

13100356

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



**INTERACCION DE PROGRAMAS DE FERTILACION Y DISTANCIAMIENTOS  
DE SIEMBRAS EN EL CULTIVO HIDROPONICO DE REMOLACHA  
(Beta vulgaris)**

por:

**JOSE ELISEO CAMPOS GRANADOS  
JOSE ELMER RAMOS CRUZ  
LUIS NAPOLEON TORRES BERRIOS**

**SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 1992**

Inv. entario 13100356

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INTERACCION DE PROGRAMAS DE FERTILIZACION Y DISTANCIAMIENTOS  
DE SIEMBRA EN EL CULTIVO HIDROPONICO DE REMOLACHA  
(Beta vulgaris)

POR :

JOSE ELISEO CAMPOS GRANADOS

JOSE ELMER RAMOS CRUZ

LUIS NAPOLEON TORRES BERRIOS

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE :  
INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 1992



*Ej 2*

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR: DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL: LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO: ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO: ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO

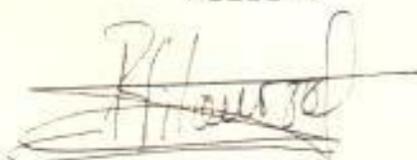
*d) por la Secretaría de la Facultad de C. A. - Enero/1993*

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



ING. AGR. RENE FRANCISCO VASQUEZ

ASESOR:



ING. AGR. JOSE RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE

JURADO EXAMINADOR:



ING. AGR. MANUEL DE JESUS HERNANDEZ JUAREZ



ING. AGR. JUAN ROSAS QUINTANILLA



ING. AGR. RENE FRANCISCO VASQUEZ

## RESUMEN

El presente ensayo se realizó en la terraza del edificio del Laboratorio de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; octubre a diciembre de 1991.

La investigación se realizó con el objetivo de presentar a los hidrocultores alternativas viables de fertilización en el cultivo hidropónico de la remolacha (Beta Vulgaris), variedad Crosby egyptian; así como también proporcionar un buen arreglo espacial de siembra para un mejor desarrollo del cultivo.

Para la investigación se evaluaron tres programas de fertilización con tres distanciamientos de siembra; los programas de fertilización incluían los fertilizantes sólidos como Blaukorn, Urea y Nitromagcalcareo; y un fertilizante foliar quelatado (Bayfolán).

Los distanciamientos de siembra en arreglo espacial, fueron en rectángulo de 16x10 y 12x10, y en cuadro 12x12. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3, teniendo 9 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, para un total de 36 unidades experimentales.

Para el análisis estadístico se utilizó la Prueba de Duncan. Los parámetros evaluados fueron: Altura de planta, número de

hojas por planta, peso seco de hojas, diámetro de remolacha, peso de remolacha, peso fresco de raíz, porcentaje de azúcar y análisis beneficio-costos.

Al final del ensayo los resultados obtenidos de los programas de fertilización con los distanciamientos de siembra en arreglo espacial fueron:

- Que los diámetros de las raíces de remolacha variedad Crosby Egyptian reportados por la literatura fueron superados cuando se utiliza el distanciamiento en arreglo espacial en cuadro (d1:12x12 cm.).
- En base a estos resultados se concluye que, de los distanciamientos de siembra estudiados, el arreglo espacial en cuadro fue donde se obtuvieron los mejores diámetros de remolacha; las fuentes de fertilizantes sólidos completados con fertilizantes foliares, son una buena alternativa que pueden sustituir a las soluciones nutritivas, produciendo buenos resultados y facilitando su manejo. Además se recomienda utilizar el programa de fertilización con Blaukorn + urea por ser el de menor costo de producción.

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS TODOPODEROSO:

*Por habernos dado la vida e iluminar nuestros pensamientos.*

### 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 habernos permitido ser parte de ella.*

### A LA INSTITUCION: PNUD - PRODERE

*A la Lic. Marina Lo Giudice, coordinadora de PRODERE, por su apoyo para el desarrollo de la investigación.*

### AL BR. FRANCISCO OSORIO:

*Por brindarnos su colaboración en la Biblioteca.*

### AL SR. NICOMEDES BUSTAMANTE MENJIVAR:

*Por su colaboración en una forma desinteresada.*

A NUESTRO ASESOR:

*Por habernos dado todos los conocimientos necesarios y orientarnos en el desarrollo de la investigación; y lograr de esta forma nuestros objetivos.*

A NUESTRO JURADO CALIFICADOR:

*Por su dedicación y aprobación de nuestro trabajo de investigación.*

A NUESTROS COMPAGNEROS Y AMIGOS:

*Por habernos dado su apoyo en una forma desinteresada.*

## DEDICATORIA

### A DIOS TODOPODEROSO:

*Por darme la vida y terminar uno de mis más anhelados objetivos.*

### A MIS PADRES:

*José Eliseo Campos Batres y Aracely Granados, por todos sus sacrificios y esfuerzos para formarme profesionalmente.*

### A MI SEGUNDA MADRE:

*Blanca Miriam Romero, por su apoyo durante mi formación profesional.*

### A MI ESPOSA:

*Eligda Patricia Flores Martínez, por su amor y apoyo durante mi formación profesional.*

### A MI HIJA:

*Martha Miriam Campos Flores, con todo mi amor.*

### A MI TIA:

*Maria Elena Campos Batres, con cariño y aprecio.*

### A MIS HERMANOS:

*Bessy María, Tania Aracely Campos Granados, Claudia Lissethe Romero, German Nelson Solís Hernández, Oscar David Machado Avila, con amor fraternal.*

A MI PRIMO:

*José Roby Zapata, por su apoyo en mi formación.*

A LA FAMILIA AVILA RODRIGUEZ:

*Por sus consejos y apoyo cuando más lo necesité.*

A UNA AMIGA ESPECIAL:

*Crucita Ezquivel, con especial cariño.*

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 PAIS:

*El Salvador.*

JOSE ELISEO CAMPOS GRANADOS

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO:

*Por prestarme la existencia e iluminarme en todo momento.*

A MIS PADRES:

*En especial a mi madre Margarita por su inmenso amor y cariño que sirvieron de base para alcanzar la meta que ahora tengo.*

A MIS HERMANOS:

*Con fraternal amor.*

A MI HERMANA LIDYS:

*Con especial cariño.*

A MIS MAESTROS:

*Con respeto y gratitud por transmitirme sus conocimientos.*

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

*Por los gratos momentos compartidos.*

A MI PAIS:

*El Salvador.*

JOSE ELMER RAMOS CRUZ

## DEDICATORIA

### A DIOS TODOPODEROSO:

*Por permitirme terminar uno de mis más anhelados objetivos.*

### A MIS PADRES:

*Santana Torres Polio, Martha Erlinda Berrios de Torres, por sus sacrificios, su amor y dedicación que sirvieron de estímulo para alcanzar la meta que ahora obtengo. Mi triunfo profesional, lo debo a ellos.*

### A MIS HERMANOS:

*Oscar Orlando y Roxana del Carmen, con amor fraternal.*

### A MIS TIOS Y DEMAS FAMILIA:

*Con cariño y aprecio.*

### A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

*Por haber compartido gratos momentos.*

### A MIS MAESTROS:

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

### A MI PAIS:

*El Salvador.*

LUIS NAPOLEON TORRES BERRIOS

## I N D I C E

	PAGINA
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	viii
INDICE DE CUADROS	xvii
INDICE DE FIGURAS	xxiii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. HISTORIA DE LA HIDROPONIA	3
2.2. CONCEPTO DE HIDROPONIA	4
2.3. HIDROPONIA SOCIAL	4
2.4. CLASIFICACION DE LA HIDROPONIA DE ACUERDO A LA UTILIZACION DE SOLUCIONES Y COMPONENTES NUTRITIVOS SÓLIDOS.	5
2.4.1. SOLUCION NUTRITIVA	5
2.4.2. COMPONENTES NUTRITIVOS SOLIDOS	6
2.5. SUSTRATOS	7
2.5.1. CARACTERISTICAS DE LOS SUSTRATOS	7
2.5.2. CLASIFICACION DE LOS SUSTRATOS	11
2.5.2.1. SUSTRATOS DE ORIGEN ORGANICO	11
a) GRANZA DE ARROZ	11
b) CENIZAS	11

	c) ASERRIN Y VIRUTAS	12
	d) TURBA	13
2.5.2.2.	SUSTRATO DE ORIGEN MINERAL	13
	a) LADRILLOS Y TEJAS MOLIDAS	13
	b) PIEDRA POMEZ	14
	c) VERMICULITA	15
	d) PERLITA	15
	e) PUMITA	16
	f) ARENAS	16
	g) GRAVAS	17
	h) ESCORIA VOLCANICA ROJA	17
2.6.	CAMAS DE CULTIVO	19
	2.6.1. CARACTERISTICAS DE LAS CAMAS DE CULTIVO	19
	2.6.2. TIPOS DE CAMAS	20
2.7.	SIEMBRA	20
2.8.	ESCARDADO	22
2.9.	LIMPIEZA	22
2.10.	RIEGO	22
2.11.	SUMINISTRO DE ELEMENTOS MINERALES	25
2.12.	MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	25
2.13.	GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA REMOLACHA	28
	2.13.1. ORIGEN Y DISTRIBUCION	28
	2.13.2. IMPORTANCIA ALIMENTICIA	29

2.13.3.	TIPOS Y VARIEDADES DE REMOLACHA	30
2.13.4.	CARACTERISTICAS BOTANICAS	32
2.13.4.1.	RAIZ	32
2.13.4.2.	HOJAS	36
2.13.4.3.	FLORES	37
2.13.4.4.	SEMILLAS	37
2.14.	FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA REMOLACHA	38
2.14.1.	TEMPERATURA	38
2.14.2.	INFLUENCIA DE LA DURACION DEL DIA Y RADIACION SOLAR EN EL CULTIVO DE REMOLACHA	40
2.14.3.	HUMEDAD	42
2.14.4.	VIENTO	42
2.15.	DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRAS	42
2.16.	NUTRICION DE LA PLANTA	46
2.16.1.	MACRONUTRIENTES	49
2.16.2.	MICRONUTRIENTES	58
3.	MATERIALES Y METODOS	65
3.1.	LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO	65
3.2.	CARACTERISTICAS CLIMATICAS DEL LUGAR	65
3.3.	PREPARACION DE LAS CAMAS DE CULTIVO	65
3.4.	SELECCION Y PREPARACION DEL SUSTRATO	68

3.4.1.	COLOCACION DE LA ESCORIA EN LAS CAMAS	68
3.4.1.	DESINFECCION DEL SUSTRATO	69
3.5.	MANEJO DEL CULTIVO	69
3.5.1.	PRUEBA DE GERMINACION	69
3.5.2.	SIEMBRA	70
3.5.3.	RALEO	70
3.5.4.	APORCO	71
3.5.5.	ESCARDADO	71
3.5.6.	RIEGO	71
3.5.7.	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	72
3.5.8.	COSECHA	72
3.6.	TRATAMIENTOS	73
3.7.	METODOLOGIA ESTADISTICA	77
3.7.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ESTADISTICO	77
3.7.2.	VARIABLES ANALIZADAS	80
3.7.2.1.	ALTURA DE PLANTAS	80
3.7.2.2.	NUMERO DE HOJAS	80
3.7.2.3.	PESO SECO DE HOJAS	80
3.7.2.4.	PESO FRESCO DE HOJAS	80
3.7.2.5.	DIAMETRO DE REMOLACHA	81
3.7.2.6.	PESO DE RAIZ RESERVANTE	81
3.7.2.7.	PESO SECO DE RAICES ABSORVENTES	81
3.7.2.8.	PESO FRESCO DE RAICES ABSORVENTES	81

3.7.2.9.	GRADOS BRIX	82
3.7.2.10.	ANALISIS BENEFICIO-COSTO	82
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	83
4.1.	CONDICIONES CLIMATICAS	83
4.2.	ANALISIS QUIMICO DE LA ESCORIA VOLCANICA ROJA	87
4.3.	ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO	87
4.4.	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	90
4.5.	ALTURA DE PLANTAS	94
4.6.	NUMERO DE HOJAS POR PLANTA	97
4.7.	PESO SECO DE HOJAS	100
4.8.	PESO FRESCO DE HOJAS	103
4.9.	DIAMETRO DE REMOLACHA	105
4.10.	PESO DE LA RAIZ CARNOSA	110
4.11.	PESO SECO DE RAICES ABSORVENTES	113
4.12.	PESO FRESCO DE RAICES ABSORVENTES	117
4.13.	PORCENTAJE DE AZUCAR	121
4.14.	ANALISIS BENEFICIO-COSTO	126
5.	CONCLUSIONES	130
6.	RECOMENDACIONES	131
7.	BIBLIOGRAFIA	132
8.	ANEXOS	139

## INDICE DE CUADROS

### CUADRO

1	Capacidad de retención de agua de algunos sustratos utilizados en hidroponía .....	24
2	Características de las variedades más importantes de remolacha .....	31
3	Peso de hojas, raíz y riqueza de sacarosa .....	34
4	Distanciamiento de siembra de algunas hortalizas en hidroponía .....	44
5	Composición química de los fertilizantes sólidos.	74
6	Programa de fertilización con base a tres fuentes de fertilizantes sólidos y con el complemento de un fertilizante foliar .....	75
7	Descripción de los tratamientos en donde se combinan los programas de fertilización y distanciamientos arreglos .....	76
8	Valores climáticos promedio mensuales bajo el cual estuvo expuesta el cultivo hidropónico de remolacha ( <i>Beta Vulgaris</i> ), variedad crosby egyptian durante los meses de octubre a diciembre de 1991 .....	85
9	Análisis químico de la escoria volcánica roja.....	87
10	Altura promedio de plantas de remolacha a los 15,	

	30 y 45 días después de la siembra.....	89
11	Número promedio de hojas de plantas de remolacha a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.....	90
12	Altura promedio de plantas de remolacha (cm) al final del ciclo de cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre.....	96
13	Análisis de varianza de la altura promedio (cm) de plantas de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.....	96
14	Interacción entre programas de fertilización y ... distanciamientos de siembra en las alturas(cm) de las plantas de remolacha.....	97
15	Número de hojas por planta de remolacha al final del ciclo de cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre.	98
16	Análisis de varianza del número de hojas promedio de plantas de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.....	99
17	Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra en el número de hojas de plantas de remolacha.....	99

18	<i>Peso seco de hoja de remolacha en gramos al final del ciclo vegetativo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra, durante el periodo de octubre a diciembre.....</i>	101
19	<i>Análisis de varianza del peso seco de hojas de remolacha en gramos con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.....</i>	102
20	<i>Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso seco de hojas de remolacha.....</i>	102
21	<i>Peso fresco de hojas de plantas de remolacha (9) al final del ciclo vegetativo del cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre..</i>	134
22	<i>Análisis de varianza del peso fresco de hojas de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.....</i>	134
23	<i>Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso fresco de hojas de remolacha.....</i>	135
24	<i>Diametro promedio de raíces de remolacha (cm) al final del ciclo de cultivo, con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el pe-</i>	

	<i>riodo de octubre a diciembre de 1991.....</i>	<i>137</i>
25	<i>Análisis de varianza del diámetro (cm) de raíces de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.....</i>	<i>138</i>
26	<i>Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamiento del diámetro de raíces de remolacha (cm).</i>	<i>138</i>
27	<i>Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra en el diámetro de remolacha</i>	<i>109</i>
28	<i>Peso de la raíz reservante de remolacha (en gramos) al final del ciclo vegetativo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre.....</i>	<i>112</i>
29	<i>Análisis de Varianza del peso de raíz de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.....</i>	<i>112</i>
30	<i>Análisis de interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso de remolacha.....</i>	<i>143</i>
31	<i>Peso seco de las raíces absorbentes de remolacha (en gramos) al final del ciclo del cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra, durante el periodo de octubre a diciembre 1991.....</i>	<i>115</i>

32	<i>Análisis de varianza del logaritmo (10) del peso seco de raíz fibrosa de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.</i>	116
33	<i>Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso seco de la raíz fibrosa de plantas de remolacha.....</i>	116
34	<i>Peso fresco promedio de raíces absorbentes de remolacha al final del ciclo del cultivo.</i>	118
35	<i>Análisis de varianza del logaritmo (10) del peso fresco de raíces absorbentes al final del ciclo del cultivo de remolacha.....</i>	119
36	<i>Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamientos del peso fresco de raíces absorbentes de plantas de remolacha al 10% de significancia.....</i>	119
37	<i>Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso fresco de raíces absorbentes de plantas de remolacha.....</i>	120
38	<i>Porcentaje de azúcar en la remolacha al final del ciclo vegetativo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.....</i>	123
39	<i>Análisis de varianza del porcentaje de azúcar promedio en la remolacha con tres programas de fertilización y</i>	

	tres distanciamientos de siembra.....	124
40	Prueba de Duncan para diferencias entre medias de tratamientos del porcentaje de azúcar en la remolacha.	124
41	Interacción entre programas de fertilización y distan- ciamientos de siembra del porcentaje de azúcar en remolachas.....	125
42	Análisis económico del cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , utilizando blaukorn, urea y bayfolán (P <sub>1</sub> ) y un distancia- miento de siembra de 12 x 12.....	127
43	Análisis económico del cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , en el cultivo hidropónico utilizando Blaukorn-Bayfolán (P <sub>2</sub> ), y un distanciamiento de siembra de 16 x 10.	128
44	Análisis económico del cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , en el cultivo hidropónico utilizando Blaukorn-Nitromag- calcáreo y Bayfolán (P <sub>2</sub> ) y un distanciamiento de siembra de 12 x 12.....	129
A-1	Principales plagas que atacan el cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , variedad Crosby Egiptian.	140
A-2	Principales enfermedades que afectan al cultivo de remolacha <u>Beta vulgaris</u> , variedad Crosby Egiptian.	141

## INDICE DE FIGURAS

### FIGURA

1	Distribución del azúcar en la remolacha, de acuerdo a las 35 zonas topográficas.....	40
2	Módulo hidropónico, de dimensiones 1x3x0.1 m. construido de costaneras reglas riostras y tablas	67
3	Plano de distribución de los tratamientos y repetición en los módulos hidropónicos.....	78
4	Temperatura media mensual, velocidad del viento observadas durante el desarrollo del cultivo de remolacha de octubre a diciembre de 1991. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.	86
5	Humedad relativa (%), precipitación pluvial (mm), luz solar (horas luz), observados durante el desarrollo del cultivo hidropónico de remolacha de octubre a diciembre de 1991. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.....	86
6	Principal enfermedad encontrada en el cultivo hidropónico de remolacha.....	92
7	Principales plagas encontradas en el cultivo hidropónico de la remolacha.....	93

8	Efecto del distanciamiento sobre el diametro de remolacha bajo sistema de cultivo hidropónico.....	109
10	Contenido de azúcar (%) en remolachas menejadas con diferentes programas y distancias bajo cultivo hidropónico.....	126

## INTRODUCCION

Con el ánimo de producir alimentos, el hombre descubrió un nuevo método para la producción de hortalizas y otros cultivos ornamentales. Este método es llamado "Cultivos Hidropónicos", y consiste en cultivar plantas en un sustrato diferente al suelo. Esta técnica es de fácil implementación, pues se requiere de espacios pequeños y materiales sencillos como la madera, clavos, plástico, etc. además se controlan mejor los factores ambientales como luz y agua, lo que mejora el desarrollo del cultivo.

Desde el descubrimiento de la hidroponía, los estudios realizados alrededor de esta técnica se encausaron a investigar cuáles eran los nutrientes esenciales para el buen desarrollo de las plantas y como hacerlos de fácil disponibilidad para las mismas; fue así como diferentes investigadores llegaron a recomendar soluciones nutritivas para la técnica hidropónica, utilizando como sustrato cualquier material, siempre que este sea inerte.

En hidroponía se trata de buscar materiales de fácil obtención; es así, que en el presente ensayo se utilizó escoria volcánica roja, de fácil obtención en el país, así como también madera para la construcción de las camas de cultivo.

El presente trabajo trata de buscar alternativas viables de fertilización para el cultivo de la remolacha en hidroponia, evaluando fertilizantes sólidos existentes en el mercado nacional, asi como tambien se pretende investigar cuál es el mejor distanciamiento de siembra en el cultivo de remolacha en hidroponia.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Historia de la Hidroponía

La experimentación con hidropónicos se remonta al año 1650 cuando se pretendía averiguar, exclusivamente, cuáles eran las sustancias nutritivas indispensables para el crecimiento de las plantas (6).

En 1868 un ensayo llevado a cabo por Van Helmont en un cultivo, utilizando recipientes especiales, se concluyó que las plantas obtienen del agua las sustancias para su crecimiento (6).

Do Hamel, en 1578, germinó semillas de diversas plantas entre esponjas húmedas. Las plantas obtenidas así las colocó en botellas rellenas con agua filtrada, y con una solución nutritiva de baja concentración, de forma que las raíces quedaran sumergidas en la solución.

Los alemanes Sachs y Knop impulsaron desde 1857 las técnicas de cultivo en agua pudiendo considerarseles como los fundadores del sistema hidropónico (6).

En 1929 comienzan a funcionar en Estados Unidos cultivos hidropónicos a nivel agroindustrial trabajando con plantas ornamentales, entre ellas los claveles, utilizando como sustrato arena (6).

Con el estallido de la Segunda Guerra Mundial se le dio importancia a la hidroponia como recurso tecnológico para la producción de alimento en zonas de difícil acceso, lo que generó el perfeccionamiento de varias de sus técnicas (4).

En 1955 se crea el Circulo Internacional de Trabajos en Cultivos Hidroponicos (IWOSC) que ha permitido un acelerado desarrollo del conocimiento científico en esta área (5).

## 2.2. Concepto de Hidroponia

La hidroponia consiste en el crecimiento de las plantas sin utilizar suelo, aunque usando medios inertes, como la grava, arena, escoria volcánica, granza de arroz, etc. que sirven de sosten a las plantas, a los cuales se les añade una solución de nutrimentos que contienen los elementos esenciales para el normal desarrollo y crecimiento de las plantas (6,14).

