

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



**"INTERACCION DE TRES PROGRAMAS DE FERTILIZACION Y  
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN CULTIVO HIDROPONICO  
DE CEBOLLA (ALLIUM CEPA) UTILIZANDO COMO  
SUSTRATO ESCORIALVOLCANICA ROJA"**

POR:

REMBERTO DE JESUS AREVALO HENRIQUEZ  
JOSE AMILCAR DUEÑAS ARDON

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO AGRONOMO**

SAN SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 1992

T-UKS  
1304  
A-683  
1992

U.E.S. BIBLIOTECA  
FACULTAD DE: AGRONOMA  
  
Inventario: 13100155

001055  
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 Fac. de CC. AA. Octubre 1992.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE

FITOTECNIA



ING. AGR. RENE FRANCISCO VASQUEZ

ASESOR:

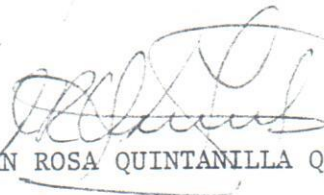


ING. AGR. JOSE RICARDO VILANOVA ARCE

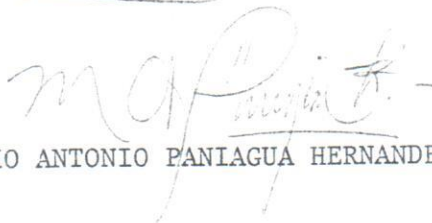
JURADO EXAMINADOR:



ING. AGR. MANUEL DE JESUS HERNANDEZ JUAREZ



ING. AGR. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA



ING. AGR. MARIO ANTONIO PANIAGUA HERNANDEZ

## RESUMEN

El ensayo se realizó con el objeto de evaluar la interacción de tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502 utilizando como sustrato escoria volcánica roja.

Esta investigación se llevó a cabo en la terraza del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en San Salvador, de octubre de 1991 a enero de 1992. Se evaluaron tres programas de fertilización: Programa base (Blaukor + urea), programa base más el 50% (Blaukor más urea) y programa base sustituyendo la urea por Nitro-mag-calcáreo; y tres densidades de siembra: 4 , 6 cm y 8 cm entre plantas, manteniendo constante los distanciamientos entre surcos. La fecha de siembra fue igual para todos los tratamientos, para lo cual se utilizó el diseño estadístico completamente al azar en arreglo bifactorial con 4 repeticiones y 9 tratamientos; y la prueba estadística de Duncan. Los parámetros evaluados fueron: altura de plantas, peso de bulbos, diámetro de bulbos, número de bulbos, número de hojas y análisis de Beneficio-costos.

Los resultados obtenidos de la interacción de los tres programas de fertilización y las tres densidades de siembra bajo las condiciones en que se llevó a cabo el ensayo fueron: Que los -

mejores diámetros de bulbo de cebolla se obtuvieron con el programa base (Blaukor más urea) y el distanciamiento de 8 cm entre plantas. Los rendimientos en peso y número de bulbos obtenidos en todos los tratamientos son satisfactorios si se comparan con el rendimiento general en los sistemas convencionales.

En base a los resultados se recomienda utilizar cualquiera de las tres densidades de siembra dependiendo del tamaño de cebolla que se desee y cualquiera de los tres programas de fertilización ensayados debido a que dichos fertilizantes son de fácil adquisición.

.- AGRADECIMIENTOS .-

- A DIOS TODO PODEROSO :

Por habernos dado entendimiento y sabiduría necesaria.

- A NUESTROS PADRES :

Por su amor, su apoyo, su comprensión, su esfuerzo y Sacrificios para lograr nuestra meta deseada y formarnos profesionalmente.-

- A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Por permitirnos ser parte de ella.

- A LA INSTITUCION PRODERE :

A la Lic. Marina Lo Gindice, Coordinadora de PRODERE, por su apoyo para el desarrollo de la investigación.

- AL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. RICARDO VILANOVA ARCE:

Por proporcionarnos información sobre esta técnica (hidropónia) y brindarnos palabras de aliento cuando más lo necesitábamos.

- A NUESTROS ASESOR :

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

- A NUESTRO JURADO CALIFICADOR

Por su dedicación y aprobación de nuestra investigación.

- A ALBA GUADALUPE CAÑAS:

Por su sacrificio y dedicación para la presentación de nuestro seminario de graduación.

- A NUESTROS COMPAÑEROS Y AMIGOS :

Por darnos su apoyo y comprensión desinteresadamente.

## DEDICATORIA

### - A DIOS TODO PODEROSO

Por iluminarme y darme toda la fuerza espiritual hoy siempre -  
para lograr el objetivo propuesto.

### - A MIS PADRES

José Ramón Henríquez y Maura Arévalo

Por el sacrificio, amor y dedicación que me brindaron en los  
momentos más difíciles de mi formación académica.

### - A MIS HERMANAS

Lidia Dominga, Reina Estela y Marina Elizabeth, con afecto y  
cariño por todo el apoyo que me brindaron.

### - A MI TIA

Justina Izabel Arévalo, por el apoyo incondicional que me ofre  
ció en el desarrollo de mi carrera universitaria.

### - A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

Que de una u otra forma contribuyeron con animación, apoyo y -  
colaboración en mi formación profesional, con mucho cariño y  
aprecio.

### - A MIS COMPAÑEROS UNIVERSITARIOS

Por compartir los momentos agradables y difíciles en la vida de  
estudiante.

### - A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Con respeto

**REMBERTO**



.- DEDICATORIA .-

El Presente trabajo, pequeño en contenido; pero de profundo en significado para mí; Lo dedico :

- A DIOS TODO PODEROSO

Por ser el Supremo del Universo, por haberme iluminado y proporcionado el don del entendimiento necesario para terminar con éxito esta jornada.

- A MIS PADRES

Roque Ardón y Concepción Dueñas de Ardón.

Por el Sacrificio, amor y dedicación que me brindaron en los momentos más difíciles de mi formación académica , a quienes agradeceré eternamente sus esfuerzos.

- A MIS HERMANOS (NAS )

Vilma y Sonia en especial por darme su apoyo moral, espiritual y económico con afecto y cariño por todo lo que me brindaron. A Wilfredo, Adolfo, Raúl, Roque, Mardoqueo, Paco, David, Romeo, Aracely, Argelia, Antonia, María; a quienes hago partícipes de lo especial de esta ocasión.

- A MIS CUÑADOS (DAS)

Olimpia, Elsy y Bernabé por apoyarme moralmente y darme su afecto y cariño.

- A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

Rafael Antonio Cuéllar Angel, Alberto Tomás Herrera y Pedro

Antonio Erazo Castaneda, por el compañerismo y amistad cince-  
ra que siempre ha existido.

- A LA FAMILIA GUEVARA MONZON.

Con especial Cariño.

- A MIS FAMILIARES Y AMIGOS EN GENERAL.

Que de una u otra forma contribuyeron con animación, apoyo y  
colaboración en mi formación Profesional, con mucho carino y  
aprecio .

- A MIS PROFESORES.

Quienes en el aula de clases fuerón como brujulas del saber.

- A MIS COMPAÑEROS UNIVERSITARIOS

Con quienes he compartido la satisfacción del deber cumplido ,  
y de quienes siempre recibí su franca amistad y apoyo.

- A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Por permitirme haberme formado profesionalmente.-

**JOSE AMILCAR.**

## INDICE

	PAGINA
RESUMEN .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
INDICE DE CUADROS .....	iv
INDICE DE FIGURAS .....	v
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	2
2.1. Concepto de hidroponía .....	2
2.2. Módulos de cultivos .....	2
2.2.1. Características de los módulos .....	2
2.2.1.1. Profundidad .....	3
2.2.1.2. Ancho .....	3
2.2.1.3. Largo .....	3
2.2.2. Tipos de módulos .....	3
2.3. Sustratos .....	4
2.3.1. Concepto y características de los sustratos .....	4
2.3.2. Tipos de sustratos .....	5
2.3.2.1. Sustratos de origen orgánico.	
2.3.2.2. Sustratos de origen mine- ral .....	5
2.4. Desinfección .....	8
2.4.1. Agua caliente .....	8
2.4.2. Formalina .....	8

2.4.3.	Acido sulfúrico .....	9
2.4.4.	Productos químicos .....	9
2.5.	Nutrimientos en hidroponía social .....	9
2.5.1.	Componentes nutritivos sólidos ....	10
2.5.2.	Fertilización foliar .....	11
2.5.3.	Soluciones nutritivas .....	13
2.6.	Elementos básicos de la hidroponía .....	14
2.6.1.	Temperatura .....	14
2.6.2.	Luz .....	15
2.6.3.	Humedad .....	16
2.5.4.	Aireación .....	16
2.7.	Generalidades del cultivo de la cebolla ...	17
2.7.1.	Clasificación taxonómica .....	17
2.7.2.	Características botánicas .....	18
2.7.3.	Desarrollo y formación del bulbo de cebolla .....	20
2.7.4.	Variedades .....	23
2.7.5.	Importancia alimenticia de la cebo- lla .....	25
2.8.	Influencia del fotoperíodo y la temperatura en el crecimiento y desarrollo del cultivo..	26
2.9.	Nutrición Mineral .....	30
2.9.1.	Requerimientos nutricionales del cul- tivo de Cebolla .....	30

2.9.2. Problemas nutricionales .....	35
2.10. Prácticas de manejo .....	36
2.10.1. Densidades de siembra .....	36
2.10.2. Labores culturales .....	40
2.10.2.1. Siembra en hidroponía ....	41
2.10.2.2. Raleo .....	41
2.10.2.3. Aporco .....	41
2.10.2.4. Escardado .....	42
2.10.2.5. Fertilización .....	42
2.10.2.6. Control natural de plagas y enfermedades .....	42
2.10.2.7. Generalidades sobre riego ..	44
2.10.2.8. Cosecha .....	48
2.11. Rendimiento .....	49
MATERIALES Y METODOS .....	52
3.1. Localización del estudio .....	52
3.2. Condiciones climáticas del lugar .....	52
3.3. Preparación de módulos .....	52
3.3.1. Construcción .....	52
3.3.2. Plastificado .....	53
3.4. Selección y preparación del sustrato .....	53
3.4.1. Escoria volcánica roja .....	53
3.4.1.1. Tamizado .....	55

3.4.1.2.	Lavado .....	55
3.4.2.	Colocación del sustrato en los módulos.	55
3.4.3.	Desinfección del sustrato .....	55
3.5.	Establecimiento y manejo del cultivo .....	56
3.5.1.	Siembra .....	56
3.5.2.	Raleo .....	56
3.5.3.	Aporco .....	57
3.5.4.	Riego .....	57
3.5.5.	Control de plagas y enfermedades .....	57
3.5.6.	Programas de fertilización .....	58
3.6.	Cosecha .....	60
3.7.	Metodología estadística .....	60
3.7.1.	Diseño experimental y estadístico .....	60
3.7.2.	Variables analizadas .....	64
3.7.2.1.	Altura de plantas .....	64
3.7.2.2.	Número de hojas .....	64
3.7.2.3.	Peso de los bulbos .....	64
3.7.2.4.	Diámetro de los bulbos .....	64
3.7.2.5.	Número total de bulbos por metro cuadrado .....	65
3.7.2.6.	Clasificación de los bulbos ....	65
3.7.2.7.	Análisis beneficio-costos .....	65

4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	66
4.1.	Condiciones climáticas del lugar donde se estableció el ensayo .....	66
4.2.	Análisis químico de las escorias volcánicas roja y negra. ....	71
4.3.	Aspectos generales del cultivo .....	71
4.3.1.	Control de plagas y enfermedades .....	76
4.4.	Altura de planta y número de hojas .....	76
4.5.	Peso de bulbos .....	80
4.6.	Diámetro de los bulbos .....	84
4.7.	Número total de bulbos por metro cuadrado .....	90
4.8.	Distribución de los bulbos en clase .....	92
4.9.	Análisis de beneficio-costos .....	102
5.	CONCLUSIONES .....	106
6.	RECOMENDACIONES .....	107
7.	BIBLIOGRAFIA .....	108
8.	ANEXOS .....	116

## INDICE DE CUADROS

			PAGINA
Cuadro.			
1	Requerimientos de luz para diversas hortalizas		15
2	Características de cultivares de cebolla que se recomiendan sembrar en El Salvador .....		24
3	Principales nutrientes demandados en mayor proporción por el cultivo de cebolla .....		30
4	Distanciamientos de siembra de algunas hortalizas utilizadas en hidroponia .....		40
5	Programas de fertilización, usando como sustrato escoria volcanica roja en el cultivo hidropónico de la cebolla. ....		59
6	Tratamientos, programas de fertilización y distanciamientos de siembra utilizados en el cultivo hidropónico de la cebolla .....		62
7	Promedios climaticos mensuales de T <sup>o</sup> , HR, HL, PP, y VV registrados de octubre 91- enero 92 bajo la cual estuvo expuesto el cultivo hidropónico de la cebolla ( <u>Allium</u> <u>cepa</u> ) Var. Texas Yellow Grano 502. ....		68
8	Análisis químico de la escoria volcanica roja y escoria volcanica negra, utilizados como sustrato en cultivos hidropónicos. ....		72



9	Altura promedio de las plantas de cebolla (cm) sometidos a tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. ....	74
10	Número de hojas promedio por planta de cebolla sometidos a tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. ....	74
11	Altura promedio de las plantas a los 60 días de edad del cultivo (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	72
12	Número de hojas por planta a los 63 días de edad del cultivo utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	78
13	Análisis de varianza del número de hojas por planta a los 65 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	79

14	Prueba de Duncan para diferencia entre medidas de tres programas de fertilización en el número de hojas por planta de cebolla al 5% de significancia. ....	79
15	Prueba de Duncan para diferencia entre medidas de tres densidades de siembra en el número de hojas por planta de cebolla al 5% de significancia. ....	80
16	Peso promedio de bulbos y follaje en g/m <sup>2</sup> , utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	81
17	Análisis de varianza del peso promedio de los bulbos aplicando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	81
18	Número total, peso total y peso promedio de bulbos de los diferentes tratamientos en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	83
19	Diámetro promedio de bulbos (cm), utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	86

20.	Análisis de varianza de los diámetros de bulbos (cm), usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) Var. Texas Yellow Grano 502. ....	86
21	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de densidades de siembra en los diámetros de los bulbos en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502 al 1% de significancia. ....	87
22	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de programas de fertilización en el diámetro de los bulbos en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502 al 5% de significancia. ....	87
23	Número total de bulbos de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) /m <sup>2</sup> , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. ....	90
24	Análisis de varianza del número total de bulbos de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) /m <sup>2</sup> , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. ....	91
25	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de densidades en el número total de bulbos /m <sup>2</sup> , en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502 al 2% de significancia. ....	91

26	Distribución de bulbos en clases diámetricas obtenidos en los diferentes tratamientos en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow, Grano 502. ....	93
27	Distribución de bulbos de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) de primera clase /m <sup>2</sup> , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. ....	94
28	Análisis de varianza en porcentaje de bulbos de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) de primera clase / m <sup>2</sup> , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. ....	95
29	Prueba de Duncan para diferencia de medias de bulbos de primera clase, en tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) al 1% de significancia. ....	95
30	Distribución en porcentaje de bulbos de segunda clase /m <sup>2</sup> , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	96
31	Análisis de varianza de la distribución en porcentaje de bulbos de segunda clase/m <sup>2</sup> , utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	97

32	Prueba De Duncan para diferencia de medias de bulbos de segunda clase en tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502 al 1% de significancia. ....	97
33	Distribución en porcentaje de bulbos de tercera clase /m <sup>2</sup> utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	99
34	Análisis de varianza de la distribución en porcentaje de bulbos de tercera clase /m <sup>2</sup> , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	99
35	Prueba de Duncan para diferencia de medias de bulbos de tercera clase en tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502 al 1% de significancia. ....	100
36	Presupuesto del cultivo hidropónico de cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502, utilizando el programa base de fertilización (P <sub>1</sub> ). ....	103

Grano 502.

- A-6    Altura promedio de las plantas a los 30 días de edad del cultivo (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502. .... 121
- A-7    Análisis de varianza de altura promedio de plantas a los 30 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502. .... 121
- A-8    Altura promedio de las plantas a los 45 días de edad del cultivo (cm), utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502. .... 122
- A-9    Análisis de varianza de altura promedio de las plantas a los 45 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502. .... 122

A-10	Número de hojas por planta a los 97 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	123
A-11	Análisis de varianza del número de hojas por planta a los 97 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla ( <u>Allium cepa</u> ) variedad Texas Yellow Grano 502. ....	123

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA			PAGINA
1	Módulo hidropónico .....		54
2	Plano de distribución de los tratamientos y re peticiones en los módulos .....		63
3	Factores climáticos que incidieron en el desarro llo del cultivo: temperatura mínima del aire , temperatura media del aire y temperatura máxima del aire.....		69
4	Factores climáticos que incidieron en el desarro llo del cultivo: precipitación pluvial, humedad relativa y luz solar. ....		70
5	Curva de crecimiento de la planta de cebolla ba - jo cultivo hidropónico con diferentes distancia- mientos entre surco y diferentes programas de fer tilización. ....		75
6	Diámetro de los bulbos de cebolla bajo cultivo hi dropónico con diferentes tratamientos entre surco y diferentes programas de fertilización. ....		88
7	Efectos de la densidad de siembra sobre el diáme - tro de bulbo de cebollas bajo cultivo hidropónico.		89
8	Distribución de la producción por clase de cebolla.		101



## INTRODUCCION

La cebolla (Allium cepa L.) es una de las hortalizas de mayor importancia debido a su alto consumo doméstico, sin embargo - la producción al igual que otros cultivos, presenta limitantes por lo cual no se logra suplir la demanda nacional.

Entre estos factores que limitan la producción se tiene el uso de variedades no adaptadas a las zonas y épocas de cultivo, - fertilización y densidades de siembra inadecuadas, manejo y - control de plagas y enfermedades.

En la presente investigación se trabajó con una técnica relativamente nueva en el país, conocida como cultivos hidropónicos cuyos principios básicos difieren de los métodos convencionales en la producción de hortalizas. Con esta tecnología se logra controlar los factores que limitan la producción, por tal motivo la hidroponía puede convertirse en una alternativa para mejorar la producción, las condiciones de salud, las condiciones alimenticias y fortalecer la economía familiar a través de la autogestión. Por lo que se pretende contribuir a que se -- facilite la utilización e implementación de la hidroponía social o popular, teniendo así resultados importantes, puesto que a partir de ellos se podrá determinar el nivel de fertilización y la densidad de siembra adecuada para el cultivo de cebolla utilizando dicha técnica.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Concepto de hidroponía

Podemos definir como cultivos hidropónico, aquellos que se llevan a cabo utilizando agua y elementos nutritivos sin el concurso de tierra como sustrato. En ocasiones el sustrato puede estar construido por materiales inertes que cumplen en algunos sistemas, la función básica de mantener los nutrientes en solución para que puedan ser consumidos por las plantas a través de sus raíces (10). El término hidroponía deriva de las palabras griegas hidro (agua) y ponos (labor, trabajo), que literalmente significa cultivo en agua (7,15,35,40). Tomando en cuenta que en la técnica de hidroponía también se utiliza algún tipo de medio sólido para el sostén de las plantas a estas se les denomina a menudo cultivo sin suelo, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico (12).

### 2.2. Módulos de cultivo

La función básica de los módulos es contener el sustrato en el cual crecen las raíces de las plantas (1).

#### 2.2.1. Características de los módulos.

Las características que deben tomarse en cuenta independiente del material que se utilice para su construcción, son las siguientes: profundidad, ancho y largo (1).

#### 2.2.1.1. Profundidad

Los módulos para cultivos hidropónicos pueden tener una profundidad hasta de 10-12 cm, lo cual permite el cultivo de una gran diversidad de hortalizas. Para el cultivo de zanahoria y remolacha es preciso construir módulos con profundidad de 15-20 cm (6).

#### 2.2.1.2. Ancho

El ancho del módulo no deberá ser superior a 1.2 m para que se puedan realizar fácilmente las labores culturales a cada lado del módulo (6).

#### 2.2.1.3. Largo.

Se pueden tener módulos hasta de 12 m de longitud, sin embargo se deberá considerar el área del cultivo, la facilidad para transitar, el tamaño y la disponibilidad de los materiales para la fabricación del módulo (6).

#### 2.2.2. Tipos de módulos

Para el desarrollo de las plantas en cultivos hidropónicos, existe una diversidad de dispositivos entre los cuales se pueden mencionar: módulos de madera, módulos de bambú, sistema de canales, cultivo de columnas verticales, cultivos tubulares horizontales, cultivos en sacos o bolsas individuales, cultivos en bancadas, cultivos en canaletas y otros (1).

### 2.3. Sustratos

#### 2.3.1. Concepto y características de los sustratos.

Sustrato es el medio que se utiliza para reemplazar el suelo cuando se quiere llevar a cabo la siembra de un cultivo bajo el sistema hidropónico, permitiéndole a las plantas anclarse, respiración, retención de agua y nutrientes (10,9,15).

Los sustratos adecuados para los cultivos hidropónicos son -- aquellos que por su composición estructural posibilitan una -- buena aireación y resultan ideales aquellos que ofrecen la po -- sibilidad de una proporción aproximada del 70% de espacios va -- cíos que será ocupada en partes iguales de aire y agua, el -- otro 30% de la parte del sustrato deberá ser de material sóli -- do de la cual se utilizará un 10% para disminuir su peso. El -- sustrato servirá como vehículo para aportar agua, la capacidad de retención es función de la granulometría y porosidad de las partículas que lo componen y esto 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 vicever -- se (10,15).

El sustrato debe contener la porosidad suficiente para que se forme una especie de cojín de aire, de manera que, cuando se riegue no se aniquen los espacios vacíos. Se puede llegar a obtener la mejor porosidad al respecto mezclando sustratos de diversa composición granular. Lo importante es que los mate --

riales a utilizarse no sufran alteraciones, ni sean susceptibles a reacciones químicas y biológicas (10,43, 22,15). Los gránulos del sustrato deberán ser superiores a dos milímetros para evitar que se compacte (10,8).

### 2.3.2. Tipos de sustratos.

La clasificación de los sustratos puede hacerse basándose en su origen, propiedades físicas y capacidad de intercambio iónico. A partir de estas condiciones podemos hacer un buen análisis de los tipos de sustratos con los cuales se ha trabajado (10).

#### 2.3.2.1. Sustratos de origen orgánico

##### -Cascarilla de arroz.

Es un sustrato que ofrece buenas características para ser utilizado de varias maneras, es liviano, resistente a la pudrición y barato (10,5,3).

Se utiliza sola o mezclada con arena o escoria como sustrato hidroponónico (5,8). Da buen drenaje, buena aireación, pero presenta problemas para su humedecimiento inicial, además puede tener problemas con los residuos de cosecha (3,22).

