

13100951

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



**RESPUESTA DE DOS HIBRIDOS Y UNA VARIEDAD
DE CEBOLLA (Allium cepa L.) A TRES PROGRAMAS
DE FERTILIZACION BAJO LA TECNICA DE
CULTIVOS HIDROPONICOS.**

FOR:

**BALMORE MARTINEZ-SIERRA
NUMA ROLANDO PABLO MENDOZA**

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 1,993.



Inventario 13100951

M385re

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



RESPUESTA DE DOS HIBRIDOS Y UNA VARIEDAD DE CEBOLLA (*Allium*
cepa L.) A TRES PROGRAMAS DE FERTILIZACION BAJO LA TECNICA DE
CULTIVOS HIDROPONICOS

POR:

BALMORE MARTINEZ SIERRA
NUMA ROLANDO PABLO MENDOZA

081808

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 1993

TUES
1304
M38542
1993

001117
Ej 1.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR: DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL: LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

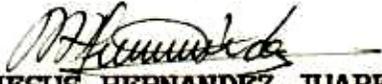
d) por la Secretaría de la Fac. de C. A. A. - 1993.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO: ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO: ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA


ING. AGR. MANUEL DE JESUS HERNANDEZ JUAREZ


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 ORELLANA NUNEZ

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de dos híbridos de cebolla (Cristal White y Texas Yellow Grano 502) y la variedad Criolla Nicaragüense, a tres programas de fertilización bajo la técnica de cultivos hidropónicos, utilizando escoria volcánica roja como sustrato.

El trabajo se llevó a cabo en los meses de septiembre a diciembre de 1992 y se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x3 con cuatro repeticiones, obteniéndose un total de 9 tratamientos y 36 unidades experimentales de 1 m² cada una. A los resultados se les aplicó análisis de varianza y prueba de Duncan, los parámetros evaluados fueron: Altura de plantas, número de hojas por planta, peso de bulbos, número de bulbos por m², diámetro de bulbo, clasificación de los bulbos por categoría diamétrica, índice de cosecha y análisis beneficio-costo. Encontrándose diferencias significativas en cuanto a peso y diámetro de los bulbos, resultando ser los mejores tratamientos el híbrido Cristal White con el programa de fertilización que contiene 50% de fertilización al sustrato (Blaukorn y Urea) y metalosatos en aplicación foliar (T₂) al igual que el híbrido Texas Yellow Grano 502 con el mismo programa (T₅) ya que presentaron una mayor producción de cebolla de buena calidad (peso y diámetro) y según el análisis beneficio-costo fueron los más rentables.

La variedad Criolla Nicaragüense dio los resultados más bajos y los programas de fertilización no presentaron diferencias significativas en esta variedad. Sin embargo es importante señalar la tendencia a sobresalir los programas 1 y 2 y entre estos, el último.

AGRADECIMIENTOS

- A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:
Por habernos formado y permitido ser parte.

- A LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS:
Por habernos formado como Ingenieros Agrónomos al servicio del pue
blo.

- A LOS CATEDRATICOS:
Por habernos transmitido sus conocimientos con mucha dedicación.

- A NUESTRO ASESOR:
Ing. Agr. José Ricardo Tiberio Vilanova Arce, quien siempre nos brin
dó sus conocimientos y apoyo en el tiempo oportuno para el desarro-
llo de nuestra investigación.

- A NUESTRO JURADO EXAMINADOR:
Por su valiosa y desinteresada colaboración.

- AL ING. AGR. MARIO ANTONIO ORELLANA NUÑEZ:
Por su colaboración y consejos oportunos en la elaboración del do-
cumento de nuestra investigación.

- AL BR. FRANCISCO OSORIO:
Por su esmerada y desinteresada colaboración en proporcionarnos mate
rial bibliográfico.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO:

Por darme el entendimiento esencial y por sus bendiciones.

- A MIS PADRES:

Consuelo Sierra y Marcelino Martínez

Por el apoyo y sacrificio que me brindaron para ver coronada mi carrera.

- A MI ESPOSA E HIJO:

Sonia Isabel Serrano de Martínez y Balmore Enrique Martínez Serrano

Por el amor, apoyo y comprensión que me han brindado.

- A MIS HERMANOS:

Wilber Donatí, Silvia Elizabeth, Luis Guillermo, María Elena y Edith Luz

Por el cariño y apoyo que me han dado.

- A MI TIA:

María Blanca Sierra

Por haberme dado su apoyo en mis aspiraciones.

- A MIS COMPAÑEROS Y HERMANOS:

Omar A. Lara Díaz, Santos Alirio S.M., William E. Chacón, Stalin Adolfo, Néelson Molina, Teodoro González, Carlos Daríel M., Gilberto Sandoval, - René Alexander, Santos Rafael, Ismael Alveño, Numa Rolando y Guillermo Maravilla.

Por haber compartido grandes momentos y por el apoyo que me brindaron.

Balmore Martínez Sierra

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: Por ser el guía espiritual por excelencia, sin él no hubiese sido posible realizar mis ideales.

A LA VIRGEN MARIA AUXILIADORA: Que es nuestra madre espiritual y ser mi auxilio en los momentos más difíciles.

QUIERO DEDICAR EN ESPECIAL A MIS PADRES: José Bruno Pablo, quien siempre me ha sabido guiar con su ejemplo y me tendió su mano en los momentos que más lo necesité. Mi madre, Paz Mendoza, quien con sus sacrificios me ha brindado parte de su vida para lograr alcanzar mis ideales.

A MIS HERMANOS: Amanda Morena, Edwin Ezequiel, Maritza Milagro y Deysi del Carmen, con auténtico amor de hermanos.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS, PARIENTES Y AMIGOS: Que estuvieron más cerca de mí y que de una u otra forma me tendieron su mano en mis momentos más difíciles, con mucho aprecio.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS: Por haber compartido gratos momentos.

A MI PATRIA EL SALVADOR.

Numa Rolando

INDICE

	Página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA	v
INDICE	viii
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Concepto de hidroponía	3
2.2. Módulos del cultivo	3
2.2.1. Tipos de módulos	3
2.2.2. Características de los módulos	4
2.3. Sustratos	4
2.3.1. Conceptos, funciones y características	4
2.3.2. Desinfección	6
2.3.2.1. Agua caliente	6
2.3.2.2. Formalina	7
2.3.2.3. Acido sulfúrico	7
2.4. Elementos fundamentales de la hidroponía	8
2.4.1. Temperatura	8
2.4.2. Agua	9
2.4.3. Concentración de oxígeno en la zona radicular	10
2.4.4. Luz	10
2.5. Nutrimientos en hidroponía social	10
2.5.1. Componentes nutritivos sólidos	11
2.5.2. Fertilización foliar	13