## 2.3. Hidroponia Social

La hidroponia social es una actividad que consolida la integración familiar, pues su simplificación permite la participación de toda la familia, sin importar su nivel académico. Adicionalmente el éxito en los cultivos constituye un elemento de prestigio a nivel de la comunidad, que dignifica a la persona al

demostrar ella misma su capacidad de autorealización, constituyéndose en un futuro microempresario (4).

#### 2.4. Clasificación de la hidroponia de acuerdo a la utilización de soluciones y componentes nutritivos sólidos.

Según FOSSATI, citado por Aguilar et-al (1) en hidroponia los nutrimentos esenciales que requieren las plantas pueden ser aportados como solución nutritiva (forma líquida) y como fertilizantes tradicionales (forma sólida).

##### 2.4.1. Solución Nutritiva

Según FOSSATI, citado por Aguilar et-al (1) los elementos nutritivos en la solución, comúnmente usados en hidroponia se agrupan en dos y algunos casos en tres componentes: A, B, y C. El componente A, generalmente contiene los elementos mayores: nitrógeno, fósforo y potasio; el componente B, contiene magnesio, azufre y calcio; el componente C, los elementos menores hierro, magnesio, cobre, zinc, boro, molibdeno, cobalto y cloro. 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 las cuales deben contener todos los elementos que cada especie cultivada normalmente extrae del suelo.

Sin embargo, para hortalizas como la lechuga, la espinaca, el repollo, la acelga, cebolla, coliflor, brocoli y la remolacha y para plantas de fruto como por ejemplo fresa, tomate, chile pimenton se utiliza un aporte de solución máximo (completa); pero, después de la floración el aporte de solución se disminuye a la mitad (4).

#### 2.4.2. Componentes nutritivos sólidos

Según CDLJAP, citado por Aguilar et-al (1) se tienen dentro de los componentes nutritivos sólidos los fertilizantes de uso tradicional clasificados según la composición en: fertilizantes simples y fertilizantes compuestos.

Considerando que la característica de los sustratos es 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. 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 puede agregar ciertos acondicionadores para evitar que el fertilizante absorba humedad y se aterrone o se usan pigmentos colorantes para

distinguir las distintas fórmulas fertilizantes. También existen fertilizantes compuestos que poseen elementos en pequeñas cantidades como el Blaukorn.

GUDIÉL, citado por Aguilar, et-al (1) 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 foliares.

### 2.5. Sustratos

El sustrato es un material inerte que reemplaza al suelo y que le ofrece a la planta sosten radicular, aereación, humedad y oscuridad (4).

#### 2.5.1. Características de los sustratos

A continuación se describen algunas características que debe tener un sustrato ideal para el cultivo hidropónico:

a) Debe retener humedad y permitir una buena aereación.

La retención de agua por el sustrato en cantidades adecuadas y de forma homogénea determina la posibilidad de la planta de utilizarla como vehículo para sus funciones metabólicas.

La retención es función de la granulometría del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen (6).

La capacidad de retención del sustrato nos indicará la necesidad de frecuencia de los riegos. A mayor capacidad de retención de agua del sustrato, menor será la frecuencia del riego y viceversa (6). El sustrato debe contener la porosidad suficiente para que se forme una especie de cojín de aire. Se puede obtener la mejor porosidad al respecto mezclando sustratos de diversa composición molecular como por ejemplo: granza de arroz con grava y arena seca (6). 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 (6).

b) Estabilidad física.

El sustrato debe conservar su estructura física para evitar variaciones en las propiedades de drenaje, retención de humedad y aireación. Es bueno que la escala granulométrica con la que se comience el cultivo se conserve con el tiempo (6).

Así pues, los sustratos de origen granítico serán los mejores, especialmente aquellos que tienen un alto contenido de cuarzo, calcita y feldespato (6).

c) Debe ser químicamente inerte.

El sustrato debe ser químicamente inerte, no puede absorber ni por el contrario proporcionar elementos nutritivos para la planta. De ocurrir lo anterior, ello representaría una alteración inaceptable en la composición de los elementos nutritivos ofrecidos a la planta (6).

d) Debe ser biológicamente inerte.

El sustrato hidropónico es a diferencia del suelo un medio ausente de actividad biológica, en este sentido, cualquier presencia de insectos o patógenos tiene un carácter explosivo ante la total ausencia de controles naturales (6)

e) Debe ser liviano.

El peso del sustrato determina obviamente la calidad y 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 (1,6).

f) Debe estar disponible.

Esta es una condición lógica, pero a veces no se toma en cuenta; generalmente el sustrato ideal no está disponible en el medio y olvidamos recursos de la región, que eventualmente podrían reemplazarlo (6).

g) *La capilaridad.*

*Según COLJAP, citado por Aguilar et-al (1) la capilaridad consiste en que un sustrato tenga la capacidad de absorber agua por los microporos y de transportarla en todas las direcciones.*

*Cuando el sustrato no tiene capilaridad, el agua se mueve verticalmente a través del perfil del mismo, llegando rápidamente al drenaje y dejando zonas secas en las cuales no se puede desarrollar el sistema radicular.*

*Cuando el sustrato tiene una capilaridad, el agua es absorbida en todas las direcciones, haciendo que el sistema radicular de las plantas encuentre una humedad homogénea en toda la cama.*

h) *Debe de ser de bajo costo.*

*Generalmente este factor determina antes que todas las otras condiciones el sustrato a utilizar y usualmente el principal factor de costos 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 u otro sustrato (a).*

## 2.5.2. Clasificación de los sustratos

RESH citado por Aguilar et-al (1) la clasificación de los sustratos puede hacerse en dos tipos: sustratos de origen orgánico y sustratos de origen mineral (1).

### 2.5.2.1. Sustratos de origen orgánico

#### a) Granza de arroz

Es un sustrato biológico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de silicio (15%-20%), es un sustrato liviano cuyo principal costo es el transporte dado que para los molineros es un estorbo, se presenta como un elemento liviano, de buen drenaje, buena aireación (6).

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 construcciones se usa como aislante del sonido y térmico. Se le utiliza sola o mezclada con arena o escoria como sustrato hidropónico (6).

#### b) Cenizas

Según COLJAP citado por Aguilar et-al, (1) estas pueden obtenerse del carbón de leña y para su uso es necesario remojarlas en agua por un periodo 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 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. El carbón vegetal o animal proporciona otro tipo de cenizas también aptas para construir el agregado aunque con frecuencia, de mayor costo y difícil de obtener en zonas industrializadas.

c) Aserrín y virutas

Los aserrines y virutas pueden tener el problema del desconocimiento de su origen lo que implica un riesgo alto por la eventual presencia de compuestos tóxicos de la madera (6).

El aserrín tiene un pésimo drenaje, aumenta su peso proporcionalmente al agua que retiene y es difícil de mojar, inicialmente causa problemas por encharcamiento, de ahí que es necesario mezclarlo con virutas para mejorar su drenaje, aunque estas plantean después problemas de riego, al no permitir una distribución buena de agua horizontal (6).

La viruta tiende a formar "núcleos" mojados entre el sustrato canalizando el agua de goteo hacia dichos núcleos y creándose zonas secas en el sustrato (6).

d) 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 de grado de acidificación. Existen tres tipos de turba: turba de musgo, de cañaveral y de humus (14).

La primera es la menos descompuesta y proviene de Spagnum 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 (14).

2.5.2.2. Sustratos de origen mineral

a) Ladrillos y tejas molidas

Son buenos sustratos como retenedores de humedad dada su extraordinaria porosidad. Es necesario cuidar su origen en cuanto a la presencia de elementos calcareos. Las partículas de molienda entre 0.5 y 2 cm. conforman una buena granulometria. Es un sustrato que tiende a degradarse físicamente y lo irregular de sus partículas pueden presentar los mismos problemas de las gravas, pesado y de difícil manejo (6).

b) Piedra pómez

La piedra pómez, pumita o lava vitrea, también puede utilizarse, ya que su naturaleza esponjosa y llena de cavidades le permite hasta flotar en el agua. Es un material de origen volcánico, muy parecido a la escoria de carbón mineral, la cual se encuentra disponible en diversas zonas volcánicas (14).

Según SOLJAP, citado por Aguilar et-al (1), posee muy buena retención de humedad, y buenas condiciones físicas de estabilidad y durabilidad. A veces puede presentar problemas químicos por exceso de azufre y boro, pero estos 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 (1).

c) Vermiculita

Según LA PATRIA, citado por Aguilar et-al (1), la vermiculita, se obtiene en forma natural y se clasifica mineralógicamente como silicatos alcalinos de alúmina, con cantidades variables de magnesio. Su nombre se deriva del latín vermis, que significa gusano.

Al calentar a una temperatura de 1110 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 ya que retiene agua y aire. Estas propiedades hacen que la vermiculita resulte muy útil en los cultivos hidropónicos. 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.
4. De 0,74-1 mm, de diámetro y es la más útil como medio de germinación.

#### d) Perlita

La perlita es un material silíceo de origen volcánico extraído de los rios de lava, el material recién sacado se muele y se cierne calentándose a una temperatura de 760° celsius, la temperatura a la cual se evapora el poco de agua contenido en las partículas expandiéndose estas a otras más pequeñas con aspecto esponjoso, muy ligeras (23).

Las altas temperaturas del proceso, nos dan un material estéril. En las aplicaciones hortícolas, el tamaño de la parti-

cula más usada es el de 0,16 - 0,19 cm.,. La perlita absorbe 4 veces su peso en agua (23).

Según LA PATRIA, citado por Aguilar et-al (1) 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 sustratos (1).

e) Pumita

Según FOSSATI, citado por Aguilar et-al (1), 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 pesada y no absorbe tanta agua; puesto que no ha sido deshidratado, se utilizan mezclas de turba y arena para el cultivo de plantas en maceta.

f) Arenas

Al hablar de arenas es necesario hablar de arenas lavadas o con un mínimo (casi nulo) contenido de arcilla que conllevan problemas de fijación iónica. Es necesario evitar orígenes calcáreos, por sus problemas de excesos de algunos elementos y de manejo de Ph (5).

Otro factor a tomar en cuenta es la granulometria de este sustrato tendiendo cuando es muy homogéneo y fina a presentar compactaciones, encharcamientos y asfixia radicular. Es un elemento de alto peso y valor variable (b).

g) Gravas

Las gravas en general son buenos elementos para hidroponia de subirrigacion, por el tamaño de las particulas no presentan buena distribución del agua horizontalmente. La capilaridad es muy baja, tienen magnifico drenaje, por lo que se pueden utilizar para ese fin (b).

Lo afilado e irregular de sus particulas puede presentar problemas a los cultivos de bulbos o raices y a los tallos de plantas (b).

h) Escoria volcanica roja

Segun CURY, citado por Aguilar et-al (1), estas rocas son de origen volcanico, pertenecen al sub-tipo de rocas igneas o eruptivas, de color oscuro. Proviienen de un Magma interior semifluido que se insinua sobre las rocas que lo cubrian abriéndose paso por lugares de poca resistencia volcandose a veces al exterior en forma de mantos o rellenando cavidades en el interior. En el primer caso constituye rocas efusivas o volcanicas

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. El tipo de erupción es estromboliense, aquí la lava es menos fluida que en el interior, pero también avanza con rapidez y cubre grandes extensiones. En la erupción la salida de los gases y vapores se verifica con gran violencia determinando abundantes proyecciones sólidas denominadas bombas, cuando son más o menos fusiformes; bloque o escorias cuando tienen forma irregular y son porosas. Las lavas salen del cráter con gran facilidad, y al escapar de ellos los gases y vapores dejan oquedades. 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.

Segun ROBINSON, citado por Aguilar et-al (1), en cuanto a su textura, es vitrea (porque tienen estructuras amorfas) sin cristales definidos y ocurre cuando el magma se enfria rápidamente y los cristales minerales no tienen tiempo de formarse, formandose por consiguiente una masa enteramente vitrosa.

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.

## 2.6. Camas de cultivo

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

### 2.6.1. Características de las camas de cultivo

Las camas de cultivo deben presentar las características siguientes:

1. Ser un material que no se descomponga rápidamente.
2. Que no altere las propiedades de los fertilizantes ni del sustrato.
3. La profundidad puede ser de 10-20 cm, lo cual permite cultivar una gran variedad de hortalizas; para los cultivos de zanahoria y remolacha es necesario construir camas de mayor profundidad aproximadamente de 15-20 cm..
4. El ancho de la cama no deberá ser superior a 1,20 m; esto es para un mejor desarrollo de las labores culturales como: siembra, abono, fertilización y transporte.
5. El largo de las camas puede llegar hasta 12 m, de longitud, sin embargo, se deberá considerar el área a cultivar, la

facilidad de transporte, el tamaño y disponibilidad de los materiales para la elaboración de las camas (4).

#### 2.6.2. Tipos de camas

En el montaje de un cultivo hidropónico se pueden emplear muchos materiales que se encuentran abandonados en la casa, por ejemplo: bolsas, galones, y recipientes plásticos, cajas de madera, huacales, alambres, ladrillos, madera vieja, arena de río, mangueras, teja, canales, llantas, etc. Lo más importante es aplicar la iniciativa y desarrollar la creatividad (4).

Cajas de madera liviana, de la utilizadas para transportar fruta las cuales deben de estar debidamente forradas de material plástico y drenadas. También pueden usarse macetas, bateas, cañas de concreto, sus dimensiones (ancho, largo y altura) dependerá del criterio del hidrocultor y del cultivo a explotar (14).

#### 2.7. Siembra

En los cultivos hidropónicos la siembra se hace con mayor facilidad que en los cultivos tradicionales, una pequeña capa del sustrato es necesario para cubrir y ocultar de la luz las semillas (14).

El sustrato deberá estar húmedo como una esponja recién escurrida, esto permitirá que la humedad necesaria llegue a la

semilla en germinación y al mismo tiempo posibilitará la aereación que es esencial. Las semillas grandes se colocan en pequeños hoyos hechos con la punta de un lápiz a una profundidad de 1.2 cm. y a cierta distancia una de otra las semillas más pequeñas, se quita de la superficie una pequeña cantidad del sustrato, para luego con mucho cuidado esparcir la semilla y cubrirla con una delgada capa efectiva de cobertura (14).

En la práctica la profundidad máxima a que se debe sembrar flores y vegetales es de 0,6 cm.,. En el método hidropónico es posible sembrar a intervalos menores entre plantas y surco que los acostumbrados en los sistemas tradicionales, ya que se dispone de una gran cantidad de nutrimentos, sin embargo, dependerá de las preferencias individuales, así como de la necesidad de permitir que cada planta reciba la cantidad adecuada de luz, pudiéndose reducir los espacios entre planta hasta el 50% si las condiciones lo permiten (14).

También en cuanto a los arreglos espaciales se han utilizado las disposiciones en cuadro, rectangular y triangular, con el propósito de ocupar en mejor forma el espacio disponible y captar la mayor cantidad de energía solar (24).

## 2.8. Escardado

Según COLJAP, citado por Aguilar et-al (1), 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.

## 2.9. Limpieza

Uno de los problemas más importantes para el cultivo hidropónico puede ocasionarle el polvo que tapa los poros de las hojas y no permite una respiración adecuada lo que se evita rociando periódicamente las hojas con agua pura. Debe mantenerse un estricto aseo, quitando de inmediato las hojas secas, los tallos y las frutas pasadas y las flores marchitas (14).

## 2.10. Riego

Según COLJAP, citado por Aguilar et-al (1), el riego es muy importante en el desarrollo de las plantas, en la hidroponia no deja de serlo; sin embargo, las plantas cultivadas por este método consumen menos cantidad porque esta no se comparte con las partículas del suelo, las malezas y otros organismos. La cantidad de agua necesaria para un cultivo, esta 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 de la cama o del recipiente del cultivo. En general el consumo diario de agua oscila entre 2 y 3 litros por metro cuadrado. El riego de las plantas se puede realizar del mismo modo que en el cultivo en tierra. Una vez que las plantas están bien arraigadas en el sustrato resisten considerablemente presión del agua de riego.

Diariamente se evapora cierta cantidad de agua de las camas de modo que debe ser repuesta mediante el riego. El riego en lluvia con manguera mantiene blanda la corteza exterior y facilita el desarrollo de las plantas (29).

La frecuencia mínima de riego depende de la superficie del medio, del estado de crecimiento de la cosecha y de los factores climáticos, medios de cultivos lisos, con forma regular y relativamente grandes en su tamaño más fino. Las plantas de mayor desarrollo suelen precisar un riego más frecuente que las más pequeñas (23).

En las instalaciones al aire libre, un tiempo caluroso y seco acompañado por vientos, da lugar a una rápida evaporación y hace necesario el riego con una mayor frecuencia. Cuando las partículas del medio tienen un tamaño que puede ser considerado como grande, es a veces necesario regar al menos una vez cada hora durante el día, mientras que por otra parte cuando estas son más

finas, tales como la arena o el aserrin, bastaría con una o dos irrigaciones por día en condiciones semejantes (23).

La retención de humedad en peso nos indica la cantidad de agua que es capaz de retener un Kg. de sustrato, mientras que la retención de humedad expresada en volumen nos indica la cantidad de humedad que puede retener la unidad de volumen de sustrato. Por ejemplo: 100 gramos de escoria volcánica pueden retener 14.5 gramos de agua y 100 ml. de escoria volcánica pueden retener 13 ml. de agua.

La capacidad de retención de agua de los sustratos utilizados en la técnica de hidroponía puede observarse en el cuadro 1.

CUADRO 1. Capacidad de retención de agua de algunos sustratos utilizados en hidroponía.

SUSTRATO	CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA	
	% EN PESO	% EN VOLUMEN
Grava	4.2	5.7
Piedra Pomez	59.1	20.4
Escorias Volcánicas	14.5	13.0
Silice	4.2	7.3
Vermiculita	329.0	43.6
Arena	12.0	16.0
Cascarilla o Granza de Arroz	40.0	11.0

FUENTE: COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. Los sustratos 1991.

### 2.11. Suministro de elementos minerales

El suministro de los elementos minerales puede realizarse con soluciones nutritivas y con fertilizantes tradicionales. Lo importante es que se suministre en el momento oportuno los elementos esenciales y la cantidad requerida para los diferentes cultivos, por lo que debe proveerse cantidades requeridas de nutrimentos que permitan un desarrollo rápido y constante de los diferentes cultivos, que culminen en buenas cosechas tanto en cantidad como en calidad (14).

### 2.12. Manejo de plagas y enfermedades

Aunque las plantas cultivadas en hidroponia no están exentas del ataque de plagas y enfermedades, sus efectos son menos graves porque las plantas crecen rápido, son más vigorosas (están mejor alimentadas), reciben mayores cuidados en las áreas de cultivo que son relativamente pequeñas y se evitan todas las plagas y problemas fitosanitarios del suelo (4).

Para disminuir el impacto del ataque de los insectos plagas al cultivo deben seguirse varias estrategias:

- Controlarlos manualmente.- Procedimiento que se facilita debido al tamaño reducido de la camas.
- No sembrar un solo tipo de cultivos.- Existen algunas plantas que son compatibles y que al intercalarse al cultivo

principal, disminuyen considerablemente la acción de los insectos plagas; entre ellas encontramos: ajo, cebolla, rábano, apio, caléndula, salvia, menta, cebollín, pimentón.

- Rotación de cultivos.-
- Fumigar con extractos e infusiones de ajo, chile, tabaco, y ortiga.
- Colocar tapas con aceite quemado en las patas de las camas para evitar que suban las babosas o las hormigas.
- Quitar las partes afectadas y quemarlas.
- Desinfectar el sustrato si se encuentran larvas o pupas. No se recomienda la aplicación de insecticidas y otros agroquímicos en cultivos hidropónicos caseros debido a que representan un alto riesgo (4).

Las enfermedades en las plantas son producidas por virus, hongos, bacterias o deficiencias nutricionales; sin embargo, haciendo un manejo adecuado del suministro de los elementos nutritivos, es poco probable que se presenten síntomas de deficiencias nutricionales.

Entre las medidas generales para el control de enfermedades tenemos:

- Utilizar las distancias de siembra adecuadas.
- Intercalar el cultivo con plantas asociadas que repelen a los insectos, especialmente cebollas, cebollines y ajos.

- No mojar todos los días el follaje de las plantas.
- El riego debe hacerse directamente al sustrato.
- Cortar y quemar las partes afectadas.
- Desinfectar el sustrato.
- Rotar los cultivos y sembrar variedades resistentes al ataque de enfermedades (4).

Forma de preparar extractos botánicos para el control de plagas en cultivos hidropónicos.

Solución o té de ajo

- 1 onza de aceite mineral (tryona, aceite agrícola o aceite de almendras).
- 2 cabezas grandes de ajos, macerados (machacados), se dejan 24 horas en un recipiente.
- Se cuelean.
- Se completa el aceite con agua hasta 250 cc., De esta solución, se toman 30 cc. por cada litro de agua y se aplica al cultivo hidropónico.

Solución o té de cebolla

- 1 onza de aceite mineral.
- Se machacan dos cebollas.
- Se deja reposar la mezcla 24 horas.
- Se cuelea
- Se completa con agua hasta 250 cc.

- Se toman 30 cc. de esta solución por cada litro de agua y esto se le esparce al cultivo.

#### Solución o té de chile

- 1 onza de aceite mineral.
- 8 chiles espuela de gallo machacados.
- Se deja reposar 24 horas esta mezcla.
- Se cuela.
- Se le agrega agua hasta completar 250 cc. Para asperzar los cultivos se toman 30 cc. de esta solución por cada litro de agua.

#### Solución o té de tabaco

- 3 hojas de tabaco o 2 puros o 4 cigarrillos.
- Se hierven en 1 1/2 litro de agua.
- Se aspersa el cultivo con esa solución.

Nota: Esta solución no debe esparcirse a solanáceas (tomate, berengena y chile).

### 2.13. Generalidades del cultivo de la remolacha

#### 2.13.1. Origen y distribución

La remolacha azucarera se originó en Europa hace menos de 200 años seleccionando los mejores tipos azucareros de las remolachas cultivadas. La remolacha azucarera pertenece a la

especie Beta vulgaris, así como también pertenecen a esta especie la remolacha de huerta y la remolacha forrajera. La Beta vulgaris tiene un número cromosómico aploide de  $9(2n=18)$ . Las especies del género Beta se han agrupado en cuatro secciones. Se cree que la especie Beta Maritima, que crece a lo largo de la costa meridional de Europa es la forma de donde se han derivado las remolachas cultivadas (19).