##### - Aserrines y virutas.

Para hacer uso de este sustrato debe conocerse su origen, para evitar problemas en los cultivos a causa de compuestos tóxicos de la madera. El aserrín tiene un pésimo drenaje, aumenta su peso proporcionalmente al agua que retiene, causa problemas

por encharcamiento, es necesario mezclarlo con virutas para mejorar su drenaje (10,3,8,10).

El aserrín tiende a descomponerse rápidamente por lo que se recomienda rastrillarse y añadir una parte nueva cada dos cosechas, además debe lavarse con agua pura aproximadamente por una semana (8,48).

- Turba.

La turba consistente en vegetación acuática o pantanosa. - Existen tres tipos de turba: Turba de musgo, de cañaveral y de humus. En los cultivos hidropónicos no debería usarse solamente turba como medio de sostén por ser poco uniforme, lo que **podría** dar lugar a poco desarrollo de las plantas (15,48).

- Cenizas.

Se obtienen del carbón de leña y para usarlas se remojan con agua por un período de 24 horas, y luego se lavan bien antes de colocarlas en los recipientes hidropónicos. También puede utilizarse cenizas de origen volcánico que se encuentran en grandes cantidades cerca de volcanes (3,15).

#### 2.3.2.2. Sustrato de origen mineral

- Arenas

Para el uso de las arenas como sustrato es necesario conocer su procedencia para evitar contaminaciones, hay que conocer su granulometría ya que no debe de contener partículas superiores a 2 mm de diámetro ni inferiores a 0.6 mm para que pueda drenar

con facilidad (10,20).

- Gravas

El mejor tamaño de las gravas es el comprendido entre 6-12 mm, se puede utilizar roca triturada o redondeada de río (8, 22).

La capilaridad es baja, tiene magnífico drenaje por lo que se puede utilizar como sustrato en hidroponía (10).

En general este tipo de sustrato requiere de una elevada frecuencia de riego, se debe tener cuidado con los cultivos de bulbos o raíces porque el filo de las partículas se puede tener problema (48).

-Escoria volcánica roja.

Este tipo de sustrato cuando sus partículas son muy finas produce los problemas de las arenas de compactación, es un sustrato con muy buena retención y distribución de humedad (10).

En cuanto a su contenido mineralógico es básica ya que tiene menos del 52% de silicatos. Esta contiene además minerales como: calcio, magnesio y hierro (11).

Su textura es vitrea y su estructura es porosa debido a la gran cantidad de poros que se forman (49,11,43).

- Ladrillos y tejos molidos.

Retienen bastante humedad por su porosidad, las partículas de molienda entre 0.5-0.2 cm conforman una buena granulometría --

(10,15).

#### 2.4. Desinfección

La desinfección de los sustratos hidropónicos, tiene como objeto eliminar los microorganismos patógenos que se encuentran en éstos. Cuando desinfectamos los sustratos hidropónicos se tiene la ventaja de poseer un volumen limitado que mejora el efecto del desinfectante en cuestión por abarcar toda el área de trabajo. Entre los desinfectantes que se pueden utilizar se mencionan los siguientes:

##### 2.4.1. Agua Caliente

Se utiliza para pequeños volúmenes de sustrato, con ella eliminamos la mayoría de microorganismos patógenos como son: larvas de insectos, hongos, nemátodos y bacterias. Se aplica el agua hervida a una temperatura de 95-100°C y a razón de 6-8 litros por metro cuadrado (7).

##### 2.4.2. Formalina

Es de difícil manejo por sus vapores, es necesario una completa aireación del sustrato hasta que se pierda el olor a formalina antes de poder sembrar, de esta forma eliminamos: Larvas de insectos, hongos, nemátodos y bacterias. La dosis utilizada es 100 cc de formalina en 4 litros de agua por metro cuadrado (7).



#### 2.4.3. Acido sulfúrico.

Es eficiente en sustratos sin ninguna materia orgánica, eliminando la mayoría de microorganismos patógenos. Antes de sembrar es necesario un buen lavado y revisiones del pH (7).

#### 2.4.4. Productos químicos.

Existe una gran diversidad de productos químicos que son específicos para determinados patógenos entre los cuales podemos mencionar: basamid granulado 40-60 gr/m<sup>2</sup>, volatón 25 gr/m<sup>2</sup> (7).

Cualquier sustrato a trabajar debe de dársele un buen manejo, cambiándolo cuando éste tienda a convertirse en suelo por residuos y fijación de nutrientes (1,10).

#### 2.5. Nutrientes en hidroponía social.

La hidroponía social es una técnica productiva, práctica y simplificada que está al alcance de los hidrocultivadores - (22,48).

La función de la hidroponía social, es encontrar sistemas prácticos de nutrición que aporten los elementos esenciales para el desarrollo de los cultivos. Se trata de asegurar que el medio de cultivo esté constantemente humedecido con las soluciones que contienen el alimento vital para las plantas. No debe retrasarse el suministro de alimento a las plantas. El método simplificado para el cultivo hidropónico asegura que las plantas

no estén sobre alimentadas o desnutridas como suele ocurrir en cultivos con tierra (34).

- Nutrimientos hidropónicos.

Son compuestos minerales que han sido desarrollados para suministrar los elementos nutricionales que las plantas necesitan para crecer normalmente y en óptimas condiciones de alimentación. Estos elementos esenciales pueden ser suministrados por medio de componentes nutritivos sólidos, fertilizantes foliares y soluciones nutritivas (6).

2.5.1. Componentes nutritivos sólidos.

En los componentes nutritivos sólidos, están considerados los fertilizantes de uso tradicional, clasificados según la composición en: fertilizantes simples y fertilizantes compuestos. Bajo esta modalidad la hidroponía social tiende a convertirse en una técnica más popular y práctica por la semejanza en la forma de fertilizar en los cultivos tradicionales, cuyas aplicaciones se realizan cada cierto tiempo, permitiendo utilizar los fertilizantes de existencia comercial que están al alcance de los hidrocultivadores (9).

Considerando que una de las características de los sustratos es el de ser inerte química y biológicamente, es necesario utilizar fertilizantes compuestos y además completar el programa de fertilización con abonos foliares con lo cual se asegura un suministro completo de los nutrimentos esenciales para un buen -

desarrollo de las plantas. En el mercado mundial existe un gran número de fertilizantes compuestos que se ofrecen a los agricultores en formulaciones adecuadas a las necesidades de sus suelos y cultivos (9,31).

Aguilar, Catota y Nieto (1), en su revisión de literatura reportan que existen fertilizantes compuestos que poseen elementos mayores y menores en pequeñas cantidades como el abono azul o Blaukor, que son compuestos a base de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio en una relación de 12-12-17-2 respectivamente; además contienen microelementos como azufre y calcio. Los elementos menores requieren de un cuidado especial 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, ya que el abono que cae en el sustrato puede ser absorbido por las plantas.

#### 2.5.2. Fertilización foliar.

Las aplicaciones de soluciones de fertilizante foliar, realizadas durante la fase vegetativa sobre determinados cultivos y en épocas fijas constituyen lo que se llama fertilizantes foliares. Es bien conocido que las raíces no son los únicos órganos capaces de absorber los elementos minerales, sino que también las hojas y los tallos pueden asimilar las sustancias nutritivas, tanto minerales como orgánicas (aminoácidos principal-

mente), la absorción es tanto más eficaz cuantomás jóven es - la hoja, y se realiza por ambas caras de esta, por lo que interesa mojar al máximo toda la superficie foliar. Por otra parte, hay que advertir que el líquido que cae al suelo no se pierde en absoluto; incluso en el caso de que la planta no absorbiese nada de fertilizante por las hojas, la fertilización foliar constituiría un método de aplicación que aseguraría un -- excelente reparto del fertilizante en el sustrato. Las soluciones de fertilizantes que se utilizan en la aplicación foliar afectan no solo al nitrógeno, sino la totalidad de los elementos; N-P-K, los secundarios y microelementos (27,28).

Aguilar, Catota y Nieto (1), reportan en su revisión de literatura que la mayor parte de las carencias pueden combatirse - con fertilizantes foliares como Tacrefol, Bayfolán y otros, que contienen el elemento que se halla en déficit. Dichos fertilizantes contienen nutrimentos que le sirven a la planta para hacer correcciones nutricionales; dentro de estos se encuentran el Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además poseen elementos menores en forma de quelatos como boro, manganeso, cobalto, molibdeno, cobre, zinc, hierro y otros. Por sus características especiales, el elemento de mayor interés en el fertilizante foliar es el nitrógeno, sin embargo dicha fertilización se realiza -- cuando se quiera que la planta absorba rápidamente los nutrimentos, para corregir deficiencias nutricionales y cuando las raíces no están en condiciones de cumplir su papel funcional.

### 2.5.3. Soluciones nutritivas

Son nutrimentos que se suministran a las plantas diariamente, para que éstas se alimenten (6,22).

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

Con frecuencia se ha pedido una formulación óptima, para las diversas cosechas en particular; sin embargo no se tienen formulaciones específicas para cultivos hidropónicos (22,36).

En Colombia los nutrimentos hidropónicos más conocidos comercialmente y utilizados a nivel popular son: 4-2-5-6 o nutriente mayor, que es un líquido transparente e incoloro que contiene elementos como Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio, que constituyen los elementos que las plantas consumen en mayor cantidad, el nutriente menor (HCEM-12) es un líquido de color amarillo oscuro que contiene elementos como magnesio, boro, manganeso, zinc, azufre, hierro, molibdeno, cobre, cobalto y cloro (6).

#### - Solución completa.

La solución nutritiva es una mezcla de elementos, y su preparación es sencilla, basta combinar los nutrientes hidropónicos con agua. Para la preparación de la mezcla de los nutrientes antes mencionados se sigue el siguiente procedimiento: Por cada litro de agua debe agregarse  $5 \text{ cm}^3$  de nutriente mayor y  $2 \text{ cm}^3$  de nutriente menor, dicha mezcla recibe el nombre de concentración completa.

El nutriente mayor y menor no deben mezclarse entre sí porque se precipitan, lo indicado es mezclarlos directamente en el agua. La cantidad de solución nutritiva depende del área sembrada y del tipo de cultivo; en términos generales por cada m<sup>2</sup> de cultivo, debe aplicarse entre 2 y 3 lt. de solución completa por día. Generalmente se recomienda regar por la mañana con solución nutritiva y por la tarde hacer un riego con agua limpia (6).

## 2.6. Elementos básicos de la hidroponía

Los fundamentos hidropónicos que se deben tener en cuenta para lograr el máximo desarrollo de un cultivo ornamental y hortícola tiene que ver con la correcta utilización de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas. Los más importantes de estos son: temperatura, luz, humedad, concentración de aire (10,15).

### 2.6.1. Temperatura

Entre los varios factores que afectan el crecimiento de la planta, la temperatura es la más importante. Las plantas solamente son capaces de crecer dentro de un estrecho rango de temperatura (7,36).

La influencia de la temperatura sobre la fotosíntesis dependerá de la intensidad de luz y de la disponibilidad de CO<sub>2</sub> (15).

La mayoría de las plantas estarán bien ambientadas, con una temperatura promedio que vaya de los 10 grados a los 35 grados Celcius (15).

Las temperaturas bajas dificultan la absorción de agua y elementos nutritivos, llegando al marchitamiento y a la clorosis. También el exceso de temperaturas altas perjudica abiertamente el crecimiento de la planta (10).

### 2.6.2. Luz

Es conveniente que las unidades de cultivo hidropónico reciban la mayor cantidad posible de luz. En sitios más sombreados o donde la luz solar no ilumina durante todo el día, la iluminación directa de luz solar no debe ser inferior a cuatro horas diarias (34).

La luz es indispensable para la realización de la fotosíntesis. Las plantas requieren diferentes cantidades de energía solar según el tipo y estado de desarrollo en que se encuentren (5,10). En el cuadro 1 se presenta un listado de hortalizas con sus requerimientos de luz.

Cuadro 1. Requerimientos de luz para diversas hortalizas.

LUMINOSIDAD ALTA	LUMINOSIDAD MEDIA
Repollo	Acelga
Cebolla	Apio
Pepino	Cilantro
Rábano	Espinaca
Tomate	Lechuga
Zanahoria	Perejil
Remolacha	

Fuente: CENTRO LAS GAVIOTAS, Manual de hidroponía social, 1989(6).

### 2.6.3. Humedad.

El agua es muy importante en el desarrollo de las plantas y en la hidroponía, no deja de serlo; sin embargo las plantas cultivadas por este medio consumen menos cantidad porque ésta o se comparte con las partículas del suelo, las malezas y otros organismos. La cantidad de agua necesaria para un cultivo, está determinada por el tipo de planta, la edad, la temperatura, la transpiración, el viento, el sustrato en el cual está sembrado y el tipo de drenaje del módulo (1,7).

Puede utilizarse cualquier tipo de agua pero debe de asegurarse que no esté contaminada (1,7,10).

En general el consumo diario de agua oscila entre 2 y 3 litros por metro cuadrado, sin embargo depende del tipo de cultivo (5,36).

### 2.6.4. Aireación.

La ventilación de los cultivos hidróponicos es muy importante, ya que debe de haber una buena circulación de aire fresco (34).

La oxigenación adecuada del sistema radical del cultivo hidropónico resulta fundamental para el éxito final del mismo. Las raíces deben respirar perfectamente para lograr un adecuado desarrollo de la planta. Para tener una buena aireación es importante que el sustrato sea poroso, de tal forma que el aire circule con facilidad, y se debe tratar ---



darle oxígeno a la planta a través de ciertas prácticas culturales como es el escardado (15,36).

## 2.7. Generalidades del cultivo de la cebolla

### 2.7.1. Clasificación taxonómica

Nombre Científico : Allium cepa  
 Familia : Liliaceas  
 Género : Allium  
 Especie : cepa (54).

Dentro de la especie Allium cepa se incluye la cebolla común y los grupos aggregatum y proliferum.

Grupo Aggregatum: comprende la cebolla multiplicadora conocida a veces como A. cepa var. aggregatum, que se distingue por los bulbos laterales pequeños que aparecen y que quedan envueltos por las mismas escamas exteriores, casi nunca florece; se propaga por los mismos bulbos laterales, los cuales el segundo año forman un bulbo grande, redondo, chato. En este grupo el chalote (Allium ascalanicum), que forma de un solo bulbo un grupo de bulbos unidos por la base, planta que varios autores consideran como una variedad botánica de Allium cepa en lugar de una especie individual, según evidencias morfológicas y genéticas (4).

Grupo proliferum: Jone y Mann (1963), colocan en este grupo a las cebollas que forman bulbillos en las inflorescencias

además de las flores y que se conocen como cebolla perenne o cebolla egipcia; se reúne aquí a las cebollas identificadas como *A. cepa* var. *proliferum* y *A. cepa* var. *viviparum* (4).

#### 2.7.2. Características botánicas.

La cebolla es una planta bienal, que en el primer ciclo de crecimiento produce un bulbo de forma variable, compuesto por escamas ensanchadas similares a un plato que se desarrollan a partir de un tallo sólido (54). En el cual el bulbo es la parte comestible, que luego de cosechado permanece en estado de latencia, por un período más o menos largo (2-5 meses). Este período está determinado por la variedad, las condiciones de temperatura y humedad relativa del almacenamiento (21). Las hojas son erectas, huecas y semicilíndricas, con un diámetro de 0.5 cm. Una planta forma de 8 a 15 hojas de unos 30 a 60 cms. de longitud, al nacer cada hoja aparece dentro de la anterior y así forma una especie de tallo llamado "tallo falso" constituido por las vainas de las hojas. La porción basal de una hoja envuelve completamente el tallo (disco), al engrosarse por la acumulación de reservas forman el bulbo. Las hojas se van secando paulatinamente a medida que el bulbo madura (23,54).

Las flores se agrupan en umbelas simples en el extremo de los tallos florales, que son huecos y cilíndricos, cada bulbo forma entre 2 y 20 tallos florales. El número de flores

varía entre 500 y 2000 por cada umbela y las flores de una umbela permanecen abiertas por unos 15-20 días. La polinización es cruzada y la realizan principalmente abejas y algunas moscas. La androesterilidad es una característica de la cebolla y ese factor ha sido aprovechado para formar los híbridos comerciales (23).

Las raíces son fibrosas, reducidas en número, ramificación y longitud. La mayoría se ubican en los primeros 40-45 cm del suelo y lateralmente se extienden hasta unos 30 cm (23). La raíz primaria y la porción más baja del cotiledón emergen de la semilla durante el proceso de germinación. Seguidamente se desdobla formando la rótula, continuando su alargamiento hacia arriba y tomando una coloración verde para finalmente decolorarse y toma una posición erecta. En la superficie superior del tallo, se encuentra la yema apical lugar donde se forman las hojas (54).

La semilla es pequeña, irregular y de color negro cuando está madura; tiene la capacidad de germinar a temperaturas bajas y pierde su poder germinativo con mayor rapidez que la mayoría de las otras especies hortícolas, la cual obliga a mantenerla bajo condiciones especiales para considerar un alto porcentaje de germinación, lo cual implica almacenarla a baja temperatura (menos de 6°C), baja humedad y un ambiente hermético (23).

### 2.7.3. Desarrollo y formación del bulbo de cebolla

La cebolla es un bulbo maduro, que forma la parte comestible y que tiene las hojas basales hinchadas.

En la formación del bulbo se distinguen dos estados de desarrollo. En primer lugar se tiene la germinación de la semilla y la formación de sus hojas - y en segundo lugar, la formación del bulbo y su maduración; la duración de cada uno de estos dos estados viene determinado por la temperatura y la duración del día (25).

La germinación es lenta y cuando se inicia el crecimiento, el extremo de la pequeña plántula permanece, durante un cierto período de tiempo, en el interior de la semilla de la cual absorbe a partir de las sustancias de reserva, todos los elementos nutritivos que son necesarios para su crecimiento. Esta función la realiza en tanto que el epicotilo está curvado, en cuanto este se endereza se puede observar lo que queda de semilla, como un pequeño bustro negro en el extremo de la plántula. El suelo debe ser lo suficientemente compacto para evitar que la semilla salga al exterior antes de que la plántula haya absorbido las sustancias que le son imprescindibles para su crecimiento, también la semilla debe tener ciertas condiciones de humedad para que el extremo de la plántula pueda realizar la absorción. Después se desarrolla el sistema radicular y las hojas foliares;

la continua formación de hojas en el ápice, origina un cuello fuerte y recto o "falso tallo" (25).

Cuando la duración del día comienza a aumentar, la formación de hojas nuevas, verdes y las bases de las ya formadas se hinchan y dan lugar al bulbo, al mismo tiempo cesa también la expansión de los extremos de las hojas embriónicas; en ciertas ocasiones cuando el tiempo es húmedo o se adicionan compuestos nitrogenados, las hojas continúan su desarrollo a partir de los extremos de las hojas embriónicas, obteniéndose en estos casos, cebollas con un cuello grueso. El hinchamiento final depende del número de hojas formadas y del correspondiente a la base de cada una de ellas (25).

La siembra de cebolla se realiza tan pronto como sea posible, a partir de mediados de febrero, puesto que la formación de las hojas cesa tan pronto, como la duración del día es mayor, es decir a mediados de mayo o principios de junio; por ello, el número de hojas formadas y por tanto el tamaño del bulbo y el rendimiento, aumentan cuanto más tiempo dura la época durante la cual tiene lugar la formación de hojas; cuando la formación de nuevas hojas cesa, el cuello del bulbo se vacía y las hojas se caen. Un tiempo cálido y seco favorece el secado posterior y la maduración del bulbo normal (25).

Durante la primera parte del ciclo de crecimiento las plantas forman sus hojas y raíces y durante la parte final desarrollan sus bulbos. En consecuencia las condiciones ambientales deben permitir un amplio desarrollo del follaje y de la raíz antes de que se inicie la formación del bulbo. Puesto que después del crecimiento del follaje y de la raíz procede la formación de bulbos, la utilización de los carbohidratos será dominante en la primera parte de la temporada de crecimiento y la acumulación de carbohidratos será dominante durante la parte final (17).

La formación de los bulbos está relacionada con la variedad, cuando se siembran variedades de cebolla de días largos en nuestras condiciones ambientales no se desarrolla el bulbo y la planta solo desarrolla hojas. La temperatura óptima para la formación del bulbo oscila entre 20°C y 25°C; a temperatura superior, la formación del bulbo y la madurez del mismo se presentan en forma prematura. Por debajo de 14°C no ocurre una completa formación del bulbo aun teniendo luz en forma continua (21). En un determinado estado de desarrollo de la planta, las bases de las hojas comienzan a hincharse y forman un bulbo, lo cual está relacionado con la duración del día. Las variedades que maduran precozmente necesitan 14 horas de iluminación, para que haya respuesta; y las de maduración tardía, 16 horas (25). La luz roja tiende a suprimir la formación del bulbo y la luz del rojo lejano favorece la formación del bulbo; estos resultados indican

que la formación del bulbo está gobernada por el fitocromo (54).

Los principales factores que afectan la formación del bulbo - son: la provisión de nitrógeno aprovechable y la duración del día. Si están presentes cantidades excesivas de nitrógeno aprovechable, con otros factores favorables, el crecimiento vegetativo será excesivo y se formarán bulbos indeseables llamados - cebollas de cuello grueso o chalotes que carecen de calidad, - tienen escaso valor comercial y capacidad de conservación sumamente baja; si la duración del día es desfavorable para la formación del bulbo de cualquier variedad no habrá formación de - éstos (17).

#### 2.7.4. Variedades

##### - Características y adaptación

Tradicionalmente en El Salvador, se siembran las variedades con mayores rendimientos, las cuales han demostrado mayor adaptación; por ejemplo, la Red Creole, se adapta a todas las zonas del país; Majestic Hybrid, Red Tropicana Hybrid, Robust Hybrid, Red Star Hybrid, que se adaptan a zonas bajas y medias y White Granex a zonas de altura. Las variedades amarillas: Texas Grano 502, Texas Early Grano 502 y Yellow; que son variedades amarillas que reúnen las mismas características de la experimentada en este trabajo, dan altos rendimientos en todas las zonas, pero no son muy aceptadas por el agricultor (18).

La adaptación varía en las diferentes variedades, ya que algunas

de ellas se adaptan más a las partes altas con temperaturas bajas y otras pueden cultivarse desde los 50 m sobre el nivel del mar. Generalmente la mejor época de siembra es la seca, ya que se cuenta con bajas temperaturas y días cortos, características climáticas favorables para la formación del bulbo. Las variedades que se adaptan a las condiciones del país son las de días cortos (18). El resumen de sus características se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características de cultivares de cebolla que se recomiendan sembrar en El Salvador.