2.5.3. Soluciones nutritivas	17
2.6. control natural de plagas y enfermedades	17
2.7. Índice de cosecha	20
2.8. Generalidades del cultivo de la cebolla	21
2.8.1. Clasificación taxonómica	21
2.8.2. Características botánicas	22
2.8.3. Desarrollo y formación de bulbos de cebolla	23
2.8.4. Variedades	26
2.8.5. Clasificación de la cebolla	28
2.8.6. Importancia alimenticia de la cebolla	29
2.9. Factores de producción	29
2.9.1. Influencia del fotoperíodo y la temperatura	29
2.9.2. Requerimientos de agua de la cebolla	31
2.9.3. Requerimientos nutricionales del cultivo de la cebolla y su rendimiento	33
2.9.3.1. Respuesta a la fertilización	33
2.9.3.2. Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento	36
2.9.3.3. Nutrición en hidroponía	38
3. MATERIALES Y METODOS	40
3.1. Localización del estudio	40
3.2. Condiciones climáticas del lugar	40
3.3. Preparación de módulos	40
3.4. Selección y preparación del sustrato	42
3.4.1. Tamizado	43
3.4.2. Colocación del sustrato en los módulos	43
3.4.3. Lavado	43

3.4.4. Desinfección del sustrato	43
3.5. Establecimiento y manejo del cultivo	44
3.5.1. Siembra	44
3.5.2. Raleo	44
3.5.3. Aporco	44
3.5.4. Riego	45
3.5.5. Control de plagas y enfermedades	45
3.5.6. Cosecha	45
3.6. Programas de fertilización	46
3.7. Tratamientos	46
3.8. Metodología estadística	48
3.8.1. Diseño experimental y estadístico	48
3.8.2. Variables a analizadas	51
3.8.2.1. Altura de plantas	51
3.8.2.2. Número de hojas	51
3.8.2.3. Peso de bulbos	51
3.8.2.4. Número de bulbos por metro cuadrado	51
3.8.2.5. Diámetro de bulbo	52
3.8.2.6. Clasificación de los bulbos por categoría diamétrica	52
3.8.2.7. Índice de cosecha	52
3.8.2.8. Análisis beneficio - costo	52
4. RESULTADOS Y DISCUSION	53
4.1. Condiciones climáticas	53
4.2. Aspectos generales del cultivo	54
4.2.1. Control de plagas y enfermedades	59
4.3. Altura de plantas y número de hojas	60

4.4. Peso de bulbos	64
4.5. Número de bulbos	69
4.6. Diámetro promedio de bulbos (cm)	72
4.7. Distribución de los bulbos por categoría diamétrica	74
4.8. Índice de cosecha	77
4.9. Análisis de beneficio - costo	81
5. CONCLUSIONES	88
6. RECOMENDACIONES	90
7. BIBLIOGRAFIA	91
8. ANEXOS	100

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	Requerimientos de luz para diversas hortalizas.	11
CUADRO 2.	Composición química del Blaukorn.	13
CUADRO 3.	Contenido de nutrimentos del Bayfolan.	15
CUADRO 4.	Composición química del metalosato Crop up.	16
CUADRO 5.	Principales problemas fitosanitarios que se presentan en el cultivo de la cebolla. Plaga, síntoma - daño y control.	20
CUADRO 6.	Características de cultivares de cebolla que se recomienda sembrar en el Salvador.	27
CUADRO 7.	Funciones de los principales elementos demandados en los cultivos.	34
CUADRO 8.	Rendimiento y cantidad de nutrimentos absorbidos por la cebolla.	35
CUADRO 9.	Composición típica de la solución nutritiva utilizadas en cultivos hidropónicos.	38
CUADRO 10.	Análisis químico de la escoria volcánica roja.	42
CUADRO 11.	Programas de fertilización utilizados en el cultivo hidropónico de cebolla, usando como sustrato escoria volcánica roja. UES 1992.	47
CUADRO 12.	Descripción de tratamientos en la evaluación de dos híbridos y una variedad de cebolla (<i>Allium cepa</i>) y tres programas de fertilización bajo la técnica de hidroponía. UES 1992.	48
CUADRO 13.	Valores promedios mensuales de elementos meteorológicos registrados durante el período de realización del ensayo (Sept.-Dic./1992) del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) bajo la técnica de hidroponía. UES. 1992.	55
CUADRO 14.	Altura promedio de plantas en cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	57
CUADRO 15.	Número promedio de hojas en cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	58
CUADRO 16.	Análisis de varianza de altura de plantas a los 15, 30, 45 y 60 días de edad del cultivo, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) UES. 1992.	61

CUADRO 17.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de altura de plantas a los 15 días de edad en el cultivo hidropónico de cebolla, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización; al 5% de significancia. UES. 1992.	61
CUADRO 18.	Análisis de varianza del número de hojas por planta a los 45 días de edad del cultivo, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla. (<i>Allium cepa</i> L.). UES. 1992.	62
CUADRO 19.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamientos en cuanto a número de hojas por planta a los 45 días de edad en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. UES. 1992.	63
CUADRO 20.	Análisis de varianza del número de hojas por plantas a los 60 días de edad de cultivo, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) UES. 1992.	63
CUADRO 21.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamientos en cuanto a número de hojas por planta, a los 60 días de edad en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. UES. 1992.	64
CUADRO 22.	Peso promedio de bulbos por tratamiento (g/m ² .) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.). UES. 1992.	65
CUADRO 23.	Análisis de varianza del peso promedio de bulbos en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	65
CUADRO 24.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de peso promedio de bulbos por tratamiento, en el cultivo hidropónico de cebolla, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. UES. 1992.	66
CUADRO 25.	Peso promedio de bulbo por tratamiento (g) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.). UES. 1992.	67
CUADRO 26.	Número de bulbos por tratamiento obtenidos a la cosecha, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) UES. 1992.	69

CUADRO 27.	Análisis de varianza del número promedio de bulbos por tratamiento, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) UES. 1992.	70
CUADRO 28.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de número promedio de bulbos por tratamiento en el cultivo hidropónico de cebolla, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. UES. 1992.	71
CUADRO 29.	Diámetro promedio de bulbos por tratamiento en cultivo hidropónico de cebolla utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	73
CUADRO 30.	Análisis de varianza de diámetro promedio de bulbos por tratamiento en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	74
CUADRO 31.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias de diámetro de bulbos por tratamiento, en el cultivo hidropónico de cebolla utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. UES. 1992.	74
CUADRO 32.	Distribución promedio de los bulbos por categoría diamétrica obtenidos en los diferentes tratamientos del cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	75
CUADRO 33.	Distribución promedio de los bulbos por categorías diamétricas, obtenidas en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) variedad Cristal White sometida a tres programas de fertilización. UES. 1992.	76
CUADRO 34.	Distribución promedio de los bulbos por categoría diamétrica obtenidos en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) variedad Texas Yellow grano 502 sometida a tres programas de fertilización. UES. 1992.	76
CUADRO 35.	Distribución promedio de los bulbos por categoría diamétrica. Obtenidos en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.), variedad Criolla Nicaragüense sometida a tres programas de fertilización. UES. 1992.	76
CUADRO 36.	Índice de cosecha promedio (%) en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	78
CUADRO 37.	Análisis de varianza del índice de cosecha promedio en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	78