SECCION I VULGARES

B. Vulgaris  
B. Maritima  
B. Macrocarpo  
B. Patula

SECCION II COROLLINAE

B. Macrorrhiza  
B. Trigyna  
B. Foliosa  
B. Lomatogona

SECCION III NANAE

B. Nana

SECCION IV PATELLARES

B. Patellaris  
B. Procumbens  
B. Webbiana

2.13.2. Importancia alimenticia

La remolacha se cultiva para el aprovechamiento de sus raíces que se consumen en ensaladas y encurtidos (12), y en muchos países la finalidad principal del cultivo es extraer azúcar de la raíz y obtener subproductos en la fabricación del azúcar tales como: melazas y pulpas (19).

La melaza es un subproducto que se emplea como alimento del ganado, también para producir alcohol y preparar levaduras de panificación, la pulpa es un subproducto que queda de las rodajas

cortadas después de la extracción del azúcar, es un alimento rico en agua (95%), pero luego son prensadas y desecadas. En esta forma se vende al agricultor. Los ganaderos son los principales consumidores de la pulpa de remolacha ya que ésta representa un lactógeno de primera calidad (9). La hoja cocida, es casi igual de nutritiva a la raíz, posee vitamina B2 (riboflavina), carotenos (vitamina A), grasa y proteína, así como también es rica en hidratos de carbono (12).

### 2.13.3. Tipos y variedades de remolacha

Los tipos de remolacha, se distinguen por la forma de las raíces, que varía de globular a achatada y de globular a alargada. La preferencia moderna es por el tipo globular (3).

En el cuadro 2 se describen las principales variedades.

CUADRO 2. Características de las variedades más importantes de remolacha.

TIPO	VARIEDAD	CARACTERÍSTICA	DÍAS A COSECHA	DIA. CM.	FOLLAJE
ACHATADO	CROSBY EGYPTIAN	VARIEDAD MUY POPULAR DE COLOR ROJO OSCURO CON ANILLOS INTERNOS MAS CLAROS.	A LOS 60 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.	5	COLOR VERDE OSCURO BRILLANTE 40-45 CM.
GLOBULAR U OVALADO	DETROIT DARK RED 670-02	UNA DE LAS VARIEDADES DE MAYOR ACEPTACION DE COLOR ROJO OSCURO	SE COSECHA DE LOS 60-70 DIAS	6-7	COLOR VERDE ROJIZO 30 CM.
	RUBY QUEEN 670-23	VARIEDAD DE GRAN POPULARIDAD ESPECIALMENTE PARA FINES DE ENLATADO. CON PULPA COLOR ROJO BRILLANTE Y TEXTURA SUAVE.	SE COSECHA A LOS 55 DIAS DESPUES DEL TRANSPLANTE	5	-----
ALARGADO	GLADIATOR	MANTIENE BUENA FORMA AL PLANTADO EN DENSIDADES ALTAS.	A LOS 55 DIAS	6	COLOR VERDE ROJIZO 30 CM.

FUENTE: GUBIEL, M. G. Manual Agrícola Super B, (1967 (12)).

CASERES, S. Producción de Hortalizas, 1966 (13).

#### 2.13.4. Características botánicas

El nombre botánico de la remolacha es Beta Vulgaris, es una planta bianual y se cultiva por sus hojas y raíz carnosa; hasta el segundo año forma su tallo floral y en el primero forma la raíz que según la variedad toma diferentes formas. El tallo es acanalado y ramificado del mismo color de la raíz con hojas largas de color verde y venas rojas. Se reproduce por semillas las que conservan su poder de germinación durante 4 años (3,12).

##### 2.13.4.1. Raíz

Según GUERRERO, citado por Aguilar et-al (1), 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 brotan las raíces secundarias las cuales no aparecen en ningún otro lugar de la raíz siendo mucho más abundantes y finas cuanto mayor sea el porcentaje de azúcar.

La sacarosa almacenada en las raíces de remolacha azucarera varía del 12 al 20% del peso bruto (19). Se ha visto que la masa del azúcar no está uniformemente repartida en el cuerpo de la remolacha; su distribución puede representarse por dos grupos de conos dispuestos unos dentro de otros.

En la parte superior de la remolacha los conos tienen el vértice dirigido hacia abajo, mientras que en la parte inferior lo tienen hacia arriba. Las puntas de los dos conos se encuentran hacia los dos quintos de la longitud de la remolacha a partir del cuello, de lo cual se deduce que la riqueza en azúcar disminuye desde el centro hacia la periferia en la sección perpendicular al eje central longitudinal (3) (figura 1).

La sacarosa es el principal carbohidrato formado en la raíz y esta concentración puede exceder el 75% del peso seco y 18% del peso fresco. Topográficamente las concentraciones más grandes de sacarosa son asociadas con las haces vasculares. Las medidas de concentración de sacarosa de la raíz entera es un parámetro muy estable para una variedad y medio ambiente particular (8).

Para determinar la densidad de las soluciones de azúcar, se usan diferentes métodos: determinación de la densidad mediante el picnómetro, balanza de Mohr o bien mediante densímetros graduados como sacarímetros o con escalas especiales como la brix. La escala brix constituye el porcentaje de sacarosa por peso que contiene una solución de azúcar puro (1,17).

El peso de la raíz crece al mismo tiempo que el porcentaje de azúcar, y cuando este cesa de aumentar (cuadro 3), puede considerarse que es el momento de iniciar la recolección. Parece

ser que cuando la remolacha este madura, las hojas pesan la cuarta parte de la raíz (15).

CUADRO 3. Peso de hojas, raíz y riqueza de sacarosa.

PESO EN KILOGRAMOS		%
PESO DE LA RAIZ	PESO DE LAS HOJAS	AZUCAR DE LA RAIZ
470	440	14,12
550	345	15,20
585	350	15,49
609	340	15,85
633	286	16,13
655	285	16,04
687	253	15,88
712	211	16,05

FUENTE: MELA MELA, Pedro, 1963. Cultivos de regadio, Ediciones Agrocienca, Zaragoza, España (16).

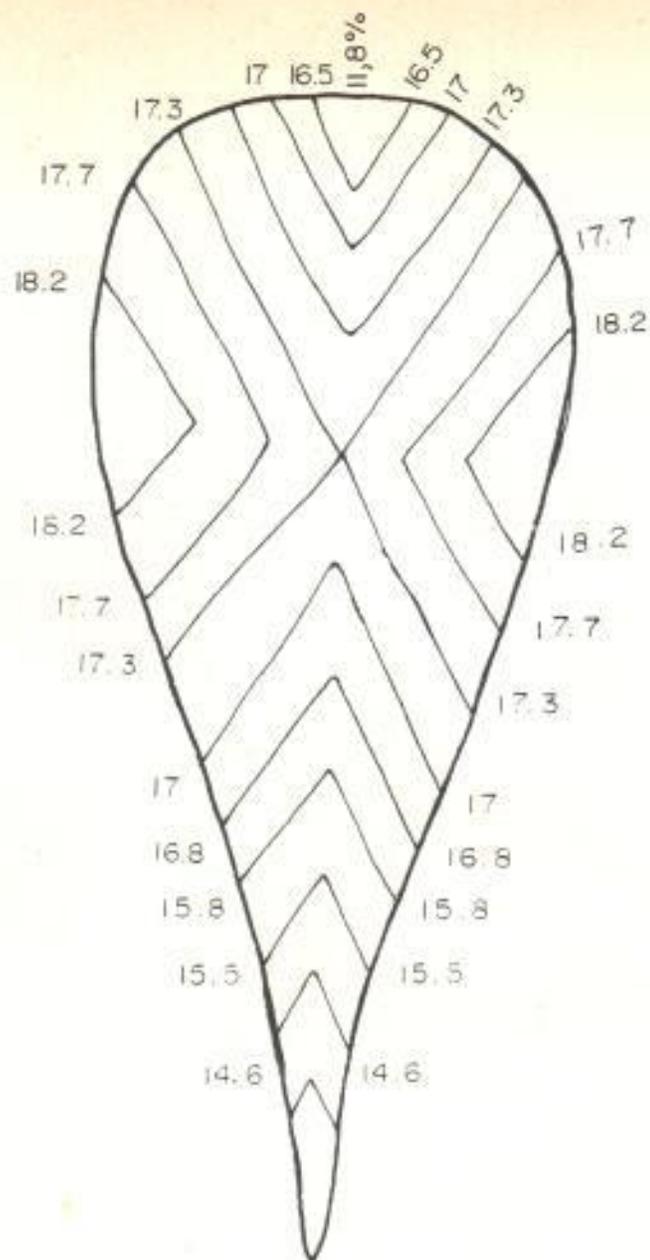


FIGURA 1. Distribucion del azucar en la remolacha de acuerdo a las zonas topograficas.

FUENTE: CALVET, E. Quimica General aplicada a la industria con practicas de laboratorio 1951 (3).

#### 2.13.4.2. Hojas

Las hojas forman una roseta con 5/13 de filotaxia sobre un compacto y alargado tallo. La longitud y área de las hojas es fuertemente influenciada, por la variedad, el número de hojas por planta, clima y suplementación de nutrimentos. Las hojas son de color verde oscuro, amplias y redondeadas en forma. En climas calientes las hojas son de color verde pálido y más elongadas en forma (8). Las hojas largas de color y forma intermedia son producidas en climas moderados (23°C en el día y 17°C en la noche) (8).

Los porcentajes de iniciación de hojas en medio ambiente favorable varían en rango de 2 a 4 hojas por semana pero el porcentaje puede ser menos con luz baja, bajas temperaturas, o deficiencia de nitrógeno. La longevidad de las hojas después de los rangos de desarrollo, se presentan inversamente con la temperatura (8).

Nuevas hojas aparecen más rápidamente cuando las hojas viejas van muriendo. En un medio ambiente constante se alcanza un número equilibrado de hojas (8).

#### 2.13.4.3. Flores

Las flores de la remolacha pueden aparecer individualmente o en grupos densos en la axila de una bráctea. Las flores son pequeñas, con forma de taza, sin pétalos y perfectas. Las flores solitarias tienen cinco estambres cada uno opuesto y parcialmente adherido a una parte del anillo del periantio.

El ovario es generalmente de una sola semilla con tres estigmas cortos unidos en su base, los periantios de un grupo de flores que nacen en una sola axila se funden formando un glomerulo multigermico.

La remolacha es normalmente de polinización cruzada. El viento es el agente mas eficaz para el transporte de polen y los insectos tienen una importancia secundaria (19).

#### 2.13.4.4. Semillas

Segun GILL, citado por Aguilar et-al (1), las semillas son de estructura compleja, conteniendo cada una, de 4 o mas semillas embebidas en el seno de una masa formada por el tejido del periantio y el receptaculo endurecido; cuando estas semillas o agrupaciones son sembradas, las semillas verdaderas germinan in-situ por lo que cada agrupacion puede dar lugar al nacimiento de varias plántulas. El tamaño del glomerulo mide aproximadamente de

Bajo temperaturas altas y otras condiciones desfavorables, la raíz de la remolacha desarrolla anillos de color claro alternados con los de color rojo o violeta oscuro, lo que se considera como un desmérito de calidad (2).

Si la plantación queda expuesta a temperaturas de 4°C a 10°C, por 15 días o más, algunas plantas pueden emitir su tallo floral el primer año, y si el frío prevalece por uno o dos meses, se puede perder del 50 al 100 % de la producción por la floración prematura (2).

Según GUERRERO, citado por Aguilar et-al (1), en los países de temperaturas moderadas y largas horas de iluminación, la función de asimilación de la planta supera a la 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°C paralizando el crecimiento de la raíz y la acumulación de los azúcares, lo que podría ser un problema para el engrosamiento de las raíces de remolacha.

#### 2.14.2. Influencia de la duración del día y radiación solar en el cultivo de remolacha.

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 produciéndose azúcares en la hojas a expensas del anhídrido carbónico (9).

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 aldeídoformico el cual mediante su polimerización da lugar a la glucosa (9).

Según GUERRERO, citado por Aguilar *et-al* (1), la remolacha está claramente incluida entre las plantas de días largos. Además está dentro del grupo de hortalizas que necesitan luminosidad alta para su adecuado desarrollo con una duración del día entre 11.5 y 13.5 horas 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. Una intensa iluminación unida a un periodo 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 ésta puede causar un espigado. La luminosidad combiene a la remolacha porque activa la función clorofilica que repercute en el crecimiento de las raices y en la concentración de azúcares.

Por lo tanto, la efectividad del área foliar en términos de tasa de asimilación neta como el mantenimiento de la actividad fotosintética por largo tiempo, constituye factores importantes para la producción de materia seca, ya que se sabe que la productividad de raices es una función primaria de la acumulación de materia seca (33).

#### 2.14.3. Humedad

La remolacha necesita humedad constante en el suelo, que se completa con el riego cuando las lluvias son insuficientes. La época de mayor exigencia en agua coincide con el desarrollo de la raíz, que tiene lugar en los cuatro - cinco últimos meses del ciclo en que el equivalente pluviómetro es de 35 mm, mensuales de agua (9).

El suministro de agua es quizás, el factor ambiental más crítico que afecta el crecimiento y desarrollo de las raices tropicales, bajo condiciones de alta precipitación, en suelos anegados se inhibe la iniciación y crecimiento de las raices. La deficiencia de oxígeno en el suelo en un estado temprano de

crecimiento incrementa el grado de lignificación de las células del estele y suprime la actividad del cambium primario, desarrollando sus raíces delgadas y fibrosas (33).

La humedad del aire también juega un papel importante en el rendimiento de la remolacha, ya que, si es elevada, disminuye la transpiración lo que reduce la absorción por las raíces de las disoluciones nutritivas del suelo (16).

#### 2.14.4. Viento

Su acción es casi siempre negativa, ya que intensifica la transpiración especialmente si coincide con temperaturas elevadas, lo que ocasiona el ya mencionado desequilibrio entre la cantidad de agua absorbida por las raíces y la eliminada por transpiración, agravándose el déficit hídrico producido al reducirse el porcentaje de agua del suelo a causa de la evaporación (16).

#### 2.15. Distanciamientos de siembra

A nivel de campo los surcos para remolacha se trazan con un espaciamiento de 45 a 90 cm. entre sí. Las plantas se entresacan de manera que queden de entre 5 a 10 cm. según la variedad y el tamaño que se ha de cosechar (3).

Dawson consideró en su trabajo de espaciamiento que la distancia de 30 cm, entre hileras y 10 cm, entre planta es la que produjo mayores rendimientos y que cuando estas distancias se aumentan a 60 y 90 cm, las pérdidas fueron de 60 y 90%, ya que las primeras plantas en ocupar cualquier área tienden a excluir las que aparecen más tarde.

El comportamiento que mostró el cultivar fue el de ocupar rápidamente esos espacios lo que se manifiesta en un menor efecto de competencia por luz, agua y nutrimentos (30).

La siembra en regadío se efectúa a una separación de líneas de 50 cm, y la distancia entre remolacha es de 35 a 40 cm, (9). En Guatemala los distanciamientos utilizados para remolacha son de 40 a 50 cm, entre surco y 8 a 10 cm, entre planta (12).

En el sistema de hidroponía no hay competencia entre las plantas por la búsqueda y consecución de nutrimentos. Esto permite disminuir las distancias de siembra hasta un 50% y aumentar el número de plantas por metro cuadrado (4) (Cuadro 4).

CUADRO 4. Distanciamientos de siembra de algunas hortalizas en hidroponia.

CULTIVO	DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTAS (cm)	DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS (cm)
Acelga	15	15
Ajo	6	10-12
Apio	20	20
Berengena	20-25	20-25
Brocoli	17.5-20	17.5-20
Cebolla	6-8	10
Cilantro	6-8	10
Coliflor	15-17.5	15-17.5
Chile dulce	20-25	20-25
Espinaca	15	15
Jicama	10-12	10-12
Lechuga	15-17.5	15-17.5
Nabo	8-10	12
Pepino	25-30	25-30
Perejil	10	12.5-15
Rabano	5	10-12
Remolacha	12	12-16
Repollo	17.5-20	17.5-20
Suchini	25-30	25-40
Tomate	20-25	20-25
Zanahoria	6-8-10	10-12

FUENTE: VILANOVA, J.R. *Fisiología de Cultivos*. 1991.

En un estudio sobre los efectos de las distancias de siembra sobre los rendimientos en ajo, la altura de la planta no fue influida por las distancias de siembra, como también la distancia entre plantas influyó sobre los rendimientos siendo la más efectiva la de 10 cm, (25).

En Colombia (21), trabajando con frijol se encontró que el rendimiento por planta disminuía al aumentar el número de plantas por unidad de área. Pero el rendimiento por unidad de área se incrementó a medida que las poblaciones aumentaban.

La eficiente utilización y aprovechamiento de los varios factores ambientales de desarrollo y crecimiento dependen de la óptima densidad y distribución de plantas. Con una alta densidad de población, las plantas no pueden exhibir todas sus características deseables, para una alta producción, y estas se van manifestando a medida que la población disminuye (21).

En estudios del efecto de la densidad de población y fertilización, la producción de materia seca por plantas es mayor con bajas densidades y tiende a aumentar a medida que aumenta la densidad. La distancia entre surcos no afecta apreciablemente la producción de materia seca en los niveles más bajos de población (19).

Los resultados en la producción de materia seca como respuesta a la fertilización con una mezcla de elementos mayores

y menores se incrementan, el desarrollo de la parte aérea y la raíz al igual aumenta el peso de la materia seca (18).

En un estudio realizado sobre el efecto de la densidad de siembra sobre la acumulación y redistribución de la materia seca, el ritmo de crecimiento depende principalmente del índice de área foliar y de la mayor cantidad de luz interceptada por las plantas, la cual es mayor en altas densidades. La mayor altura puede aumentar la habilidad competitiva, pero resulta un factor negativo en un cultivo mono específico debido a su propia competencia por luz. La competencia entre plantas por luz comienza antes en altas que en bajas densidades (25).

En altas densidades de plantas, una variedad de frijol produjo menor número de vainas. El tamaño de las semillas aumentó significativamente con una disposición cuadrada que con disposición rectangular (34).

#### 2.16. Nutrición de la planta

La nutrición mineral de las plantas es un proceso extremadamente complejo mediante el cual las plantas obtienen una parte de los elementos necesarios para vivir. En él suceden una gran cantidad de interacciones de tipo físico, químico y biológico. Del suelo, la planta obtiene los elementos minerales esenciales

para vivir, los demás elementos son obtenidos por la planta directamente de la atmósfera (5).

La nutrición de la planta se divide en dos partes; una parte la conforma el paquete energético y otra el paquete mineral. El energético conforma el 90% del peso de las plantas y de los demás seres vivos. Las plantas lo adquieren de la luz mientras que los animales lo adquieren de los carbohidratos, grasas y proteínas, todos éstos previamente formados por los vegetales. La adquisición del paquete energético se realiza mediante el proceso de la fotosíntesis (5).

El otro paquete lo conforman los minerales y su adquisición constituye la nutrición mineral de la planta (5). La adquisición de los elementos minerales por las raíces a partir de la solución del suelo, constituye el primer paso en la nutrición mineral de la planta. Este paso lo realizan las raíces de una forma especializada para lo cual consumen una gran cantidad de energía que es liberada mediante el proceso respiratorio (5).

Una vez que los nutrientes minerales han sido absorbidos por las células de la hojas, estas desempeñan sus funciones bioquímicas y basados en la energía solar y mediante el proceso de fotosíntesis las células elaboran las sustancias que constituyen los tejidos de las plantas (5).

Según COLJAP, citado por Aguilar et-al (1), 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. Al utilizar sales minerales o fertilizantes deben considerarse la disponibilidad de estos elementos en el mercado, su facilidad de almacenamiento, solubilidad y costos. 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 este, 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 (1).

Para obtener una cosecha de 15,000 docenas ó 400 qq, de remolacha por manzana, el cultivo extrae del suelo 111.11 Kg/ha, de nitrógeno, 40.81 Kg/ha de fósforo, 181.41 Kg/ha de potasio (12).

### 2.16.1. Macronutrientes

#### Nitrógeno (N)

El nitrógeno entra en la estructura de la clorofila y del protoplasma de la planta. El protoplasma es la parte viva de la célula vegetal. El nitrógeno es uno de los constituyentes de la proteínas y de las amidas.

Los aminoácidos son sustancias intermedias en la formación de las proteínas, estas últimas forman la mayor parte del protoplasma, el nitrógeno produce abundancia de crecimiento y follaje, retarda el proceso de maduración y aumenta la longitud del periodo de crecimiento (29).

La deficiencia de nitrógeno en remolacha azucarera es observada generalmente al inicio como un color verde claro en las hojas causado por la pérdida de clorofila (clorosis) puesto que el nitrógeno es traslocado de las hojas viejas, la clorosis es más intensa en las hojas viejas. Cuando la deficiencia es más severa, las hojas se tornan amarillas y más tarde mueren (28).

Las hojas de las plantas de remolacha con deficiencia de nitrógeno crecen más o menos horizontalmente y tienden a caer sobre el suelo. Las aplicaciones tardías de nitrógeno no son recomendables porque se estimula un nuevo crecimiento y el azúcar almacenado puede ser utilizado en la respiración y el crecimiento (28).

El nitrógeno aumenta la producción de materia seca por el incremento del IAF. Está bien establecido que este tipo de relación reduce la tasa de asimilación neta. Es decir promueve el crecimiento de la parte aérea a expensas del crecimiento de las raíces, lo cual es importante para la remolacha que tiene un periodo de crecimiento corto (33). Según GUERRERO, citado por Aguilar et-al (1), el nitrógeno provoca una reducción en la acumulación de reservas en la raíz afectando el peso y tamaño de las mismas, también produce una disminución de la riqueza sacarina; disminuye la capacidad de movilización de los azúcares hacia la raíz, el exceso de nitrógeno da lugar a un incremento en el porcentaje salino de la remolacha.

Con el sulfato amónico que no es muy preferido por la remolacha, se retarda su absorción hasta que nitrifique, fenómeno que se detiene con los frios y con los riegos, por lo cual conviene emplear nitratos para imponer una nutrición continuada. Por otra parte la remolacha es muy ávida del nitrógeno nítrico, es así que se dice que el nitrato que produce mejores cosechas de remolachas es el sódico que al propio tiempo incrementa la producción de azúcar (9).

