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	1	-
12	-	-	1	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	1
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	1	-	-	-	-	-
17	-	1	-	-	-	-	1	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	3	2	1	1	2	2	1
	TOTAL = 7				TOTAL = 6			

Quadro A-4. Principales enfermedades que afectan al cultivo de la remolacha Beta vulgaris Var. Crosby egiptian.

ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	SINTOMATOLOGIA	CONTROL
Mal del tallue lo	<p><u>Phythium</u> sp. <u>Rhizoctonia solani</u> <u>Corticium rolfsii</u></p>	<p>Lesión que aparece en la base de los tallos casi al ras del suelo, cuando hay exceso de humedad, provoca marchitamiento de las plantas y su muerte final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento a la semilla con Arasan, Captan, Carasan. - Tratamiento al suelo antes de la siembra con Ridomil 5%G; Captan + PCNB. - Tratamiento del suelo después de la siembra: Dexon, PCNB, Banrot, Busan 30 A'
Marchitez	<u>Fusarium</u> sp	<p>Marchitamiento gradual del follaje, se inicia desde la base del tallo o corona, afectando las hojas más viejas hasta dañar toda la planta que termina muriendo; este hongo penetra por la raíz.</p>	<p>Idéntico al control de mal del tallue.</p>
Mancha de la hoja	<u>Cercospora</u> <u>beticola</u>	<p>Se manifiesta en las hojas con numerosas manchas redondas, pequeñas de color café oscuro en los bordes y de tono más claro en el centro. El hongo puede ser transportado por las semillas</p>	<p>Antracol 70 WP, Dithane M-45, Cupravit 85E Difolathon, Ferban, Benlate 200 ppm.</p>
Enfermedades del corazón de la remolacha.	Enfermedad no parasitaria.	<p>Desecamiento de las hojas de la parte central que se ennegresen, extendiéndose después a las hojas externas y por último a la raíz en su parte central y superior</p>	<p>Adiciones de Boro.</p>

Fuente : Gudiel, V.M. Manual agrícola Super B, 1987 (17).
Guerrero, G.A. Cultivos herbáceos, 1977 (18).

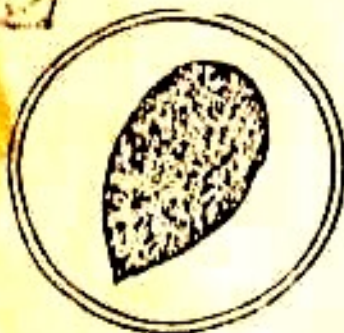
Cuadro A-5. Principales plagas que atacan al cultivo de la remolacha Beta vulgaris var. Crosby egyptian.

AGENTE CAUSAL	NOMBRE COMUN	D A N O	CONTROL
<u>Diabrotica</u> sp	Tortuguillas	El daño lo ocasionan al follaje principalmente en los primeros días de nacidas las plantitas, son masticadas por lo que pueden llegar a la defoliación completa de la planta.	Aplicaciones preventivas con Lannate. Tamarón 600, Folídol M-48.
<u>Bemisia tabaci</u>	Mosca blanca	Las larvas causan amarillamiento, moteado, y encrespamiento de las hojas seguidas de necrosis y defoliación.	Aplicaciones del grupo A2 al suelo, en época de siembras. Aplicaciones foliares con productos del grupo E6 ó E.
<u>Agrosoma proxima</u>	Chicharritas	Succionan savia de tallos y hojas causando la muerte en casos extremos.	Aplicaciones con Tamarón 600 si la plaga es significativa.
<u>Conorhynchus mendicus</u>	Los Cleonus	Quando las plantitas de remolacha están recién nacidas devoran las hojitas, llegando a destruir el cultivo.	Rotación de cultivos.

FUENTE : GUDIEL, V.M. Manual Agrícola Super B, 1987 (17).
 KING, A.B.S.; SANDER, J.L. Las plagas invertibradas de los cultivos anuales alimenticios en América Central, 196. (21).



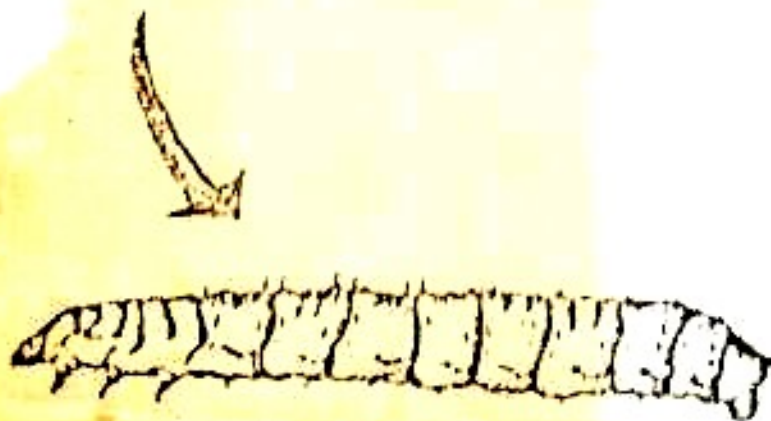
Adulto



Huevo



Pupa



Larva



Prepupa

Fig. A-1. Ciclo de vida de la Diabrotica balteata (tortuguilla)