CUADRO 38.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias del índice de cosecha en el cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. UES. 1992.	79
CUADRO 39.	Costo de cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) variedad Cristal White, utilizando el programa de fertilización 2 (P2). UES. 1992.	83
CUADRO 40.	Costos del cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) variedad Cristal White, utilizando el programa de fertilización 1 (P1). UES. 1992.	84
CUADRO 41.	Costos del cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) variedad Texas Yellow grano 502, utilizando el programa de fertilización 2 (P2). UES. 1992.	85
CUADRO 42.	Costo de cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.) variedad Texas Yellow grano 502, utilizando el programa de fertilización 1 (P1). UES. 1992.	86
CUADRO 43.	Costos de producción del cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.), variedad Criolla Nicaragüense, utilizando el programa de fertilización 2. UES. 1992.	87
CUADRO A-1.	Descripción general de síntomas de algunas toxicidades que presentan las plantas por el exceso de aplicación de elementos minerales. UES. 1992.	100
CUADRO A-2.	Descripción de los síntomas generales de deficiencia que presentan las plantas por la carencia de elementos. UES. 1992.	101
CUADRO A-3.	Análisis de varianza del número de hojas a los 30 días de edad del cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	102
CUADRO A-4.	Prueba de Duncan para diferencia entre medias del número de hojas a los 30 días de edad del cultivo hidropónico de cebolla (<u>Allium cepa</u> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. UES. 1992.	102

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diseño del módulo utilizado en la evaluación de dos híbridos y una variedad de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), sometidas a tres programas de fertilización bajo la técnica de hidroponía utilizando como sustrato escoria volcánica roja. UES. 1993.	41
Fig. 2. Distribución de tratamientos y repeticiones en la evaluación de dos híbridos de cebolla y una variedad (<i>Allium cepa</i> L.) y tres programas de fertilización bajo la técnica de hidroponía	51
Fig. 3. Altura promedio de plantas (cm) en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	58
Fig. 4 . Promedio del número de hojas por planta el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	59
Fig. 5. Peso promedio de bulbos (g/m ²) por tratamiento obtenidos en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	68
Fig. 6. Peso promedio de bulbo (g) individual por tratamiento obtenido en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES 1992	68
Fig. 7. Número de bulbos por tratamiento obtenidos en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992. . . .	71
Fig. 8. Diámetro promedio (cm) de bulbos por tratamientos obtenidos en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	73
Fig. 9. Cantidad promedio de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), por categoría diamétrica y por tratamiento, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización bajo la técnica de cultivos hidropónicos. UES. 1992.	79
Fig. 10. Índice de cosecha promedio (%) en el cultivo hidropónico de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.	80

1. INTRODUCCION.

En El Salvador, la población de escasos recursos económicos tienen una dieta alimenticia deficiente en vitaminas y minerales, los cuales se encuentran en gran proporción en las hortalizas, la principal causa de esto es que en el país no se produce la suficiente cantidad para satisfacer la demanda interna, presentándose un déficit por lo que se tiene que importar de países vecinos, observándose además que los precios incrementan teniendo, la mayoría de la población, problemas económicos para adquirir dichos productos, más que todo en cierta época del año en que hay escasez de éstos. Entre las principales hortalizas que se importan están; Tomate, cebolla, chile, zanahoria, lechuga, repollo, etc.

En el caso específico de la cebolla (*Allium cepa* L.), las estadísticas revelan que en 1990 se importaron 1,500,000 Kg de cebolla, lo que equivale a \$ 5,462, 000, esto implica una fuga de divisas, esta situación se da por factores tales como: falta de incentivos económicos y asistencia técnica adecuada a los horticultores, uso de variedades no adaptadas a las zonas y épocas de cultivo, fertilizaciones y densidades de siembra inadecuadas, escases de suelos propios para cultivos hortícolas, manejo y control de plagas y enfermedades.

Tratando de generar alternativas de solución a los problemas antes mencionados, se realizó esta investigación utilizando la técnica de hidroponía popular, cuyos principios básicos difieren de los métodos tradicionales en la producción de hortalizas, para mejorar la producción de cebolla en el país; ya que con esta técnica se puede producir en aquellos lugares donde el suelo es un factor limitante, como zonas marginales urbanas, suburbanas y rurales donde

la tierra no es apta para este tipo de cultivo, haciendo uso para ello de sustratos que sean fácilmente adquiridos en el medio como; arena de río, piedra pómez molida, granza de arroz, escoria volcánica, etc.

Además, con la técnica de la hidroponía se mejoran las condiciones de salud, alimenticia y se fortalece la economía familiar a través de la autogestión.

En este trabajo se evaluaron dos híbridos y una variedad de cebolla, de los cuales ya se tenían antecedentes de adaptación a esta técnica de cultivo, entre ellos están: Los híbridos Cristal White y Texas Yellow Grano 502 y la variedad Criolla Nicaragüense introducida al país, la cual solo se ha cultivado bajo el método tradicional en algunas zonas del departamento de San Vicente; estos materiales fueron evaluados con tres programas de fertilización y sus costos de producción bajo ésta técnica.

2. REVISION DE LITKRATURA

2.1. Concepto de hidroponía:

Con la palabra hidropónico se considera un tipo especial de cultivo en el que las plantas vegetan, no en un terreno normal, si no en un medio artificial, como puede ser una simple solución nutritiva, o bien un sustrato inerte sólido, como ejemplo tenemos, la arena, la arenilla, etc. en los cuales se riega con una solución nutritiva (2).

La palabra hidroponía se deriva del griego Hydro (agua) y ponos (labor, trabajo) lo cual significa literalmente cultivo en agua. Esta definición se usa en la actualidad para describir todas las formas de cultivo sin suelo (11).

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 (15).

2.2. Módulos del cultivo.

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

2.2.1. Tipos de módulos.

Entre los recipientes utilizados en los cultivos hidropónicos tenemos:

Cultivos en canaletas, bancadas, en sacos individuales, tubulares, horizontales, columnas verticales, en la pared, sistema de canales, módulos de bambú y de madera y otros (6,13).

2.2.2. Características de los módulos.

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

La profundidad de los módulos para cultivos hidropónicos puede ser hasta 0.15 m, lo cual permite el cultivo de una diversidad de hortalizas. Para el cultivo de zanahoria y remolacha es preciso construir módulos con profundidad de 0.20 m. 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. En lo que se refiere al largo, se pueden tener módulos hasta de 12 m de longitud, sin embargo se deberá considerar el área de cultivo, la facilidad para transitar, el tamaño y la disponibilidad de los materiales para la fabricación del módulo. Los módulos de 1.0 y 2.0 m de largo son los más adecuados para manejarlos en espacios pequeños y aún para manejarlos en los cultivos comerciales (8).

2.3. Sustratos.

2.3.1. Conceptos, funciones y características.

Se entiende por sustrato un medio sólido inerte, que tiene una doble

función: Primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y segunda, contener el agua y los nutrimentos que las plantas necesitan. El empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva, es la base del cultivo hidropónico en América Latina. Entre éstos se tiene: La grava, gránulos de vidrio, pómez, escorias de carbón, escorias volcánicas, sílice, vermiculita, arcilla expandida, arena, cascarilla de arroz y lava de roca (12).

Junto a un buen suministro de agua y elementos nutritivos, tiene una gran importancia en los cultivos hidropónicos, la respiración de las raíces; son pues, sólo aptos los sustratos que ofrecen la posibilidad de aireación elevada, debido a que presentan una buena granulometría y estabilidad estructural. Para los sustratos no porosos la mejor granulometría varía de 2 - 6 mm y para los porosos entre 2 - 15 mm; los gránulos menores a los 2 mm acarrearán la compactación del sustrato y la falta de oxígeno. La escoria volcánica es un buen sustrato mientras se cuide su granulometría, pues cuando es muy fina, produce encharcamiento y cuando es gruesa puede tener filtración excesiva como podría suceder con las gravas (12).