## *Fósforo*

*El fósforo es un componente básico de las nucleoproteína, ácidos nucleicos y fosfolípidos, y de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía. El fósforo es esencial para que puedan tener lugar procesos tales como la fotosíntesis, respiración, descomposición y síntesis de carbohidratos, proteínas y grasas. A través de estos procesos, el fósforo afecta el crecimiento de las raíces, la florescencia y la maduración de las frutas. Como el fósforo es esencial para el proceso de fosforilación en la síntesis de carbohidratos, un buen suministro de fósforo aumentará la producción de raíces (32).*

*En fertilizantes se le establece en forma de fosfato aprovechable ( $P_2O_5$ ). El fósforo estimula la pronta formación de las raíces y su crecimiento además de favorecer la formación de azúcar, les da rápido y vigoroso comienzo a las plantas, acelera la maduración, estimula la lozania y ayuda a la formación de la semilla (9, 11).*

*La deficiencia de fósforo puede retardar la emergencia del cultivo de remolacha y causa leve crecimiento a los plantíos pudiendo quedar achaparradas; las hojas de las plantas generalmente deficientes son verde a verde oscuro, y puede ser rodeado con una coloración bronce o rojiza (28).*

También la deficiencia puede causar una erección de las hojas de remolacha. Si la deficiencia persiste, las hojas de la remolacha gradualmente perderán su color verde oscuro y puede convertirse en color verde claro o amarillo, las hojas viejas mueren y los síntomas de la planta pueden parecerse a la deficiencia de nitrógeno. Una deficiencia aguda de fósforo puede causar una necrosis intervenal de color café o negra y la hojas tienden a acolocharse hacia arriba. En estados más avanzados las plantas mueren (28).

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. El fósforo ejerce una acción directa, pero evidente sobre la calidad y el porcentaje de sacarosa y por otra parte acelera la maduración de la raíz, asegura un favorable aprovechamiento del nitrógeno, ya que el fósforo es tanto más necesario cuanto más abundan las materias nitrogenadas (9).

Según GUERRERO, citado por Aguilar et-al (1), aunque la remolacha absorbe cantidades moderadas de fósforo, este elemento es tan indispensable como los restantes para la formación de sacarosa. El peso de la raíz de la remolacha depende de una adecuada disponibilidad de fósforo (10).

## Potasio

El potasio no es un componente básico de las proteínas, de los carbohidratos o de las grasas, pero toma parte en el metabolismo; el potasio es esencial para la traslocación de carbohidratos desde el follaje hasta las raíces. Se ha informado que el potasio incrementa el contenido de almidón y disminuye el de HCN en las raíces, o sea que ejerce el efecto contrario al del nitrógeno (32). El potasio goza de gran movilidad dentro de la planta, lo que activa la penetración del agua y de los demás nutrientes en la raíz, al propio tiempo que ejerce funciones neutralizadoras en el interior de las células (16).

Entre los elementos minerales, el  $K_2O$  tiene un efecto primordial en la producción de raíces. El potasio afecta la producción de materia seca al aumentar la actividad fotosintética neta del área foliar. El potasio no ocasiona cambios en el IAF, pero si aumenta la TAN la cual incrementa al final la producción de materia seca total (33).

Las plantas desarrolladas con escasez de potasio producen menos materia seca que las producidas con suficiente cantidad del mismo (29). Cuando el suministro de potasio se incrementa el crecimiento excesivo de la parte aérea disminuye aun bajo concentraciones altas de nitrógeno logrando un mayor rendimiento de raíces tuberosas.

Estos efectos se deben a que el potasio promueve la actividad fotosintética por una disminución de los fotosintatos en la lámina. Es decir, que el potasio acelera la traslocación de fotosintatos hacia las raíces al incrementar la capacidad de almacenamiento de las mismas, disminuyendo el nivel de carbohidratos en la lámina y finalmente incrementa la tasa de fotosíntesis (33).

Además de lo mencionado anteriormente, el potasio imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades, es esencial para el desplazamiento y formación de almidones, azúcares, aceites, mejora la calidad de los frutos, ayuda al desarrollo de tubérculos, auxilia en la formación de la antocianina (11).

Las concentraciones de potasio son más altas en los puntos de crecimiento (29). Como el potasio es muy móvil dentro de la planta, los primeros síntomas ocurren en las hojas viejas, ya que el potasio se trasloca para suplir necesidades de hojas nuevas (13). El primer síntoma de deficiencia es la tasa de crecimiento, las plantas dejan de crecer y las hojas generalmente se tornan verdes y oscuras. En estados más avanzados empiezan a aparecer los síntomas de deficiencias específicas, estos incluyen: reducción de la resistencia a sequía, apareamiento de manchas o fajas cloróticas de color blanco, amarillo o anaranjado que

generalmente empieza en las puntas o en los márgenes de las hojas (13).

La base de la hoja generalmente permanece verde oscuro, las áreas cloróticas se hacen necróticas, el tejido muere y las hojas se secan. Los síntomas se diseminan a hojas jóvenes y finalmente la planta muere. Las raíces con deficiencia de potasio son poco desarrolladas y a menudo afectadas por pudriciones, aumenta la incidencia de enfermedades, la calidad del cultivo se reduce más si son hortalizas, frutas, tabaco y cultivos de fibras (13).

Los primeros síntomas de deficiencia de potasio en remolacha azucarera son un ligero oscurecimiento de las hojas seguido de una clorosis de la punta y los márgenes. A medida que la deficiencia aumenta y la necrosis se desarrolla, la hoja se arruga y se curva hacia adentro debido a que el crecimiento en el centro continúa (donde todavía existe potasio disponible mientras que el crecimiento se paraliza en las áreas extremadamente deficientes de la punta y los márgenes de las hojas (13).

La remolacha es una planta filopotásica, como indican sus exigencias nutritivas. 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 cuanto mayor es la absorción de fósforo y potasio (9).

Por tanto, para obtener altos rendimientos de raíces resulta importante mantener una relación de K:N alta (33).

#### Calcio (Ca)

Se absorbe por la planta en forma iónica  $Ca^{+}$  (7). El calcio es un constituyente de la pared celular y tiene un importante papel en la regulación de la acidez de la célula. El calcio no es trasladado rápidamente de los tejidos viejos a los nuevos. Consecuentemente un suplemento disponible de calcio puede ser mantenido durante el crecimiento y cuando el suplemento de calcio es limitado el nuevo crecimiento es primeramente afectado. Los síntomas de deficiencia de calcio en la remolacha usualmente aparecen como una distorsión de las hojas nuevas. A medida la deficiencia de calcio se incrementa, la lámina de la hoja colapsa, se tiñe de negro y muere. Los peciolos presentan quemaduras negras, en este estadio los síntomas pueden parecerse a la deficiencia de boro. Las hojas más viejas presentan un corcho marginal (28).

#### Magnesio (Mg)

El magnesio es absorbido por la planta en forma iónica de  $Mg^{++}$ ; es un componente esencial de la clorofila, es necesario para la formación de azúcar, ayuda a regular la asimilación de

otros nutrimentos, actúa como transportador de fósforo en la planta (7,11).

El magnesio es un elemento móvil y se traslada rápidamente de las partes viejas a las jóvenes en caso de deficiencias. En consecuencia, el síntoma aparece a menudo en primer lugar en las hojas más viejas (31).

Los síntomas de deficiencia del magnesio aparecen sobre el follaje de la remolacha como una parte clorótica intervenial comenzando cerca de las puntas y márgenes de las hojas, apareciendo primeramente en las hojas más viejas y luego a las hojas nuevas (28).

En estados más avanzados el tejido de la hoja se vuelve uniformemente amarillo pálido, luego marrón y necrótico (7). Las hojas más viejas pueden marchitarse y caer de las plantas (28). La relación P/Mg. en las plantas, es muy importante, ya que se considera que el magnesio mejora la absorción de fósforo (31).

#### Azufre (5)

El azufre es un componente básico de varios aminoácidos, y en consecuencia toma parte en la síntesis de la proteína. Cuando el suministro de azufre es inadecuado, las plantas acumulan en las hojas cantidades excesivas de nitrógeno inorgánico, aminoácidos y amidas y dejan de formar proteínas (32).

Entre las funciones principales del azufre se mencionan: es un ingrediente esencial de la proteína, ayuda a mantener el color verde intenso, procura el crecimiento más vigoroso de la planta (11).

El azufre es un elemento de movilidad moderada, por lo que hojas y tejidos jóvenes son los primeros en presentar deficiencias, los síntomas más generalizados son: el color amarillo pálido característico y crecimiento restringido. (31,11).

#### 2.16.2. Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl)

Los micronutrientes, se llaman así debido a que las plantas los necesitan en pequeñas cantidades. Estos elementos se encuentran disponibles en cantidades adecuadas, en muchos suelos, las tierras arenosas turbosas y de mantillo son las más frecuentemente deficientes, cualquier deficiencia en algún micronutriente se reflejará en los rendimientos de la cosecha (11).

#### Boro (B)

El boro es absorbido por la planta en forma de Ion borato ( $BO_3^-$ ). (27). El boro es un elemento muy problemático, así como es muy importante en la fisiología de la planta, las cantidades necesarias son mínimas y un pequeño exceso de lo normal, es tóxico para la planta y origina deficiencia de otros elementos y

lo más importante es que existen plantas que son más susceptibles que otras, tanto para las deficiencias como para la resistencia a la toxicidad. El boro no se trasloca fácilmente de las partes viejas hacia los crecimientos meristemáticos.

La remolacha es uno de los cultivos que necesitan mayor cantidad de este microelemento. Su escasez determina podredumbre de raíces con pérdida de cuatro-cinco toneladas de cosecha por hectárea. Existe carencia, cuando el calcio se encuentra en exceso ya que es antagonista del boro lo que impide la absorción de este por las plantas. La fertilización puede hacerse incorporando borax o también tetraborato sódico  $B_4O_7 \cdot Na_2$  (19).

La fertilización boratada debe espaciarse cada 3 años, porque su acumulación en el suelo produce efectos tóxicos sobre los vegetales (19) tales como la aparición de clorosis, con una distribución irregular de la clorofila y provocándose una deficiencia de hierro, reducción en el crecimiento (28).

En remolacha la deficiencia de boro provoca un quebrantamiento de el punta de crecimiento, las hojas jóvenes se deforman y pueden dejar de expandirse los peciolo y bordes de las hojas presentan un agrietamiento transversal el cual causa una torcedura de los peciolo y venas (28).

Las hojas viejas tienden a caer sobre el suelo en una forma similar al causado por la deficiencia de nitrógeno, pero ellas

son oscuras verdes hasta que comienzan a desintegrarse. En estados más avanzados los puntos de crecimiento mueren, las hojas se vuelven amarillas llegan a escorcharse y pueden morir (28). El boro está ligado con la asimilación de calcio y con la transferencia del azúcar, dentro de la planta (11), participa en el metabolismo de los carbohidratos, facilita el movimiento de los azúcares, permeabilizando las membranas celulares, tiene influencia en el desarrollo de las células por el control que ejerce en la formación de los polisacáridos, influye en la velocidad de la división celular, protege a la planta de una excesiva polimerización de los azúcares, al inhibir la formación del almidón mediante la combinación de la parte activa de la fosforilaza (7).

#### Cobre (Cu)

El cobre es absorbido por las plantas en forma de Ión Cúprico ( $Cu^{++}$ ). El cobre interviene en la fotosíntesis, funciona como el metal activador de muchas enzimas, juega un papel catalítico en la fijación del nitrógeno (7,31). La deficiencia de cobre se presenta como un moteado blanco de las áreas intervenosas similar al causado por la deficiencia de Zinc.

En casos extremos se presenta amarillamiento uniforme de la parte superior de la planta, deformación del punto de crecimiento y disminución del desarrollo de las raíces (32).

### Hierro (Fe)

El hierro es absorbido por las plantas en forma iónica ( $Fe^{+2}$  y  $Fe^{+3}$ ), siendo el estado ferroso la forma metabólicamente activa, ya que los tejidos con un alto contenido ( $Fe^{+3}$ ), pueden mostrar síntomas de deficiencias (31).

El hierro es muy inmóvil en la planta, precipitando en forma de óxido insoluble o como compuestos orgánicos o inorgánicos fosfatos ferricos (31).

Entre sus funciones más importantes tenemos: es necesario en la síntesis de clorofila, es esencial en las células fotosintéticas por su participación como grupo prostético del sistema de pigmentos citrocromo, el cual actúa como transportador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración (31).

Las deficiencias de hierro en remolacha aparecen primero en tejidos jóvenes como un moteado clorótico fino o blanquesino en contraste con el verde oscuro de las hojas más viejas (28).

### Manganeso (Mn)

El manganeso es absorbido por la planta como un ión  $Mn^{+2}$  (28). El manganeso acelera la germinación y la maduración, aumenta el aprovechamiento del calcio, magnesio y el fósforo, coadyuva en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis (11).

Una deficiencia de manganeso es primeramente notable como un moteado en las hojas nuevas y resulta en clorosis del tejido intervenal, las venas y tejidos adyacentes permanecen verdes por un considerable tiempo después que el resto de la hoja se ha amarillado. Los márgenes de las hojas se acolochan hacia arriba (28).

Los síntomas de deficiencias son llamados "Speckled yellows" (moteado amarillo) por causa del moteado colorotico intervenial. El moteado es un poco uniforme sobre la hoja en contraste con los efectos más marginales. Las áreas moteadas pueden desarrollar lesiones cafesosas y el tejido puede morir y caer, completamente con pequeños agujeros (28).

#### Molibdeno (Mo)

De todos los elementos que se consideran esenciales el molibdeno es el que se requiere en menor cantidad. La disponibilidad del molibdeno para la planta, aumenta en la medida que se incrementa el Ph del sustrato, cosa diferente resulta con el Boro, hierro, cobre (31).

El molibdeno se ha relacionado con la fijación del nitrógeno gaseoso y con la asimilación de nitratos. Se ha comprobado que el molibdeno es requerido por el *Rhizobium* (Nitrogenasa) para fijación de nitrógeno. También se ha conformado que el nitrato se

reduce a nitrito, mediante la enzima nitrato-reductasa, enzima que necesita al molibdeno como activador (31).

Los síntomas de deficiencia del molibdeno en la remolacha azucarera se presentan como un marchitamiento de los ápices y los pecioloos, los márgenes de las hojas se acolochan hacia arriba con un desarrollo más avanzado de la deficiencia las hojas se vuelven corchosas, las hojas jóvenes se hacen negras y mueven los puntos de crecimiento seguido por muerte de la planta (28).

El molibdeno puede ser importante cuando existe acidez en el sustrato o suelo para legumbres, tomates, remolacha (11).

#### Zinc (Zn)

El zinc es absorbido en forma de ion divalente ( $Zn^{+2}$ ) y su movilidad dentro de la planta se considera moderada (31). La deficiencia de zinc en remolacha causa un amarillamiento general entre las venas. Este es seguido por manchas necróticas en las áreas intervenales o entre los márgenes de las hojas jóvenes.

En plantas de remolacha con estado de deficiencia más avanzado la hoja entera se vuelve necrótica excepto la vena principal (28).

### *Cloro (Cl)*

*El cloro es absorbido por la planta del suelo como cloruro y probablemente no se vuelve parte estructural de las moléculas orgánicas. La función mejor conocida del cloro en plantas: la estimulación de la fotosíntesis (5,31).*

*La deficiencia de cloro en el cultivo de remolacha azucarera causa reducción del crecimiento del ápice y raíz. Los síntomas foliares de la deficiencia de cloro primero aparece como una clorosis intervenial en los bordes de las hojas jóvenes. En plantas con estados avanzados de deficiencia se forman depresiones aplastadas en las regiones interveniales (28).*

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del experimento

La investigación se realizó durante los meses de octubre a diciembre de 1991, en la terraza del edificio de laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, a una altura de 710 m.s.n.m. con coordenadas geográficas de 89°.12.4' de longitud y 13°.43.3' de latitud.

#### 3.2. Características climáticas del lugar

Con el propósito de conocer las condiciones del lugar durante el periodo en que se realizó el ensayo, se tomaron datos mensuales de la temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, horas luz y vientos, de la estación meteorológica ubicada en la Ciudad Universitaria.

#### 3.3. Preparación de las camas de cultivo

Se construyeron camas de cultivo, utilizando madera de 1a. y 2a. calidad, con dimensiones de 1.0 m. de ancho por 3.0 m. de largo, con una división a lo largo de las camas de 1.0 m. con el propósito de ubicar los tratamientos respectivos. La profundidad de las camas fue de 0.10 m. con una altura total de las mismas

Desde  
Aqui

desde el nivel del piso de 0.40 m., lo cual facilitó el manejo (figura 2). En total se construyeron 12 camas de cultivo.

En la construcción de las camas se utilizaron costaneras, las cuales formaron la estructura básica, las reglas riostras se colocaron sobre la base de los módulos, con una separación de 7 cm. sirvieron para sostener la escoria volcánica; las tablas se utilizaron para formar el cajón de división de cada metro cuadrado. Se forraron internamente con plástico negro calibre 200 para evitar su deterioro, la formación de algas y la lixiviación del fertilizante, se utilizó como fuente de nutrimento fertilizante sólido, el plástico se agujereó para permitir el escurrimiento del exceso de agua de riego o de lluvia. El plastificado también permite en la cama de cultivo un ambiente similar al del suelo. La cantidad de plástico que se utilizó en cada módulo fue de 4m<sup>2</sup>.

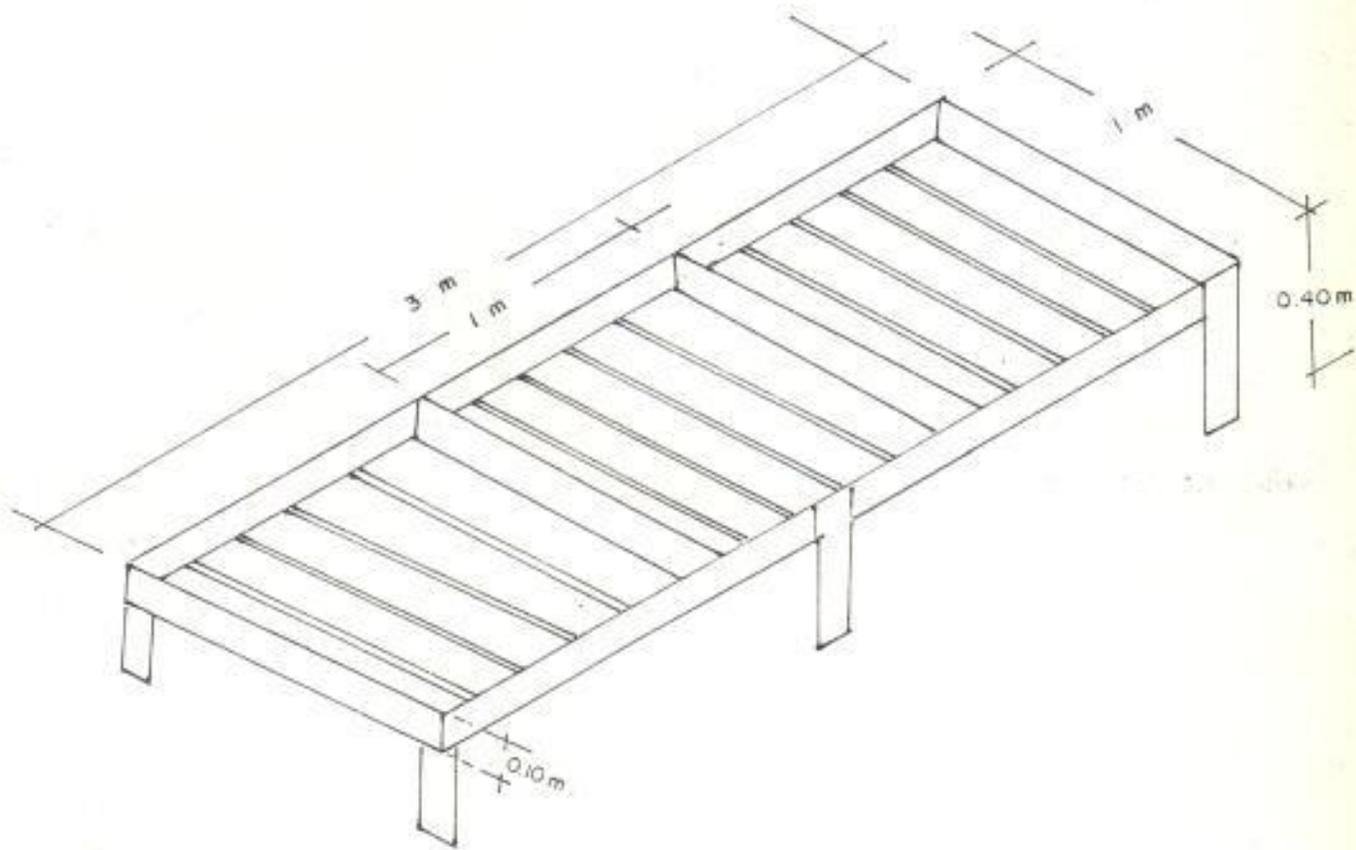


FIGURA 2. Módulo hidropónico de dimensiones 1 x 3 0.1 m. construido de costaneras, reglas rlostras y tablas.

### 3.4. Selección y preparación del sustrato

El sustrato seleccionado para este estudio fue la escoria volcánica roja, por presentar las características adecuadas y cumplir la mayoría de los requisitos para ser utilizada en la hidroponía social. La escoria volcánica se trajo desde el lugar conocido como cerro El Cerrito, jurisdicción de Quezaltepeque, departamento de La Libertad, a la cual se le realizaron los siguientes tratamientos:

#### a) Análisis Químico

De la escoria volcánica ya procesada se tomó una muestra de 1 Kg. y fue enviada al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas, para que le realizara el análisis químico respectivo.

#### b) Tamizado del sustrato

El tamizado se hizo con el objeto de obtener partículas de menor tamaño y así obtener mejores condiciones físicas del sustrato con lo que se logró principalmente optimizar la retención de agua.