CULTIVARES	PROCEDENCIA	COLOR	FORMA	RENDIMIENTO Tm/ha	DIAS A CCSECHA
Robust Hybrid	Dessert seed	Blanca	Globosa	23.3	131
Red Star Hybrid	Dessert seed	Roja	Globosa ó torpedo	31.7	130
Red Tropicana Hybrid	Dessert seed	Roja	Globosa	28.0	130
Majestic Hybrid	Dessert seed	Blanca	Chata	22.0	131
Red Creole	Niagara seed	Roja	Globosa	25.8	145
White Granex	Dessert seed	Blanca	Globosa	27.0	140
Yellow Granex	Dessert seed	Amarilla	Globosa	30.0	133
Texas Early	Dessert seed	Amarilla	Chata o	28.0	130
Grano 502			Globosa		
Perla segunda	Royal	Blanca	Globosa	21.7	135
Criolla	El Rosario- La Palma	Blanca	Globosa	20.0	147

FUENTE: CENTA. Documentos técnicos sobre aspectos agropecuarios, hortalizas 1985 (18).



### 2.7.5. Importancia alimenticia de la cebolla.

La cebolla es la más importante de las plantas bulbosas, constituye un excelente e importante alimento, relativamente rico en compuestos hidrocarbonados.

El análisis demuestra que la cebolla contiene disulfuro de dialila, un aceite especial muy volátil que se transpira por la piel cuando se hace la digestión. La composición del 95% de la parte comestible en 100 g es la siguiente: agua 89.9g; proteínas 1.4 g; grasa 0.1 g; carbohidratos 6.9 g; fibra 1.2 g; cenizas 0.5 g; calcio 35 mg; fósforo 31 mg; hierro 0.5 mg; tiamina 0.04 mg; Riboflavina 0.03 mg; niacina 0.2 mg; ácido ascórbico 10 mg y además 33 calorías. Su cultivo, hoy extraordinariamente extendido, se debe a su utilización como condimento, que le da un olor y sabor pronunciado a los alimentos (41).

#### - Utilización

Se emplea como condimento y como alimento en todo el mundo; especialmente usada en forma de ensalada sin cocimiento. En medicina popular se emplea desde muy antiguo.

Aumenta el apetito y facilita la digestión de los alimentos. Especialmente recomendada contra el asma, los catarrros,

las neumonías y en general contra todas las enfermedades de las vías respiratorias y de la vejiga (41).

### 2.8. Influencia del fotoperíodo y la temperatura en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

CASSERES (4), y GATTONI (26), consideran que el cultivo de la cebolla requiere un clima templado o cálido para su desarrollo; pero que las condiciones específicas ideales son aquellas donde hay temperaturas frescas en la fase inicial del crecimiento de la planta y cálidas hacia la madurez. La temperatura de 12 a 24°C se considera como óptima.

En los ambientes cálidos se dulcifica el sabor de esta hortaliza y por ello se cultiva con preferencia en dichas zonas para obtener productos de calidad. Las temperaturas moderadas de 10 a 15°C aumentan el desarrollo de los tallos fructíferos, mientras que de 15 a 26°C detienen dicho desarrollo. Por otra parte la luminosidad de día largo aumenta el volumen de los frutos (25).

El fotoperíodo es importante en esta especie, lo cual deberá ir acompañado de una temperatura alta, por eso es que en zonas con cielos despejados, fuerte radiación y una humedad relativa baja son favorables para el cultivo de la cebolla para bulbo. El fotoperíodo es esencial para un desarrollo satisfactorio del bulbo. Para la producción de cebolla de bulbo, El Salvador cuenta con zonas con gran potencial,

pues deben seleccionarse áreas cálidas con temperaturas que fluctúen entre 18 y 35°C y utilizar variedades de fotoperíodo corto (10-12 h. diarias de luz) (23).

- Fotoperíodo y temperatura.

La duración del fotoperíodo en función de la latitud, lo mismo que la temperatura, tienen decidida influencia sobre la formación de bulbos de cebolla. Las variedades que crecen mejor - con fotoperíodos cortos de 10-12 h, se adaptan a las fajas limitadas por latitudes de 0-24°C los cultivares de fotoperíodo intermedio, que requieren de 12-13 h. producen mejor a los 28°C; las variedades de fotoperíodo largo, que requieren de 14 h o más de exposición al sol, se encuentran generalmente en lugares a 36°C de latitud en adelante (13,39).

THOMPSON y SMITH citado por Torres (54), encontraron que no se podía deslindar el efecto de la temperatura del efecto del fotoperíodo, puesto que tanto las temperaturas medianamente cálidas (15-21°C en promedio) como también los fotoperíodos largos son necesarios para los cultivares que corrientemente se siembran en días largos. También demostraron que la temperatura tiene más influencia que el fotoperíodo en determinar la formación del tallo floral. A temperaturas bajas de 10-15°C y en días cortos las plantas de cebolla rápidamente empiezan a producir

semillas, pero que con temperaturas entre 21-26°C no florecen, ya sea en días cortos o largos.

Para las condiciones de El Salvador se recomiendan los cultivares de fotoperíodo corto obteniéndose bulbos de buen tamaño. Tomando como base los resultados de las parcelas demostrativas comerciales de FUSADES se recomiendan los siguientes cultivares: White tampico, Robust White, White Creole y Cristal white Wax (13,21).

GATTONI (26), Señala que el fotoperíodo es bien importante en la formación de bulbos de cebolla; indica que El Salvador está supuesto a recibir un poco más de 12 horas de luz al día, lo cual no ocurre debido a las persistentes nubes y neblinas que se oponen al paso de los rayos solares. Además agrega que la humedad y temperatura alta constituyen un problema en la proliferación de plagas y enfermedades. La falta de luz, fotoperíodo corto en el trópico, influye sobre el desarrollo y formación de los bulbos afectando definitivamente los rendimientos del cultivo.

También se reporta que la cebolla es indiferente a la duración del día hasta los 55 días; que hace falta cierta área foliar receptiva para que la sensibilidad sea mayor, de manera que cuando mayor sea el número de hojas mayor va ser la receptividad al fotoperíodo y que las plantas no responden a tratamientos fotoperiódicos después de cierta edad. Considera

también que el crecimiento termina cuando la planta se expone a cierta proporción de rayos rojos e infrarrojos (42).

El cultivo de cebolla requiere un clima templado a cálido para su desarrollo, siendo la temperatura mínima de 12°C, temperatura máxima 29°C y una temperatura óptima de 16-18°C; puede cultivarse aun al nivel del mar y crece muy bien durante todo el año (13).

MONTES Y HOLLF (39), indican que la temperatura modifica la acción de la duración del día, temperatura muy baja (menos de 10°C) no dejan formar el bulbo; temperaturas intermedias son las más favorables (12-22°C), temperaturas muy altas (sobre los 25°C), producen bulbos pequeños pero más precoces.

Investigadores analizaron la influencia de la temperatura sobre los rendimientos y se considera que la especie de cebolla se está desarrollando en el límite de sus requerimientos de bajas temperaturas para que se logre un buen crecimiento y muchas veces un grado centígrado de diferencia en la medida mensual es determinante para los rendimientos (42).

La cebolla requiere una variación de temperatura fresca durante la etapa de plántula y una variación de temperatura moderadamente alta, particularmente si se combina con una atmósfera seca, esto facilita la cosecha y curado de los bulbos (17).

## 2.9. Nutrición mineral

### 2.9.1. Requerimientos nutricionales del cultivo de cebolla.

La cebolla es un cultivo que por su sistema radicular poco desarrollado no tiene capacidad de explorar un volumen de suelo extenso de donde extraer los nutrimentos que necesita. Por consiguiente es necesario que al terreno donde se establece el cultivo se le suministre dichos nutrimentos en los estratos más superficiales. Generalmente este cultivo responde exitosamente a la adición de nutrimentos en las áreas de producción del país, traduciéndose en mayores cosechas de mejor calidad. Los elementos que más demanda este cultivo son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. En el cuadro 3 se resume el papel que juegan en la estructura viva de la planta (38).

Cuadro 3. Principales nutrientes demandados en mayor proporción por el cultivo de cebolla.

Nutrimento	Permite a la planta	Su deficiencia provoca:
Nitrógeno	-Crecer rápidamente -Abundante follaje de coloración verde intenso.	-El crecimiento es lento -Las hojas son más pequeñas y erectas -Cloración verde amarillenta
Fósforo	-Acelera el crecimiento del follaje -Promueve la formación del bulbo más temprano	-Retardo del desarrollo. -El cuello de la planta tiende a ensancharse. -Las hojas inferiores se marchitan
Potasio	-Producción y calidad de los bulbos.	-Amarillamiento de las hojas más viejas. -Marchitamiento de hojas viejas -Muerte de hojas viejas

FUENTE: MEDRANO, et al. Cebolla y ajo. Aragua, Venezuela, serie A No. 39. 95 P.

La cebolla responde muy bien al abonado nitrogenado que por otra parte no debe ser excesivo. Las variedades blancas tienen mayores necesidades de este nutrimento (14).

DUQUE, PERDOMO y JARAMILLO (16), establecieron que la necesidad de N y K en cebolla variedad ocañera son mayores en las primeras etapas de crecimiento. Puede decirse que el N tiende a incrementar la producción de cebolla con el aumento en la dosis adicionada, hasta 150-300 kg/ha según el sitio.

En otro ensayo, se determinó que el nitrógeno y el fósforo son los nutrimentos que la cebolla requiere en mayores cantidades (12). El  $P_2O_5$  presenta un efecto similar al N, elevando el rendimiento principalmente con una dosis de 150 kg/ha (53).

GATTONI (26), reportó que la cebolla es exigente principalmente en fósforo y que los suelos cebolleros del país, - - necesitan de un fertilizante con una relación 1:3:1, en cantidades de 518-972 kg/ha. El fósforo es esencial para la implantación, dando buenos resultados si se localiza entre dos y quince centímetros de profundidad por debajo de la semilla: El fósforo es importante en todas las etapas del cultivo. En general tiene efectos benéficos sobre la calidad, lo mismo puede decirse del potasio que bien equilibrado con el nitrógeno aumenta la calidad y resistencia a enfermedades (14,16).

El potasio tiende a incrementar el rendimiento con la aplicación de 100 kg/ha y el azufre eleva el rendimiento de cebolla con adiciones de 25-50 kg/ha; se puede definir una fertilización general de 100 kg N/ha, 100 kg  $P_2O_5$ /ha, 100 kg de  $K_2O$ /ha y 50 kg de S/ha (53).

ZINK (57), indica que el análisis de la planta muestra que el porcentaje total de N, P, K, Ca, Mg y Na tienden a decrecer durante el crecimiento de la planta; para la cosecha el total de "N" y "P" se encontraron más altos en el bulbo que en la planta total; K, Ca, Mg y Na se determinaron a un nivel más bajo, así también establece que el promedio de nutrimentos removidos es mucho más lento durante la temporada de crecimiento. Aproximadamente 85 días después de plantada, la planta tiende a remover cantidades no mayores de 14.6 de Nitrógeno; 1.5 de Fósforo y 16.3 de Potasio en Kilogramos por hectárea.

Durante el período de formación del bulbo a la cosecha la planta remueve aproximadamente 63% de N total, 75% de P y 47% de K.

La cosecha remueve un promedio de 160.5 kg por hectárea de nitrógeno, 26.0 kg de Fósforo, 126.9 kg de Potasio, 97.7 kg de calcio, 14.6 kg de magnesio y 11.2 kg de sodio. De acuerdo con este investigador, desde la emergencia a los 42 días la cebolla ha removido del suelo un total de 26.5 kg/ha de Nitrógeno y que las necesidades de N desde los 42 hasta los 125 días varían entre 18 y 30 kg/ha por cada intervalo de 14 días; ésto -



representa un total de 134 kg/ha de N para el período de crecimiento, desarrollo y cosecha. El total removido por la planta desde la emergencia a la cosecha alcanza un valor de 160.5 kg de N/ha.

Algunos investigadores afirman que para el cultivo de cebolla se pueden hacer aplicaciones generales de la siguiente manera: Nitrógeno: 150 kg de N/ha, fósforo: 60-120 kg de  $P_2O_5$ /ha y potasio: 60-200 kg de  $K_2O$ /ha.

Todos los elementos se aplican según la producción que se desea obtener y la fertilidad del suelo (14,53).

En algunas investigaciones, al referirse al cultivo de la cebolla y la fertilización se dice que una producción de 44.46 toneladas métricas por hectárea extrae menos de 168.41 kilogramos de nitrógeno y 61.75 kg de fósforo; para el potasio con esta misma producción los bulbos absorben aproximadamente 112 kg de potasio por hectárea. En cuanto al zinc y manganeso, establece que se debería aplicar con la presiembra o siembra, cerca de 11 kg de zinc o manganeso/ha. El mismo autor, además establece que para determinar un programa de fertilización es necesario combinar el análisis de suelo con el de la planta (2).

HAAG (29), establece que la cantidad de nutrientes que son absorbidos por una cosecha de 36,700 kilogramos por hectárea es de 132.8 de nitrógeno, 21.9 de fósforo, 177.0 de potasio, 15.9 de calcio, 17.8 de manganeso y 33.8 de azufre en kilogramos por hectárea para cada uno de los elementos mencionados.

CHINCHILLA (12), determinó el efecto de varios niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento del cultivo de cebolla en el cantón El Rosario, San Ignacio, Chalatenango, y encontró que la interacción de 180 kg de N/ha y 100 Kg de P/ha produjo el máximo rendimiento total (15.9 toneladas por hectárea) de cebollas cosechadas.

SHEIKH (51), evaluó el efecto de nitrógeno en la población de plantas para la producción de cebollas de bulbo, el cual trabajó con 4 dosis de nitrógeno en rangos de: 56, 113, 169 y 224 kilogramos de nitrógeno por hectárea, en dos densidades de siembra: 15x 10 cm o 22.5x7.5 cm entre surcos y plantas respectivamente, dando un promedio de producción de: 9.1; 10.5; 11.0; - 12.0 Tm por hectárea para cada nivel evaluado.

SINGH Y KUMAR (52), estudiaron el efecto de la fertilización de nitrógeno y fósforo en el crecimiento y producción de cebolla. Las mejores aplicaciones de cada uno de los elementos fueron de 112 y 50 kg/ha de N y P respectivamente, con este se obtuvo una madurez más temprana que en el menor nivel. La producción total fue alta con estos niveles.

Los mejores resultados con fertilizantes químicos se han obtenido aplicándolo en bandas a 5 cm más abajo y a un lado de la semilla. En suelos orgánicos puede ocurrir una deficiencia de cobre que se manifiesta por un color deficiente de los bulbos y por sus escamas delgadas y frágiles. La aplicación de 100 hasta 300 kg/ha de sulfato de cobre en polvo ha corregido la deficiencia por varios años (4).

### 2.9.2. Problemas nutricionales.

El adecuado equilibrio de los elementos nutricionales en una planta permitirá su normal desarrollo. La planta debe corresponder a su potencial conocido de antemano por el cultivador. La uniformidad de las hojas en cuanto a su turgidez y color también es otra forma de control, no puede ni debe existir durante la etapa de desarrollo del cultivo hojas viejas mezcladas con hojas jóvenes. El hecho no hará sino revelar síntomas de desórdenes nutricionales que es indispensable corregir de inmediato, antes que se extienda. El amarillento de las hojas se denomina clorosis y el perreamiento necrosis. La ausencia o deficiencia de algún elemento nutritivo traerá como consecuencia previsible la incapacidad de la planta de asimilar otros.

La deficiencia de varios elementos también puede manifestar una falsa visión en el sentido que la planta aparenta no sufrir deficiencias. Las diferentes especies de plantas son sensibles a distintos tipos de desórdenes nutricionales y un buen investigador, puede establecer cultivos experimentales que indicarán rápidamente cualquier deficiencia en el compuesto alimenticio de las plantas. Una vez detectado el origen de la deficiencia, el problema se deberá remediar, aumentando la dosis del elemento faltante hasta un cuarto de volúmen en relación a su cantidad original, este aumento se disminuirá a la mitad cuando la deficiencia haya desaparecido visiblemente. Conviene tener en cuenta que cualquier tratamiento de corrección necesita, por lo menos de una semana a diez días para pre-

sentar resultados observados a simple vista. La correcta -- identificación de un desorden nutricional es fundamental para lograr su rápida corrección. La primera interrogante a resolver es aquella que tiene que ver con la ubicación exacta de la sintomatología (38).

## 2.10. Prácticas de manejo

### 2.10.1. Densidades de Siembra

El espaciamiento apropiado para la cebolla depende de la fertilidad del suelo, del sistema de riego, del cultivar y del equipo mecánico que se utiliza. La distancia entre surcos puede ser desde 45 hasta 90 cm y entre plantas de 5 a 10 cm. En México los mejores resultados se han obtenido con espaciamientos de 62 cm entre surcos y de 5 a 9 cm entre plantas (4).

La densidad de siembra en el caso de bulbos comerciales, cuando la separación entre surcos sea de 30 cm debe ser tal que se tengan unas seis plantas cada 30 cm. En el caso de bulbos más pequeños, para poner en vinagre, la densidad puede ser mayor (30).

Trabajos realizados en Barcelona, indican que la distancia que debe dejarse entre planta y planta será de 10-15 cm y la distancia entre surcos de 50-60 cm o mayor aún si las variedades cultivadas son de gran desarrollo para la producción de los bulbos, según las variedades: 30-60 cm entre surcos y 8-15 cm entre plantas (41).

RODRIGUEZ Y VELLANI (50), al efectuar una evaluación tecnológica para la producción y rentabilidad de cebollas en Honduras, - determinaron que con camas de 20 cm de altura, distancia de 60 cm entre surco y 8 cm entre plantas, se obtubieron buenos re-- sultados, llegando a producir 24.54 Tm/ha.

PAZ y HOWELL (44), evaluaron el efecto del distanciamiento de cuatro variedades de cebolla (Allium epa L.) para lo cual emplearon distancias de 7.5 - 10 cm entre plantas, mientras que se probaron distanciamientos de 30, 35, 40 y 50 cm entre surcos. Las variedades utilizadas fueron Burgundy, Crystal wax, - Granex y Red creole, obteniéndose los mejores rendimientos con la variedad Burgundy sembrada a 30 cm entre surco y 10 cm entre planta.

WILLIANS (56), y otros investigadores estudiarón el efecto del espaciamiento y la competencia de malezas sobre el maíz dulce, habichuelas y cebollas y determinaron que en cebolla se obtienen rendimientos más altos en siembra estrecha (12 cm) en comparación con siembras más altas (25 y 38 cm). El distanciamiento entre plantas se mantuvo uniforme en 7.6 cm, siendo la producción promedio de 42.5, 28.3 y 15.9 T/ha respectivamente. De los datos se puede observar un descenso aparentemente lineal - con un aumento en la distancia entre surcos; sin embargo, el tamaño entre los bulbos como es de suponer aumentó con la distancia entre surcos.

PLAISTED (46), aunque no experimentó directamente distanciamientos indica que rendimientos altos se puede obtener con espaciamientos de 5 y 10 cm entre plantas.

RAMOS VALENCIA Y ROMAN HOYO (47), al determinar la influencia de la densidad de siembra en el rendimiento de la cebolla, en el Atlántico con un régimen climático cuya temperatura promedio fue de 29.7 °C, humedad relativa del 79% y una precipitación promedio de 89 mm durante los cinco meses del cultivo y una luminosidad que varió de 8.9-10.9 horas sol, determinaron que en un suelo arenoso o franco arenoso los mejores distanciamientos son de 26 cm entre surcos y 5 cm entre plantas.

En experimentos de campo, investigadores han demostrado que el rendimiento total de bulbos a la cosecha se supera con el aumento del número de plantas por unidad de superficie, hasta alcanzar un máximo rendimiento. Una densidad apropiada para la producción comercial de bulbos es de 66 a 100 plantas por m<sup>2</sup>. En Brasil, las distancias de siembra empleadas son de 40-50 cm entre surcos y de 10-30 cm entre planta. En Venezuela y en los estados de mayor producción, la cebolla se siembra en surcos simples o dobles, sobre camellones separados de 60-80 cm; en los surcos las plantas se colocan de 5-7 cm entre ellas. Para la región andina las distancias varían desde los 15-50 cm entre surcos y de 10-30 cm entre plantas, siendo la más utilizada por los productores la de 30x30 cm (2).

En investigaciones realizadas se han obtenido rendimientos óptimos con la variedad Burgundy sembrada a 30 cm entre surcos y 10 cm entre plantas. La distancia entre surcos y las variedades tienen mayor efecto sobre los rendimientos, mientras que la distancia entre plantas tiene mayor efecto sobre el tamaño de los bulbos. El efecto de la distancia entre plantas sobre las variedades indica que los rendimientos aumentan aunque no significativamente, con un aumento en la distancia entre plantas. La mejor combinación de factores es 10 cm entre plantas y 30 cm entre surcos (45).

ESCAFF (19), realizó experimentos en la Estación Experimental "La Platina" Santiago de Chile en 1979 y estudió las poblaciones óptimas y las distancias de plantación para las variedades tempranas y recomendó, una población de 222,670 plantas por ha.

En el sistema de hidroponía no hay competencia entre las plantas del cultivo con las malezas, por la búsqueda y consecución de nutrientes. Esto permite disminuir las distancias de siembra hasta un 50% y aumentar el número de plantas cultivadas por m<sup>2</sup>. En el cuadro 4 se presenta un listado de hortalizas con sus respectivos distanciamientos de siembre utilizados en la técnica de hidroponía (6).

Cuadro 4. Distanciamientos de siembra de algunas hortalizas utilizadas en hidroponía.

CULTIVO	Distanciamientos entre plantas (Cm)	Distanciamientos entre surcos. (Cm).
Remolacha	10	15
Chile dulce	30	40
Tomate	40	60
Rábano	5	10
Zanahoria	8	10
Cebolla	5	10
Repollo	30	30
Brócoli	30	40
Nabo	5	10
Lechuga de cabeza	25	25
Lechuga de hoja	20	20
Coliflor	30	40
Perejil	3	15
Pepino	30	40

FUENTE: CENTRO LAS GAVIOTAS. Manual de Hidroponía social, 1989 (6).

#### 2.10.2. Labores culturales.

Son aquellas que nos permiten darle un buen manejo para un excelente desarrollo de los cultivos, entre los cuales tenemos: siembra, raleo, aporco, escardado y riego (1).



#### 2.10.2.1. Siembra en hidroponía.

En los cultivos hidropónicos la siembra se hace con mayor facilidad, una pequeña capa del sustrato es necesaria para cubrir y ocultar de la luz las semillas.

Las semillas grandes se colocan a una profundidad de 12 mm y a cierta distancia una de la otra. Para las semillas más pequeñas se quita de la superficie una pequeña cantidad del sustrato para luego espaciarlas y cubrirlas con una delgada capa del sustrato. En el medio hidropónico es posible sembrar a intervalos menores entre surcos y plantas, reduciendo los distanciamientos entre plantas hasta el 50% tratando de que las plantas reciban la cantidad adecuada de luz (34).

#### 2.10.2.2. Raleo

El raleo consiste en dejar una sola planta en el lugar definitivo. El aclare o raleo debe hacerse oportunamente, cuando más tarde se hace el raleo la práctica resulta más costosa y dañamos las plantas (1).