Desde el punto de vista químico, el sustrato deberá también satisfacer ciertas condiciones: Deberá ser en lo posible químicamente inactivo, o sea, no absorber y suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representaría una alteración en el suministro de los elementos nutritivos. Como por ejemplo en el caso de las escorias, la cual puede presentar problemas químicos como fijación de fósforo y exceso de boro (12).

En cuanto a la parte biológica, al comienzo del cultivo, dicho sustrato

deberá estar libre de plagas y enfermedades; por lo tanto, no es conveniente, cualquier material que contenga tierra, pues los daños de infección serían en este caso muy acentuados (44).

Los mejores sustratos para el cultivo de la cebolla son los sueltos, esto es una norma general para muchos cultivos. El sistema radicular de la cebolla es fibroso fasciculado, lo cual le permite que sea cultivada en sustratos de muy poca profundidad. Algunos cultivos muy productivos se han realizado en sustratos de sólo 5 cm de profundidad siempre y cuando no falte el riego (16).

2.3.2. Desinfección.

La desinfección de los sustratos hidropónicos, tiene como objeto eliminar los microorganismos patógenos que se encuentran en éstos. Cuando se desinfectan los sustratos se tiene la ventaja de poseer un volumen limitado que mejora el efecto del desinfectante en cuestión. Entre los desinfectantes que se pueden utilizar se mencionan los siguientes: Agua caliente, formalina y ácido sulfúrico (4).

2.3.2.1. Agua caliente.

El agua caliente se utiliza para pequeños volúmenes de sustratos, con ella se elimina la mayoría de microorganismos patógenos como son: Larvas de insectos, hongos, nemátodos y bacterias. Se aplica agua hervida a una temperatura de 95-100 °C (11), ocupándose 1-3 galones por metro cuadrado de

módulo 1/ (57).

2.3.2.2. Formalina.

El formaldehído es un excelente desinfectante cuando es usado como un gas, para el control de microorganismos patógenos; es necesario airear completamente el sustrato hasta que se pierda el olor a formalina para poder sembrar. Es efectiva para el control de bacterias y hongos fitopatógenos. El formaldehído a una concentración del 37%, destruye esporas de bacterias y hongos (12), se recomienda aplicar 1-2 galones de formalina por metro cuadrado a concentraciones de 3-5% 1/ (57).

2.3.2.3. Acido sulfúrico.

El ácido 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 de pH (11).

Cuando las bacterias encuentran un pH ácido, la respuesta de la célula es de acuerdo a la especie, si el rango de acidez es desfavorable, el desarrollo puede ser inhibido o las células destruidas. Se encontrará que la acción de los minerales o ácidos inorgánicos están en dependencia de la disociación de los iones hidrógeno, los ácidos fuertes, son más bactericidas que los ácidos débiles. El efecto bactericida es doble para la hidrólisis y desnaturalización de las proteínas celulares. El ácido sulfúrico, clorhídrico y nítrico son fuertemente bactericidas, pero también son muy destructivos del

1/ VILANOVA, J.R. 1993. Desinfección de sustratos en hidroponía. Facultad de Ciencias Agronómicas. UES. San Salvador, El Salvador (Comunicación Personal)

tejido. Por tal razón, no han sido utilizados en usos prácticos (58).

2.4. Elementos fundamentales de la hidroponía.

Con la técnica de cultivos hidropónicos, cuando se aplican correctamente el agua y las sustancias nutritivas, se logra obtener un medio óptimo para el rápido desarrollo de los cultivos, buen estado fitosanitario, facultad de resistencia y alta producción de las plantas. No obstante deben ser apropiados los demás factores de crecimiento para obtener los resultados indicados. Lo apuntado anteriormente, es decisivo frecuentemente en horticultura, para el éxito económico en cultivos hidropónicos, por lo que se estudia en forma intensiva como situar los factores básicos lo mas convenientemente posible para el mejor resultado de estos cultivos. Los factores más importantes, según se relaciona a continuación son: Temperatura, luz, humedad y contenido de oxígeno en la zona de las raíces (44).

2.4.1. Temperatura.

Entre los factores básicos que afectan a las plantas la temperatura es uno de los más importantes. Las plantas son capaces de crecer solamente dentro de un estrecho rango de temperaturas, aunque algunas de ellas pueden sobrevivir en condiciones un poco más extremas. Para la mayoría de las plantas hortícolas, la temperatura óptima para su desarrollo oscila entre 15 y 35 grados Celcius y la influencia de ésta sobre la fotosíntesis dependerá de la intensidad de luz y de la disponibilidad de CO₂ (11, 21).

Si bien es cierto que hay numerosos datos sobre la exigencia de temperatura ambiente del aire en las principales plantas hortícolas, es

todavía poco conocida la influencia de la temperatura del suelo en el desarrollo de las plantas, y mucho menos conocido el efecto que tiene la temperatura de los diversos sustratos sólidos que se utilizan en hidroponía en el desarrollo de los cultivos (44).

2.4.2. Agua.

La lluvia intensa puede causar un lavado de polen de los estigmas y la caída de flores, además, en los cultivos hidropónicos al aire libre genera un cambio en la concentración de los elementos nutritivos suministrados a los sustratos (11).

El agua es muy importante en el desarrollo de las plantas, en la hidroponía, no deja de serlo; sin embargo, las plantas cultivadas por este método consumen menos cantidad, porque ésta no se comparte con las partículas del suelo, las malezas y otros organismos. La cantidad de agua necesaria para un cultivo, está determinada por el tipo de planta, la edad y el nivel de desarrollo del cultivo, la temperatura, la transpiración, el viento, el sustrato utilizado y el tipo de drenaje del módulo o del recipiente del cultivo (11,34). En general, el consumo de agua diario oscila entre 2-3 litros por metro cuadrado (8,39).

En zonas de pocas lluvias se han incrementado los cultivos hidropónicos como medio para el ahorro de agua, principalmente cuando ésta se obtiene desalinizando el agua del mar o de pozos muy salobres (11).

2.4.3. Concentración de oxígeno en la zona radicular.

Una condición importante para el éxito en los cultivos hidropónicos es la respiración suficiente de las raíces; esta condición de oxigenación se garantiza con el empleo de sustratos porosos, estables y con gránulos no menores de 5 mm de diámetro. Manteniéndose las características mencionadas se ha observado que se evita la falta de oxígeno, siendo ésta aún mejor que la obtenida en los suelos naturales (44).

2.4.4. Luz.

La luz es indispensable para la realización del proceso fotosintético, fenómeno imprescindible en la vida vegetal. Las plantas requieren diferentes intensidades de luz (energía solar), según el tipo de planta y el estado de desarrollo. En el cuadro 1, se presentan las necesidades de luminosidad de las principales hortalizas que se cultivan bajo la técnica de hidroponía, en el que se aprecia el requerimiento alto de luminosidad de la cebolla. También, de acuerdo con dichas exigencias se puede seleccionar el lugar donde se van a cultivar, según el espacio disponible (8).

Se ha determinado que en los sitios mas 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 (39).

2.5. Nutrientes en hidroponía social.

La función de la hidroponía social, es encontrar sistemas prácticos de

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 (8)

nutrición que aporten los elementos esenciales para el desarrollo de los cultivos. Se trata de asegurar que el medio de cultivo contenga las fuentes de fertilizantes que constituyen el alimento vital para las plantas, por lo que no debe retrasarse el suministro de alimento a las plantas. El método simplificado para el cultivo hidropónico asegura que las plantas no están sobre alimentadas o desnutridas como suele ocurrir en cultivos con tierra (39).