#### c) Lavado

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

### 3.4.1. Colocación de la escoria en las camas

Consistió en depositar la escoria volcánica roja dentro de las camas de cultivo, distribuyéndola uniformemente y deponiéndola en dos capas: la capa inferior constituida por partículas de 8 mm. de diámetro ubicados en los primeros 4 cm. y la capa superior con partículas de 3 mm. de diámetro en los 6 cm. restantes; esto se realizó con el propósito de permitir un mejor drenaje de los excesos de agua ya que las camas estaban a la intemperie.

### 3.4.2. Desinfección del sustratos

La desinfección del sustrato se efectuó utilizando formalina al 1% a razón de un galón por metro cuadrado, luego se cubrieron las camas con plástico transparente durante 6 días, posteriormente se procedió a retirar el plástico, dejando airear el sustrato 5 días.

Hasta aquí

### 3.5. Manejo del cultivo

#### 3.5.1. Prueba de germinación

Las semillas de remolacha variedad Crosby Egyptian fueron sometidas a una prueba de germinación, como resultado se observó a los 3 días un 100% de germinación.

### 3.5.2. Siembra

La siembra se realizó en forma directa sobre el sustrato abriendo surcos a una profundidad de 3 - 5 cm, depositando una semilla cada 5 y 6 cm. según el distanciamiento de 12 X 12 que responde a una disposición espacial en cuadro y de 16 X 10 cm. y 12 X 10 cm. que responde a una disposición espacial rectangular, quedando distribuidos 8, 6, y 8, surcos por metro cuadrado y quedaban una densidad de 69, 83, y 62 plantas por m<sup>2</sup>. respectivamente. 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.

### 3.5.3. Raleo

Se efectuaron dos raleos, el primero se hizo a los 15 días después de la siembra, dejando 2 plantulas por postura. El segundo raleo se efectuó a los 21 días después de la siembra cuando las plantas estaban fuertemente establecidas, dejando los arreglos espaciales definitivos: 12 x 12 cm., 16 x 10 cm. y 12 x 10 cm.

#### 3.5.4. Aporco

Se realizaron 2 aporcós, el primero a los 21 días después de la siembra y el segundo a los 35 días después de la siembra, con el objeto de fijar las plantas adecuadamente al sustrato e impedir el aflojamiento de las raíces.

#### 3.5.5. Escardado

Esta labor se realizó 7 días después de la siembra, cuando las plántulas tenían dos días de emergidas. Haciendo 2 aireaciones en el día, una por la mañana y otra por la tarde. Estas aireaciones se efectuaron todos los días durante duró el período de exceso de lluvia, con el objeto de proporcionar mayor oxigenación al sistema radicular del cultivo y disminuir la incidencia del mal del talluelo.

#### 3.5.6. Riego

Debido a que la distribución de la lluvia a lo largo del ciclo de cultivo no fue uniforme, para mantener el sustrato a capacidad de campo, se tuvo que suministrar riegos complementarios. Estos riegos consistieron en aplicar 2 a 3 galones de agua diarios por metro cuadrado, distribuidos en dos aplicaciones una por la mañana y otra por la tarde.

### 3.5.7. Control de plagas y enfermedades

Se hicieron observaciones periódicas para detectar la presencia de plagas y enfermedades. Para controlar las plagas se usó un programa combinado de aplicaciones preventivas de extractos botánicos, de ajo y de chile. Las aplicaciones de estos extractos se hicieron a intervalos de 2 días. Además se realizaron controles manuales, diariamente durante todo el ciclo vegetativo.

Se elaboró un programa preventivo que consistió en 6 aplicaciones de Benlate y Ridomil en dosis bajas de 90 PPM. Con el objeto de evitar la compactación del sustrato y el exceso de humedad se realizaron escardas así como también se hicieron podas de hojas para mejorar el microclima del cultivo.

### 3.5.8. Cosecha

Esta se realizó a los 68 días después de la siembra en forma manual, arrancando las raíces con todo el follaje, procediendo a lavarlas para eliminarles partículas de tierra. Antes de realizar la cosecha se hicieron muestreos para determinar el diámetro de la remolacha.

Esta se hizo en dos fases: en la fase 1 se cosecharon 5 plantas por unidad experimental escogidas al azar a las cuales se les tomaron los siguientes parámetros: diámetro de la raíz, peso

fresco de la raíz reservante, peso seco y fresco de hojas, peso fresco y seco de raíces fibrosas y porcentaje de azúcar.

En la 2a. fase se cosecho el área útil de todas las unidades experimentales tomando el peso fresco, diámetro y el número de remolachas.

### 3.6. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la combinación de tres fuentes de fertilizantes sólidos: Blaukorn, urea y Nitromag-calcareo con el complemento de un fertilizante foliar quelatado (Bayfolán). En el cuadro 5 se presenta la composición química de las fuentes de fertilizantes sólidos: Blaukorn, Urea y Nitromag-calcareo. De manera que se obtuvieron tres programas de fertilización que se describen en el cuadro 6. Estos programas se combinaron con los distanciamientos y arreglos en cuadrado y en rectángulo que se detallan en el cuadro 7.

Los programas de fertilización se hicieron con base a los requerimientos del cultivo y las recomendaciones contenidas en el manual Super B para el cultivo de remolacha (12). Todos los programas contaron con una fertilización a nivel de semillero la cual consistió en una mezcla de 3 g. de Blaukorn más 2 g. de Nitromag-calcareo por metro lineal al momento de la siembra.

También a los 7 días después de la siembra, se aplicó Bayfolán en dosis de 5 cc/lit de agua.

CUADRO 5. Composición química de los fertilizantes sólidos.

BLAUKORN		UREA		NITROMAGCALCAREO		BAYFOLAN	
ELEMENTOS	Z	ELEMENTOS	Z	ELEMENTOS	Z	ELEMENTOS	Z
NITROGENO (N)	12	NITROGENO (N)	46	NITROGENO (N)	26	NITROGENO (N)	11
FOSFATO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	12			CO <sub>2</sub> Ca/Mg	20	FOSFATO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	8
POTASIO (K <sub>2</sub> O)	17			OXIDO MAGNESICO (MgO)	5	POTASIO (K <sub>2</sub> O)	6
OXIDO MAGNESICO (MgO)	2			OXIDO DE CALCIO (CaO)	7.5	OLIGOELEMENTOS	
AZUFRE (S)	6					QUELATIZADOS	
CALCIO (Ca)	4.5					HIERRO	
BORO						MANGANESO	
MANGANESO						BORO	
MOLIBDENO						COBRE	
ZINC						ZINC	
						MOLIBDENO	
						COBALTO	

FUENTE: QUIMICA HOECHST DE EL SALVADOR. Productos para la agricultura. 1989  
(20).

CUADRO 6. Programa de fertilización con base a tres fuentes de fertilizantes sólidos y con el complemento de un fertilizante foliar.

PROGRAMA	DESCRIPCION DEL PROGRAMA
P <sub>1</sub> : Programa de Fertilización con Blaukorn + Urea	<p>Aplicaciones de 28 gr/m de Blaukorn fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera: Iniciando 15 días después de la siembra, 7 gr. semanalmente hasta completar los 28 gr.</p> <p>Aplicaciones de 8 gr. de urea en dos fraccionamientos a los 35 y 42 dds.</p> <p>Tres aplicaciones de fertilizante foliar (Bayfolan) a los 26, 36 y 46 dds. con una dosis de 15 cc/lt.</p>
P <sub>2</sub> : Programa de fertilización con Blaukorn	<p>Aplicaciones de 28 gr/m de Blaukorn fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera: Iniciando 15 días después de la siembra, (dds), 7 gr. semanalmente hasta completar los 28 gr.</p> <p>Aplicaciones de 15 gr/m. de Blaukorn en tres fraccionamientos a los 36 y 42 y 49 dds.</p> <p>Tres aplicaciones de fertilizante foliar (Bayfolan) a los 26, 36 y 46 dds. con una dosis de 15 cc/lt.</p>
P <sub>3</sub> : Programa de fertilización con Blaukorn + Nitromagcalcareo	<p>Aplicaciones de 28 gr/m de Blaukorn fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera: Iniciando 15 dds. 7 gr. semanalmente hasta completar los 28 gr.</p> <p>Aplicaciones de 18 gr/m de Blaukorn y nitromagcalcareo en tres fraccionamientos a los 35 y 42 dds. y 49 dds.</p> <p>Cuatro aplicaciones de fertilizante foliar (Bayfolan) a los 18, 28, 38 y 48 dds. con una dosis de 15 cc/lt.</p>

FUENTE: CUADRO MODIFICADO. GUIDEL, V.M. Manual Agrícola Super B. 1978 (12).

CUADRO 7. Descripción de los tratamientos en donde se combinan los programas de fertilización y distancias en los de siembra.

SÍMBOLO	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	P1d1	Programa de fertilización con Blaukorn + urea con la distribución espacial en cuadro.
T2	P1d2	Programa de fertilización con Blaukorn + urea con la distribución espacial en rectángulo.
T3	P1d3	Programa de fertilización con Blaukorn + urea con la distribución espacial en rectángulo.
T4	P2d1	Programa de fertilización con Blaukorn con la distribución espacial en cuadro.
T5	P2d2	Programa de fertilización con Blaukorn con la distribución espacial en rectángulo.
T6	P2d3	Programa de fertilización con Blaukorn con la distribución espacial en rectángulo.
T7	P3d1	Programa de fertilización con Blaukorn + nitromagcalcareo con la distribución espacial en cuadro.
T8	P3d2	Programa de fertilización con Blaukorn + nitromagcalcareo con la distribución espacial en rectángulo.
T9	P3d3	Programa de fertilización con Blaukorn + nitromagcalcareo con la distribución espacial en rectángulo.

### 3.7. Metodología estadística

#### 3.7.1. *Diseño experimental y estadístico*

El diseño estadístico utilizado fue el de completamente al azar en arreglo factorial  $3 \times 3$  con cuatro réplicas para cada factor en estudio. Se utilizó este diseño, ya que las condiciones donde se estableció eran homogéneas. Además de facilitar el estudio de todos los factores en forma simultánea, proporciona información completa de cada factor y la interacción de los mismos entre sí.

La distribución de los tratamientos en las unidades experimentales se efectuó aleatoriamente y a cada unidad experimental se le dió el mismo manejo asegurando que la variación del experimento se debió únicamente a los tratamientos en estudio.

El área total del ensayo fue de  $77 \text{ m}^2$  con  $11 \text{ m.}$  de largo con  $7 \text{ m.}$  de ancho; se construyeron doce módulos de  $1 \text{ metro}$  de ancho y  $3 \text{ m.}$  de largo cada módulo se dividió en tres compartimientos de  $1 \text{ m}^2$  c/u. los cuales representaron la parcela experimental, haciendo un total de  $36$  parcelas. Cada par de módulos significó una repetición. En cada uno de ellos se ubicaron con los respectivos programas de fertilización y distanciamientos arreglos (cuadro 7 y 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, peso de la remolacha etc. al momento de la cosecha y del rendimiento, 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 diferentes tratamientos.

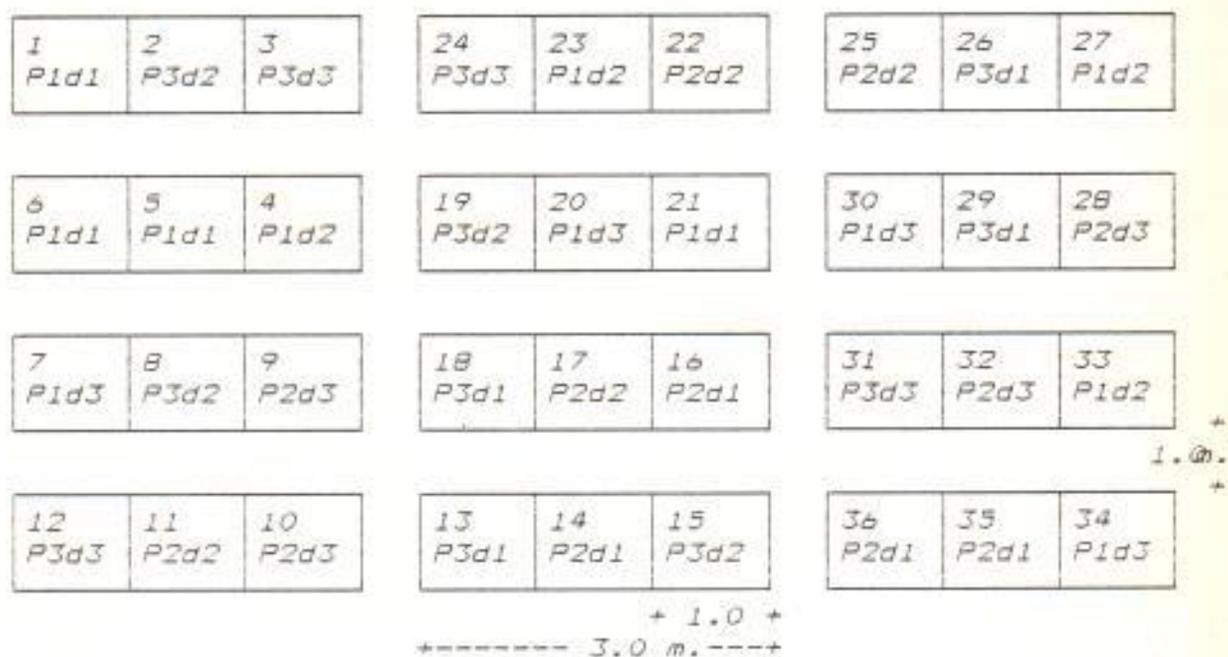


FIGURA 3: Plano de distribución de los tratamientos y repeticiones en los módulos hidropónicos.

Donde:

T = Tratamientos

$T_1 = P_1d_1$	$T_4 = P_2d_1$	$T_7 = P_3d_1$
$T_2 = P_1d_2$	$T_5 = P_2d_2$	$T_8 = P_3d_2$
$T_3 = P_1d_3$	$T_6 = P_2d_3$	$T_9 = P_3d_3$

<i>Programas de Fertilización</i>	<i>Distanciamientos arreglos</i>
	<i>surco - planta</i>

$P_1 = \text{Blaukorn} - \text{Urea} - \text{Bayfolan}$	$d_1 = 12 \times 12$
$P_2 = \text{Blaukorn} - \text{Bayfolan}$	$d_2 = 16 \times 10$
$P_3 = \text{Blaukorn} - \text{Nitromagcalcareo} -$ $\text{Bayfolan}$	$d_3 = 12 \times 10$

El modelo estadístico aplicado fue el siguiente:

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

$i = 1, 2, 3, \dots, a$   
 $j = 1, 2, 3, \dots, b$   
 $k = 1, 2, 3, \dots, n$

Donde:

- $abn = \text{Total de observaciones del experimento}$
- $u = \text{Media del experimento}$
- $T_i = \text{Es el efecto del } i\text{-ésimo nivel del factor A.}$
- $B_j = \text{Es el efecto del } j\text{-ésimo nivel del factor B}$
- $(TB)_{ij} = \text{Es el efecto de la interacción entre } T_i \text{ y } B_j.$
- $E_{ijk} = \text{Error aleatorio con media cero, varianza y sin correlación entre si.}$

### 3.7.2. Variables analizadas

Para medir el efecto de los tratamientos se consideraron las variables siguientes:

#### 3.7.2.1. Altura de las plantas

La determinación de la altura de las plantas, se hizo a los 15, 30 y 45 días después de la siembra. Midiendo la altura en cm. desde la superficie del sustrato hasta el ápice de la lámina foliar más alta.

#### 3.7.2.2. Número de hojas

La determinación del número de hojas se hizo a los 15, 30 y 45 días después de la siembra contando el número de hojas de 5 plantas por tratamiento y obteniendo sus respectivos promedios.

#### 3.7.2.3. Peso seco de hojas

La determinación del peso seco de hojas se realizó introduciendo las hojas 72 horas a 70°C, obteniendo al final, el peso seco promedio por tratamiento.

#### 3.7.2.4. Peso fresco de hojas

Para el peso fresco de hojas se tomó el muestreo de 5 plantas por repetición, para un total de 20 muestras por trata-

miento obteniendo el peso fresco promedio al final para cada tratamiento.

#### \*3.7.2.5. Diámetro de remolachas

El diámetro de la remolacha fue tomado ecuatorialmente de 5 remolachas por repetición, utilizando para ello un vernier, obteniendo al final el diámetro promedio por tratamiento.

#### 3.7.2.6. Peso de raíz reservante

Para el peso de remolachas se tomaron 5 muestras de cada repetición, pesando una por una y obteniendo el peso promedio por tratamiento.

#### 3.7.2.7. Peso seco de raíces absorbentes

Para la determinación del peso seco de raíz, se mantuvieron las raicillas frescas en una estufa, durante 72 horas a 70°C pesándolas, al final se obtuvo el peso seco promedio para cada tratamiento.

#### 3.7.2.8. Peso fresco de raíces absorbentes

Para el peso fresco de raíz se tomaron 5 plantas por repetición pesando las raicillas y sacando sus respectivos promedios.

#### 3.7.2.9. Grados Brix

Los grados Brix se tomaron con un aparato llamado refractómetro, partiendo por la mitad una remolacha por repetición de cada tratamiento, extrayendo el jugo, el cual sirve para medir la cantidad de sólidos solubles.

#### 3.7.2.10. Análisis Beneficio-Costo

Para determinar la rentabilidad se hizo un análisis de costos y beneficios de todos los elementos involucrados en la investigación, seleccionando los tratamientos que mejor respondieron a los programas de fertilización y distanciamientos de siembra, con el objeto de comparar su rentabilidad.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. Condiciones climáticas

El ensayo se realizó de octubre a diciembre de 1991 en la terraza del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada a una altura de 710 m.s.n.m. con coordenadas geográficas de 89°.12.4' de longitud Este y 13°.43.3' de latitud Norte.

Los datos climatológicos registrados durante el ensayo, fueron proporcionados por la estación agrometeorológica de la Universidad de El Salvador, obteniéndose los promedios mensuales de: temperatura (T°) humedad relativa (%), precipitación pluvial (mm), luz solar (horas luz) y velocidad del viento (Km/h) cuadro 8 y figuras 4 y 5.

Dado que las camas de cultivo se encontraban a la intemperie, las condiciones climáticas tuvieron influencia determinante sobre el desarrollo del cultivo, ya que el promedio de lluvia fue de 138.7 mm. y las necesidades hídricas de la remolacha son de 35 mm. mensual para un buen desarrollo; sin embargo, la distribución de las lluvias no fue la más adecuada para satisfacer las necesidades diarias de las plantas. Además en la última fase del cultivo, la velocidad del viento aumentó, lo que ocasionó que la evapotranspiración se incrementara por lo que se tuvo que

suministrar agua a través de riegos para mantener el sustrato a capacidad de campo.

La temperatura media registrada fue de 23.93° (figura 4) lo cual favoreció todas las fases de crecimiento y desarrollo del cultivo de remolacha, ya que se considera que el rango óptimo de temperatura es de 15°C a 23°C (3,12,1), por lo que el efecto de la temperatura se reflejó en un buen desarrollo de la raíz carnosa, obteniéndose pesos y diámetros de raíz superiores a los que se han obtenido en otras épocas del año en donde la temperatura era mayor de 24°C.

La humedad relativa se mantuvo constante en los meses que duró la investigación con un promedio de 75.67% (Figura 5), permitiendo un desarrollo vegetativo adecuado de las plantas. También esta humedad relativa constante permitió que las plantas ahorraran energía al haber menor transpiración, produciéndose una mayor acumulación de fotosintatos.

La duración del día y radiación solar se mantuvieron con un promedio de 7.9 horas-luz durante el ensayo. Se considera que este tiempo de horas-luz es relativamente poco ya que la remolacha está incluida en plantas de días largos y luminosidad alta con una duración del día de 11.5 a 13.5 horas, que son necesarias para una actividad fotosintética por largo tiempo y de esa forma haya mayor acumulación de materia seca y por ende una buena

productividad de raíces tuberosas (33). A pesar de lo anterior se obtuvieron remolachas con diámetros promedio de 5.70 cm, en todos los tratamientos (cuadro 24), superando el diámetro que según literatura consultada es de 5.0 cm. (12). Por lo que se asegura que las 7.9 horas-luz prácticamente fueron suficientes para el normal desarrollo de cultivo. El viento en los meses durante la investigación tuvo un promedio de 10.08 Km/h aumentando su velocidad en los últimos días de noviembre y diciembre, lo cual provocó una mayor evapotranspiración en el cultivo por lo que se decidió durante este periodo, aumentar el número de riegos por día.

CUADRO 8. Valores climáticos promedios mensuales bajo el cual estuvo expuesto el cultivo hidropónico de remolacha (Beta Vulgaris) Variedad Crosby Egyptian, durante los meses de octubre a diciembre de 1991.

MES	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIP. PLUVIAL (mm)	L.SOLAR MEDIA (hrs)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VIENTO (Km/h)
Octubre	23.9	269.5	7.	81.	7.92
Noviembre	23.9	62.1	8.8	72.	10.8
Diciembre	24.0	54.5	7.9	74.	11.52
Promedio	23.93	138.7	7.9	75.67	10.08

FUENTE: ESTACION AGROMETEREOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, San Salvador, 1991.

CULTIVO HIDROPONICO  
DE REMOLACHA

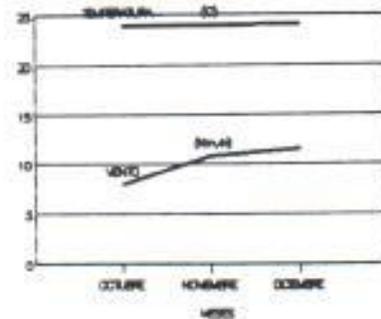


FIGURA 4. Temperatura media mensual, velocidad del viento, observadas durante el desarrollo del cultivo hidropónico de remolacha de octubre a diciembre de 1991. FAC. CC.AA. UES.