#### 2.10.2.3. Aporco

El aporco se realiza para darle sostén a la planta con el fin de estimular el engrosamiento de la raíz (1).

#### 2.10.2.4. Escardado

Consiste en la remoción del sustrato, para mejorar la aireación de las raíces, ya que algunos tienden a compactarse produciendo una pobre aireación en la zona radicular de la planta (1).

#### 2.10.2.5. Fertilización

Dado que un gran número de elementos toman parte en la -- transformación bioquímica de los vegetales, su efecto individual suele estar estrechamente vinculado con la presencia de los elementos restantes. Por ello es que en el caso de los cultivos hidropónicos tienen que suministrarse todos los nutrientes en forma artificial con el objeto de poder alcanzar los rendimientos deseados (33).

La fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones nutritivas de la planta.

La demanda de nutrimentos y la capacidad de asimilación de estos, suministrados al sustrato por medio de la fertilización, así como la reacción de ésta, varía de una planta a otra (33).

#### 2.10.2.6. Control natural de plagas y enfermedades.

El control natural de las plagas que atacan a los cultivos hortícolas en el sistema hidropónico, se realiza a través de extractos naturales, que cualquier persona puede preparar. Este tipo de control de plagas es muy antiguo, es así como los coloni-

zadores aprendieron de la población local, que existían determinadas plantas con las cuales se podían combatir las plagas. Luego se inició una investigación extensiva y se introdujeron en las colonias los cultivos de plantas insecticidas. Sin embargo, es a partir de 1980, que se comienza nuevamente a trabajar con plantas insecticidas. La investigación científica ha aportado conocimientos e información importante sobre características y potencial de estas especies. La protección de cultivos no puede consistir nunca en una sola medida, y no pretende sustituir las medidas preventivas existentes; sino complementarlos a corto plazo, su efecto no es tan alto como el de los insecticidas sintéticos. Visto a largo plazo el método de protección natural de cultivos tiene las siguientes ventajas:

- 1-Reduce el riesgo de la resistencia.
- 2-Tiene menos consecuencias letales para los enemigos de las plagas.
- 3-Reduce el riesgo de aparición de plagas secundarias.
- 4-Es menos nocivo para el hombre.
- 5-No ocasiona daños para el medio ambiente ni en las aguas como los agroquímicos.
- 6-Puede significar menores costos financieros.

Dentro de los extractos muy útiles para el control de plagas se conoce los de ajo, chile, tabaco y sávilá; algunos de estos además de poseer características insecticidas presentan características fungicidas y bactericidas. El mejor método de controlar

enfermedades, es prevenir la entrada de éstas al cultivo.

Los insectos también están relacionados con la presencia de enfermedades, algunos virus pueden ser transmitidos por los afidos, otros insectos dejan heridas en los frutos y el follaje por donde pueden penetrar enfermedades; un buen programa de control de plagas, es importante para el control de enfermedades, en los cultivos (1). En anexos se presenta un resumen de las principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo de cebolla y además se presenta un Cuadro resumen de los principales extractos botánicos utilizados en el control de las mismas (A1, A2 y A3).

#### 2.10.2.7. Generalidades sobre riego.

La cebolla es un cultivo de rápido crecimiento, cuyo bulbo al momento de la cosecha, contiene de 90 a 94 por ciento de agua; por ello, para lograr un buen desarrollo vegetativo requiere durante todo su ciclo de vida, una buena suplencia de agua en el suelo (19). Las raíces de la cebolla son superficiales y extendidas por lo que explotan un volumen reducido de suelo, lo que incide en el aprovechamiento del agua; por esta razón y para mantener una actividad intensa de la planta, se requiere un nivel satisfactorio de agua, en forma permanente en la zona radical (23).

En Venezuela se siembra especialmente en las zonas semiáridas, donde las pérdidas de agua del suelo son altas por la elevada

evaporación y transpiración de las plantas. Al mismo tiempo, en estas zonas la precipitación es escasa, o bien las siembras se efectúan durante la estación seca, lo cual hace imprescindible el suministro de agua mediante el riego (38).

- Requerimientos de agua.

Los requerimientos de agua del cultivo varían desde el comienzo del desarrollo hasta que llega a su madurez fisiológica. En las etapas iniciales el consumo de agua es reducido, ya que las plantas son pequeñas y de crecimiento lento, posteriormente el crecimiento se acelera, aumentando a su vez el consumo de agua hasta alcanzar un máximo, cuando las plantas logran su pleno desarrollo. Finalmente, una vez que el bulbo ha dejado de crecer, conviene dejar de regar para que la humedad del suelo disminuya progresivamente y con ello la cantidad de agua extraída por las plantas. En los ensayos realizados por FUSAGRI en Cagua, con cebolla de la variedad Texas Grano 502, sembrada en suelos livianos, se han obtenido rendimientos muy buenos con aplicaciones de agua semanales; por lo general se requieren de 10 a 12 riegos durante el ciclo del cultivo y una lámina de 60 a 65 cm de agua (39).

- Períodos críticos.

En este cultivo no existen períodos críticos en que requiera una mayor suplencia de agua, aunque las deficiencias de humedad en el suelo durante cualquier época de su ciclo vegetativo, deter-

minan una reducción sensible en los rendimientos. Sin embargo, cuando los déficits de humedad se presentan durante el período de desarrollo del bulbo, la reducción en los rendimientos es mayor que cuando éstos ocurren durante la fase inicial del crecimiento. Los déficits de humedad provocan una reducción del follaje, el cual se torna oscuro a verde frisáceo, disminuye el tamaño del bulbo y acelera su maduración. Cuando las plantas se riegan después de un período prolongado de sequía se pueden producir rajaduras en los bulbos (38).

- Cantidad de Agua.

Lo primero que se debe investigar cuando se pretende establecer un cultivo hidropónico es cuánta agua se tiene disponible, para esto hay que tener en cuenta el tipo de cultivo, el clima de la zona y los vientos que se presentan, pudiendo establecer como norma que se disponga como mínimo de 3 litros por planta al día para hortalizas (10).

- Calidad de Agua.

Nunca podemos fiarnos de la simple apariencia del agua, es absolutamente necesario recurrir a los análisis para determinar el contenido de minerales en solución, conductividad y condiciones sanitarias. Los expertos que hacen estos análisis nos dirán si el agua es apta o no para el riego (10).

- Frecuencia de Riego.

La frecuencia de riego irá en directa relación a la humedad y temperatura ambiental, lo que producirá un mayor o menor grado de evaporación del agua, ya que hemos dicho que es necesario reemplazar el agua que se pierde por evaporación. Los sustratos conformados por granulometría gruesa deberán regarse con una mayor frecuencia que aquellos más pequeños e irregulares; cuando las instalaciones están al aire libre la pérdida de humedad será mayor de acuerdo a la realidad climatológica existente en los diversos períodos de tiempo. Para manejar la humedad en algunos casos no es posible someterse a tablas rígidas sino al criterio dictado por la experiencia respecto del momento barométrico que se viva cada día, cada mañana o cada tarde, la arena permite espaciar los riegos porque su conformación granulométrica es apta para mantener la humedad por largos períodos (10).

La frecuencia de riego dependerá de: a) tamaño de las partículas del sustrato; b) Superficie de las partículas del sustrato; c) Cultivo (a mayor superficie foliar, mayor evapotranspiración y más frecuencia de riego); d) factores climáticos (20).

Los intervalos entre los riegos estén influenciados por varios factores entre los cuales se destaca la profundidad e las raíces. La cebolla tiene un sistema radical poco denso cuyas raíces se concentran en los primeros 15 a 30 cm de profundidad, por ello la cantidad de agua que podría almacenarse en el esca-

so volúmen de suelo utilizado por el cultivo es muy limitado y consecuentemente es necesario que las aplicaciones de agua se realicen a intervalos de tiempo muy frecuente; la cantidad de agua que se debe aplicar en cada riego, en comparación con -- otros cultivos, debe ser pequeña para evitar así las pérdidas de agua y de nutrimentos fuera del alcance de las raíces (38).

#### 2.10.2.8. Cosecha

Las cebollas de variedades blancas, destinadas al consumo en fresco, se recogen cuando alcanzan el tamaño comercial. El arranque se efectúa a mano y escalonado según la demanda del mercado. Las variedades de conservación amarillas y rojas, se arrancan pasadas de madurez, ésto es cuando la parte aérea está completamente seca y la envoltura exterior del fruto presenta textura de pergamino. Recoger doce días antes del punto descrito conduce a frutos de escaso volúmen; por tanto, en esos últimos días se obtiene un aumento considerable de cosecha (25).

De acuerdo con la variedad o híbrido que se utilice, las cebollas, están listas para cosecharse entre los 100-150 días después del trasplante. Las variedades que se cultivan con el fin de comercializarlas con tallo verde, pueden cosecharse entre los 70-80 días después del trasplante antes de que lleguen a su desarrollo total, quedando a criterio del agricultor y a la demanda que exista en el mercado (28).

La recolección de las cebollas tiene lugar cuando empiezan a



secarse las hojas, señal de haber llegado al estado conveniente de madurez. La época en que ésto ocurre depende de varias circunstancias como el clima y el terreno; para las variedades cultivadas en la época lluviosa se efectúa cuando las hojas están completamente secas. Este momento se anticipa con el doblado de las hojas, práctica de dudosa eficacia a los fines del engrosamiento del bulbo. Las cebollas se cosechan en julio-agosto, es decir en el período más cálido del invierno. Cuando retardan la época de cosecha, las plantas siguen vegetando con escaso provecho para la producción de los bulbos e incluso exponiéndose a peligros, sobre todo de naturaleza parasitaria. El doblado de las hojas consigue por tanto acelerar el proceso de descamación y que entre en reposo el bulbo (41).

Cuando los bulbos están listos para ser cosechados, se observa en las plantas que las hojas se ablandan a la altura del cuello y se doblan sobre el suelo. Para cosechar deberá de existir un 80-100% de hojas dobladas en toda la plantación (21).

#### 2.11. Rendimiento

El rendimiento por hectárea se puede fijar en el caso de agricultores experimentados en unas 25-30 Tm/ha, aproximadamente 30,000 kg/ha. En condiciones favorables y con buena administración se pueden conseguir rendimientos superiores a los 50 Tm/ha (30).

MAESO (37), efectuó ensayos comparativos de cebolla de días cortos y determinó que los cultivares más sobresalientes fueron:

Texas Early Grano 502, valencianita y Excel 986, durante los períodos de los años 1981-1982.

Estas variedades alcanzaron rendimientos en bulbos comerciales de 52.4, 49.0 y 44.5 Tm/ha respectivamente.

Chinchilla (12), midió el efecto de varios niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento del cultivo de cebolla, tomó como parámetros el rendimiento total (bulbos más follaje), el peso fresco en kg/parcela útil, rendimiento en kg/parcela útil de cebollas de primera clase, rendimiento en kg/parcela útil de cebollas de segunda clase, número de cebollas de primera clase por parcela útil y número de cebollas de segunda clase por parcela útil. La clasificación fue en base al diámetro ecuatorial así: mayor a 4 cm primera clase, de 4-2 cm segunda clase y menores de 2 cm tercera clase. En los resultados obtenidos para rendimiento en peso y número de cebollas de segunda clase, no se encontró diferencias estadísticas entre tratamiento. Para rendimiento total y rendimiento en kilogramos de cebollas de primera clase no se obtuvo diferencias estadísticas, para tratamientos; pero al realizar el desglose factorial se encontró diferencia altamente significativa entre niveles de nitrógeno. Con respecto al número de cebollas de primera clase se encontró una alta significancia. Para el factor nitrógeno, estableció que este afecta en forma lineal y creciente el número de cebollas de primera clase. Las variables rendimiento total, peso de los bulbos con diámetro mayor de 4 cm (primera clase) y peso de bulbos con diámetro entre 2 y 4 cm (segunda clase) no

son influenciados por los diferentes niveles de fósforo aplicados.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del Estudio

El ensayo se realizó en la terraza del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de el Salvador, en San Salvador, durante los meses de octubre de 1991, hasta enero de 1992. Dicho lugar está ubicado a una altitud de 710 metros sobre el nivel del mar; las coordenadas geográficas son: 13° 43.3' Latitud Norte y 89° 12.4' Longitud Oeste.

#### 3.2. Condiciones climáticas del lugar

Para conocer las condiciones climáticas del lugar durante el período en que se realizó el ensayo y poderlas analizar, se colectaron, mensualmente valores promedio de temperatura, humedad relativa, horas luz al día, precipitación pluvial, velocidad y rumbo del viento, obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la Universidad de El Salvador.

#### 3.3. Preparación de módulos

##### 3.3.1. Construcción

Se construyeron módulos de madera de 1 m de ancho por 1 m de largo; la base del módulo fue constituida por reglas de 0.07 m de ancho espaciadas a 0.10 m cada una, con una profun-

didad de 0.10 m y una altura sobre el suelo de 0.4 m. el diseño del módulo se presenta en la figura 1.

### 3.3.2. Plastificado

Después de construir los módulos se realizó el plastificado, que consistió en forrar los módulos con plástico negro calibre 200, con el objeto de contener el sustrato, evitar que el fertilizante se lixivie en una forma rápida, retener por mucho más tiempo el agua y permitir el aumento de la vida útil del módulo. El plástico se agujereó para favorecer el escurrimiento del exceso de agua. La cantidad de plástico que se utilizó por módulo fue de 1.40 m<sup>2</sup>.

### 3.4. Selección y Preparación del Sustrato

El sustrato utilizado para este estudio fue la escoria volcánica roja, se seleccionó este por conocerse los antecedentes de su uso en hidroponía y por presentar características adecuadas para darle un buen soporte a las plantas.

#### 3.4.1. Escoria volcánica roja.

La escoria volcánica se obtuvo de una cantera ubicada en el cerro El Cerrito, Jurisdicción de Quezaltepeque, departamento de La Libertad. Se procedió a la realización de los siguientes tratamientos: tamizado y lavado. El análisis químico fue realizado en el estudio de cultivo hidropónico de remolacha (1) en los laboratorios químicos de la Facultad de Ciencias Agronómicas y en otro laboratorio en Bogotá, Colombia.

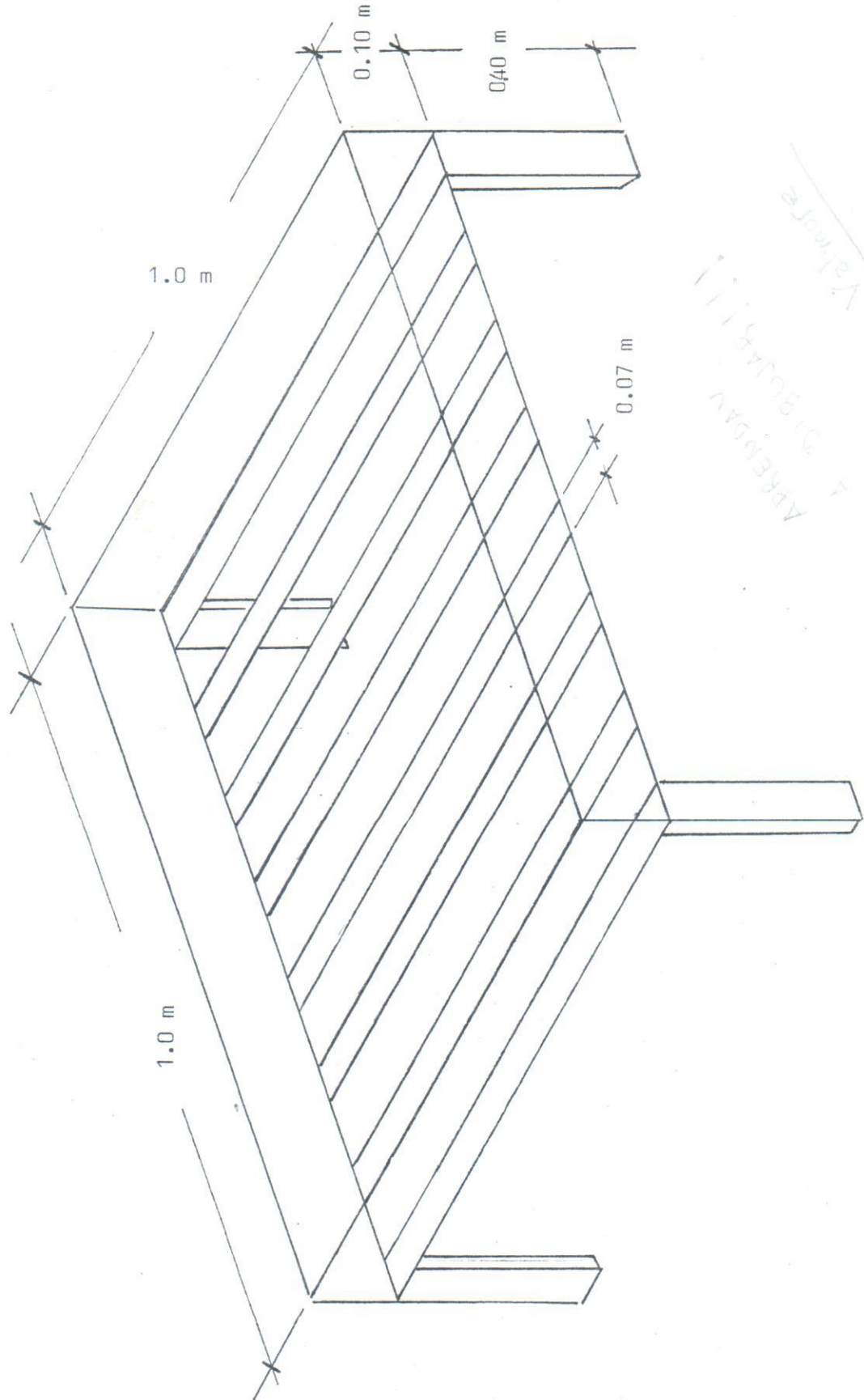


Fig: 1 Modulo hidropónico Dimensiones 1x1x0.1 m

Escala: 1:1

#### 3.4.1.1. Tamizado

La escoria volcánica se tamizó por encontrarse en partículas de diverso tamaño. El tamizado se ejecutó con una maya de 3 mm de diámetro, con la finalidad de obtener una granulometría homogénea del sustrato, aumentando así el área de superficie para una mayor retención de agua y nutrimentos.

#### 3.4.1.2. Lavado

El lavado consistió en aplicar agua potable a la escoria volcánica durante 15 minutos, con el objetivo de eliminar impurezas, como partículas de suelo que podría contener el sustrato.

#### 3.4.2. Colocación del sustrato en los módulos.

Esta labor se realizó depositando la escoria volcánica dentro de los módulos en dos capas: una de 4 cm con partículas de escoria de un tamaño de 5-7 mm de diámetro en el fondo del módulo y otra capa de 6 cm con partículas de 3 mm de diámetro en la parte superior del módulo; ésto se realizó con el propósito de darle una mayor aireación a las raíces del cultivo y mejorar el drenaje.

#### 3.4.3. Desinfección del sustrato.

La desinfección de la escoria volcánica se hizo con formalina al 15 utilizando 4 lt/m<sup>2</sup> y posteriormente se cubrieron los

módulos con plástico transparente durante 8 días teniendo así un efecto de solarización, mediante el cual se controla la mayoría de microorganismos patógenos tales como hongos, nemátodos, insectos y bacterias.

Para realizar la siembra, el plástico fue retirado aireando 4 días la escoria, tiempo en el cual el olor de la formalina desapareció.

### 3.5. Establecimiento y manejo del cultivo

#### 3.5.1. Siembra

La siembra se efectuó en forma directa a chorro seguido, colocando la semilla en el fondo del surco a 1 cm de profundidad. Después de la siembra se procedió a colocar sacos de yute para acelerar el proceso de germinación y mantener la humedad uniforme; al comienzo de la emergencia de las plántulas los sacos fueron retirados.

#### 3.5.2. Raleo

El raleo se realizó a los 15 días después de la siembra dejando las densidades a evaluar. En la primera con distanciamientos de 10 cm, entre surco y 4 cm entre planta, se tuvieron 10 surcos por parcela de  $m^2$  y un número de 25 plantas por surco con un total de 250 plantas por parcela; en la segunda densidad con distanciamientos de 10 cm entre surco y 6 cm entre



planta se dejaron 16 plantas por surco y un total de 160 - plantas por parcela y en la tercera con distanciamientos de 10 cm entre surco y 8 cm entre planta se dejaron 13 plantas por surco y un total de 130 plantas por parcela.

### 3.5.3. Aporco

Se hizo después del raleo y luego cada 10 días, con el propósito de fijar las plantas adecuadamente al sustrato e impedir el aflojamiento de las raíces. Además se aprovechó la escarda - para evitar compactación y exceso de humedad en el sustrato.

### 3.5.4. Riego.

Este se aplicó diariamente uno por la mañana y otro por la - tarde, tomando como criterios el aspectos que presentaban las - plantas y el resecaimiento del sustrato. La cantidad de agua apli cada por metro cuadrado durante el día fue de 8 litros comparti dos en dos riegos (1).

### 3.5.5. Control de plagas y enfermedades.

Para el control de plagas y enfermedades se hicieron programas de aplicaciones preventivas basados en observaciones periódicas para detectar su presencia en el cultivo.

Se realizaron conteos de plagas dos veces por semana, mediante el cual se detectó que no era significativo el daño de éstas por lo que no se realizó ningún control.

Para el control de enfermedades se elaboró un programa preventivo sencillo, que consistió en realizar tres aplicaciones por <sup>manejos</sup> sean en dosis bajas de 90, y 150 ppm de mezcla de Rydomil y Benlate. Además se aplicó un programa curativo con Manzate a - 200 ppm para combatir la enfermedad punta seca.

### 3.5.6. Programas de Fertilización.

Los programas de fertilización que se evaluaron se presentan en el cuadro 5. El primer programa tuvo como base el fertilizante Blaukor, complementado con urea y Bayfolán. En el segundo programa se tuvo como base siempre el fertilizante Blaukor, complementado con urea, pero se aumentó la dosis de ambos en un 50% con respecto al primer programa y se aplicó Bayfolán. En el tercer programa se tuvo como base el fertilizante Blaukor y se complementó sustituyendo la urea por Nitromag calcáreo y se duplicó el número de aplicaciones de Bayfolán como se detalla en el cuadro 5.

Cuadro 5. Programas de fertilización, usando como sustrato escoria volcánica roja en el cultivo hidropónico de la cebolla.