Los nutrimentos Hidropónicos son compuestos minerales que se han desarrollado 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 (4).

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 (14,21).

Bajo esta modalidad la hidroponía social tiende a convertirse en una técnica mas popular y práctica por la semejanza y forma de fertilizar en geoponía cuyas aplicaciones se realizan cada cierto tiempo, permitiendo utilizar los fertilizantes de existencia comercial al alcance de los hidrocultivadores. Considerando que las características de los sustratos es de ser inerte química y biológicamente, es necesario utilizar fertilizantes compuestos y además completar el programa de fertilización con abonos foliares con los que se asegura un buen suministro de los nutrimentos 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 (14,36,39).

Para distinguir las distintas fórmulas fertilizantes también existen fertilizantes compuestos que poseen elementos menores en pequeñas cantidades como el abono azul o Blaukorn, que es un fertilizante granulado compuesto a base de elementos primarios, secundarios y oligoelementos. Su composición química se detalla en el cuadro 2. Los elementos menores requieren una atención y cuidados especiales ya que el contenido cualitativo y cuantitativo en éstos últimos fertilizantes no es completo y de acuerdo con las necesidades de las plantas, muchas veces es necesario hacer aplicaciones complementarias de elementos menores. Estas aplicaciones se hacen con soluciones de abonos vía foliar (32).

La urea, con un contenido de 46% de nitrógeno es el fertilizante nitrogenado sólido de mayor concentración. Este producto se caracteriza

también por no presentarse combinado con alguna otra sustancia inorgánica. Esta razón por lo que la urea no ejerce ninguna acción del suelo. En vista de su alto grado de solubilidad y fácil asimilación foliar, se le emplea frecuentemente en aspersiones nutritivas (37).

CUADRO 2. Composición química del Blaukorn.

ELEMENTOS PRIMARIOS		PORCENTAJE
Nitrógeno	(N)	12
Fósforo	(P ₂ O ₅)	12
Potasio	(K ₂ O)	17
ELEMENTOS SECUNDARIOS		
Magnesio	(MgO)	2
Azufre	(S)	6
Calcio	(Ca)	4.2
OLIGOELEMENTOS		
Boro	(B)	0.02
Cobre	(Cu)	0.04
Manganeso	(Mn)	—
Molibdeno	(Mo)	0.0005
Zinc	(Zn)	0.01

FUENTE: Química HOECHST DE EL SALVADOR, productos para la agricultura. 1987
(47)

2.5.2. Fertilización foliar.

Las pulverizaciones de abonos realizadas durante el ciclo vegetativo sobre determinados cultivos y en épocas fijas constituyen lo que se llama fertilización foliar. Las raíces no son los únicos órganos capaces de absorber los elementos minerales, sino también las hojas y los tallos pueden asimilar las sustancias nutritivas tanto minerales como orgánicas (aminoácidos principalmente). Por lo tanto, es posible aportar elementos minerales a los cultivos mediante pulverizaciones de materias fertilizantes sobre las hojas (32).

La absorción es mas eficaz cuanto mas joven es la hoja; y se realiza por ambas caras de ésta, por lo que interesa mojar al máximo toda la superficie foliar. Por otra parte, hay que advertir que el líquido que cae al sustrato no se pierde en lo absoluto; incluso en el caso de que la planta no absorbiese nada de abono por las hojas, la pulverización fertilizante constituirá un método de aplicación que aseguraría un excelente reparto de abono en el sustrato. Las soluciones de abono que se utilizan en la pulverizaciones de fertilizantes afectan no sólo al nitrógeno, sino a la totalidad de los elementos: N- P- K, los secundarios y microelementos (32,33).

Aguilar et al. (1), reportan que la mayor parte de las carencias pueden combatirse con fertilizantes foliares que contengan el elemento que se halla en déficit. Dichos fertilizantes contienen nutrimentos que le sirven a la planta para hacer correcciones nutricionales; dentro de éstos 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 interes en el fertilizante foliar es el nitrógeno; sin embargo, dicha fertilización se realiza cuando se quiere que la planta absorba rápidamente los nutrientes, para corregir deficiencias nutricionales y cuando las raíces no están en condiciones de cumplir su papel funcional.

El Bayfolan es una fórmula balanceada para aspersion del follaje con nutrimentos seleccionados para corregir o prevenir deficiencias o carencias de elementos que causan enfermedad en los cultivos. La eficacia de los compuestos con nutrimentos para aplicación foliar, se debe principalmente a la proporción balanceada de oligoelementos presentes en forma soluble y asimilable para las

plantas. La fórmula de Bayfolan tiene suficiente cantidad de N-P-K en proporciones que puedan ser absorbidas por completo a través de las hojas para estimular los procesos metabólicos. Se recomienda como complemento de la fertilización básica para prevenir carencias e insuficiencia de elementos que limiten el desarrollo y productividad de las plantas. Además tiene una acción correctiva (Buffer effect) la cual anula los efectos negativos de aguas duras (alcalinas) sobre insecticidas o fungicidas y asegura la plena eficacia de éstos. En el cuadro 3, se presenta el contenido de nutrimentos del Bayfolan (5).

CUADRO 3. Contenido de nutrimentos del Bayfolan.

ELEMENTO	CANTIDAD
SALES	F/V
Nitrógeno	11 %
Fósforo	8 %
Potasio	6 %
QUELATOS	
Hierro (Fe)	0.0185 %
Cobre (Cu)	0.008 %
Cobalto (Co)	0.0004 %
Manganeso (Mn)	0.016 %
Zinc (Zn)	0.006 %
Molibdeno (Mo)	0.00095 %
Boro (B)	0.0113 %

FUENTE: BAYER DE EL SALVADOR, BAYFOLAN, Nutrientes para fertilización foliar, 1990 (5).

En los metalosatos o quelatos de aminoácidos, el mineral ha sido enlazado a dos o más aminoácidos que lo protegen para no entrar en otras reacciones. Además su bajo peso molecular permite la penetración a las membranas celulares como un quelato intacto. Esto último hace que los metalosatos sean biológicamente activos, es decir, que al aplicarse sean

compatibles inmediatamente con las plantas (42).

El Crop up es un abono foliar en quelación de aminoácidos, contiene todos los elementos minerales necesarios para el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos agrícolas. Todos los elementos metálicos están presentes en forma de quelatos proteínicos. En el cuadro 4 se detalla la composición química del Crop up (9).

CUADRO 4. Composición química del metalosato Crop up.

ELEMENTO		PORCENTAJE
Nitrógeno	(N)	3
Manganeso	(Mn)	2.5
Azufre	(S)	2.5
Zinc	(Zn)	1.25
Magnsio	(Mg)	0.5
Cobre	(Cu)	0.25
Hierro	(Fe)	0.25
Boro	(B)	0.025

FUENTE: Comercial Agropecuaria, S.A. de C.V. Metalosatos (9).

El metalosato de Boro, es un producto diseñado como nutrimento vegetal para aplicación foliar, su composición química es Boro elemental al 1% (9).