CULTIVO HIDROPONICO  
DE REMOLACHA

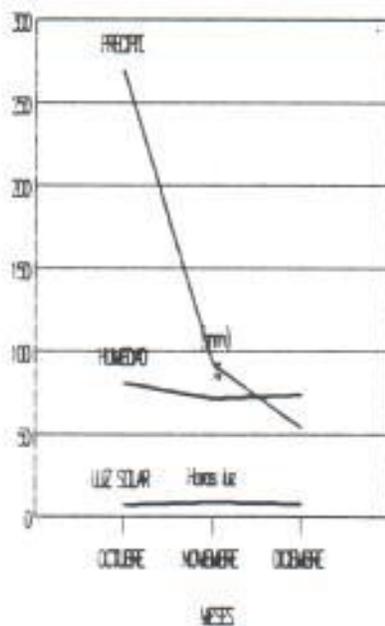


FIGURA 5. Humedad relativa (%), precipitación pluvial (mm), y luz solar (horas luz), observadas durante el desarrollo del cultivo hidropónico de remolacha de octubre a diciembre de 1991. Facultad de Ciencias Agronómicas, U.E.S.

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

En el cuadro 9 se presenta el análisis químico de la escoria volcánica roja.

CUADRO 9. Análisis químico de la escoria volcánica roja, utilizada en cultivo hidropónico de remolacha (Beta Vulgaris) var. Crosby Egyptian.

Textura	-	Vitrea	
Estructura	-	Porosa	
Ph	-	8.4	
Nitrogeno nitrico	ppm	de 35 ppm	
Fósforo	ppm	104.45	
Sodio	ppm	60.00	Estos datos fueron
Potasio	ppm	38.75	obtenidos en el
Calcio	ppm	602.50	laboratorio de
Magnesio	ppm	70.00	Química de la Fa-
Manganeso	ppm	23.75	cultad de Ciencias
Cobre	ppm	1.0	Agronomicas de la
Hierro	ppm	31.50	Universidad de
Zinc	ppm	2.18	El Salvador.
Boro	ppm	0.41	
Azútre	ppm	6.00	

4.3. Aspectos generales del cultivo

El cultivo hidropónico de remolacha utilizando tres programas de fertilización y tres distanciamientos en el sustrato de escoria volcánica, comenzó con germinación uniforme, ya que entre los 4 y 6 días después de la siembra se tenía un 100% de germinación. El proceso de germinación y emergencia de las plántulas

coincidió con un temporal lo cual dió lugar a la incidencia dispersa y no significativa de la enfermedad llamada mal del talluelo, por lo que se procedió a airear el sustrato para oxigenar el sistema radical y disminuir el exceso de humedad llevando a cabo esta labor dos veces diarias durante el tiempo temporalado. A los 15 días de sembrado el cultivo se realizó el primer raleo dejando dos plántulas por postura, como prevención por la presencia del patógeno antes mencionado, un raleo definitivo se hizo a los 21 días después de la siembra, dejando una plántula por postura de acuerdo a los tratamientos en ensayo.

A los 25 días después de la siembra el cultivo presentaba un crecimiento vigoroso en todos los tratamientos, lo que se observa en el cuadro 10. El cultivo siguió desarrollándose normalmente, iniciando el engrosamiento de la raíz reservante de 35 a 40 días después de la siembra; observándose en todos los tratamientos un desarrollo del follaje con un promedio de número de hojas por planta, de 7.40 (cuadro 11) y una altura promedio de 18-42 cm. en todo el ensayo (cuadro 10).

CUÁDRO 10. *Altura promedio de plantas de remolacha a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.*

TRATAMIENTOS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
$P_1d_1$	3.69	17.95	42.36
$P_1d_2$	3.54	17.075	39.51
$P_1d_3$	3.59	16.60	39.20
$P_2d_1$	4.12	18.35	40.52
$P_2d_2$	3.94	17.125	39.26
$P_2d_3$	3.57	18.425	41.27
$P_3d_1$	4.02	16.875	41.02
$P_3d_2$	3.86	17.225	41.05
$P_3d_3$	3.69	17.475	40.32

Donde:

$P$  = Programa de Fertilización

$D$  = Distanciamiento de siembra

En los 15 días posteriores se dió un rápido aumento en número de hojas y en alturas de las plantas, obteniéndose un promedio de 8.90 hojas por planta (cuadro 11) y una altura promedio de 42.36 cm. (cuadro 10), con su máximo desarrollo de follaje. Se observó que en esta fase se dió una gran asimilación de fotosintatos en

la raíz lo que se reflejaba en el crecimiento acelerado de la raíz, realizando la cosecha a los 68 días, después de la siembra.

CUADRO 11. Número promedio de hojas de plantas de remolacha a los 15, 30, 45 días después de la siembra

TRATAMIENTOS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
$P_1d_1$	3.85	7.40	8.80
$P_1d_2$	3.50	6.80	8.60
$P_1d_3$	3.70	7.40	8.00
$P_2d_1$	3.00	7.30	8.80
$P_2d_2$	3.25	7.20	8.60
$P_2d_3$	3.40	7.40	8.35
$P_3d_1$	3.80	6.95	8.85
$P_3d_2$	3.20	7.00	8.35
$P_3d_3$	3.60	7.05	8.90

#### 4.4. Control de plagas y enfermedades.

El control preventivo de plagas y enfermedades se inició desde el momento de la emergencia de las plántulas de remolacha y de acuerdo al plan trazado.

En la fase de germinación se presentó un ataque del mal del talluelo provocado por el patógeno Rhizoctonia solani (figura 6).

la incidencia de esta enfermedad no fue significativa, ya que la densidad de plantas en el ensayo era alta y no se habían realizado raleos.

El control de la enfermedad se comenzó al momento de su aparición eliminando manualmente las plántulas enfermas; también se realizaron aspersiones de una mezcla de Ridomil y Benlate, a una concentración de 90 ppm, y a intervalos de 2 días, y al mismo tiempo se realizaron aireaciones dos veces al día controlando de esta manera el patógeno.

A los 15 días después de la siembra se presentó un ataque del gusano cortador (Feltia sp) (figura 7C), la cual es una plaga muy extendida, de importancia esporádica y casi siempre está presente (15).

Hubo un control efectivo con los tes botánicos al mantener las poblaciones bajas. A los 35 días después de la siembra, cuando el cultivo ya estaba establecido se presentó un ataque de tortuguilas (Diabrotica sp) (figura 7A). Este insecto no causó mayores problemas al presentarse debido a la edad que tenía el cultivo, y principalmente a las aplicaciones frecuentes de extractos botánicos que mantuvieron bajas a las poblaciones.

También se observó la presencia de otras plagas de menor importancia como la Agrosoma proxima (figura 7B). El cultivo hidropónico de remolacha transcurrió sin mayores problemas de

plagas y enfermedades. En los cuadros A-1 y A-2 se hace una descripción de las principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo de remolacha a nivel de cultivo tradicional y en hidroponía.



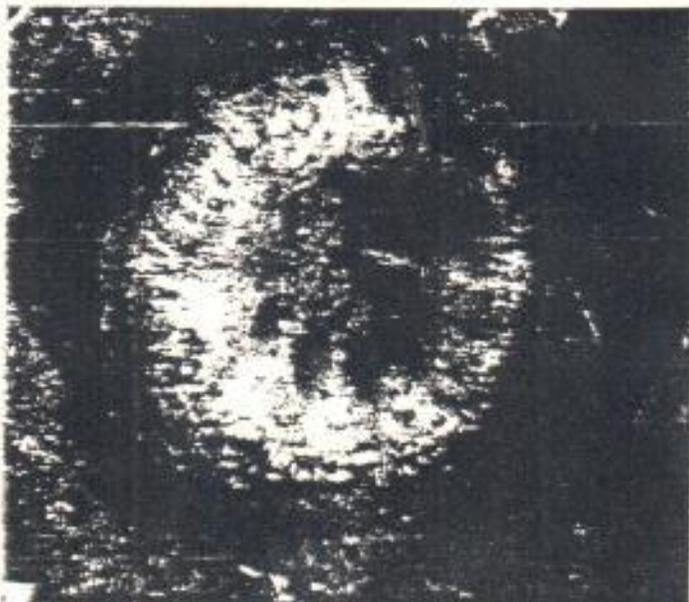
FIGURA 6. Principal enfermedad encontrada en el cultivo hidropónico de remolacha. Rizoctonia solani (mal del talluelo)



(A) Diabrotica balteata



(B) Agrosoma próxima



(C) Feltia sp.

FIGURA 7. Principales plagas encontradas en el cultivo hidropónico de remolacha.

#### 4.5. Altura de planta

Con respecto a la altura de las plantas el análisis de varianza, refleja una diferencia no significativa entre tratamientos, programas de fertilización, distanciamientos de siembra, y que no existe interacción entre programas y distanciamientos (cuadro 13).

La prueba de Duncan estableció que entre los tratamientos no hubo diferencia significativa, presentando las mayores alturas promedio, los tratamientos  $P_1d_1$  y  $P_2d_3$  con 42.36 cm. y 41.27 cm. al final del ciclo vegetativo respectivamente (cuadro 12).

Esto probablemente se debe a que las distancias de siembra no tuvieron ningún efecto sobre las alturas de las plantas ya que según estudios realizados en hidroponía no hay competencia por la búsqueda y consecución de nutrientes (4), lo que permitió un mayor desarrollo foliar, y distribución adecuada de fotosintatos lo cual se reflejó en el peso y diámetro de las remolachas (cuadros 41,47). Sin embargo, como se aprecia el arreglo espacial en cuadro ( $d_1:12 \times 12$ ) supera a los arreglos en rectángulos ( $d_2:16 \times 10$ ,  $d_3:12 \times 10$ ).

Los programas de fertilización estudiados incluían una proporción balanceada de nitrógeno el cual es el responsable de fomentar un rápido y buen crecimiento de las plantas (11).

Los resultados obtenidos en cuanto a altura de las plantas de remolacha superan a los alcanzados por Aguilar *et.al* (1) que cultivaron hidropónicamente dicha hortaliza, utilizando el mismo sustrato, escoria volcánica y además usaron granza de arroz; como fuente de nutrimentos utilizaron fertilizantes tradicionales y con arreglos espaciales en rectángulos. Las alturas de las plantas de remolacha de nuestro ensayo superaron en un 56% a los obtenidos por Aguilar *et.al*, este mejor desarrollo de las plantas junto con condiciones ambientales más adecuadas, permitieron un mejor desarrollo de las raíces carnosas.

En otros cultivos como ajo, se menciona que los distanciamientos de siembra no tienen influencia sobre la altura; pero no se analiza que tipo de arreglo espacial se tuvo, ya que los arreglos sí tienen influencia en la recepción de la energía solar (23).

Con respecto a la interacción entre programas y distanciamientos de siembra no produjeron ningún efecto sobre la altura de las plantas (cuadro 14).

CUADRO 12. Alturas promedio de plantas de remolacha (cm), al final del ciclo del cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra, durante el periodo de octubre a diciembre.

TRATAM.	REPETICIONES					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
P <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	41.6	41.2	42.6	44.4	169.46	42.36
P <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	40.8	38.4	39.84	39.0	158.04	39.51
P <sub>1</sub> d <sub>3</sub>	38.2	38.4	41.2	39.0	156.80	39.20
P <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	39.5	41.6	41.4	39.6	162.10	40.52
P <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	39.4	36.64	43.0	38.0	157.04	39.26
P <sub>2</sub> d <sub>3</sub>	37.2	43.2	41.4	43.3	165.10	41.27
P <sub>3</sub> d <sub>1</sub>	38.5	41.7	43.08	40.8	164.08	41.02
P <sub>3</sub> d <sub>2</sub>	38.1	42.0	42.2	41.9	164.20	41.05
P <sub>3</sub> d <sub>3</sub>	41.6	37.7	41.6	40.4	161.30	40.32
TOTAL	354.56	360.84	376.32	366.4	1458.12	

CUADRO 13. Análisis de varianza de la altura promedio (cm) de plantas de remolachas con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.

F. de V.	G.L.	Sc.	CM	Fe	F <sub>t</sub>
Tratamientos	8	35.56	4.45	1.21 NS	0.01 0.05 0.10
Programas	2	1.59	0.79	0.22 NS	3.26 2.30 1.91
Distanciamientos	2	12.35	6.17	1.67 NS	5.49 3.35 2.51
Interacción Pxd	4	21.97	5.49	1.49 NS	4.11 2.73 2.17
Error Exp.	27				
TOTAL	35				

NS = No significativo

CUADRO 14. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra para altura de las plantas de remolacha.

	d1	d2	d3	TOTAL	MEDIA
P1	169.46	158.04	156.80	484.30	40.36
P2	162.10	157.04	165.10	484.24	40.35
P3	164.08	164.20	161.30	489.58	40.79
TOTAL	495.64	479.28	483.20		
MEDIA	41.30	39.94	40.27		

4.6. Número de hojas por planta

El análisis de varianza para el número de hojas estableció que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en estudio (cuadro 16) y que no existe interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra (cuadro 27).

La prueba de Duncan aplicada al número de hojas, demostró que no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos presentando los mejores promedios de números de hojas los tratamientos  $P_3d_3$ ,  $P_3d_1$ , y  $P_1d_1$ , con 8.9, 8.8 y 8.8 hojas respectivamente al final del ciclo vegetativo (cuadro 15).

Según Fick *et.al.*, esto se da cuando las condiciones ambientales y de manejo son constantes e iguales para todos los tratamientos, esto hace alcanzar un número equilibrado de hojas

(8). Sin embargo, a pesar de que no se tiene una diferencia significativa entre los distanciamientos de siembra y el número de hojas, los arreglos en cuadro permiten un mayor desarrollo de hojas.

El hecho de desarrollar más área foliar y que permanezca activa el mayor tiempo posible, permite que cuando se inicia el crecimiento de la raíz haya suficiente capacidad de síntesis de fotosintatos, permitiendo que se distribuyan y se acumulen en las raíces de remolacha (1).

CUADRO 15. Número de hojas por planta de remolacha al final del ciclo del cultivo con tres programas de fertilización y tres de distanciamientos de siembra, durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.

TRATAMTS	R E P E T I C I O N E S					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV			
P <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	8.6	9.4	8.4	8.8	35.2	8.8	
P <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	8.0	8.4	9.0	9.0	34.4	8.6	
P <sub>1</sub> d <sub>3</sub>	8.8	7.2	8.2	7.8	32.0	8.0	
P <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	9.2	7.6	9.0	9.4	35.2	8.8	
P <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	9.0	8.8	8.4	8.2	34.4	8.6	
P <sub>2</sub> d <sub>3</sub>	8.4	8.4	8.4	8.2	33.4	8.35	
P <sub>3</sub> d <sub>1</sub>	9.0	9.4	9.0	8.0	35.4	8.85	
P <sub>3</sub> d <sub>2</sub>	8.6	8.4	7.6	8.8	33.4	8.35	
P <sub>3</sub> d <sub>3</sub>	9.0	8.6	9.8	8.2	35.6	8.90	
TOTAL	78.6	76.2	77.8	76.40	309		

CUADRO 16. Análisis de varianza del número de hojas promedio de plantas de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fe	Ft			
Tratamientos	8	2.86	0.36	1.15	NS	0.01	0.05	0.10
Programas	2	0.33	0.16	0.53	NS	3.26	2.30	1.91
Distanciamientos	2	1.04	0.52	1.68	NS	5.49	3.35	2.51
Interacción Pxd	4	1.49	0.37	1.20	NS	5.49	3.35	2.51
Error Exp.	27	8.37	0.31			4.11	2.73	2.17
TOTAL	35							

CUADRO 17. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra en el número de hojas de plantas de remolacha.

	d1	d2	d3	TOTAL	MEDIA
P1	35.2	34.4	32	101.6	8.47
P2	35.2	34.4	33.4	103.0	8.58
P3	35.4	33.4	35.6	104.4	8.7
TOTAL	105.8	102.2	101.0	309.0	
MEDIA	8.82	8.52	8.42		

#### 4.7. Peso seco de hojas

Para el análisis de peso seco de hoja, el análisis de varianza para peso seco de las hojas establece que no existe diferencia significativa entre tratamientos, programas de fertilización, distanciamientos de siembra, interacción de programas de fertilización y distanciamientos de siembra. (cuadro 19).

La prueba de Duncan demostró que no existe diferencia significativa entre medias de tratamientos, programas de fertilización y distanciamientos de siembra obteniéndose los mejores pesos promedio en los tratamientos P1d1 y P3d1 con 9.38 g. y 8.90 g. respectivamente (cuadro 18).

Se tiene que dichos tratamientos producen más materia orgánica que el resto, estructura foliar que beneficia la productividad de las plantas, lográndose mayor disposición a producir carbohidratos y eventualmente, propicia una mayor distribución y acumulación de los fotosintatos hacia las raíces de la remolacha. Los arreglos en cuadro (d1) producen más materia seca; en otros cultivos se encuentra que la producción de materia seca por planta tiende a aumentar a medida que se aumenta la densidad de plantas (17). Con los arreglos en cuadro se aumenta la densidad al compararlos con los arreglos en rectángulo. También, apreciamos que los programas de fertilización P1 y P3,

parecen ser más completos al permitir un desarrollo equilibrado entre la parte aérea y las raíces.

Con respecto a la interacción entre programas y distanciamientos de siembra no produjeron ningún efecto sobre el peso seco de hojas (cuadro 20).

CUADRO 18. Peso seco de hojas de remolacha (en gramos) al final del ciclo vegetativo durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.

TRAT.	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV			
P1d1	10.46	9.82	8.48	8.70		37.46	9.37
P1d2	9.38	8.18	7.2	6.06		30.82	7.71
P1d3	5.58	9.58	10.20	7.26		32.62	8.16
P2d1	8.80	5.72	10.02	7.20		31.74	7.94
P2d2	7.16	8.98	8.5	6.90		31.54	7.90
P2d3	7.78	7.42	5.58	7.30		28.08	7.02
P3d1	8.46	10.92	8.42	7.68		35.48	8.90
P3d2	8.62	6.34	6.32	10.70		31.98	7.99
P3d3	8.20	8.50	8.98	8.84		34.52	8.63
TOTAL	75.44	45.46	73.70	70.64		294.24	

CUADRO 19. Análisis del peso seco de hojas de remolacha en gramos con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fe		Ft		
Tratamientos	8	15.34	1.92	0.89 NS	0.01	0.05	0.10	
Programas	2	5.69	2.85	1.32 NS	3.26	2.30	1.91	
Distanciamientos	2	5.42	2.71	1.26 NS	5.49	3.35	2.51	
Interacción Pxd	4	4.42	1.06	0.48 NS	5.49	3.35	2.51	
Error Exp.	27	58.24	2.16		4.11	2.73	2.17	
TOTAL	35							

CUADRO 20. Análisis de Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso seco de hojas de remolacha.

	d1	d2	d3	TOTAL
P1	37.46	30.82	32.62	100.9
P2	31.74	31.54	28.08	91.36
P3	35.48	31.98	34.52	101.98
TOTAL	104.68	94.34	95.22	294.24



#### 4.8. Peso fresco de hojas.

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos, programas de fertilización, distanciamientos de siembra, interacción de programas de fertilización y distanciamientos de siembra (cuadro 22).

La prueba de Duncan demostró que entre medias de tratamientos, programas de fertilización, distanciamientos de siembra no existen diferencias significativas, observandose los mejores promedios en los tratamientos  $P_{1d_1}$  y  $P_{2d_1}$  con 130.93 y 122.50 g, respectivamente (Cuadro 21). Estos resultados coinciden con los obtenidos de peso seco de hojas, es decir que se tiene un follaje en condiciones de turgencia que facilita la intersección de energía luminica y coadyuva a desarrollar un proceso fotosintético más sostenido.

Con respecto a la interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra no produjeron ningún efecto sobre el peso fresco de hojas (cuadro 23).

CUADRO 21. *Peso fresco de hojas de remolacha (en gramos) al final del ciclo vegetativo del cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra, durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.*

TRATAMTS.	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
P1d1	123.64	163.32	113.52	123.80	523.80	130.95
P1d2	134.8	112.18	95.1	83.74	425.82	106.45
P1d3	98.88	153.44	132.44	106.62	481.38	120.35
P2d1	135.92	89.04	147.76	91.06	463.78	115.94
P2d2	103.7	123.42	102.32	97.24	426.68	106.67
P2d3	101.5	106.42	77.42	104.46	389.80	97.45
P3d1	107.68	152.42	122.90	106.40	489.92	122.48
P3d2	113.80	84.7	85.28	137.34	421.12	105.28
P3d3	108.30	101.40	115.82	103.00	428.52	107.13
TOTAL	1018.22	1086.86	992.56	953.18	4050.82	

CUADRO 22. *Análisis de varianza del peso fresco de hojas de remolacha en gramos con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.*

F. de V	G.L.	Sc.	CM	F <sub>e</sub>	F <sub>t</sub>			
Tratamientos	8	3555.63	445.7	0.96 NS	3.26	2.30	1.91	0.01 0.05 0.10
Programas	2	959.60	479.80	1.04 NS	5.49	3.35	2.51	
Distanciamientos	2	2053.53	1026.77	2.22 NS	5.49	3.35	2.51	
Interacción Pxd	4	550.50	137.63	0.30 NS	4.11	2.73	2.17	
Error Exp.	27	12509.19	463.30					
TOTAL	35							

CUADRO 23. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso fresco de hojas de remolacha.

	$d_1$	$d_2$	$d_3$	TOTAL
$P_1$	523.80	425.82	481.38	1431.00
$P_2$	463.78	426.68	389.8	1280.26
$P_3$	489.92	421.12	428.12	1339.56
TOTAL	1477.5	1273.62	1299.70	

#### 4.9. Diámetro de remolachas

En relación a diámetro de raíces de remolacha, el análisis de varianza demostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos, programas de fertilización y que en los distanciamientos de siembra existe diferencia significativa al 10% de probabilidad, y que no existe interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra (cuadro 25).

La prueba de Duncan estableció que entre las medias de tratamientos no hubo diferencia significativa obteniéndose los mejores diámetros promedio en los tratamientos  $P_1d_1$  y  $P_3d_1$ , con 6.12 cm y 6.04 cm respectivamente (cuadro 24). Estos diámetros superan satisfactoriamente los datos reportados por Gudiel (12), para la variedad Crosby Egyptian cultivada en geoponia. También superó a los diámetros obtenidos en cultivo hidropónico de

remolacha realizado por Aguilar et-al (1), utilizando como sustrato, tanto escoria volcánica como granza de arroz, además en ese mismo trabajo se utilizó, la solución nutritiva como fuente de elementos nutritivos, que se considera la fuente más idónea de aporte de dichos elementos.