TRATAMIENTO	PROGRAMACION
Fertilización General	3 Grs. de Blaukor más 2 Grs. de urea/m a la siembra.
Programa base Blaukor más urea (P <sub>1</sub> )	<p>-Aplicaciones de 28 Gr/m de Blaukor fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera: 7Gr/m comenzando desde el Raleo, durante 4 semanas consecutivas.</p> <p>-Aplicaciones de 15 Gr/m de urea desde los 35 días después de la primera aplicación. Fraccionada en 3 dosis de 5 Gr/m durante 3 semanas consecutivas.</p> <p>-4 Aplicaciones de Bayfolán a los 38 días después de la primera aplicación y luego cada 15 días con una dosis de 15cc/lt.</p>
Programa base + el 50% (P <sub>2</sub> )	<p>-Aplicaciones de 42 Gr/m de Blaukor, fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera: 10.5Gr/m después del raleo durante 4 semanas consecutivas.</p> <p>-Aplicaciones de 22.5 Gr/m de urea desde los 35 días después de la primera aplicación, fraccionadas en 3 dosis de 7.5Gr/m durante 3 semanas.</p> <p>4 aplicaciones de Bayfolán a los 38 días después de la primera aplicación y luego cada 15 días con una dosis de 15 cc/lt.</p>
Programa base sustituyendo la urea por nitroma9-calca-reo (P <sub>3</sub> )	<p>Aplicaciones de 28Gr/m de Blaukor fraccionadas en 4 dosis, de la siguiente manera 7Gr/m desde el raleo, durante 4 semanas consecutivas.</p> <p>-Aplicaciones de 15Gr/m de nitroma9 calca-reo fraccionada en 3 dosis de 5Gr/m desde los 35 días después de la primera aplicación durante 3 semanas consecutivas.</p> <p>-8 aplicaciones de Bayfolán a los 38 días después de la primera aplicación y luego cada 8 días con una dosis de 15 cc/lt.</p>

### 3.6. Cosecha

Se realizó manualmente a los 97 días después de la siembra, cosechando todos los tratamientos del cultivo en forma general el mismo día.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para realizar la cosecha fueron: que el follaje estuviera seco en un 50% y que las plantas tuvieran el cuello doblado.

La cebolla se clasificó según su tamaño en: primera, segunda y tercera clase, los rangos que se tomaron en cuenta para la clasificación de los bulbos fueron: primera clase, bulbos mayores de 4 cm de diámetro; segunda clase, bulbos mayores de 2 cm y menores de 4 cm de diámetro y tercera clase, menores de 2 cm de diámetro.

### 3.7. Metodología Estadística

#### 3.7.1. Diseño experimental y estadístico.

Se trabajó con la variedad Texas Yellow Grano 502 para evaluar tres programas de fertilización y tres densidades de siembra. El diseño estadístico usado fue el completamente al azar con arreglo factorial 3x3, teniendo 9 tratamientos y 4 repeticiones. El área total del ensayo fue de 55 m<sup>2</sup>, con 10 m de largo por 5.5 m de ancho y se construyeron 36 módulos de 1 metro cuadrado cada uno; cada módulo representó la parcela experi-

mental teniendo un total de 36 parcelas experimentales. En todos los módulos se utilizó como sustrato escoria volcánica roja con los respectivos tratamientos, que consistieron en las combinaciones de los programas de fertilización y las densidades de siembra (cuadro 6 y figura 2).

Con el objeto de estudiar el efecto de los tratamientos y sus interacciones sobre la altura de las plantas, peso de los bulbos, diámetro de los bulbos, número de bulbos y número de hojas, se realizó un análisis de varianza general para cada variable estudiada. Se efectuó la prueba de Duncan y la correlación entre las variables para interpretar los resultados y establecer diferencias entre los tratamientos.

El modelo estadístico aplicado fue el siguiente: sea "y" y la variable que se va medir en las distintas unidades experimentales y  $Y_{ij}$  el valor observado en la parcela J-ésima que recibe el tratamiento.

Luego cualquier observación puede expresarse así:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

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

M = Media experimental.

$T_i$  = Efecto del tratamiento "i"

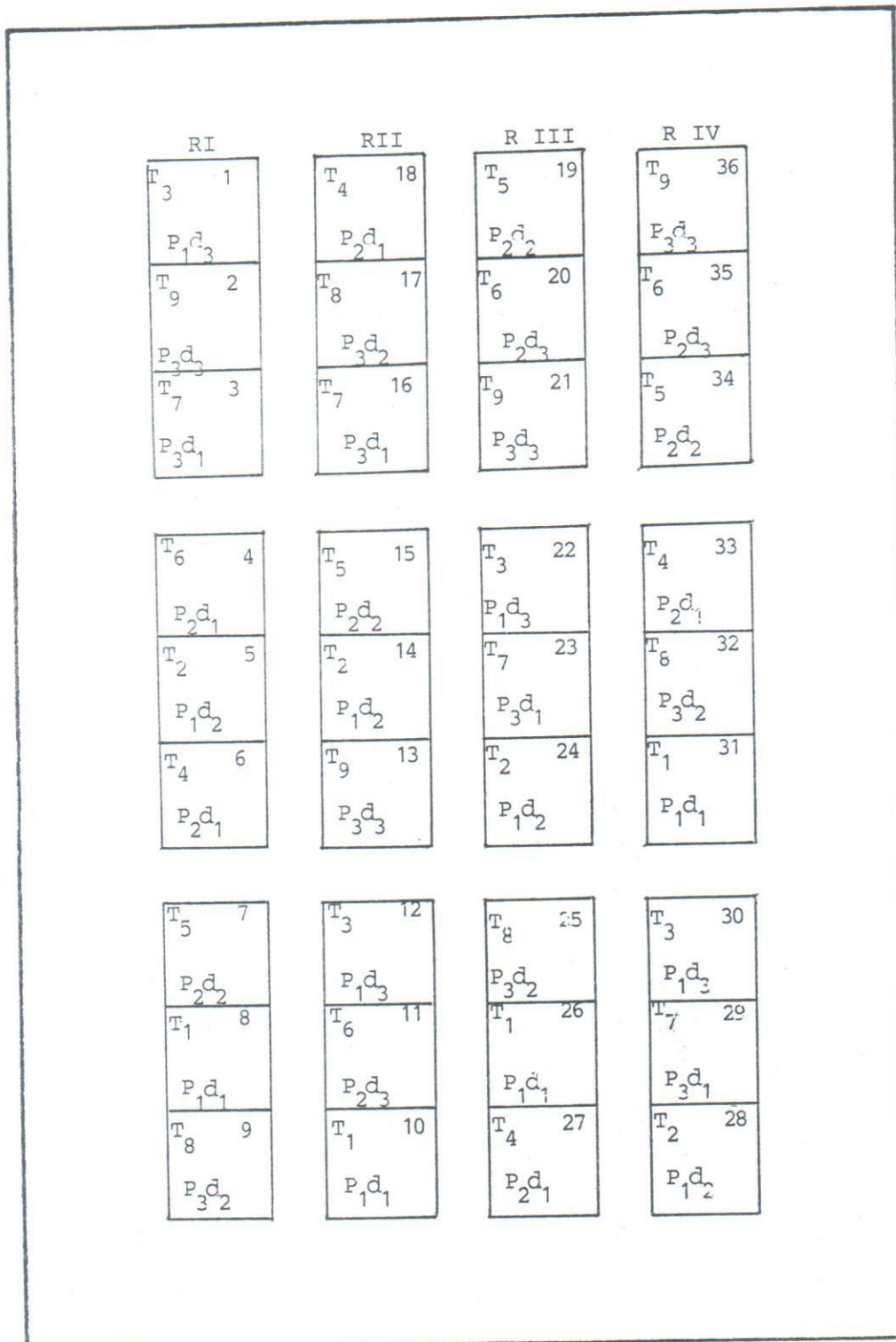
$E_{ij}$  = Error experimental de la celda (i, j)

i = 1, 2, ..... q: número de tratamientos.

$j = 1, 2, \dots, r$ : Número de repeticiones de cada tratamiento.

CUADRO 6: Tratamientos, programas de fertilización y distanciamientos de siembra utilizados en el cultivo hidropónico de la cebolla.

TRATAMIENTOS	PROGRAMAS	DISTANCIAMIENTOS
$P_1 d_1 (T_1)$	Programa base (Blaukor + urea).	10 x 4 cm
$P_1 d_2 (T_2)$	Programa base	10 x 6 cm
$P_1 d_3 (T_3)$	Programa base	10 x 8 cm
$P_2 d_1 (T_4)$	Programa base + 50%	10 x 4 cm
$P_2 d_2 (T_5)$	Programa base + 50 %	10 x 6 cm
$P_2 d_3 (T_6)$	Programa base + 50 %	10 x 8 cm
$P_3 d_1 (T_7)$	Programa base sustituyendo la urea por nitroma $\text{g}$ calcareo	10 x 4 cm
$P_3 d_2 (T_8)$	Programa base sustituyendo la urea por nitroma $\text{g}$ -calcareo.	10 x 6 cm
$P_3 d_3 (T_9)$	Programa base sustituyendo la urea por nitroma $\text{g}$ calcareo.	10 x 8 cm



PROGRAMAS DE FERTILIZACION

- P<sub>1</sub>: Programa base (Blaukor + urea)  
 P<sub>2</sub>: Programa base + 50%  
 P<sub>3</sub>: Programa base sustituyendo la urea por Nitromag-calcareo

DENSIDADES DE SIEMBRA

- d<sub>1</sub>: 10 cm x 4 cm  
 d<sub>2</sub>: 10 cm x 6 cm  
 d<sub>3</sub>: 10 cm x 8 cm

FIG. 2 Plano de distribución de los tratamientos y repeticiones en los módulos  
 ESCALA: 1:125.

### 3.7.2. Variables Analizadas.

Dentro de las variables que se consideraron para establecer diferencias entre los tratamientos tenemos: altura de plantas, - número de hojas, peso de bulbos, diámetro de los bulbos, número total de bulbos por metro cuadrado, clasificación de los bulbos y análisis de beneficio-costos.

#### 3.7.2.1. Altura de Plantas.

La determinación de la altura de las plantas, se hizo cada 15 días, a partir de los 10 días después de la emergencia, midiendo la altura en centímetros a 10 plantas por parcela desde la superficie del sustrato hasta el ápice de la lámina foliar más larga.

#### 3.7.2.2. Número de hojas.

El número de hojas se tomó de 10 plantas que fueron elegidas al azar del área útil por metro cuadrado de cada repetición.

#### 3.7.2.3. Peso de los bulbos.

Se pesaron 10 cebollas de cada tratamiento tomadas al azar del área útil de las parcelas, luego se pesaron las cebollas con follaje del área útil y no útil por metro cuadrado.

#### 3.7.2.4. Diámetro de los bulbos.

El diámetro de los bulbos se midió en base al diámetro ecua-



torial en centímetros utilizando el vernier, tomando 10 plantas al azar del área útil.

#### 3.7.2.5. Número total de bulbos por metro cuadrado.

Para determinar el número total de bulbos, se contaron primero los del área útil y luego los del área no útil.

#### 3.7.2.6. Clasificación de los bulbos.

La distribución de los bulbos se realizó en tres clases diamétricas: Clase 1 ( $\geq 4$  cm), clase 2 ( $\geq 2 < 4$  cm) y clase 3 ( $< 2$  cm).

#### 3.7.2.7. Análisis beneficio-costos.

Para determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos se hizo el análisis beneficio-costos, tomando como base los costos y beneficios por metro cuadrado para el establecimiento del cultivo hidropónico de la cebolla, utilizando diferentes fertilizantes.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

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

El lugar donde se realizó el ensayo está ubicado en la terraza del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias - Agronómicas de la Universidad de El Salvador en San Salvador a 710 m.s.n.m.; las condiciones climáticas a las que estuvo sujeta la investigación fueron tomadas de la Estación Agrometeorológica de la Universidad de El Salvador, obteniendo datos promedios mensuales, y los factores que se consideraron fueron: temperatura promedio del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura máxima del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura mínima del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa del aire (%), horas luz al día, precipitación pluvial (mm), velocidad del viento (m/seg) y rumbos; en el cuadro 7 y Figs 3 y 4 aparecen los datos climáticos que influyeron en el desarrollo del cultivo.

Las condiciones climáticas no fueron óptimas, sin embargo están dentro del rango apropiado de temperatura, para la formación y desarrollo del bulbo. En el cuadro 7 y Fig. 3 aparecen los datos de la temperatura promedio del aire que fue de  $23.9^{\circ}\text{C}$  y las temperaturas mínimas y máxima del aire que oscilaron entre  $17.6^{\circ}\text{C}$  y  $29.4^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. En El Salvador se han obtenido resultados satisfactorios en cultivo de cebolla con temperaturas de  $18 - 35^{\circ}\text{C}$  y como se observa, las oscilaciones promedio de temperaturas mínimas y máximas están dentro del rango.

El óptimo de temperatura a la cual responde bien el cultivo de cebolla es de 12 a 24 °C (4,34,39,13).

Durante el período de germinación se tuvo una temperatura promedio del aire de 24 °C, dicha temperatura favoreció este proceso obteniéndose un 98% de germinación. Con respecto al desarrollo vegetativo del cultivo se observa en el cuadro 7 que el rango de temperatura durante los meses que duró el proceso osciló entre 17.5-29.4 °C, dicha temperatura favoreció el desarrollo de la planta en cuanto a altura y número de hojas en todos los tratamientos.

La humedad relativa durante el primer mes del ensayo fue de 91.0% la cual es relativamente alta y favoreció la germinación; en los meses restantes se mantuvo constante obteniéndose un promedio de 74.9% que favoreció el desarrollo del cultivo (cuadro 7).

El cultivo de la cebolla pertenece a las plantas de días largos, por lo que exige luminosidad alta, para aumentar el volumen de la cosecha (25). Para las condiciones de El Salvador se recomiendan las variedades de días cortos, para obtener bulbos de buen tamaño (13). En nuestro caso, el promedio de la duración del día fue de 8.0 horas luz (cuadro 7) y se obtuvieron bulbos con diámetros aceptables, considerando también, que la variedad utilizada es de días cortos.-

Las necesidades hídricas para el desarrollo del cultivo no se satisficieron con la precipitación pluvial promedio de 104.0 mm

(cuadro 7), debido a que el período del cultivo fue durante el último mes de la época lluviosa y los primeros meses de la época seca y para lograr un buen desarrollo del cultivo se programaron realizar riegos diarios para mantener el sustrato en condiciones adecuadas de humedad. A los 85 días de desarrollo del cultivo se redujeron los aportes de agua, para acelerar el crecimiento del bulbo y no propiciar condiciones favorables para el desarrollo de patógenos.

Cuadro 7. Promedios climáticos mensuales de T°, HR, HL, registrados de octubre 91- Enero 92 bajo los cuales estuvo expuesto el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502.

Datos climaticos	Unidades	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Promedio
Temperatura promedio del aire.	°C	24.0	23.9	24.0	23.9	23.9
Temperatura maxima del aire.	°C	28.7	29.2	29.4	30.3	29.4
Temperatura minima del aire.	°C	22.3	17.0	16.5	14.7	17.6
Humedad relativa del aire	%	81.0	72.0	74.0	72.6	74.9
Horas luz al día	h	7.0	8.8	7.9	8.4	8.0
Precipitación pluvial	mm	269.5	92.0	54.5	—	104.0
Velocidad del viento	m/seg	2.2	3.0	3.2	2.8	2.8
Rumbos	—	nor es te.	nor es te.	norte	norte	--

FUENTE: Estación Agrometeorológica de la Universidad de El Salvador, 1991-1992 en San Salvador.-

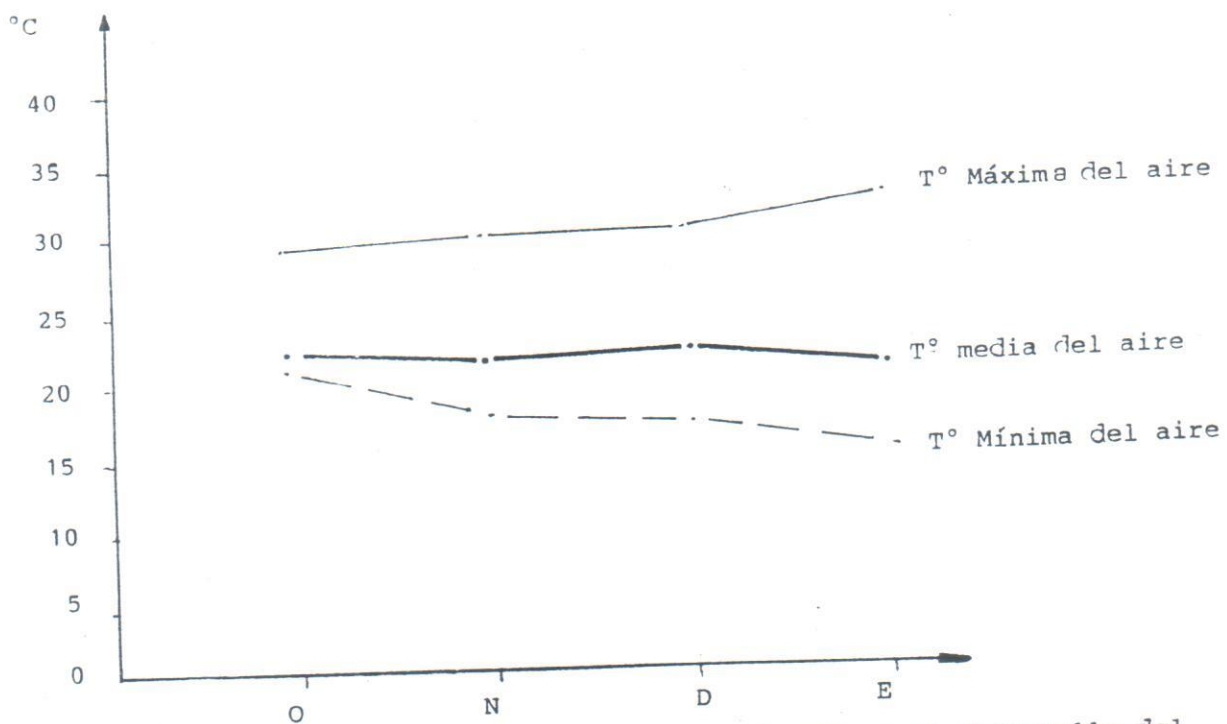


Fig. 3: Factores climáticos que incidieron en el desarrollo del cultivo: Temperatura máxima del aire, temperatura media del aire y temperatura mínima del aire.

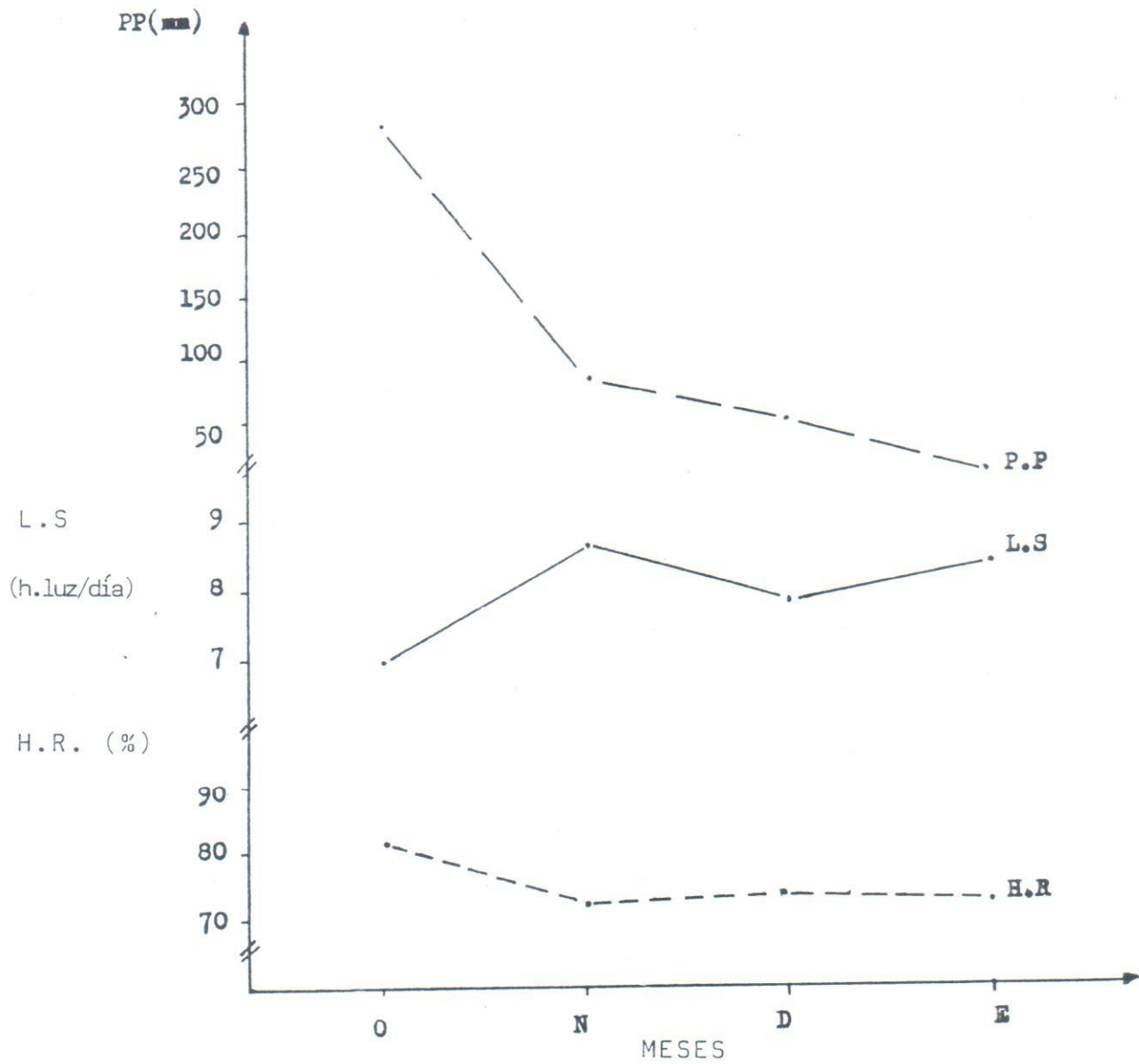


Fig. 4: Factores climáticos que insidieron en el desarrollo del cultivo: Precipitación pluvial, humedad relativa y luz solar.

#### 4.2. Análisis químico de las escorias volcánicas roja y negra.

El resultado del análisis químico de la escoria volcánica, tanto roja como negra demuestra que pueden ser materiales utilizables como sustratos en los sistemas hidropónicos, ya que, si bien es cierto no son materiales completamente inertes porque contienen elementos químicos en cantidades mínimas que no están disponibles para suplir necesidades nutricionales de las plantas, en un período largo si pueden aportar pequeñas cantidades.

La escoria volcánica roja presenta variaciones en las cantidades de los elementos, encontrándose en mayor proporción el calcio con 602.50 PPM, Fósforo 104.45 PPM y Magnesio con 70 PPM, en menor proporción se encuentra el cobre con 1.0 PPM. (Cuadro 8). La misma tendencia se manifiesta con la escoria volcánica negra, solamente que se incrementa el contenido de hierro.