El metalosato de Calcio es un quelato de aminoácidos líquido para aplicación foliar, dicho producto se utiliza para corregir deficiencias de Calcio en los estados iniciales de crecimiento, además de mantener un adecuado balance con los demás elementos nutricionales, asegurando el óptimo crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos agrícolas (9).

El complejo foliar N-P-K, es un producto diseñado para suplir nutrimentos vegetales asenciales por la vía foliar en épocas críticas del

crecimiento de las plantas; contiene proteínas vegetales hidrolizadas para estimular la absorción de los nutrimentos suplementarios. Su composición química es: Nitrógeno 4%; P_2O_5 17% y K_2O 17% (9).

2.5.3. Soluciones nutritivas.

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se pueden suministrar a la planta disueltos en agua. De todas las sustancias que las plantas toman para su crecimiento y producción, el agua constituye la mayor parte. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores: La proporción relativa de iones que se deben añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación de nutriente; en los cultivos hidropónicos las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas (15).

En Colombia, los nutrientes hidropónicos más conocidos comercialmente y utilizados a nivel popular son: 4 - 2 - 5 - 6 ó nutrientes mayor, que es un líquido incoloro y transparente que contiene elementos como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, que constituyen los elementos que las plantas consumen en mayor cantidad. El nutriente menor, es un líquido de color amarillo oscuro que contiene elementos como magnesio, boro, manganeso, zinc, azufre, hierro, molibdeno, cobre, cobalto y cloro (8).

2.6. Control natural de plagas y enfermedades.

El control de las plagas a través de los extractos naturales está basado

en tecnologías sencillas, que cualquier persona puede preparar (27).

Las plantas en sus procesos metabólicos y fisiológicos llegan a sintetizar sustancias bioactivas que de alguna manera pueden causar alteraciones en los procesos biológicos de los insectos. Estas sustancias pueden tener características de repelencia antialimentaria o acción insecticida y en algunos casos pueden modificar los hábitos de comportamiento (26).

Algunos productos naturales derivados de las plantas, se han utilizado como insecticidas a través del tiempo, ya sea en forma de cenizas, polvos y extractos que han servido como modelo para algunos insecticidas modernos. Se han utilizado extractos acuosos, en forma de infusión o maceración al cinco por ciento para el combate de las principales plagas en cultivos básicos (38,40).

Este tipo de control de plagas es muy antiguo, los colonizadores aprendieron de la población local que existían determinadas plantas con las cuales se puede combatir las plagas. Luego de una investigación extensiva se introdujeron en las colonias los cultivos de las plantas insecticidas. A esta época pertenecen la primeras investigaciones fundamentales sobre las plantas insecticidas. Después de la segunda guerra mundial, estos intentos fueron desplazados por los insecticidas sintéticos (36).

A partir de 1980, se comienza nuevamente a trabajar con las plantas insecticidas, después de reconocer los problemas ocasionados por los pesticidas sintéticos, renaciendo el interés por ellas. La investigación

científica ha aportado conocimientos e información importante sobre características y potencial de las plantas insecticidas. Sin embargo, no está necesariamente orientada a que el campesino elabore sus propios productos comerciales compatibles con el medio ambiente (11,40,48).

La protección de los cultivos no puede consistir nunca en una sola medida, y no pretende sustituir las medidas preventivas existentes, si no complementarlas 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 los cultivos tiene las siguientes ventajas: Reduce el riesgo de la resistencia, tiene menos consecuencias letales para los enemigos naturales de las plagas, reduce el riesgo de aparición de plagas secundarias, es menos nocivo para el hombre, no condiciona dependencia de aprovisionamiento con productos químicos, no ocasiona daños en el medio ambiente como los agroquímicos y puede significar menores costos financieros. Dentro de los extractos muy útiles para el control de plagas se tienen: extracto de ajo, cebolla, chile, tabaco y sábila; algunos de éstos, además de poseer características insecticidas, presentan características fungicidas (27,53).

En lo que se refiere a las enfermedades, el mejor método para controlarlas es el preventivo. Los insectos también están relacionados con el control de enfermedades. Algunos virus pueden ser transferidos por los áfidos. Otros insectos causan lesiones en los frutos y follaje por donde pueden penetrar enfermedades. Un buen programa de control de insectos es importante para prevenir enfermedades. En el cuadro 5, se presentan los principales problemas fitosanitarios del cultivo de la cebolla, el síntoma - daño que presentan las plantas y su respectivo control (48,49).

CUADRO 5. Principales problemas fitosanitarios que se presentan en el cultivo de la cebolla. Plaga, síntoma - daño y control.

PLAGA	SINTOMA-DAÑO	CONTROL
Trips (<i>Thrips tabaci</i>) piojillo de la cebolla.	Amarillamiento de las hojas que eventualmente se vuelven plateadas y el cultivo se seca. Resultan bulbos muy pequeños.	Maled:(0.5 Kg ia/ha) Malathion (1.15 Kg ia/ha),Diazinon (0.5-1.0 Kg ia/ha), Dimetoato (0.5 kg ia/ha).
Mosca de la cebolla (<i>Mitelia antiqua</i>)	Barrena el bulbo formando galerías y se comen las hojas.	Diazinon (0.5-1.0 kg.ia/ha)
Gusano de la cebolla. Larva del tallo.	Las plantas se vuelven plateadas y los bulbos se pudren.	Malathion 57% (1.0-1.5 l/mz)
Acaros (<i>Acaria tulipae</i>)	Deformaciones en las hojas formando espirales. Manchas amarillas alargadas a veces los síntomas no aparecen hasta el almacenamiento.	Azufre (Elosal) (0.5 - 1.2 Kg/ha)
Enfermedad Mancha púrpura (<i>Alternaria porri</i>)	Manchas blancas hundidas y púrpuras; a las 2-3 semanas se torna negra. Van en el sentido de las nervaduras.	Rotación y buena preparación del terreno.
Podredumbre del cuello (<i>Botritis allii</i>).	Pudrición del cuello con eventual ramificación.	Completa maduración del follaje antes de cosechar. Evitar daños mecánicos.
Raíz rosada (<i>Fynochaeta terrestris</i>)	Producción del sistema radicular y presencia de coloración rosada con eventual marchitez de la planta.	Varietades resistentes y rotaciones.
Pudrición blanda (<i>Erwinia carotovora</i>)	Pudrición acuosa de olor fétido.	Completa maduración para cosechar, buena curación, ventilación y luminosidad en el almacenamiento.
Nematodos (<i>Ditylenchus dipsaci</i>)	Atrofia el crecimiento Textura harinosa en almacenamiento.	Rotación, semilla sana

FUENTE: COLJAP Industria Agroquímica Hidroponia cultivo sin suelo NQ 19. 1991. (16)

2.7. Índice de cosecha.

En la mayoría de trabajos sobre selección de plantas sólo se ha

considerado la producción económica o rendimiento útil, lo cual considera solamente uno de los productos finales y no el rendimiento de biomasa total. Ultimamente, se está analizando el rendimiento de biomasa total o rendimiento biológico con el propósito de obtener el coeficiente de efectividad o "índice de cosecha". La fórmula para determinar el índice de cosecha es:

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{(\text{Rendimiento económico})}{\text{Rendimiento biológico}} \times 100$$

donde:

- Rendimiento biológico: Se considera como el peso total de las diferentes partes de la planta que se expresa en g/m².
- Rendimiento económico es dado por el producto netamente comercializable al momento de la cosecha y es expresado en g/m² (10,56).