En forma general, se estableció que el diámetro promedio de las raíces de remolacha (5.70 cm) superaron a los obtenidos por Aguilar et-al (5.24 cm) y esta diferencia se estableció en aproximadamente un 10%.

En este ensayo es importante señalar que las principales diferencias significativas se presentan a nivel de los distanciamientos o arreglos de siembra, ya que los diámetros obtenidos con una distribución espacial en cuadro ( $d_1: 12 \times 12$ ) superan los diámetros de las distribuciones espaciales rectangulares ( $d_2: 16 \times 10$ ) ( $d_3: 12 \times 10$ ) (Cuadro 2b y figura B). Esto probablemente se debió a que el arreglo espacial en cuadro permite una mayor disponibilidad de fotosintatos y la distribución hacia toda la planta y en especial hacia las raíces en donde se acumulan.

Según Aguilar et-al (1) una vez que las plantas han completado su desarrollo foliar se inicia el crecimiento de la raíz, la mayor cantidad de fotosintatos que se forman en las hojas, se distribuyen y se acumulan en la raíz, razón por la cual se

necesita tener muchas hojas y que se desarrollen rápidamente y que permanezcan activas el mayor tiempo posible.

Con respecto a la interacción entre programas y distanciamientos de siembra, no produjeron ningún efecto sobre el diámetro de remolachas (cuadro 27)

CUADRO 24. Diámetro promedio de raíces de remolacha (cm) al final del ciclo del cultivo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.

TRATAMTS.	REPETICIONES					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
P <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	5.92	6.33	6.14	6.08	24.47	6.12
P <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	5.38	5.44	6.90	5.32	23.04	5.76
P <sub>1</sub> d <sub>3</sub>	4.88	6.28	5.87	5.01	22.04	5.51
P <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	6.07	5.09	6.63	5.29	23.08	5.77
P <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	5.50	5.90	5.63	5.44	23.47	5.87
P <sub>2</sub> d <sub>3</sub>	5.23	6.12	4.74	6.34	22.43	5.61
P <sub>3</sub> d <sub>1</sub>	6.28	6.08	6.02	5.80	24.17	6.04
P <sub>3</sub> d <sub>2</sub>	5.57	4.74	5.32	6.74	22.37	5.59
P <sub>3</sub> d <sub>3</sub>	4.27	5.23	5.98	4.86	19.97	4.99
TOTAL	50.09	51.22	52.87	50.87	205.04	5.70

CUADRO 25. Análisis de varianza del diámetro de raíces de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fe		Ft		
Tratamientos	8	3.54	0.44	1.16 NS	0.01	0.05	0.10	
Programas	2	0.44	0.22	0.58 NS	3.26	2.30	1.91	
Distanciamientos	2	2.31	1.15	3.03 *	5.49	3.35	2.51	
Interacción Pxd	4	0.85	0.21	0.56 NS	5.49	3.35	2.51	
Error Exp.	27	10.29	0.38		4.11	2.73	2.17	
TOTAL	35							

\* : Significativo al 10%

NS : No significativo.

CUADRO 26. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de distanciamientos de siembra en el diámetro de remolachas (cm) al 10% de probabilidad.

DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS
$d_1$	5.98	a
$d_2$	5.73	a
$d_3$	5.36	b

CUADRO 27. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra en el diámetro de remolachas.

	$d_1$	$d_2$	$d_3$	TOTAL	MEDIA
$P_1$	24.47	23.04	22.04	69.55	5.79
$P_2$	23.08	23.47	22.43	68.98	5.73
$P_3$	24.17	22.37	19.97	66.51	5.53
TOTAL	71.12	68.88	64.44	205.04	
MEDIA	5.98	5.73	5.36		

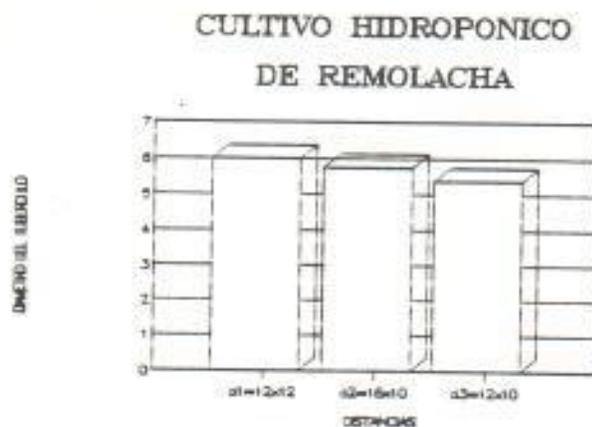


FIGURA 8. Efecto del distanciamiento sobre el diámetro de remolachas bajo sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.10. Peso de la raíz carnosa

Respecto al peso de las raíces de remolacha, el análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas entre tratamientos, programas de fertilización y distanciamientos de siembra (cuadro 29).

La prueba de Duncan, demostró que para diferencias entre medias de tratamientos, programas de fertilización, distanciamientos de siembra, no hubo diferencia significativa. Sin embargo, los mejores pesos promedio se obtuvieron con los tratamientos  $P_1d_1$ ,  $P_2d_1$  con 100.80 g. y 93.71 g respectivamente (cuadro 28).

Probablemente, esto se debió a que todos los programas de fertilización  $P_1$  y  $P_2$ , la aplicación de blaukorn se complementó con urea y nitromagcalcareo, en cambio en el programa 2 no fue completo. Este aporte adicional, que también se fraccionó permitió un adecuado desarrollo de follaje, favoreciendo la producción y distribución de fotosintatos a las raíces, alcanzando por lo tanto los valores máximos en peso.

En este sentido, es necesario que se mantenga un nivel óptimo de potasio para que el flujo de carbohidratos hacia las raíces no se vea afectado (1), y de esta manera se garantice el aumento de peso de las raíces dentro de la fase correspondiente.

También se observa que en dichos tratamientos los arreglos espaciales en cuadro ( $d_1$ ) son los que permiten el desarrollo del follaje que junto con los programas  $P_1$  y  $P_2$  hacen el funcionamiento fotosintético de dichos tratamientos, siendo el más relevante, ya que permite una captación de energía luminica adecuada y se tiene una disponibilidad de elementos primarios (N-P-K) suficientes para que dicho proceso garantice un flujo de fotosintatos hacia las raíces.

Es importante comparar los resultados obtenidos en cuanto a pesos de las raíces, con resultados obtenidos por Aguilar *et-al* (1), utilizando como sustrato hidropónico escoria y granza de arroz: los pesos de las raíces de los tratamientos  $P_1d_1$  y  $P_2d_1$  superan en un 10% a los pesos obtenidos cuando se utilizó escoria y en 34% cuando se utilizó granza de arroz, lo que permite afirmar las ventajas que ofrece la utilización de la escoria volcánica como sustrato hidropónico.

En cuanto a la interacción entre programas y distanciamientos de siembra, no produjo ningún efecto sobre el peso de la raíz reservante (cuadro 30).

CUADRO 28. Peso de la raíz reservante de remolacha (en gramos) al final del ciclo vegetativo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.

TRAT.	REPETICIONES					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
P <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	95.86	110.45	86.51	107.49	400.31	100.80
P <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	71.98	82.57	118.97	91.28	364.80	91.20
P <sub>1</sub> d <sub>3</sub>	74.63	96.94	99.34	70.32	341.23	85.31
P <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	106.86	72.09	105.60	82.60	367.15	91.79
P <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	109.31	82.84	98.60	81.32	372.07	93.82
P <sub>2</sub> d <sub>3</sub>	79.28	95.62	72.66	88.84	336.40	84.10
P <sub>3</sub> d <sub>1</sub>	96.28	99.31	94.60	84.66	374.85	93.71
P <sub>3</sub> d <sub>2</sub>	85.68	64.25	86.00	98.15	334.08	83.52
P <sub>3</sub> d <sub>3</sub>	76.04	89.30	106.26	83.93	355.53	88.88
TOTAL	795.92	793.37	868.54	788.59	3246.42	

CUADRO 29. Analisis de varianza del peso de remolacha con tres programas de fertilizacion y tres distanciamientos de siembra.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fe	Ft		
					10%	5%	1%
Tratamientos	8	915.48	114.43	0.59 NS	3.26	2.30	1.91
Programas	2	78.14	39.07	0.20 NS	5.49	3.35	2.51
Distanciamientos	2	514.18	257.09	1.34 NS	5.49	3.35	2.51
Interaccion Pxd	4	324.34	81.09	0.42 NS	4.11	2.73	2.17
Error Exp.	27	5199.37	192.57				

TOTAL 35  
NS : No significativo.

CUADRO 30. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso de remolachas.

PROGRAMAS	$d_1$	$d_2$	$d_3$	TOTAL
$P_1$	400.31	364.80	341.23	1106.34
$P_2$	367.15	372.07	336.40	1075.62
$P_3$	374.85	334.08	355.53	1064.46
TOTAL	1142.31	1070.95	1033.16	3246.42

4.11. Peso seco de raíces absorbentes

Para el análisis de peso seco de raíz absorbente de remolacha, se demostró según análisis de varianza que no existe diferencia entre los tratamientos, programas de fertilización y distanciamientos de siembra; y también no existe interacción entre los programas y distanciamientos de siembra (cuadro 32).

La prueba de Duncan demostró que entre medias de tratamientos, programas de fertilización, distanciamientos de siembra no existe diferencia significativa, obteniendo los mayores promedios de peso seco de raíz absorbente en los tratamientos  $P^2d_1$  y  $P_1d_2$  con 0.51 y 0.67 g respectivamente (cuadro 31).

Probablemente, esta diferencia no significativa se debe a que los programas de fertilización utilizados contenían elementos mayores complementados con elementos menores lo cual viene a incrementar el desarrollo de la raíz absorbente al mismo tiempo que aumenta el peso de la materia seca.

En estudios realizados en el cultivo de soya en la producción de materia seca como respuesta a la fertilización con una mezcla de elementos mayores y menores se observó el incremento del desarrollo de la parte aérea y la raíz al igual que aumenta el peso seco de la materia seca.

En cuanto a las distribuciones espaciales utilizadas tanto en cuadro ( $d_1$ : 12 x 12 y como rectangulares  $d_2$ : 16 x 10,  $d_3$ : 12 x 10), no produjeron ningún efecto sobre la producción de materia seca de la raíz fibrosa. Sin embargo, el tratamiento  $P_1d_1$  alcanzó un buen desarrollo de raíces (0.51 g) (cuadro 31), que son los encargados de absorber agua y nutrimentos; pero fue superado por el tratamiento  $P_3d_3$  que tiene un mayor desarrollo (0.67 g) (cuadro 31). Este mayor desarrollo de raíces se realizó en detrimento de acumulación de carbohidratos en la raíz tuberosa ya que es la que alcanza el menor peso y el diámetro de la raíz (cuadro 24) alcanza posiciones intermedias entre los tratamientos.

Con respecto a la interacción entre programas y distanciamientos de siembra no produjeron ningún efecto sobre el peso seco de raíces absorbentes (cuadro 33).

CUADRO 31. Peso seco de las raíces absorbentes de remolacha (en gramos) al final del ciclo vegetativo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.

TRAT.	REPETICIONES					MEDIA
	I	II	III	IV	TOTAL	
$P_1d_1$	0.40	0.82	0.52	0.30	2.04	0.51
$P_1d_2$	0.40	0.52	0.70	0.20	1.88	0.47
$P_1d_3$	0.28	0.36	0.48	0.38	1.50	0.38
$P_2d_1$	0.28	0.44	0.36	0.32	1.40	0.35
$P_2d_2$	0.22	0.82	0.42	0.42	1.88	0.47
$P_2d_3$	0.36	0.22	0.32	0.56	1.36	0.34
$P_3d_1$	0.64	0.48	0.22	0.34	1.78	0.45
$P_3d_2$	0.36	0.42	1.44	1.66	2.68	0.67
$P_3d_3$	0.20	0.34	0.62	0.08	1.04	0.26
TOTAL	3.14	4.48	3.68	4.26	15.56	

CUADRO 32. Análisis de varianza del logaritmo\* (10) del peso seco de raíz fibrosa de remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos siembra.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fe		Ft		
						10%	5%	1%
Tratamientos	8	0.456	0.057	0.71	NS	1.91	2.30	3.26
Programas	2	0.01	0.003	0.26	NS	2.51	3.35	5.49
Distanciamientos	2	0.03	0.016	1.40	NS	2.51	3.35	5.49
Interacción Pxd	4	0.03	0.007	0.60	NS	2.17	2.73	4.11
Error Exp.	27	0.30	0.011					
TOTAL	35							

NS : No significativo.

CUADRO 33. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso seco de raíces absorbentes de plantas de remolachas.

PROGRAMAS	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	TOTAL	
P <sub>1</sub>	0.700	0.660	0.590	1.590	0.163
P <sub>2</sub>	1.010	0.640	0.510	2.16	0.180
P <sub>3</sub>	0.600	0.810	0.380	1.790	0.149
TOTAL	2.310	2.110	1.480		
MEDIA	0.193	0.176	0.123		

#### 4.12. Peso fresco de raíces absorbentes

En cuanto a peso fresco de las raíces absorbentes el análisis de varianza refleja una diferencia no significativa entre tratamientos, programas de fertilización y que existe diferencia significativa entre distanciamientos de siembra al 10% de significancia y que no existe interacción entre programas y distanciamientos (cuadro 35).

La prueba de Duncan establece que entre medias de tratamientos no hubo diferencia significativa aunque se obtuvieron los mejores pesos promedios con los tratamientos  $P_2d_2$  y  $P_1d_1$ ,  $P_2d_1$  con 1.78, 1.63 y 1.56 g. respectivamente al final del ciclo vegetativo (cuadro 34).

La prueba de Duncan, demostró que para las medias de distanciamientos de siembra existe diferencia significativa al 10% (cuadro 36), resultado que puede observarse claramente en la figura 9, esta diferencia probablemente se debe a que cuando hay mayor diametro de la raíz reservante, se da un aumento en cantidad de las raíces absorbentes.

Es importante señalar que la distribución espacial al cuadro, ( $d_1$ : 12 x 12). Estadísticamente es igual a la distribución espacial rectangular ( $d_2$ : 16 x 10) pero diferente a la distribución espacial rectangular ( $d_3$ : 12 x 10), cuadro 36, lo cual probablemente se debe a una competencia intravegetal

ocasionada por la elevada densidad de plantas lo que indica que el diámetro de la remolacha es menor en la distribución espacial rectangular 12 x 10 ( $d_7$ ) cuadro 26 y por consiguiente la cantidad de las raíces fibrosas fueron menores.

Con respecto a la interacción entre programas y distanciamientos de siembra no produjeron ningún efecto sobre el peso fresco de raíces absorbentes (cuadro 37).

CUADRO 34. Peso fresco promedio de raíces absorbentes de remolachas al final del ciclo de cultivo.

TRAT.	R E P E T I C I O N E S					MEDIA
	I	II	III	IV	TOTAL	
$P_1d_1$	1.64	2.24	1.22	1.42	6.52	1.63
$P_1d_2$	1.32	1.90	1.84	0.94	6.00	1.50
$P_1d_7$	1.14	1.18	1.60	1.22	5.14	1.29
$P_2d_1$	1.48	1.26	2.10	1.38	6.22	1.56
$P_2d_2$	0.66	2.24	1.18	1.60	5.68	1.42
$P_2d_7$	1.16	0.70	0.82	1.42	4.1	1.03
$P_3d_1$	1.56	2.04	0.64	1.04	5.28	1.32
$P_3d_2$	1.02	1.94	0.90	3.26	7.12	1.78
$P_3d_7$	0.74	0.88	1.26	0.56	3.44	0.86
TOTAL	10.72	14.38	11.56	12.84	49.50	

CUADRO 35. Análisis de varianza del logaritmo\* (10) del peso fresco de raíces absorbentes de remolacha al final del ciclo del cultivo.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fe	Ft		
					10%	5%	1%
Tratamientos	8	2.71	0.33	1.09 NS	3.26	2.30	1.91
Programas	2	0.01	0.004	0.37 NS	5.49	3.35	2.51
Distanciamientos	2	0.06	0.029	2.95 *	5.49	3.35	2.51
Interacción Pxd	4	0.02	0.005	0.47 NS	4.11	2.73	2.17
Error Exp.	27	0.27	0.010				

TOTAL 35  
 NS : No significativo.

\* : Significancia al 10%

Datos originales han sido transformados a logaritmo (10) del peso fresco de la raíz.

CUADRO 36. Prueba de Duncan para diferencias entre medias de distanciamientos de siembra del peso fresco de raíces absorbentes de plantas de remolacha al 10% de significancia.

DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS
$d_1$	0.39	a
$d_2$	0.39	a
$d_3$	0.31	b

CUADRO 37. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del peso fresco raíces absorbentes de plantas de remolachas.

PROGRAMAS	$d_1$	$d_2$	$d_3$	TOTAL	MEDIA
$P_1$	1.64	1.55	1.41	4.60	0.38
$P_2$	1.63	1.49	1.21	4.33	0.36
$P_3$	1.44	1.68	1.07	4.19	0.35
TOTAL	4.71	4.72	3.69		
MEDIA	0.39	0.39	0.31		

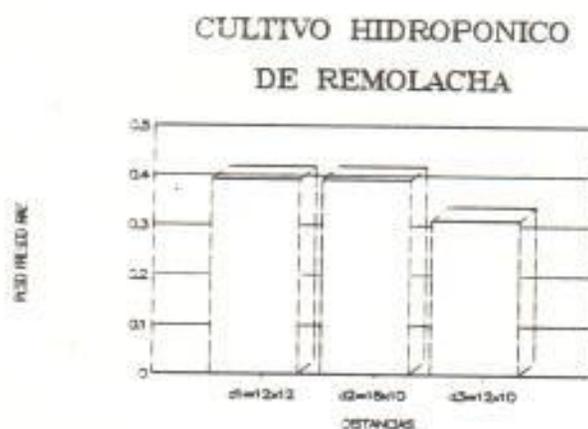


FIGURA 9. Efecto del distanciamiento de siembra sobre el peso fresco de la raíz de remolacha bajo sistema de cultivo hidropónico.

#### 4.13. Porcentaje de azúcar

Según el análisis de varianza existe diferencias significativas entre tratamientos al 1,5 y 10% de probabilidad, programas de fertilización y que no existe diferencias significativas entre distanciamientos de siembra y que también existe interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra al 10 y 5% de probabilidad (cuadro 39 y figura 10).

La prueba de Duncan demostró que existe diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 40). Los porcentajes de azúcar en los tratamientos  $P_2d_1$  y  $P_2d_2$  fueron de 8.25 y 7.77 los cuales superan a los demás tratamientos (cuadro 38), sin embargo estos tratamientos presentan una relación inversa en la acumulación de azúcar con el peso y diámetro de remolacha (cuadro 29, 24).

Los resultados obtenidos superan a los alcanzados por Aguilar et-al (1) en el que utilizaron el mismo sustrato, fertilizantes tradicionales; y con una distribución espacial al rectángulo.

La prueba de Duncan para programas de fertilización demostró que existe diferencia significativa (cuadro 41), probablemente esto se debió a que los programas contenían los elementos necesarios para favorecer la formación de azúcar.

Los elementos que ayudan a la formación de azúcar como el potasio que suministra los electrones para síntesis de azúcar (9), y el fósforo es un elemento que ejerce un estímulo para la pronta formación de azúcar (9,11). Además que la remolacha es muy avida de nitrógeno nítrico es así que se dice que el nitrato que produce mejores cosechas de remolacha es el sódico, que al propio tiempo incrementa la producción de azúcar (9), el nitromagcalcáreo es un fertilizante que contiene al magnesio, que es un elemento necesario para la formación de azúcar el cual está contenido en el programa 3 que es en el que se obtuvo el mejor porcentaje de azúcar (cuadro 41).

Es importante señalar que los fertilizantes utilizados en los diferentes programas de fertilización contienen los elementos antes mencionados que los facilitan a la planta en una forma lenta y constante que ayudan al incremento del azúcar en la remolacha.

En cuanto a las distribuciones espaciales utilizadas tanto al cuadro (12 x 12) como rectangulares (16 x 10, 12 x 10) no tuvieron ningún efecto sobre el porcentaje de azúcar. Con respecto a la interacción que existe entre los programas de fertilización y las distancias de siembra indica que el contenido de azúcar se incrementa mucho más con el programa 3 combinado con

el distanciamiento de siembra 1 lo cual puede observarse claramente (cuadro 42 y figura 10).

CUADRO 38. Porcentaje de azúcar e la remolacha al final del ciclo vegetativo con tres programas de fertilización y tres distanciamientos de siembra durante el periodo de octubre a diciembre de 1991.

TRATAM.	T R A T A M I E N T O S					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
$P_1d_1$	8.03	2.60	4.81	6.97	22.41	5.60
$P_1d_2$	7.30	9.41	8.09	6.08	30.88	7.72
$P_1d_3$	6.03	4.13	5.76	5.76	21.68	5.42
$P_2d_1$	5.42	2.06	2.03	1.77	11.28	2.82
$P_2d_2$	5.78	5.78	6.60	5.78	23.94	5.99
$P_2d_3$	4.68	6.23	4.60	4.33	19.84	4.96
$P_3d_1$	9.60	9.54	7.10	6.77	33.01	8.25
$P_3d_2$	8.48	6.90	6.16	6.09	27.63	6.91
$P_3d_3$	7.10	8.60	6.77	8.60	31.07	7.77
TOTAL	62.42	55.25	51.92	52.15	221.74	

CUADRO 39. Análisis de varianza del porcentaje de azúcar promedio en la remolacha con tres programas de fertilización y tres distanciamientos siembra.

F. de V	G.L.	Sc.	CM	Fcal.	F. tablas		
					10%	5%	1%
Tratamientos	8	93.7585	11.72	6.23*	1.91	2.30	3.26
Programas	2	56.11	28.054	13.79**	2.51	3.35	5.49
Distanciamientos	2	10.55	5.277	2.59 NS	2.51	3.35	5.49
Interacción Pxd	4	27.10	6.774	3.33 NS	2.17	2.73	4.11
Error Exp.	27	50.47	1.88				
TOTAL	35						

NS : No significativo.