#### 4.3. Aspectos generales del cultivo

En el cultivo hidropónico de cebolla se utilizó como sustrato la escoria volcánica roja, en este sustrato se depositó la semilla obteniendo un 98% de emergencia a los 7 días.

Las condiciones adecuadas del sustrato y la calidad de la semilla garantizaron la buena emergencia de las plántulas en todos los módulos.

Cuadro 8. Análisis químico de la escoria volcánica roja y escoria volcánica negra, utilizados como sustrato en cultivos hidropónicos.

Características	Escoria volcánica roja 1) Análisis FACCAA		Escoria volcánica roja 2) Análisis Colombia		Escoria volcánica negra Análisis FACCAA	
	Unidades	Valor	Unidades	Valor	Unidades	Valor
Textura	---	Vítrea	---	Vítrea	---	Vítrea
Estructura	---	Porosa	---	Porosa	---	Porosa
PH	---	7.1	---	8.4	---	6.7
Materia Orgánica	---	---	---	---	%	0.01
Nitrógeno Nítrico	PPM	35	---	---	---	---
Nitrógeno Total	---	---	%	0.02	---	---
Fósforo	PPM	104.45	PPM	44	PPM	187.5
Sodio	PPM	60.00	MEg/100 gr	0.1	PPM	12.6
Potasio	PPM	38.75	MEg/100 gr	0.17	PPM	11.7
Calcio	PPM	602.50	MEg/100 gr	2.53	PPM	395.0
Magnesio	PPM	70.00	MEg/100 gr	0.93	---	---
Manganeso	PPM	23.75	PPM	8.0	PPM	20.5
Cobre	PPM	1.00	PPM	1.5	PPM	1.30
Hierro	PPM	31.50	PPM	25.0	PPM	695.6
Zinc	PPM	2.18	PPM	1.7	PPM	9.70
Boro	---	---	PPM	0.41	---	---
Azufre	---	---	PPM	6	---	---

FUENTE: 1) Universidad de El Salvador, 1990.  
Informe de análisis de muestra de escoria volcánica roja,  
San Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

2) Informe de Análisis de muestra de escoria volcánica roja, 1990.  
Bogotá, Colombia Industrias Agroquímicas. COLJAP,



A los 15 días después de la siembra, las plántulas se presentaban fuertes y vigorosas y entonces se procedió a realizar el raleo y a dejar los distanciamientos propuestos en el ensayo.

La fase vegetativa transcurrió normalmente, mostrando todos los tratamientos un crecimiento casi uniforme (cuadro 9).

Sin embargo, la altura alcanzada por todos los tratamientos que incluían los programas de fertilización  $P_1$  y  $P_2$  superaron al final en un 4% a los tratamientos del programa  $P_3$ , y a otros trabajos realizados en el sistema de siembra a nivel tradicional (23).

Así mismo, en cuanto al número de hojas en la primera fase de desarrollo, los tratamientos con el programa  $P_2$  superaron a los programas  $P_1$  y  $P_3$  en 5% y 10% respectivamente; ésto se traduce en que los tratamientos de los programas  $P_2$  y  $P_1$  desarrollaron mayor área foliar que los tratamientos del programa  $P_3$ , posiblemente debido a la absorción más rápida del nitrógeno aportado por la urea (Cuadro 10).

En general se puede decir, que la fase vegetativa transcurrió normalmente (Fig. 5), mostrando las plantas una apariencia vigorosa. Sin embargo, a los 45 días el cultivo comenzó a presentar amarillamientos en el ápice de la lámina foliar en todos los módulos, pero no afectó el número de hojas por planta; a los 60 días se observó amarillamiento de las hojas basales y se aceleró la formación del bulbo (16). Se observó que utilizando la técnica de hidropónia se reduce el ciclo vegetativo de los cultivos en comparación con el sistema tradicional.-

Cuadro 9. Altura promedio de las plantas de cebolla (cm) sometidos a tres programas de fertilización y tres densidades de siembra.

Tratamientos	1a. Muestreo 15 días	2o. Muestreo 30 días	3o. Muestreo 45 días	4o. Muestreo 60 días
T1 = P1d1	10.49	22.85	40.43	54.58
T2 = P1d2	10.83	24.0	48.13	59.92
T3 = P1d3	10.49	23.27	44.46	56.46
T4 = P2d1	10.50	23.45	42.94	56.29
T5 = P2d2	10.75	25.32	47.60	56.65
T6 = P2d3	10.76	25.95	48.21	58.83
T7 = P3d1	11.33	20.55	42.27	56.22
T8 = P3d2	10.87	21.87	39.79	53.06
T9 = P3d3	10.66	22.02	41.25	54.70

P1: Programa base d1 = 4 cm

P2: Programa base más el 50% d2 = 6 cm

P3: Programa base sustituyendo d3 = 8 cm

la urea por Nitroma9-calcareo

Cuadro 10. Número de hojas promedio por planta de cebolla sometidas a tres programas de fertilización y tres densidades de siembra.

Tratamientos	1o. Muestreo 63 días	2o. Muestreo 97 días
T1 = P1d1	4.97	5.90
T2 = P1d2	5.72	6.72
T3 = P1d3	5.82	6.70
T4 = P2d1	5.32	6.52
T5 = P2d2	5.95	6.30
T6 = P2d3	6.15	6.50
T7 = P3d1	5.12	6.72
T8 = P3d2	5.17	6.42
T9 = P3d3	5.37	6.67

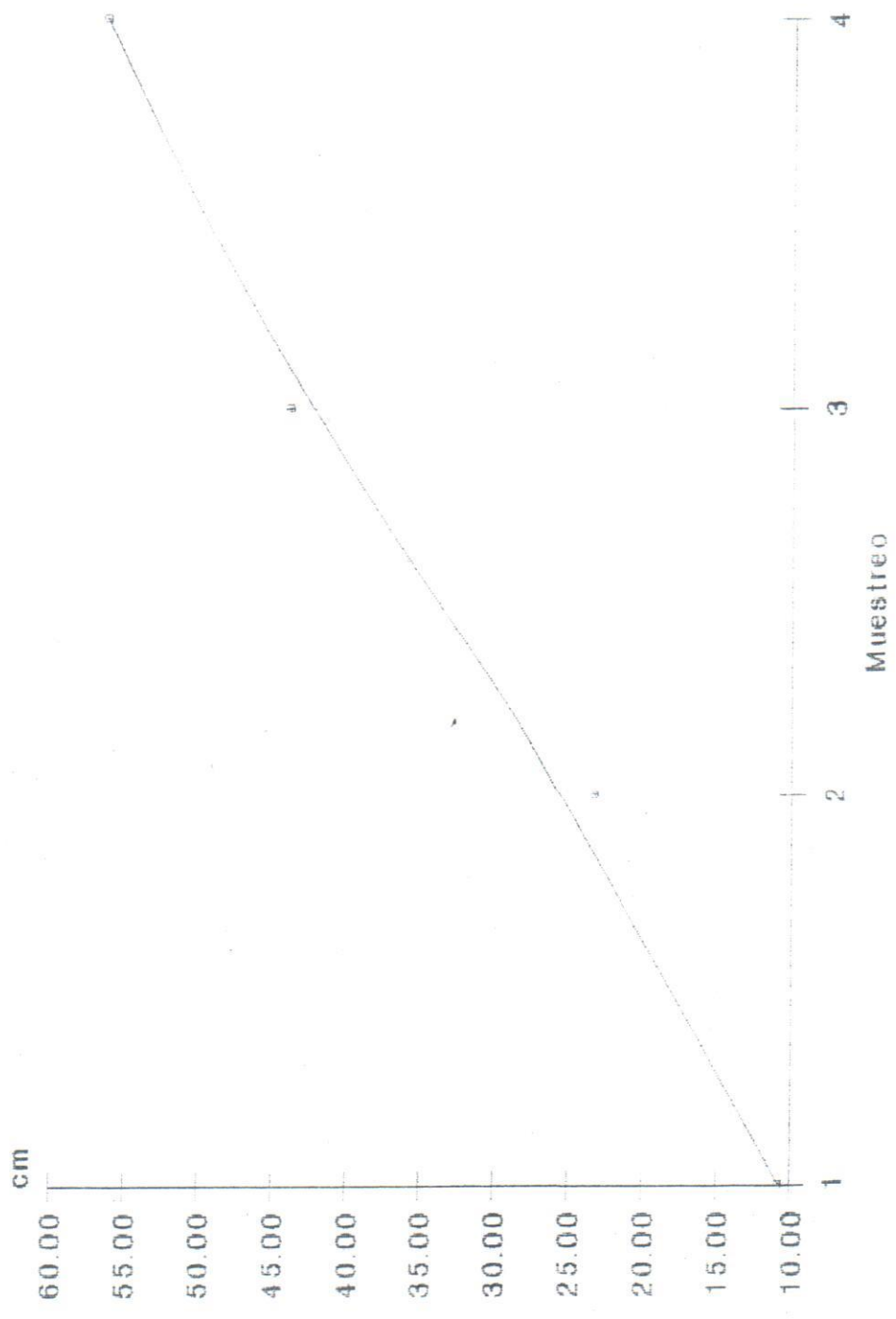


Fig. 5: Curva de crecimiento de la planta de cebolla bajo cultivo hidropónico con tres distanciamientos entre planta y tres programas de fertilización

#### 4.3.1. Control de Plagas y Enfermedades.

En el cultivo hidropónico de cebolla, durante sus primeras etapas de crecimiento hasta los 45 días después de la siembra, las plantas no mostraron problemas de plagas y enfermedades. En cuanto al programa de control de plagas no hubo necesidad de ejecutarlo, ya que los niveles de daño fueron mínimos; sin embargo, se observaron algunos insectos como tortuguillas: Diabrotica viridula, Ceratomyza sp; y larvas u orugas de Dhiaphania sp.

En cuanto al programa de control de enfermedades, hasta los 45 días de edad del cultivo se mantuvo, semanalmente un control preventivo utilizando una mezcla de Ridomil y Benlate a una concentración de 90 PPM. Después de este período las plantas fueron atacadas en forma general por la enfermedad mancha púrpura, cuyo agente causal es el hongo Alternaria porri; comprobando dicho signo, por análisis fitopatológicos de muestras de plantas dañadas realizados en los laboratorios de protección vegetal de la Facultad de CC. AA. Para controlar dicho hongo se aumentó la dosis en las aplicaciones de Ridomil y Benlate a 150 PPM y se intercalaron aplicaciones de Manzate a 200 PPM, lográndose controlar la enfermedad, permitiendo así que las plantas llegaran a cosecha.

#### 4.4. Altura de planta y número de hojas

El crecimiento y desarrollo de las plantas de cebolla se llevó a cabo uniformemente en todos los tratamientos, lo cual -

se demuestra al confrontar los análisis de varianza de alturas de las plantas de cebolla de cada uno de los cuatro muestreos realizados; no hubo diferencias significativas ni al 1% ni al 5% (Cuadros A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9).

Las plantas mostraron una apariencia vigorosa y al último muestreo (60 días) los tratamientos que incluían los programas de fertilización  $P_1$  y  $P_2$  superaban ligeramente al  $P_3$  en cuanto a altura de plantas (cuadros 9 y 11).

Cuadro 11. Altura promedio de las plantas a los 60 días de edad del cultivo (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	$\bar{X}_d$
$d_1$	54.58	56.29	56.22	55.70
$d_2$	59.92	56.65	53.06	56.54
$d_3$	56.46	58.83	57.70	56.66
XP	56.99	57.26	54.66	

Igualmente, los tratamientos que incluían los distanciamientos más amplios superaban ligeramente a los distanciamientos más cerrados (cuadros 9 y 11 y Fig. 5), lo mismo sucedió con la variable número de hojas por planta (cuadros 10 y 12). Sin embargo, con el muestreo realizado para el número de hojas por planta a los 63 días de la siembra el análisis de varianza mostró que existe diferencia entre Programas y densidades (cuadro 13).

Cuadro 12. Número de hojas por planta a los 63 días de edad del cultivo utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	$\bar{x}_d$
d <sub>1</sub>	4.97	5.32	5.12	5.14
d <sub>2</sub>	5.72	5.95	5.17	5.61
d <sub>3</sub>	5.82	6.15	5.37	5.78
XP	5.50	5.80	5.22	

El análisis de varianza mostró que existe diferencia entre los tratamientos, las fuentes de fertilización y los distanciamientos (cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de varianza del número de hojas por planta a los 63 días de edad del cultivo utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

F. de V.	Grados de Libertad	suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.Calc.	F. Tablas	
					5%	1%
Programa (A)	2	2.04	1.021	3.81*	3.35	5.49
Densidades (B)	2	2.66	1.330	4.97*	3.35	5.49
Interacción (AxB)	4	0.69	0.172	0.64 NS	2.73	4.11
Error	27	7.23	0.268			

La prueba de Duncan demostró que entre el programa base ( $P_1$ ) y el Programa base aumentado en un 50% ( $P_2$ ) no hubo diferencias significativas, pero si la hubo con el Programa Sustituto ( $P_3$ ). Lo que demuestra que el Nitrógeno de la urea de los programas  $P_2$  y  $P_1$ , es incorporado más rápido al metabolismo de la planta provocando una mayor área foliar fotosintetizadora (cuadro 14).

Cuadro 14. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tres programas de fertilización en el número de hojas por planta de cebolla al 5% de significancia.

Programas	medias	Diferencia de medias
P2	5.80	A
P1	5.50	AB
P3	5.22	B

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

Tambien la prueba de Duncan , establece que hay diferencia significativa entre los distanciamientos, resultando los distanciamientos d3 (8 cm) y d2 (6 cm) superiores al distanciamiento d1 (4 cm) (cuadro 15).

Cuadro 15. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tres densidades de siembra en el número de hojas por planta de cebolla al 5 % de significancia.

Densidades	medias	diferencia de medias.
d3	5.78	A
d2	5.62	A
d1	5.14	B

Como resultado se tiene que los tratamientos más rendidores de área foliar en su orden son los siguientes : P2 d3, P2 d2 y P1 d3

#### 4.5. Peso de bulbos

Para el análisis de esta variable se tiene el peso promedio de los bulbos por tratamiento (cuadro 16), el análisis de varianza del peso de los bulbos (cuadro 17) y un cuadro resumen del número y peso total de bulbos y peso promedio de bulbos de los diferentes tratamientos (Cuadro 18).

Como se observa al analizar el cuadro 17, se aprecia que no existe diferencias significativas entre tratamientos, pro -



Cuadro 16. Peso promedio de bulbos en  $g/m^2$  utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	X <sub>d</sub>
d <sub>1</sub>	4001.00	4242.15	4526.00	4256.38
d <sub>2</sub>	4809.70	4362.75	4178.40	4450.28
d <sub>3</sub>	4299.00	4071.90	4377.00	4249.30
XP	4369.90	4225.60	4360.46	

Cuadro 17. Análisis de varianza del peso promedio de los bulbos aplicando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.-

F. de V.	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calc.	F. Tablas 5%	F. Tablas 1%
A	2	1564401.95	78200.97	0.09 NS	3.35	5.49
B	2	312166.75	156083.37	0.18 NS	3.35	5.49
AB	4	1440107.51	360026.87	0.41 NS	2.73	4.11
	27	23786082.68	880966.02			

gramas de fertilización, distanciamientos e interacciones de programas y distanciamientos. Sin embargo en el cuadro 16, se logra percibir alguna diferencia entre los programas de fertilización, observándose que los programas  $P_1$  y  $P_3$  superan al programa  $P_2$  y que entre los tres distanciamientos no existe una clara diferencia. También, se observa que los mejores tratamientos fueron:  $P_1d_2$ ,  $P_3d_1$  y  $P_3d_3$ . El programa  $P_2$  en el cual se aumentó la dosis en un 50% con respecto al programa base  $P_1$ , ocasionó un mayor desarrollo de follaje en detrimento del crecimiento del bulbo. En cambio con los programas  $P_1$  y  $P_3$ , se permite una mejor distribución de los fotoasimilados a todos los órganos de la planta. Además con el programa  $P_2$  se está promoviendo más la asimilación del nitrógeno amoniacal, que acumulado a determinados niveles puede ocasionar toxicidad a la planta y debe, por tanto, tenerse cuidado al elevar el nivel de urea que se ha propuesto en dicho programa.

Como ya se dijo, los distanciamientos no influyen sobre las diferencias en el peso de los bulbos, coincidentemente se ha demostrado que los distanciamientos entre surcos y entre plantas tienen mayor efecto sobre el tamaño de los bulbos que sobre el rendimiento (45).

Al analizar el cuadro 18, se encuentran mayores pesos promedios de los bulbos con los programas  $P_3$  y  $P_1$  con relación al obtenido en el programa  $P_2$ .

Cuadro 18. Número total, peso total y peso promedio de bulbos de los diferentes tratamientos en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

Tratamientos	No. total de bulbos	Peso total de bulbos (g)	Peso promedio de bulbos (g)
T1 = P1d1	748	16004.0	21.39
T2 = P1d2	547	19238.8	35.17
T3 = P1d3	439	17196.0	39.17
T4 = P2d1	761	16968.6	22.29
T5 = P2d2	576	17451.0	30.29
T6 = P2d3	452	16287.6	36.03
T7 = <u>P</u> <sub>3</sub> d1	798	18104.0	28.18
T8 = P3d2	593	16713.6	28.18
T9 = <u>P</u> <sub>3</sub> d3	44	17508.0	39.43

#### 4.6. Diámetro de los bulbos

De acuerdo a los resultados obtenidos puede observarse que, en forma general los diámetros de los bulbos fueron mayores cuando se utilizaron menores densidades de siembra y en los tratamientos en que se utilizó el programa base de fertilización  $P_1$  (Cuadro 19).

El análisis de varianza corroboró que existen diferencias significativas entre las densidades de siembra al 1% y entre los programas de fertilizaciones al 5% (Cuadro 20).

La prueba de Duncan estableció que entre las menores densidades de siembra ( $d_3$  y  $d_2$ ) no existe diferencias significativas; pero sí existen diferencias entre las menores contra las mayores densidades de siembra ( $d_3-d_2$  vrs.  $d_1$ ) (cuadro 21). También la prueba de Duncan demostró que el programa base de fertilización  $P_1$  difiere estadísticamente del programa complementario  $P_2$  y del programa sustitutivo  $P_3$  (cuadro 22).

En otras investigaciones realizadas (45), se ha encontrado que cuando los distanciamientos son mayores ( $d_3$ ) se obtienen los mayores diámetros de bulbos (4.50 cm) y cuando los distanciamientos son menores ( $d_1$ ) se obtienen los menores diámetros de bulbos (3.80 cm).

En la figura 6, se aprecia objetivamente la interrelación entre programas de fertilización, densidades de siembra y diá-

metros de bulbos; se confirma que el programa base  $P_1$  supera a los programas  $P_2$  y  $P_3$  y además se observa la tendencia decreciente en el diámetro de los bulbos que ocasiona el programa  $P_2$ , lo que supone el efecto negativo del Nitrógeno amoniacal presente en la urea, y que al seguir incrementándolo puede llegar a ser no solo depresivo sino que también tóxico para la planta.

Se observa que al aumentar los distanciamientos entre las plañas (4,6 y 8 cm) se aumenta el diámetro del bulbo. Este efecto es importante, ya que se puede controlar, el tamaño del bulbo manejando la densidad de siembra. En la figura 7, se expresa la relación matemática entre el diámetro de los bulbos y la densidad de bulbos por metro cuadrado, obteniéndose una relación inversa entre estas dos variables y que se explica por la competencia que establecen las plantas del mismo cultivo, principalmente por espacio y luz, lo que se ha dado por llamar competencia intraespecífica (19).

Cuadro 19. Diámetro promedio de bulbos (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	Xd
d <sub>1</sub>	3.83	3.77	3.73	3.80
d <sub>2</sub>	4.42	4.05	3.98	4.2
d <sub>3</sub>	4.86	4.13	4.39	4.50
XP	4.40	4.00	4.03	

Cuadro 20. Análisis de varianza de los diámetros de bulbos (cm) usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502.

F. de V.	Grados de libertad	Sra de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.Calc.	F. 5%	Tabla 1%
Programas (A)	2	1.06	0.529	3.40 *	3.35	5.49
Densidades (B)	2	2.82	1.408	9.04**	3.35	5.49
Interacción (AxB)	4	0.50	0.125	0.80 NS	2.73	4.11
Error	27	4.21	0.156			

Cuadro 21. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de densidades de siembra en los diámetros de los bulbos, en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502 al 1% de significancia.

Densidades	Medias	Diferencias de Medias
d3	4.50	A
d2	4.20	AB
d1	3.80	B

Cuadro 22. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tres programas de fertilización en el diámetro de los bulbos en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502 al 5% de significancia.