2.8. Generalidades del cultivo de la cebolla.

2.8.1. Clasificación taxonómica.

Según la sistemática de Engler, la cebolla pertenece a la:

División.....	Fanerógamas o sifonógama
Subdivisión.....	Angiospermas
Clase.....	Monocotiledóneas
Orden.....	Lilifloras
Familia.....	Liliáceas
Sub-familia.....	Alioideaes
Género.....	Allium
Especie.....	cepa (55).

2.8.2. Características botánicas.

La cebolla es una planta bulbosa constituida por un tallo discoidal, plano, circular, casi imperceptible, del que parten inferiormente numerosas raíces sencillas que se introducen en el suelo; hacia arriba o en la parte superior de este tallo están las hojas, las que en su primera porción son subterráneas (catáfilas), las mismas que con el desarrollo, van adquiriendo una conformación especial que se denomina bulbo o cebolla. El bulbo está constituido por túnicas, catáfilas o escamas concéntricas y carnosas; delgadas y transparentes hacia el exterior. Estas túnicas constituyen la base de las hojas envainadoras, fistulosas, que en su parte libre son cilíndricas, de color verde más o menos intenso, superficie lisa y terminadas en punta; estas hojas cilíndricas son huecas y con la adultez de la planta se achatan o aplanan ligeramente. A edad más avanzada generalmente presentan un característico doblés en su parte media (23,41,55).

Al segundo año aproximadamente, entre las hojas nace y se eleva al escapo floral con profundo hinchamiento en la base, hueco por dentro y quebradizo o frágil llegando fácilmente a alcanzar de 1 a 1.5 m de altura; en el extremo de estos escapos nacen y se insertan las flores las cuales son pequeñas, de color blanco, verdoso, violáceo o purpurino encontrándose reunidas en el vértice del escapo en una umbela (cabezuela) compacta, esférica, rodeada de una espata membranosa (41,55).

Las flores se componen de 6 pétalos blancos o rojizos, según la variedad; de 6 estambres y de 1 pistilo (23,55).

Cada bulbo forma entre 2 y 20 tallos florales. El número de flores varía de 500 a 2000 y permanecen abiertas por unos 15 - 20 días. La polinización es realizada principalmente por abejas y algunas moscas. La androsterilidad es una característica de la cebolla y ese factor ha sido aprovechado para formar los híbridos comerciales (19).

El fruto es una cápsula de forma prismática, dividida en tres celdas o ángulos donde se alojan numerosas semillas de color negro, aplastadas, rugosas y angulares (41,55). El poder germinativo de la semilla alcanza 2 años y cuando se le conserva en el escapo puede durar más de dos y posiblemente hasta siete, en tal caso, la germinación es lenta y deficiente conforme aumenta el número de años (55).

2.8.3. Desarrollo y formación de bulbo de cebolla.

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 (41).

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 que son necesarios para su crecimiento. Esta función la realiza cuando que el epicótilo está curvado, en cuanto éste se endereza se puede observar lo que queda de la semilla, como un pequeño busto

negro en el extremo de la plántula. El suelo debe ser 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, recto o "falso tallo" (41).

Cuando la duración del día comienza a aumentar, la formación de nuevas hojas 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 embrionarias; 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 embrionarias, obteniéndose en estos casos, cebollas con un cuello grueso. El hinchamiento final depende del número de hojas formadas y el correspondiente a la base de cada una de ellas (41).

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 del bulbo. La utilización de los carbohidratos será dominante en la primera parte de la etapa de crecimiento y la acumulación lo será en la parte final (23).

Los principales factores que afectan la formación del bulbo son: La provisión de nitrógeno aprovechable y el fotoperíodo o duración del día. Las

condiciones de días largos estimulan la formación del bulbo, pero hay diferencia de respuestas entre los cultivares y, si la duración es desfavorable para cualquier variedad no habrá formación de éstos. 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 (23,31).

Antoni- Banderas, 70 mundo, 1944, p. 110, 111

En estudios realizados en Venezuela se ha observado que las variedades de cebollas de días largos no desarrollan bulbo, solamente hojas. La temperatura óptima para la formación del bulbo oscila entre 20-25 °C; a temperaturas mayores, la formación y madurez del mismo se presentan en forma prematura. Por debajo de los 14 °C no ocurre una completa formación aún teniendo luz en forma continúa (29).

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 (31).

La formación del bulbo es un proceso controlado por el sistema del fitocromo, que es acelerado por la luz infrarroja y azul; mientras que es suprimido por la luz roja (19).

2.8.4. Variedades.

Los cultivares de cebolla varían en tamaño, precocidad, color, resistencia a enfermedades, defectos, resistencia al manejo y transporte. Hasta 1940 sólo se contaba con germoplasma de polinización abierta, pero con el descubrimiento de la andro o machoesterilidad citoplásmica en cebolla, se abrieron nuevos caminos para la producción de híbridos, lo que ha provocado importantes progresos (19).

En El Salvador, tradicionalmente se siembran los cultivares criollos, pero se han hecho introducciones de cultivares con mayores rendimientos entre los cuales han demostrado mayor adaptación: Red Creole, en todas las zonas del país; Majestic Híbrido, Red Tropicana Híbrido, Robust Híbrido, Red Star Híbrido, que se adapta a zonas bajas y medias y White Grano a zonas de altura. Los cultivares Amarillos, Texas Early Grano 502 y Yellow Grano dan altos rendimientos en todas las zonas, pero no son muy aceptados por el agricultor (24). Los cultivares que se adaptan a las condiciones del país son los de días cortos, pero, algunos se adaptan más a las partes altas con temperatura baja y otros desde los 50 metros sobre el nivel del mar. Generalmente, la mejor época de siembra es la seca, ya que se cuenta con más bajas temperaturas y días cortos, características climáticas favorables para la formación de bulbo (24).

A continuación se mencionan algunas características de dos híbridos y una variedad cultivados en el país.

Texas Yellow Grano 502, cebolla de color amarillo adaptada para regiones de días cortos, latitudes de 24 - 28°, produce cabezas grandes en forma de

trompo. Se cosecha a los 150 días.

Cristal White Wax, cebolla de días cortos, cabeza de forma redonda, achatada, se cosecha a los 150 días. Se adapta muy bien a las condiciones del país (7,32).

Criolla Nicaragüense, esta se adapta muy bien a las condiciones del país, su bulbo es mediano, sus formas son variadas desde redondeado y achatado, hay de color blanco y rojo. Se adapta muy bien a regiones de bajo y mediana altura 2/. El resumen de las características de los híbridos y variedades cultivadas en el país se presentan en el cuadro 6.

CUADRO 6. Características de cultivares de cebolla que se recomienda sembrar en el Salvador.

CULTIVARES	PROCEDECENCIA	COLOR	FORMA	RENDIMIENTO (TM/ha)	DIAS A COSECHA
Robust Hybrid	Dessert seed	Bianca	Globosa	23.3	131
Red Star Hybrid	Dessert seed	Roja	Globosa o torpedo	28.8	138
Red Tropicana Hybrid	Dessert seed	Roja	Globosa	28.8	138
Majestic Hybrid	Dessert seed	Bianca	Chata	22.8	131
Red Creole	Niagara seed	Roja	Globosa	25.8	145
White Granex	Dessert seed	Bianca	Globosa	27.8	148
Yellow Granex	Dessert seed	Amarilla	Globosa	30.8	133
Texas Early Grano 582	Dessert seed	Amarilla	Chata o globosa	26.8	138
Perla Segunda	Royal	Bianca	Globosa	21.7	135
Criolla	El Rosario La Pains	Bianca	Globosa	28.8	147

FUENTE: CENIA. Documentos técnicos sobre aspectos agropecuarios hortalizas 1985 (24).