\* : Significativo

\*\* : Altamente significativos

CUADRO 40. Prueba de Duncan para diferencias entre medias de tratamientos del porcentaje de azúcar en la remolacha.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS		
P <sub>3</sub> d <sub>1</sub>	8.25	a		
P <sub>3</sub> d <sub>2</sub>	7.77	a	b	
P <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	7.72	a	b	
P <sub>3</sub> d <sub>2</sub>	6.91	a	b	c
P <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	5.99	a	b	c
P <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	5.60		b	c
P <sub>1</sub> d <sub>3</sub>	5.42			c
P <sub>2</sub> d <sub>3</sub>	4.96			c
P <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	2.82			d

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

CUADRO 41. Interacción entre programas de fertilización y distanciamientos de siembra del porcentaje de azúcar en remolachas.

PROGRAMAS	$d_1$	$d_2$	$d_3$	TOTAL
$P_1$	22.41	30.88	21.68	74.97
$P_2$	11.28	23.94	19.84	55.06
$P_3$	33.01	27.63	31.07	91.71
TOTAL	66.7	82.72	72.59	221.74

CULTIVO HIDROPONICO  
DE REMOLACHA

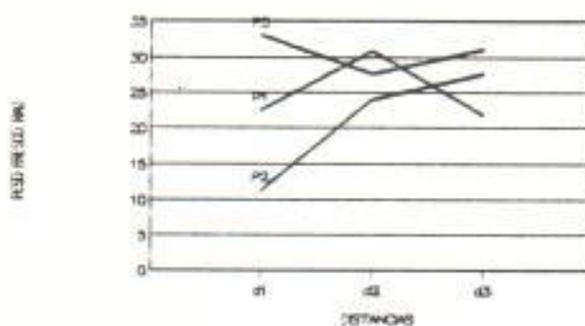


FIGURA 10. Contenido de azúcar (%) en remolachas manejadas con diferentes programas y distancias bajo cultivo hidropónico

#### 4.14. Análisis Beneficio-costo

Para el análisis económico se seleccionaron los tratamientos que mejor respondieron a los programas de fertilización y distanciamientos de siembra como  $P_1d_1$ ,  $P_3d_1$ ,  $P_2d_2$ , con el objeto de comparar su rentabilidad.

El análisis demostró que utilizando el tratamiento  $P_1d_1$  se obtuvo un costo de \$ 17.58/m<sup>2</sup> con ingreso de \$ 51.75/m<sup>2</sup> y un ingreso neto de \$ 34.17/m<sup>2</sup> (cuadro 42), para el tratamiento  $P_2d_2$ , se obtuvo un costo de \$ 17.71/m<sup>2</sup> con un ingreso de \$ 47.25/m<sup>2</sup> y un ingreso neto de \$ 29.54/m<sup>2</sup> (cuadro 43), para el tratamiento  $P_3d_1$  se obtuvo un costo de \$ 18.40/m<sup>2</sup> con un ingreso de \$ 51.75/m<sup>2</sup> y un ingreso neto de \$ 33.35/m<sup>2</sup> (cuadro 44) la diferencia de los ingresos netos entre los tres tratamientos es de \$ 0.82/m<sup>2</sup> para ( $P_1d_1$ ,  $P_3d_1$ ) y de \$ 4.63/m<sup>2</sup> para ( $P_1d_1$  -  $P_2d_2$ ) por lo cual el tratamiento  $P_1d_1$  resulto ser el mas rentable por ser el de menor costo de producción.

CUADRO 42. Analisis economico del cultivo de remolacha Beta Vulgaris, utilizando Blaukorn, urea y bayfolan (P<sub>1</sub>) y un distanciamiento de siembra 12 x 12.

Area : 1 m<sup>2</sup>  
 Costo/m<sup>2</sup> : ₡ 17.58  
 Ingreso/m<sup>2</sup> : ₡ 51.75  
 Ingreso Neto/m<sup>2</sup> : ₡ 34.1

DETALLES	CANTIDAD UTILIZADA	PRECIO/ UNIDAD (₡)	COSTO TOTAL	No. DE COSECHAS	
<u>MATERIALES</u>		₡ 6.45			
- Modulo	6.45	33	33	12	₡ 2.75
- Plastico	1.30 m <sup>2</sup>	1.89	2.46	6	₡ 0.41
- Escoria	2.50				
	carretillas	3.45	3.45	12	₡ 0.29
- Zaranda	1 yarda	36	36.00	12	₡ 3.00
<u>EQUIPO</u>		₡ 1.25			
- Atomizador	1	15		12	
<u>INSUMOS</u>		₡ 9.88			
- Fertiliz.					
Blaukorn	0.49 lbs.	4.00/lb.	1.96		₡ 1.96
Urea	0.14	2.25/lb.	0.315		₡ 0.315
- Extractos					
Botánicos			6.00		₡ 6.00
- Bayfolan	45 cc.	21/1000 cc.	0.945		₡ 0.945
- Semilla	2.35 g.	8.00/28.35 g.	0.66		₡ 0.66
					-----
					₡ 17.58

CUADRO 43. Análisis económico del cultivo de remolacha Beta Vulgaris en el cultivo hidropónico utilizando Blaukorn Bayfolán (P<sub>2</sub>), en distanciamientos de siembra de 16 x 10 cm.

Area	:	1 m <sup>2</sup>
Costo/m <sup>2</sup>	:	₡ 17.71
Ingreso/m <sup>2</sup>	:	₡ 47.25
Ingreso Neto	:	₡ 29.54

DETALLES	CANTIDAD UTILIZADA	PRECIO/ UNIDAD (₡)	COSTO TOTAL	No. DE COSECHAS	
<u>MATERIALES</u>		₡ 6.45			
- Modulo		33	33	12	₡ 2.75
- Plastico	1.30 m <sup>2</sup>	1.89	2.46	6	₡ 0.41
- Escoria	2.50				
- Zaranda	carretillas	3.45	3.45	12	₡ 0.29
	1 yarda	36	36	12	₡ 3.00
<u>EQUIPO</u>		₡ 1.25			
- Atomizador	1	15	15	12	₡ 1.25
<u>INSUMOS</u>		₡ 9.88			
- Fertiliz. Blaukorn	0.60 lbs.	4.00/lb.	2.40		₡ 2.40
- Extractos Botánicos		6.00	6.00		₡ 6.00
- Bayfolán	45 cc.	21/1000 cc.	0.945		₡ 0.95
- Semilla	2.35 g.	8.66/28.35 g.	0.66		₡ 0.66
					-----
					₡ 17.71

CUADRO 44. Análisis económico del cultivo de remolacha Beta Vulgaris en el cultivo hidropónico utilizando Blaukorn (Nitromagcalcareo) y Bayfolan (P3), en distanciamientos de siembra de 12 x 12 cm.

Area : 1 m<sup>2</sup>  
 Costo/m<sup>2</sup> : ₡ 18.40  
 Ingreso/m<sup>2</sup> : ₡ 51.75  
 Ingreso Neto/m<sup>2</sup> : ₡ 33.35

DETALLES	CANTIDAD UTILIZADA	PRECIO/ UNIDAD (₡)	COSTO TOTAL	No. DE COSECHAS	
<u>MATERIALES</u>		₡ 6.45			
- Módulo	6.45	33	33	12	₡ 2.75
- Plástico	1.30 m <sup>2</sup>	1.89	2.46	6	₡ 0.41
- Escoria	2.50				
	carretillas	3.45	3.45	12	₡ 0.29
- Zaranda	1 yarda	36	36.00	12	₡ 3.00
<u>EQUIPO</u>		₡ 1.25			
- Atomizador	1	15		12	₡ 1.25
<u>INSUMOS</u>		₡ 9.88			
- Fertiliz.					
Blaukorn	0.65 lbs.	4.00/lb.	2.60		₡ 2.60
Nitmagcal.	0.15	2.25/lb.	0.18		₡ 0.18
- Extractos					
Botánicos			6.00		₡ 6.00
- Bayfolán	60 cc.	21/1000 cc.	1.26		₡ 1.26
- Semilla	2.35 g.	8.00/28.35 g.	0.66		₡ 0.66
					₡ 18.40

## 5. CONCLUSIONES

Después de realizado el ensayo y habiendo obtenido los resultados antes expuestos, se concluye lo siguiente:

- 1- En cuanto a los distanciamientos de siembra estudiados, el arreglo espacial en cuadro (d:12 x 12) fue donde se obtuvieron los mejores diámetros de remolacha.
- 2- A pesar de que los programas de fertilización investigados produjeron iguales efectos, el costo de producción del programa de fertilización Blaukorn + urea, fue menor.
- 3- Con respecto al contenido de azúcar, el programa de fertilización Blaukorn + Nitromag-calcareo, fue el que reflejó mayor porcentaje.
- 4- El sustrato utilizado, escoria volcánica roja, cumple con las características deseables de un buen sustrato.
- 5- Las fuentes de fertilizantes sólidos complementados con fertilizantes foliares, son una buena alternativa que pueden sustituir a las soluciones nutritivas, produciendo buenos resultados y facilitando su manejo.
- 6- En el cultivo hidropónico de remolacha el ciclo vegetativo se redujo a 68 días en relación al de geoponía.

## 6. RECOMENDACIONES

Después de concluir y analizar los resultados se hacen las recomendaciones siguientes:

- 1 - Utilizar el arreglo espacial en cuadro 12 x 12, ya que fue donde se obtuvo un mayor diámetro promedio de remolachas.
- 2 - Utilizar el programa de fertilización 1 por ser el de menor costo de producción en cuanto a diámetro y peso de la raíz y da mejor rendimiento biológico de raíces, en cuanto a diámetro y peso de la raíz.
- 3 - Usar como sustrato la escoria volcánica roja con una granulometría de 5 mm. en la capa superior, para evitar su compactación.
- 4 - En condiciones de humedad excesiva, se recomienda realizar por lo menos 2 escardados del sustrato durante el día, mejorar la aireación de las raíces y evitar el ataque de enfermedades en el cultivo.
- 5 - Evaluar nuevas fuentes de fertilizantes foliares.
- 6 - Realizar investigaciones con el sustrato arena.
- 7 - Evaluar nuevas variedades usando la técnica hidropónica.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, W.; MORENO CATUTA, M.E.; NIETO MARTINEZ, C.A.  
1992. *Cultivo Hidroponico de Remolacha (Beta Vulgaris) var. Crosby Egiptian en sustratos de Escoria Volcanica Roja y Granza de Arroz (Oriza sativa L.) utilizando fertilizantes tradicionales. Tesis Ing,Agr. S.S, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador - Departamento de Fitotecnia. U.E.S.*
2. CASSERES, E. 1966. *Produccion de Hortalizas. Lima, Perú, IICA. P. 178 - 182 P.*
3. CALVET, E. 1951. *Quimica General Aplicada a la Industria con practicas de Laboratorio 3er. Edic. Salvat Editores, S.A. 671 -672 P.*
4. CENTRO LAS GAVIOTAS. 1969. *Manual de Hidroponia Social: una alternativa apropiada para generacion de ingreso a través de una tecnologia de punta escalonada. Cali, Colombia. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Alcaldia M.P. y de Bogota. 23-24, 31-34 P.*

5. COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. 1991. *La Nutrición de las plantas; Aprenda fácil cultivos hidropónicos (col)*. vol.16. 89-102 P.
6. CULTIVOS HIDROPONICOS LTD. 1989. *Manual Hidropónico; una huerta en su casa*. Bogotá, Colombia. 5, 12, 17 P.
7. ESPINOSA, M.F.; SALAZAR, M.J.R. 1987. *Curso sobre fertiriego*. Corporex Fuadas. 7-21 P.
8. FICK, G.W.; LDOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. 1975. *Sugar Beet*. In. Crops Physiology, ed. L.T. Evans, Cambridge University Press, London. 259-295 p.
9. GARCIA, E.J. 1971. *Cultivos Herbáceos*. Zaragoza, España, Agrociencia. 282-294 P.
10. GARCIA GARCIA, J.C. 1979. *Evaluación de diferentes distancias entre surcos y densidades de siembra en la producción de zanahoria de invierno en Texcoco*. Chapin-go, (Mex) 3(19): 3-6 P.

11. GARMAN, W.H. 1988. *Manual de fertilizantes; Centro Regional de Ayuda Técnica. D.F. México. Editorial Limusa. 47-52, 56-61 P.*
12. GUDIEL, V.W. 1987. *Manual Agrícola Super B. 6 ed. Guatemala. Super B. 175-178 P.*
13. INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO DEL CANADA. *Potasa, su necesidad y uso en agricultura Moderna. Saskatchewan. 35 - 36 P.*
14. JAMES, S.D. 1981. *Hidroponia: cómo cultivar sin tierra. Editorial Ateno; Argentina. 21-57 P.*
15. KING, A.B.S.; SAUNDER, J.L. 1984. *Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en America Central. Londres, Inglaterra, TORI/CATIE. 38 - 39 P.*
16. MELA, M.P. 1963. *Cultivos de regadío. Zaragoza, España. AGROCIENCIA. 243 - 243 P.*

17. MEADE, G. P. 1967. Manual de azúcar de caña. Trad. por Mario G. Menocal. Editorial Montaner y Simon S.A. 9a. Edición. Barcelona. 531 P.
18. NUREZ, C.J.; FORERO, J.A.; CASTELLAR, N. 1986. Efecto de la densidad de población y la fertilización en el cultivo de soya (Glycine max) (l) merr) de doble producción (forraje y grano). Acta Agronómica (col). 36(1): 45-47 P.
19. PHOEHLMAN, J.M. 1987. Mejoramiento Genético de las cosechas. Editorial Limusa. 353, 358 - 359 P.
20. QUIMICA HOECHST DE EL SALVADOR. 1989. Productos para la agricultura Hóechst. 72 -73 P.
21. RAMOS, G.B. 1969. Competencia entre plantas y su efecto en el rendimiento y otras características del frijol "caraota" (Phaseolus vulgaris L.) Acta Agronomica (101). 19(2): 69-87 P.
22. REMOLACHA AZUCARERA. 1974. Su necesidad de fertilización adecuada. Agricultura de las Americas. 23(8): 34 P.

23. RESH, H.W. 1987. *Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción. Trad. por José Santos Caffarena, 2a. ed. Madrid, España. Mundi-prensa. 125-135 P.*
24. REVEROL, B.A.; TAVIRA, E. 1983. *Efectos de las distancias de siembra sobre los rendimientos en grano y sus componentes en caraota (Phaseolus vulgaris L.). Revista de la Facultad de Agronomía. (VEZ). 6(2): 682-689 P.*
25. -----, 1986. *Efecto de las distancias de siembra sobre los rendimientos en ajo. Revista de la Facultad de Agronomía (VEZ). 7(2): 96-101 P.*
26. RODRIGUEZ MIRANDA, L. 1967. *Efecto de diferentes densidades de siembra y espaciamentos entre surcos sobre caracteres de sorgos graníferos. Tesis Ing. Agr. S.S. Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Departamento de Fitotecnia. U.E.S. 10-11 P.*

27. SARANDON, S.J.; CHIDICHIMO, H.O. ARRIAGA, H.O. 1988. Efecto de la densidad de siembra, la acumulación y redistribución de la materia seca en tres cultivares de *T. aestivum* L. *Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas*. 38(3): 185 P.
28. SEHMEHL, W.R.; HUMBER, R.P. 1964. Nutrient deficiencies in sugar sugar crops; In *Hunger signs in crops*, A Symposium. 3er. edición. New York. David McKay Company. 420-432 P.
29. TURNER, W.J.; HENRY, V.W. 1946. *Horticultura y floricultura sin tierra*. Trad. por José Luis de la Loma. Unión Tipográfica. Editorial Hispano-Americana (UTEHA). 125-126 p.
30. VARGAS, L.A.; GAMBOA, J.C. 1985. Determinación de la época crítica de competencia entre malas hierbas y la remolacha (Beta vulgaris). *Agronomía costarricense (C.R)*. 9(2): 58 P.
31. VILANOVA, J.R. *Comp.* 1984. *Guía teórica de fisiología vegetal*. San Salvador, El Salvador. U.E.S. 19-25 P.

32. -----, 1985. *Fisiología de la Yuca*.  
San Salvador, El Salvador. U.E.S. 42-48 P.
33. -----, 1985. *Fisiología del camote*.  
San Salvador, El Salvador. U.E.S. 3-5, 9 P.
34. VILLALOBOS, R. 1981. *Efecto de la población y distribución espacial de las plantas sobre el rendimiento de frijol orinoco (Vigna unguiculata)*. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 6(2): 659-672 P.

*ANEXOS*

CUADRO A-1. PRINCIPALES FLAGAS QUE ATACAN AL CULTIVO DE REMOLACHA BETA VULGARIS, VAR. CRUSBY EGYPTIAN

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CICLO DE VIDA	DAÑO	CONTROL
AGROTIS SP	GUSANO NOCHERO	<p>HUEVOS: LOS PONEN SOLOS O EN PEQUEÑOS GRUPOS SOBRE EL HAZ DE LAS HOJAS DE LAS PLANTULAS NUEVAS, CERCA DEL SUELO.</p> <p>LARVAS: PASA POR 5-6 ESTADIOS, GRIS-CAFÉ CON MARCAS DORSALES Y DIAGONALES DE COLOR MÁS CLARO DE TEXTURA ASPERA CON GRANULO CONCAVO EN LA PIEL, DE 40 MM DE LARGO.</p>	<p>LAS LARVAS PEQUEÑAS SE ALIMENTAN DE FOLLAJE TIENEN CERCA DEL SUELO, LUEGO SE DISPERSAN Y FRECUENTEMENTE ACTUAN COMO CORTADORES, ALIMENTANDOSE DE NOCHE Y ESCONDIENDOSI EN EL SUELO O DENTRO DE LAS PLANTAS Y RESIDUOS DURANTE EL DIA.</p>	<p>APLICACION DE CEROS TOXICOS APLICANDO EN LAS ULTIMAS HORAS DE LA TARDE, YA QUE LOS NOCHEROS SALEN EN LA NOCHE.</p>
DIABROTICA SP	TORTUGUELLA	<p>HUEVO: OVOIDES, DE BLANCO A AMARILLO LO PONEN SOLO EN EL SUELO CERCA DE LAS RAICES CULTIVOS GRANINEAS Y MALEZAS.</p> <p>LARVA: BLANCA, CREMA PALISA, DELGADA COMO UN HILO CUANDO ESTA QUENA, COMO DE UNOS 10 MM, DE LARGO CUANDO ESTA MADURA.</p>	<p>LOS ADULTOS COMEN EL FOLLAJE HACIENDO AGUJEROS IRREGULARES, PUEDEN DESEJOLAR LAS PLANTULAS.</p>	<p>APLICACIONES PREVENTIVAS CON LANATE, THIODAN 354.</p>
AGROSCORA PROXIMA	CHICHARRITAS	<p>HUEVO: SON PUESTOS SE UNO EN UNO DENTRO DEL TEJIDO DE LA HOJA.</p> <p>NINFA: PASAN POR 5 ESTADIOS, EL ULTIMO MUESTRA CLARAMENTE LAS YEMAS DE LAS ALAS, USUALMENTE VERDE-AMARILLO PALIDO, SE ENCUENTRAN EN EL ENVES DE LAS HOJAS</p> <p>ADULTO: DE 3-8 MM DE LARGO, A RENUDO BRILLANTEMENTE COLOREADOS, VUELAN FACILMENTE SI LES MOLESTAN</p>	<p>LOS ADULTOS Y LAS NINFAS CHUPAN LA SAVIA DE LAS HOJAS.</p>	<p>APLICACIONES CON TAMARON 600 SI LA PLAGA ES SIGNIFICATIVA.</p>

CUADRO A-2. PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LA REMOLACHA BETA VULGARIS, VAR. CROSBY EGYPTIAN

ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	SINTOMAS	CONTROL
MAL DEL TALLUELO	<p><u>PHYTIUM SP</u></p> <p><u>PHIZOCTONIA SOLANI</u></p>	<p>PUEDA AFECTAR AL CULTIVO EN SUS PRIMERAS FASES DE CRECIMIENTO. JA SEA EN LOS SEMILLEROS O EN EL TERRENO DEFINITIVO SE MANIFIESTA POR UNA LESION QUE APARECE EN LA BASE DE LOS TALLOS, CASI AL MISMO TIEMPO QUE EN LA BASE DEL SUELO. CUANDO HAY EXCESO DE HUMEDAD PROVOCA EL MARCHITAMIENTO DE LAS PLANTAS Y SU MUERTE FINAL.</p>	<p>-TRATAMIENTO A LA SEMILLA CON ARASAN-CAPTAN-CERASAN.</p> <p>-TRATAMIENTO AL SUELO ANTES DE LA SIEMBRAS CON RIBONIL 5% GRANULADO, CAPTON 4 FCMS</p> <p>-TRATAMIENTO DEL SUELO DESPUES DE LA SIEMBRAS, DEXON, FCMS, BARKOT, BUSAN, 30A.</p>
MARCHITEZ POR FUSARIUM	<p><u>FUSARIUM SP</u></p>	<p>SE MANIFIESTA POR UN MARCHITAMIENTO GRADUAL DEL FOLLAJE. LA ENFERMEDAD SE INICIA DESDE LA BASE DEL TALLO, ADELANTE DE LOS TALLOS Y HOJAS MAS BAJOS, HASTA DANAR TODA LA PLANTA, QUE TERMINA MURIENDO POR LA RAIZ.</p>	<p>CONTROL IDENTICO AL MAL DEL TALLUELO</p>
MANCHA DE LAS HOJAS	<p><u>CERCOSPORA BETICOLA</u></p>	<p>SE MANIFIESTA EN LA HOJAS CON NUMEROSAS MANCHAS REDONDAS, PEQUEÑAS, DE COLOR CAFE OSCURO EN LOS BORDES Y DE TONO MAS CLARO EN EL CENTRO. EL HONGO PUEDE SER TRANSPORTADO POR LAS SEMILLAS.</p>	<p>ANTRACOL 70 WP, DITHANE M-45, CUPRAVIT 854 BIFOLATAN, TRIMILTOX FORTE FIBSAN</p>