Programas	Medias	Diferencia de Medias
P1	4.40	A
P3	4.03	B
P2	4.00	B

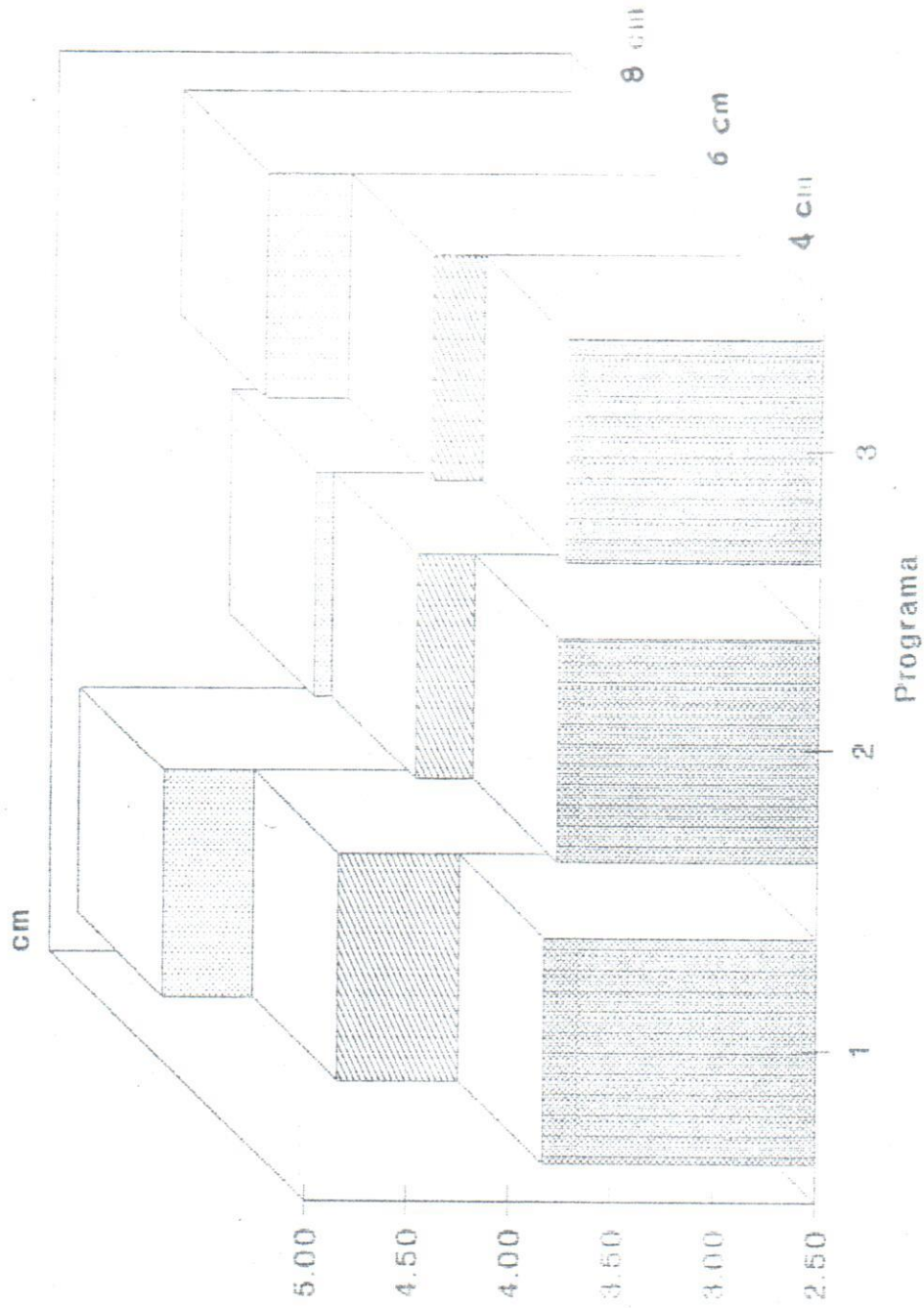
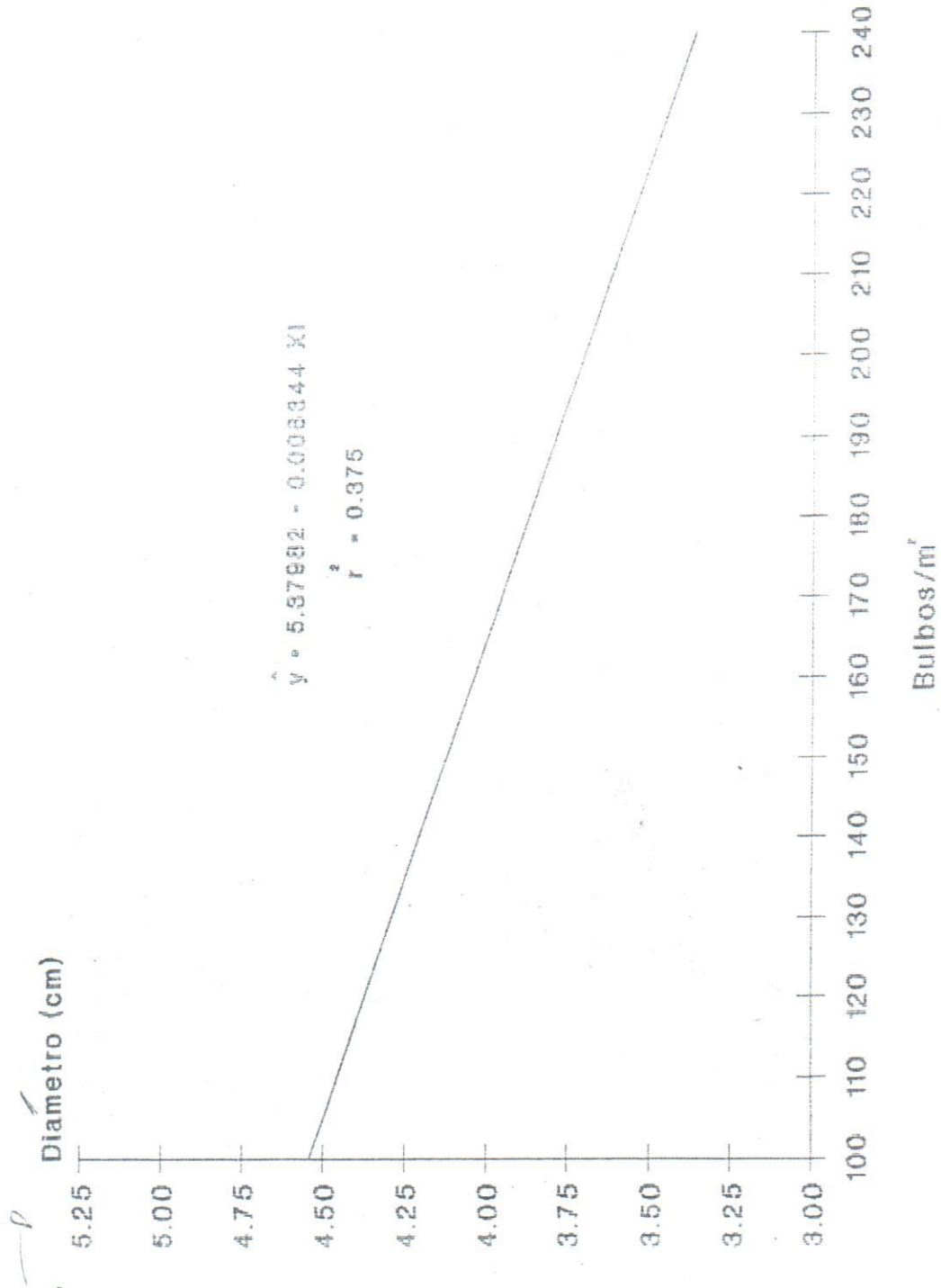


Fig. 6: Diámetro de los bulbos de cebolla bajo cultivo hidropónico con diferentes distanciamientos entre planta y diferentes programas de fertilización





Fig! 7: Efecto de la densidad de siembra sobre el diametro de bulbos de cebollas bajo cultivo hidropónico

#### 4.7. Número total de bulbos por metro cuadrado

Con relación al número de bulbos por metro cuadrado se obtuvieron resultados que se esperaban ya que a una mayor densidad ( $d_1$ ) se obtuvo un alto número de bulbos en comparación a las densidades menores  $d_2$  y  $d_3$  en donde el número de bulbos fue menor (cuadro 23).

El análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas entre las densidades de siembra al 1% (cuadro 24).

La prueba de Duncan estableció que entre las densidades de siembra ( $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$ ) existen diferencias significativas ya que en cada una de ellas se obtuvo diferente número de bulbos (cuadro 25), inclusive superando resultados obtenidos en investigaciones en el cultivo de cebolla a nivel tradicional en donde reportan 66-100 bulbos por metro cuadrado (2,19).

Estos resultados obtenidos nos dan la pauta de la densidad para obtener mayor o menor número de bulbos y del tamaño que el mercado prefiera. A un menor distanciamiento los bulbos serán más pequeños que a un distanciamiento mayor.

Cuadro 23. Número total de bulbos/m<sup>2</sup> de cebolla (Allium cepa) usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra.

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	$\bar{X} d$
$d_1$	187.00	190.25	199.50	192.50
$d_2$	136.75	144.00	148.25	143.00
$d_3$	109.75	113.00	111.00	111.25
XF	144.50	149.08	152.91	

Cuadro 24. Análisis de varianza del número total de bulbos/m<sup>2</sup> de cebolla (Allium cepa) , usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra.

F. DE V.	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F. CALC.	F. TABLA	
					5%	1 %
Programas (A)	2	426.17	213.083	1.12 NS	3.35	5.49
Densidades (B)	2	39978.50	19989.50	105.00 **	3.35	5.49
Interacción (AxB)	4	202.33	50.583	0.27	2.73	4.11
Error	27	5140.00	190.37			

Cuadro 25. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de densidades en el número total de bulbos/m<sup>2</sup> en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow, Grano 502 al 1% de significancia

DENSIDADES	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS
d <sub>1</sub>	192.25	A
d <sub>2</sub>	143.00	B
d <sub>3</sub>	111.25	C

#### 4.8. Distribución de los bulbos en clases

La distribución de los bulbos de los diferentes tratamientos en el cultivo hidropónico de cebolla se realizó en tres clases diamétricas, las cuales fueron establecidas por Chinchilla (12), en el que se consideran bulbos de primera, segunda y tercera clase.

En el cuadro 26 se presenta la distribución de los bulbos en las tres clases diamétricas. En forma general se observó que en todos los tratamientos la tendencia en que se distribuyen los bulbos es de 20% de bulbos de primera clase, 50% de segunda clase y 30% de tercera clase; se puede decir que el 70% de la cosecha obtenida está incluida en la clase 1 y 2 y el 30% restante en la clase 3.

Cuadro 26. Distribución de bulbos en clases diamétricas obtenidas en los diferentes tratamientos en el cultivo hidropónico de cebolla (allium cepa) var. Texas Yellow -- Grano 502.

CLASES	CLASE 1: > 4cm		clase 2: <4>2cm		CLASE 3: <2 cm.	
	No.	%	No.	%	No.	%
$P_1 d_1$	17	9.57	78.75	42.30	91.25	48.14
$P_1 d_2$	30	21.73	75.25	55.22	31.5	23.05
$P_1 d_3$	28	25.48	56.5	51.52	25.25	22.99
$P_2 d_1$	15.75	8.32	92.75	48.66	81.75	43.01
$P_2 d_2$	25.75	17.74	79.0	54.84	39.25	27.41
$P_2 d_3$	40.5	35.80	45.0	39.97	27.5	24.23
$P_3 d_1$	26.75	12.82	99.25	52.41	73.5	37.26
$P_3 d_2$	23.25	15.75	74.25	50.21	50.75	34.03
$P_3 d_3$	34.25	25.65	52.0	46.90	24.75	22.46
$\bar{X}$	26.8	19.2	72.53	49.1	49.5	31.4

En el cuadro 27, se expresa el efecto de las densidades en los bulbos de primera clase y se observa que en los distanciamientos mayores ( $d_3$ ) hay mayor porcentaje de bulbos de primera clase (28.7) que en los distanciamientos menores.

Los tratamientos en donde predominan bulbos de primera clase son  $P_2d_3$ ,  $P_3d_3$ ,  $P_1d_3$ ,  $P_1d_2$  y  $P_2d_2$  de mayor a menor porcentaje, respectivamente. La apreciación anterior se comprueba en el análisis de varianza, el cual establece diferencia significativa al 1% en las densidades de siembra (cuadro 28) y la prueba de Duncan (cuadro 29) revela que los distanciamientos mayores  $d_3$  y  $d_2$  presentan mayor porcentaje de bulbos clase 1. El índice de correlación demuestra que los bulbos de primera clase están influenciados por los distanciamientos mayores  $d_3$  y  $d_2$ .

Cuadro 27. Distribución de bulbos de cebolla (Allium cepa) de primera clase/m<sup>2</sup>, usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra.

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\bar{x}_d$
$d_1$	9.57	8.32	12.82	10.24
$d_2$	21.73	17.74	15.75	18.40
$d_3$	25.48	35.80	25.65	28.97
$\bar{x}_p$	18.92	20.62	18.07	

Cuadro 28. Análisis de varianza en porcentaje de bulbos de cebolla (Allium cepa) de primera clase/m<sup>2</sup>, usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra.

F. DE V.	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.CAL.	F. TABLA	
					5%	1%
Programas (A)	2	40.27	20.133	0.12 <sup>NS</sup>	3.35	5.49
Densidades (B)	2	2117.95	1058.977	6.48 <sup>**</sup>	3.35	5.49
Interacción (AXB)	4	356.07	89.017	0.54 <sup>NS</sup>	2.73	4.11
Error	27	4414.48	163.499			

Cuadro 29. Prueba de Duncan para diferencia de medias de bulbos de primera clase en tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) al 1% de significancia.

DENSIDADES	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS
d <sub>3</sub>	28.97	A
d <sub>2</sub>	18.40	AB
d <sub>1</sub>	10.24	B

En relación a los bulbos de segunda clase, los distanciamientos no influyeron en gran medida en esta clasificación diamétrica ya que se tienen resultados similares en cada uno de los distanciamientos (cuadro 30).

Aunque el análisis de varianza (cuadro 31) de los bulbos de segunda clase mostró significancia al 5% en las densidades de siembra y la prueba de Duncan expresa que los distanciamientos  $d_2$  vs  $d_1$  y  $d_1$  vs  $d_3$  son iguales pero el  $d_2$  y  $d_3$  son diferentes estadísticamente (cuadro 32).

Sin embargo mediante el análisis de correlación entre bulbos -- clase 2 y las densidades de siembra se comprobó que no existe correlación alguna; ya que para obtener bulbos de esta clase se puede utilizar cualquiera de las tres densidades de siembra.

Cuadro 30. Distribución en porcentaje de bulbos de segunda clase/m<sup>2</sup>, usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502.

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	x d
d <sub>1</sub>	42.30	48.66	52.41	47.45
d <sub>2</sub>	55.22	54.84	50.21	53.42
d <sub>3</sub>	51.52	39.97	46.90	46.12
$\bar{X}P$	49.67	47.82	49.83	



Cuadro 31. Análisis de varianza de la distribución en porcentaje de bulbos de segunda clase/m<sup>2</sup> utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

F. DE V.	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.CAL.	F. TABLA	
					5%	1%
Programas (A)	2	30.07	15.035	0.30	3.35	5.49
Densidades (B)	2	351,27	175.637	3.55*	3.35	5.49
Interacción (AxB)	4	511.96	127.991	2.59	2.73	4.11
Error	27	1334.48	49.425			

Cuadro 32. Prueba de Duncan para diferencias de medias de bulbos de segunda clase en tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502 al 1% de significancia.

DENSIDAD	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS
d <sub>2</sub>	53.42	A
d <sub>1</sub>	47.45	AB
d <sub>3</sub>	46.12	B

Los porcentajes de bulbos de tercera clase se expresan en el cuadro 33, y se puede observar el efecto que ejercieron las densidades de siembra, por lo que se puede decir que en los distanciamientos menores ( $d_1$ ) hay mayor porcentaje de bulbos de tercera clase (42.80), que en los distanciamientos mayores ( $d_3-d_2$ ).

También se puede notar que los tratamientos en donde hay mayor porcentaje de bulbos de tercera clase son:  $P_1d_1$ ,  $P_2d_1$ ,  $P_3d_1$ ,  $P_3d_2$  y  $P_2d_2$ . Esto puede ser comprobado con el análisis de varianza de los bulbos de esta clase el cual establece diferencia significativa al 1% en las densidades de siembra (cuadro 34).

La prueba de Duncan demuestra que con el distanciamiento  $d_1$  se tiene el mayor porcentaje de bulbos clase 3 y los distanciamientos  $d_2$  y  $d_3$  son iguales, pero que éstos dos son diferentes al  $d_1$  (cuadro 35). Al realizar el análisis de correlación entre el porcentaje de bulbos de tercera clase y las densidades de siembra se demostró que a mayor densidad de plantas se obtiene mayor proporción de bulbos clase 3.

Cuadro 33. Distribución en porcentaje de bulbos de tercera clase/m<sup>2</sup> utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502.

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	X̄ <sub>d</sub>
d <sub>1</sub>	48.14	43.01	37.26	42.80
d <sub>2</sub>	23.05	27.41	34.03	28.16
d <sub>3</sub>	22.99	24.23	22.46	23.22
XP	31.38	31.54	31.25	

Cuadro 34. Análisis de varianza de la distribución en porcentaje de bulbos de tercera clase/m<sup>2</sup> usando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas Yellow Grano 502.

F. DE V.	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.CALC.	F TABLA	
					5%	1%
Programas (A)	2	0.54	0.270	0.00	3.35	5.49
Densidades (B)	2	2487.62	1243.811	11.63**	3.35	5.49
Interacción (AxB)	4	487.52	121.881	1.14	2.73	4.11
Error	27	2886.64	106.913			

Cuadro 35. Prueba de Duncan para diferencia de medias de bulbos de tercera clase en tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) var. Texas yellow Grano 502 al 1% de significancia.

DENSIDAD	MEDIAS	DIFERENCIAS MEDIAS
$d_1$	42.80	A
$d_2$	28.16	B
$d_3$	23.22	B

En la figura 8 se presenta la distribución de los bulbos por clase diamétrica, y se observa el efecto de los distanciamientos en las clases. En el distanciamiento  $d_3$ , el porcentaje de los bulbos clase 1 es de 29.47%, en el distanciamiento  $d_2$  disminuye a un 18.41% y en el distanciamiento  $d_1$  se reduce hasta un 10.16%.

La clase 2 es similar en los tres distanciamientos, oscilando entre 46-53% y los bulbos clase 3 predominan en el distanciamiento  $d_1$  casi duplicando los valores obtenidos en  $d_3$  y  $d_2$ , por lo que se puede afirmar que el tamaño de los bulbos está influenciado por las densidades de siembra y se corrobora la competencia intraespecífica (19).

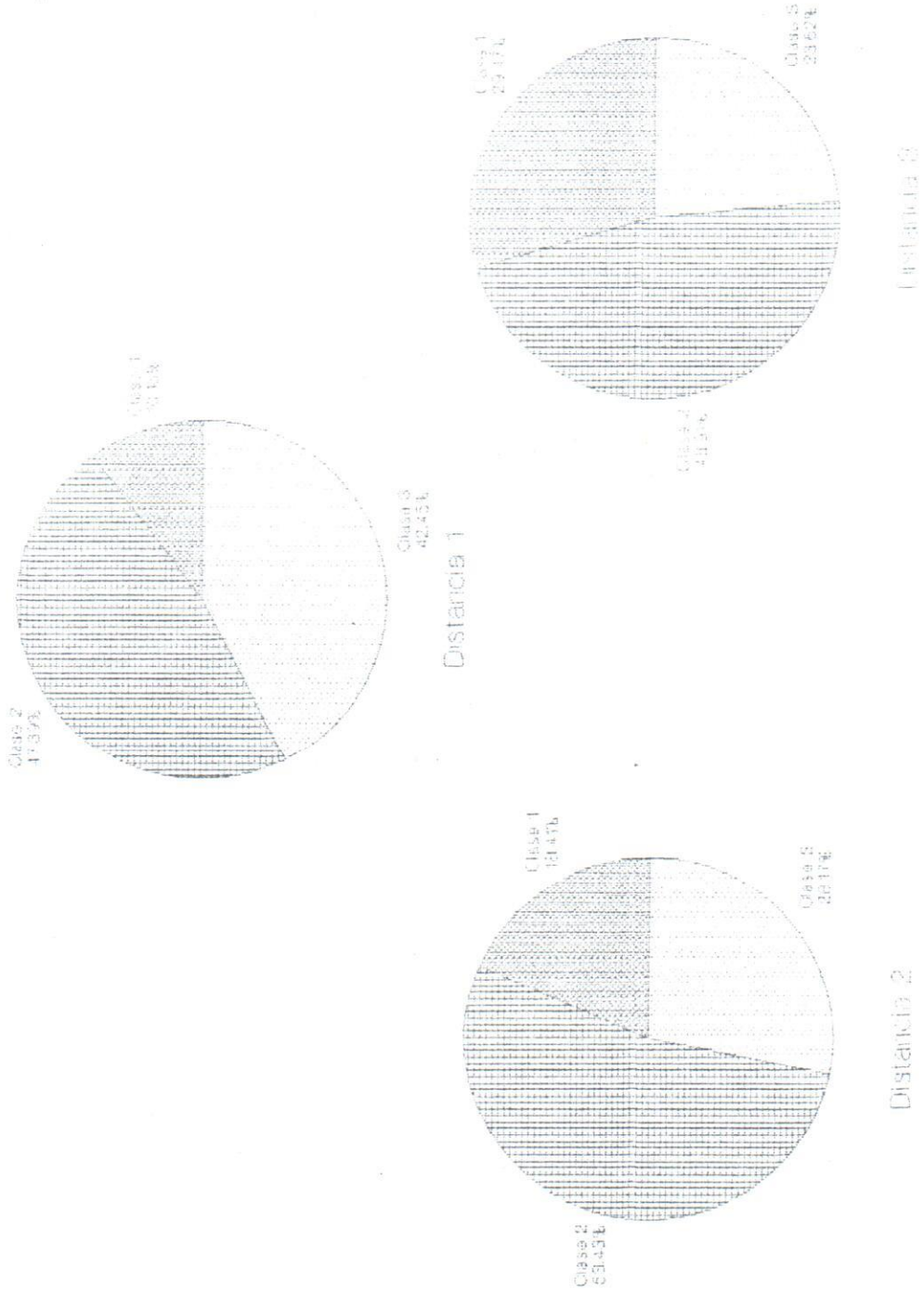


Fig:8 Distribución de la producción por clase de cebolla en los tres distanciamientos.

#### 4.9. Análisis de Beneficio-costo

Para el análisis de beneficio costo se seleccionaron los tratamientos por programas que mejor respondieron a las fuentes de fertilizante y densidades de siembra en cuanto a diámetro del bulbo, pudiéndose realizar además con cualquier tratamiento, los mejores tratamientos fueron  $P_1d_3$ ,  $P_2d_3$ ,  $P_3d_3$  del programa base, del programa base más el 50% y del programa base sustituyendo la urea por Nitromag calcáreo respectivamente y el distanciamiento de 8 cm entre plantas.

El programa base de Blaukor más urea con el distanciamiento  $P_1d_3$  resultó ser el mejor porque se obtuvo el mayor diámetro y resulta más barato.

El análisis de beneficio-costo demostró que utilizando el programa base de Blaukor más urea se tuvo un costo de  $\$ 20.80/m^2$ , con un beneficio de  $\$ 37.5/m^2$  y un ingreso neto de  $\$ 16.7/m^2$  (Cuadro 36).

El análisis de costo para el programa base más el 50% demostró que se tuvo un costo de  $\$ 22.20/m^2$ , con un beneficio de  $37.5/m^2$  y un ingreso neto de  $\$ 15.3 /m^2$  (Cuadro 37). Para el programa base sustituyendo la urea por Nitromag calcáreo se tuvo un costo de  $\$ 21.9 /m^2$ , con un beneficio de  $37.5/m^2$  y un ingreso neto de  $\$ 15.6/m^2$  (Cuadro 38).

La diferencia del ingreso neto entre el programa base y el programa base más el 50% fue de  $\$ 1.4/m^2$ .

La diferencia entre el programa base y el programa base sustituyendo la urea por Nitromag calcáreo fue de  $\$ 1.10/m^2$ , por lo que resultó ser más rentable el tratamiento  $P_1d_3$  del programa base.

Cuadro 36. Costos del cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502, utilizando el programa base de fertilización (P1).

Area : 1 m<sup>2</sup>  
 Costo/m<sup>2</sup> : ¢ 20.80  
 Ingresos/m<sup>2</sup> : ¢ 37.50  
 Ingresos neto/m<sup>2</sup>: 16.70

Detalles	Cantidad Utilizada	Precio por Unidad	Costo total	Amortización (No. de cosechas)
MATERIALES	65.55			
- módulo		30	30	9 3.33
- Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	1.75	2.10	6 0.35
- Escoria	1 (saco)	3.45	3.45	9 0.38
- Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	30.00/1.5 m <sup>2</sup>	30	9 3.33
EQUIPO	48			
- Atonizador	1	18	18	3 6.0
- Regadera	1	30	30	9 3.33
INSUMOS	4.088			
- Fertilizante abo no azul	280 gr	2.47/280 gr	2.47	2.47
- Fertilizante Urea	150 gr	0.33/150 gr	0.33	0.33
- Bayfolan	60 cc	1.20/60 cc	1.20	1.20
- Semilla	0.25 gr	0.088/0.25 gr	0.088	0.088
COSTO TOTAL				¢ 20.80

Cuadro 37. Costos del cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502, utilizando el programa base más el 50% de fertilización (P2).

Area : 1 m<sup>2</sup>  
 Costo/m<sup>2</sup> : 22.20  
 Ingresos/m<sup>2</sup> : 37.50  
 Ingreso Neto : ¢ 15.30

Detalles	Cantidad utilizada	(¢) Precio por unidad	Costo Total	Amortización (Nc. de cosechas)	
MATERIALES	65.55				
- Módulo		30	30	9	3.33
- Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	1.75	2.10	6	0.35
- Escoria	1(saco)	3.45	3.45	9	0.38
- Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	30.00/1.g	30	9	3.33
EQUIPO	48				
- Atomizador	1	18	18	3	6.0
- Regadera	1	30	30	9	3.33
INSUMOS	5.478				
- Fertilizante akono azul	420 gr	3.7/420 gr	3.7		3.7
- Fertilizante Urea	225 gr	0.49/225 gr	0.49		0.49
- Bayfolan	60 cc	1.20/60cc	1.20		1.20
- Semilla	0.25 gr	0.088/0.25 gr	0.088		0.088
TOTAL					22.20



Cuadro 38. Costos del cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502, utilizando el programa base de fertilización sustituyendo la urea por nitromag calcáreo (P3).

Area : 1 m<sup>2</sup>  
 Costo/m<sup>2</sup> : ¢ 21.90  
 Ingreso/m<sup>2</sup> : ¢ 37.50  
 Ingreso Neto : ¢ 15.60

Detalles	Cantidad utilizada	Precio por Unidad	Costo Total	Amortización (No. de cosechas)
MATERIALES	65.65			
- Módulo		30	30	9 3.33
- Plástico	1.20 m <sup>2</sup>	1.75	2.10	6 0.35
- Escoria	1(saco)	3.45	3.45	9 0.38
- Zaranda	1.5 m <sup>2</sup>	30.00/1.5	30	9 3.33
EQUIPO	48			
- Atomizador	1	18	18	3 6.0
- Regadera	1	30	30	9 3.33
INSUMOS	5.448			
- Fertilizante abono azul	280. gr	2.47/280 gr	2.47	2.47
- Fertilizante nitromag - calcáreo	150 gr	0.49/150 gr	0.49	0.49
- Bayfolan	120 cc	2.40/120cc	2.40	2.40
- Semilla	0.25 gr	0.088/0.25 gr	0.088	0.088
TOTAL				21.9

## 5. CONCLUSIONES

- El programa base de fertilización utilizando Blaukor más Urea para el cultivo de cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502 es excelente por ser económico en el sistema hidropónico en comparación con los otros programas utilizados.
- El tratamiento en el cual se obtuvo el mayor diámetro del bulbo fue el  $P_1d_3$  del programa base en donde se aplicaron 28 gr/m lineal de Blaukor, 15 gr/m lineal de urea y 60 cc de Bayfolán con el distanciamiento de 8 cm entre planta, considerado éste el mejor distanciamiento.
- Las clases diamétricas de los bulbos en cuanto a tamaño están en función de la densidad y de las exigencias del mercado.
- Se comprobó que el diámetro del bulbos está en relación inversa a la densidad de siembra.
- El diámetro de los bulbos está influenciado significativamente por las densidades de siembra.
- Los programas de fertilización influyen en el diámetro de los bulbos pero no tan significativamente.-

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar más trabajos de investigación para afinar programas de fertilización y densidades de siembra.
- Utilizar blaukor y urea en dosis de 28 gr/m lineal y 15 gr/m lineal respectivamente, debido a que son fertilizantes económicos y se aseguran rendimientos aceptables.
- Sembrar a 4, 6 y 8 cm el cultivo de cebolla utilizando la técnica de hidropónia, según el diámetro que se desee da buenos resultados.
- Evaluar nuevas variedades de cebolla en diferentes condiciones climáticas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- AGUILAR, W; MORENO CATOTA, M.E.; NIETO MARTINEZ, C.A. 1992. Cultivo hidropónico de remolacha (Beta vulgaris) variedad Crosby Egyptian en sustratos de escoria volcánica - roja y granza de arroz (Oriza sativa) utilizando fertilizantes tradicionales. Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 78-79.
- 2- ANEZ R.,B.; TAVIRA D., E. 1986. Aplicación de N,P y K a diferentes poblaciones de plantas de cebollas. TURRIALBA (C.R) 36 (2) P. 163-169.
- 3- CALDERON, S.F.; RODRIGUEZ, C.; GOMEZ M., J.H.; QUEVEDO, I. 1989. El cultivo hidropónico, manual práctico. Bogotá, Colombia, COLJAP- Departamento Técnico. P. 8-17,34-40, 54-60.
- 4- CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. Ed. Matilde de la Cruz M. 3a. ed. San José, Costa Rica, IICA. P. 52-54, 238-239.
- 5- CENTRO LAS GAVIOTAS. 1969. Manual de hidroponía social; una alternativa apropiada para generación de Ingreso a través de una tecnología de punta escalonada. Cali, Colombia, Programa de las Naciones unidas para el Desarrollo Alcaldía M.P. y DE BOGOTA. 73 P.

- 6- \_\_\_\_\_. 1989. Manual de hidroponía social. Cali, Colombia. P. 23-14, 31,34.
- 7- COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. 1991. Hidroponía; cultivo sin suelo. Aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col). Vol. 1: 7-27.
- 8- \_\_\_\_\_ 1991. Los sustratos; aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col.). vol. 3: 41-56.
- 9- \_\_\_\_\_. 1991. la solución nutritiva; aprenda fácil cultivos hidropónicos (Col). vol. 10: 155-169.
- 10- CHINCHILLA, F. 1984. Efecto de varios niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) P.C.C.M.A. Nicaragua. 4(30): 32-43.
- 11- CULTIVOS HIDROPONICOS LTD. 1989. Manual hidropónico, una huerta en su casa. Bogotá, Colombia. s:n. 1176 P.
- 12- CURY, R. 1941. Minerología y egología; trabajos prácticos clave mineralógica. 4 ed. Buenos Aires, Argentina. - L.J. ROSSO. P. 233-235, 239.
- 13- DIVAGRO. 1991. Guía técnica sobre el cultivo de cebolla. San Salvador, El Salvador, FUSADES. P. 1-16.
- 14- DOMINGUEZ VIVANCOS, A. S.F. Abonado por hortalizas de hoja, tallo, bulbo y raíz. Madrid, España. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. P. 12-13.

- 15- DOUGLAS, J.S. 1972. Hidroponía; cómo cultivar sin tierra. 4 ed. Buenos Aires, Argentina. El Atenco. P. 1-60, - 129 - 133.
- 16- DUQUE M., C.M.; PERDOMO G.; C.E.; JARAMILLO V., J. 1983. - Crecimiento y absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en cebolla (Allium cepa L.) variedad pcañera. ACTA AGRO NOMICA. 33 (40: 16-22.
- 17- EDMOND, J.B.; SENN, T.L.; ADREWS, F.S. 1984. Principios de hortalizas. Trad. por Federico Garza Flores. 3 ed. México. CONTINENTAL S.A. P. 21, 466-468.
- 18- EL SALVADOR, CENTRO DE TECNOLOGIA AGRICOLA. 1985. Documentos técnicos sobre aspectos agropecuarios, hortalizas. San Andrés, La Libertad, CENTA. P. 68-69, 73-78.
- 19- ESCAFF, G. 1979. El cultivo de cebolla. Santiago, Chile Instituto de Investigaciones Agropecuarias. P. 78.
- 20- ESTACION EXPERIMENTAL DEL ZAIDIN. 1985. Nutrición vegetal. algunos aspectos químicos y biológicos. ed. Manuel Lachica Garrido, Cesar González Orustica. Granada, España. EEHA. P. 46-47, 73-76.
- 21- FONDO NACIONAL DE INVESTITACIONES AGROPECUARIAS. 1982. Manual para el manejo post cosecha de cebolla. San Felipe, Venezuela, FONAIAP. P. 8-11.

- 22- FOSSATT, C. 1986. Cómo practicar el hidrocultivo; sorprendentes resultados del cultivo sin tierra en soluciones de agua. Trad. por M. Luz González. 2 ed. Madrid, España. EDAF. P. 13-18, 25-33, 95-143.
- 23- FUSADES DIVAGRO, AGRIDEC. 1990. Producción de tomate, cebolla y repollo para sustitución de importaciones, San Salvador, El Salvador, FUSADES DIVAGRO, AGRIDEC. P. 1-17.
- 24- GARCIA FERNANDEZ, J. S.F. Cultivos herbáceos. Zaragoza, España. Edit. Agrocienca. P. 497-500.
- 25- GATTONI, L.A. 1964. El cultivo de la cebolla. Santa Tecla, El Salvador, Dirección General de investigaciones Agronómicas. Circular No. 53.
- 26- GROSS, A. 1976. Abonos; guía práctica de la fertilización Trad. por Alonso Domínguez Vivancos. 6 ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. P. 337-381, 390-536.
- 27- GUDIÉL, V.M. 1987. Manual agrícola super B. 6 ed. Guatemala. Super B. P. 175-178.
- 28- HAAG, H.P.; KIMOTO, T. 1979. Mineral nutrition of horticulture corps. VII uptake of nutrients to onion. Anais de escola superior de Agricultura Luis de Gueiros (Bras). 27: 43-53.

- 29- HUME, E.G.; KRAMP, K.V. 1971. Producción comercial de cebollas y guisantes. Trad. por Luis Heras Cobo. Zaragoza, España. Acribia. P. 2,3,5, 11.
30. HUTERWALL, G.O. 1979. Hidroponía; cultivo de plantas sin tierra. Buenos Aires, Argentina. ALBATROS. SRL. P. - 23-174.
- 31- JACOB, A. 1964. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. por L. López Martínez de alva. Impreso en los países bajos. P. 78-87.
- 32- JAMES, S.D. 1981 Hidroponía; cómo cultivar sin tierra. - Buenos Aires, Argentina. El ateneo. P. 25-31.
- 33- KING, A.B.S.; SAUNDER, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, Inglaterra. TDR CATIE. P. 57-61.
- 34- LA PATRIA. 1989. Cultivemos; la hidroponía popular. Manizalez, Colombia, vol. 25" 3-23.
- 35- MAESO, C.R. 1983. Evaluación de cultivares de cebolla de día corto para la zona de orogua. Investigaciones agrónomicas (Uru.) 4(4).
- 36- MEDRANO, et al. Cebolla y ajo. Aragua, Venezuela, Serie A No. 39. 95 P.
- 37- MONTES, A.; HOLLE, M. 1966. Cebolla (Allium cepa). Boletín de olericultura (Peru) 2: 1-22.



- 38- MONTES, A.L. 1969. Bromatología. Buenos Aires, Argentina. editorial Universitaria de Buenos Aires. Vol. 2. 11P. 258, 264, 288, 289.
- 39- MORREL GRAUPERA, D. 1973. Hay dinero y salud en la cebolla. barcelona, España. SINTES, S.A. P. 52-56, 81-82.
- 40- MUÑOZ DE CON, L.; PRATS PEREZ, A. 1984. Investigaciones sobre las variaciones en los rendimientos de la cebolla en cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Habana, Cuba. -- ACADEMIA. P. 7,21-27.
- 41- ORESTES, C. 1943. Geología; curso elemental de historia natural, 9 ed. Buenos Aires, Argentina. LOPEZ. P. - 260-267, 276-279.
- 42- PAZ, P.E.; HOWELL JUNIOR, H.N. 1980. Efecto del espaciamiento sobre cuatro variedades de cebolla (Allium cepa L.) In Reunión Anual de Programa Cooperativo Centro Americano para el mejoramiento de cultivos alimenticios.- (26., 1980, Guatemala). (memoria). Guatemala. ICTA. P. HF 180/1-13. vol. 4.
- 43- PAZ, P.; HOWELL, H. 1980. Efecto del espaciamiento sobre cuatro variedades de cebolla (Allium cepa L.) P.C.C. M.C.A. Honduras 1(26); 7HF 180-1-7-HF 180-5.
- 44- PLAISTED, R.L. 1956. Onion fiel plot technique. Proc. of the Am. coc. for roetic, seience (EE.UU.) 67:390-397.

- 45- RAMOS VALENCIA, C.A.; ROMAN, C.A. 1970. Influencia de la densidad de población en el rendimiento de cebolla (Allium cepa) cultivada en Santa Lucía. ACTA AGRONOMICA. (con). 20 (1-4): 25-41.
- 46- RESH, H.W. 1987. Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción. Trad. por José Santos Caffarena. 2 ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. P. 25-76, 96-118, 151-272.
- 47- ROBINSON, G.W. 1967. Los suelos; su origen, constitución y clasificación. Trad. por José Luis Amorós. Barcelona, España. OMEGA. P. 248-249, 254.
- 48- RODRIGUEZ, E.; VELLANI, J.R. 1978. Producción y rentabilidad de la cebolla en lotes de evaluación de tecnología en comayagua y la región occidental de Recursos Naturales FAO Proyecto de capacitación en extensión agrícola. P. 1-5.
- 49- SHEIKH, A.H. 1970. Effect of nitrogen and plant population on the yield of onion bulbs. Bodalate Kisan 3(1): 16-17.
- 50- SINGH, K.; KUMANI, S. 1969. Effect of nitrogen and phosphores fertilization on the growth and yield of onion - (Allium cepa L.) J. Research punjab Agriec Univ. (India) 6 supp: 764-768. Tomado de: Soils and fertilizers - (England) 34(1): 1829 1971.

- 51- SOTO, J.A. 1987. Requerimientos nutricionales de la cebolla (Allium cepa) en los suelos de la región norte de Cartago respuesta a N, P y K. AGRONOMIA COSTARRICENSE, costa Rica 11912): 239 - 243.
- 52- TORRES ARIAS, G. 1980. Revisión bibliográfica de adaptación de variedades de cebolla (Allium cepa) en una zona de baja altura. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P 4-6, 16-17.
- 53- WILLIAMS, C.F.; BRABTREE, G.; MACK, H.J.; LAWS, W.D. 1973. effect of spacing on weed competition in sweet corn, - snap beans and onions. Journal of the american society for horticultural science (EE.UU.) 98(6): 526-529.
- 54- ZIN, F.W. 1966. Studies on the growth rate and nutrient - absorption of onion. Hilgardia (EE.UU.) 37(8): 203-210.

8. A N E X O S

Cuadro A-1 Principales plagas que atacan el cultivo de cebolla  
(Allium cepa).

Nombre comun	Nombre cientifico	Daño	Control General
Trip ó piojillo	<u>Thrips tabaci</u>	Se manifiestan manchas cloróticas irregulares y la hoja se retuerse especialmente en el extremo apical. cuando el ataque es fuerte, las plantas toman una coloración parda.	- Desinfectar el sustrato. - No sembrar un solo tipo de cultivo, intercalar con plantas repelentes Ejm: cebolla, ajo. - Rotación de cultivos. - Utilizar trampas por Ejm: plástico amarillo recubierto con aceite de motor.
Mosca del bulbo de cebolla.	<u>Hylemia</u> sp	Se nota marchitez del follaje al arrancar el bulbo pequeño se observa inicios de pudrición algunas veces.	- Fumigar con extractos naturales: ajo, chile, cebolla y tabaco.
Gusanos cuernos, tierreros y proleña	<u>Feltia</u> sp <u>Agrotis</u> sp <u>Spodoptera</u> sp	Comen raíces y tallos especialmente en plantitas recién trasplantadas.	- Quitar las partes afectadas y quemarlas.
Afidos o pulgones	<u>Aphis</u> sp	Ataca a las hojas chupandoles la sabia y pueden observarse fácilmente sobre la superficie de las mismas.	
Tortuguillas	<u>Diabrotica balteata</u> <u>Diabrotica</u> sp	El daño lo ocasionan en el follaje y es más frecuentemente en la zona media y baja del país.	

FUENTE: Gudiel, V.M. Manual agrícola super B, 1987. (28).

Cuadro A-2 Principales enfermedades que afectan al cultivo de  
cebolla (Allium cepa)

Nombre común	Agente causal	Daño	Control General
Mal del Talluelo	<u>Phytium</u> spp.	La planta presenta una pudrición cerca de la línea del suelo, ocurre una rápida desintegración de los tejidos y la planta muere.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desinfectar el sustrato</li> <li>- Mantener buen drenaje y aireación del sustrato.</li> <li>- Utilizar las distancias de siembra adecuadas.</li> </ul>
Mildiu lanoso	<u>Peronospora destructor</u>	En la época lluviosa se observa sobre la superficie de las hojas en crecimiento violeta, en época seca se ven manchas blancas. Luego las hojas se vuelven amarillas y se rompen. El tallo también puede ser atacado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar causar heridas a las plantas en las labores culturales.</li> <li>- Eliminar las plantas infectadas.</li> <li>- No mojar todos los días el follaje de las plantas.</li> </ul>
Podredumbre del cuello.	<u>Botrytis alli</u> Munn.	La pudrición de los bulbos aparece casi siempre después de la cosecha. El organismo causal penetra por heridas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El riego debe hacerse directamente al sustrato.</li> <li>- Evitar causar heridas o golpes a los bulbos y almacenarlos en sitios con buena ventilación.</li> </ul>
Mancha púrpura	<u>Alternaria porri</u>	Al inicio las hojas presentan manchas redondas y pequeñas, de color café. Las manchas se agrandan y los centros se vuelven purpureos (rojo oscuro casi morado) Las lesiones pueden ceñir hasta el tallo y bulbo.	
Podredumbre blanda	<u>Erwinia carotovora</u>	Los bulbos aparecen con una pudrición blanda muy ocuosa aunque no cambian de color expelen un olor desagradable se presenta en la época lluviosa, en días de excesiva humedad.	

Cuadro A-3 Preparación de tés botánicos; Ajo cebolla, chile, y tabaco, utilizados para el control preventivo de plagas en cultivos hidropónicos.

Té de Ajo	Té de cebolla	Té de chile	Té de tabaco
1 onza de aceite mineral (tryona o aceite de almendras).	1 onza de aceite mineral.	1 onza de aceite mineral.	3 hojas de tabaco ó 2 puros ó 4 cigarrillos.
2 cabezas grandes de ajos, macerados, se dejan 24 horas en un recipiente.	se machacan 2 cebollas.	8 chiles espuelas de Gallo machacados	hervir en 1.5 lt. de agua.
Se cuelean	se deja reposar la mezcla 24 horas.	se deja reposar 24 horas esta mezcla	hervir en 1.5 lt. de agua.
Se completa el aceite con agua hasta 250cc.	Se cuelea	se cuelea	NOTA: Esta solución no debe asperjarse a solanáceas (tomate, berenjena y chile)
	Se completa con agua hasta 250cc.	Se le agrega agua hasta completar 250 cc.	
NOTA: Para asperjar los cultivos con cualquiera de los tés se toman 30cc. de esta solución por cada litro de agua.			

FUENTE : Aguilar, W; Moreno Catota, M E.; Nieto Martinez, C.A. 1992 Cultivo hidropónico de remolacha (*Beta vulgaris*) Variedad Crosby egyptian en sustratos de escoria volcánica roja y granza de arroz (*Oriza sativa*) utilizando fertilizantes tradicionales. Tesis Ing. agrónomo. San Salvador, Universidad de El Salvador. Facultad de ciencias Agronomicas (1).

Cuadro A-4 Altura promedio de las plantas a los 15 días de edad del cultivo (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	XD
D1	10.43	10.50	11.33	10.77
D2	10.83	10.75	10.87	10.81
D3	10.49	10.76	10.66	10.64
XP	10.60	10.67	10.95	

Cuadro A-5 Análisis de varianza de altura promedio de las plantas a los 15 días de edad del cultivo utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

F. de V.	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calc.	F. Tablas 5%	F. Tablas 1%
A	2	0.83	0.414	0.54 n.s	3.35	5.49
B	2	0.21	0.105	0.14 n.s	3.35	5.49
AB	4	1.19	0.298	0.39 n.s	2.73	4.11
Error	27	20.61	0.763			



Cuadro A-6 Altura promedio de las plantas a los 30 días de edad del cultivo (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	XD
D1	22.85	23.45	20.55	22.28
D2	24.00	25.32	21.87	23.73
D3	23.27	25.95	22.02	23.75
XP	23.37	24.90	21.48	

Cuadro A-7 Análisis de varianza de altura promedio de plantas a los 30 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

F. de V.	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calc.	F. Tablas 5%	F. Tablas 1%
A	2	70.64	35.320	1.69 n.s	3.35	5.49
B	2	17.02	8.508	0.41 n.s	3.35	5.49
AB	4	4.50	1.126	0.05 n.s	2.73	4.11
Error	27	564.17	20.895			

Cuadro A-8 Altura promedio de las plantas a los 45 días de edad del cultivo (cm) utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	XD
D1	40.43	42.94	42.27	41.88
D2	48.13	47.60	39.75	45.16
D3	44.46	48.21	41.25	44.64
XP	44.34	46.25	41.09	

Cuadro A-9 Análisis de varianza de altura promedio de las plantas a los 45 días de edad del cultivo utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

F. de V.	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. calc.	F. Tabla 5%	F. Tabla 1%
A	2	163.19	81.593	1.74 n.s	3.35	5.49
B	2	74.68	37.338	0.79 n.s	3.35	5.49
AB	4	123.40	30.851	0.66 n.s	2.73	4.11
Error	27	1268.38	46.977			

Cuadro A-10 Número de hojas por planta a los 97 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

	P1	P2	P3	xD
D1	5.90	6.52	6.72	6.38
D2	6.72	6.30	6.42	6.48
D3	6.70	6.50	6.67	6.62
XP	6.44	6.442	6.60	

Cuadro A-11 Análisis de varianza del número de hojas por planta a los 97 días de edad del cultivo, utilizando tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en el cultivo hidropónico de la cebolla (Allium cepa) variedad Texas Yellow Grano 502.

F. de V.	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calc.	F. 5%	Tabla 1%
A	2	0.22	0.111	0.23 n.s	3.35	5.49
B	2	0.35	0.177	0.37 n.s	3.35	5.49
AB	4	1.74	0.434	0.92 n.s	2.73	4.11
Error	27	12.78	0.473			