2/ DOMINGUEZ, A.; LOZANO, J.A. 1992. Cultivo y manejo de cebolla. Canton San Emigio. Guadalupe. San Vicente. El Salvador. (Comunicación personal)

2.8.5 Clasificación de la cebolla.

La costumbre de los consumidores, establecida a través del tiempo, marca la preferencia del mercado sobre determinadas clases de cebolla, según su color y sabor. Esto está limitado a su vez por la adaptación natural de diversos cultivares (7).

Para el mercado las cebollas de cabeza se clasifican en dos grandes grupos: Cebollas de sabor y olor fuerte y cebollas dulces. Cada uno de éstos grupos se subdivide de acuerdo al color en cuatro tipos: Cebollas de bulbos blancos, cebollas amarillas, rojas y moradas (7,31).

En el aspecto técnico la clasificación mas importante es según el requisito fotoperiódico, o sea, el número de horas luz necesarios para formar bulbos. Hay cultivares que requieren días cortos (10-12 horas aproximadamente); otros días intermedios (12-13 horas), y un grupo días largos (14 a más horas de iluminación) (7,20,31).

La manera en que se ha producido la semilla de un determinado cultivar determina otro criterio para la clasificación por tipos. En este caso existen las cebollas de polinización abierta o normal y los cultivares híbridos, cuya semilla es verdaderamente F1 producida por cruzamiento controlado de cultivares androestériles con cultivares normales. La formación de híbridos ha marcado un gran progreso en favor del cultivo en zonas tropicales de días cortos con menos de doce horas luz. Estos nuevos híbridos, adaptados para localidades de días cortos, son además muy precoces, resistentes a las enfermedades e interesan grandemente en el país (7,31).

Chinchilla (18), clasifica la cebolla de acuerdo a su diámetro ecuatorial en tres clases: Primera, segunda y tercera. La de primera, el diámetro del bulbo es igual o mayor a cuatro cm; la de segunda está comprendida entre el diámetro a cuatro y mayor a dos cm y de tercera con diámetro menor o igual a dos cm.

2.8.5. Importancia alimenticia de la cebolla.

La cebolla, considerada la más importante de las plantas bulbosas, constituye un excelente alimento relativamente rico en compuestos hidrocarbonados. Además de sus propiedades alimenticias, se ha reconocido durante muchos años su alto poder curativo; mencionándose que es beneficiosa para la vista y el sistema digestivo, combate la calvicie, el resfriado y la artritis y alivia la hipertensión (16).

2.9. Factores de producción.

2.9.1. Influencia del fotoperíodo y la temperatura.

La duración del fotoperíodo en función de la latitud, lo mismo que la temperatura, tiene decidida influencia sobre la formación de bulbo de cebolla (7,16).

En la producción comercial de cebolla por sistemas avanzados se toma muy en cuenta el efecto del fotoperíodo, Garner y Allard en 1920 y Melelland en 1928, probaron por primera vez que la longitud del día determinaba la formación del bulbo en ciertos cultivares de cebolla (7).

El fotoperíodo y la temperatura son los dos aspectos del clima que influyen en la producción de cebollas en el trópico. Las condiciones de días largos estimulan la formación de bulbo, pero hay diferencias de respuestas entre los cultivares (16,19).

Las cebollas requieren temperaturas frescas durante la etapa inicial del cultivo (11 - 22 °C) y temperaturas cálidas en su etapa de madurez (13 - 24°C). Las óptimas fluctúan entre los 12 y 14 °C (16,19,32).

Se puede producir cebolla en muchos climas, desde 12 hasta 28 °C. Sin embargo, las mejores cosechas y calidad se obtienen en zonas de clima medio (18 - 22 °C) de ambiente seco y alta luminosidad. Las temperaturas bajas alargan el ciclo vegetativo, dando lugar a la acumulación de carbohidratos en el follaje, que luego pasará a los bulbos (16).

La temperatura influye en la formación del bulbo y en la floración, ya que los bulbos se desarrollan más rápidamente al incrementar la temperatura. Cuando se siembran en climas fríos variedades adaptadas a regiones cálidas, se forman bulbos pobres y florecen. Cuando variedades para zonas frías se cultivan en regiones más cálidas, la formación del bulbo se detiene o es muy pobre (7,16).

El florecimiento, fenómeno indeseado para la producción de bulbos, se presenta cuando la planta es expuesta a temperaturas bajas (5 - 15 °C) durante cinco días seguidos, por esto hay mayor peligro de floración en los climas fríos que en los cálidos. Los días cortos aumentan las posibilidades de floración en las variedades adaptadas para días cortos. La variedad híbrida

Yellow Granex se adapta bien desde los cero a los 3000 metros sobre el nivel del mar, aunque tiende a florecer por debajo de los 12 °C. A 1000 metros sobre el nivel del mar produce a los 126 días, a los 2000 m.s.n.m. a los 150 días y a 3000 m.s.n.m. a los 248 días (16).

2.9.2. Requerimientos de agua de la cebolla.

La cebolla es un cultivo de rápido crecimiento y cuyos bulbos, al momento de la cosecha, contienen del 90 al 94% 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 (26).

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 logran su pleno desarrollo. Finalmente una vez 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. El riego debe de suspenderse cuando alcanzan la madurez fisiológica, detectable por el doblamiento de las hojas, para lograr una maduración uniforme de los bulbos (30).

En este cultivo no existen períodos críticos que requieran una mayor suplencia de agua, aunque las deficiencias de humedad en el suelo durante cualquier época de su ciclo vegetativo, determinan una reducción sensible en los rendimientos. Sin embargo, cuando los déficits de humedad se presentan

durante el período de desarrollo del bulbo, la reducción de los rendimientos es mayor que cuando éstos ocurren durante la fase inicial del crecimiento. Los déficit de humedad provocan una reducción del follaje, el cual se torna verde oscuro a verde grisáceo, 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 de los bulbos (16,30,34).

La cebolla es uno de los cultivos más exigentes en riego, debido a que su sistema radicular es abundante y superficial, por lo que los primeros centímetros deben permanecer a capacidad de campo continuamente. Por ello, la cantidad de agua que podría almacenarse en el escaso volumen del suelo utilizado por el cultivo, es muy limitada 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. Con ensayos en agua realizados por FUSAGRI (30) en cebolla de la variedad Texas Grano 502, sembrados 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 (16,30).

CLAROS *et al.* (17), evaluando cuatro láminas de riego en el cultivo hidropónico de remolacha (*Beta vulgaris*), determinaron que la cantidad de agua a utilizar es de 2.18 l/día/m² hasta los 13 días de edad del cultivo; 7.11 l/día/m² hasta los 34 días; 7.91 l/día/m² hasta los 51 días y 7.53 l/día/m² hasta los 64 días.

2.9.3. Requerimientos nutricionales del cultivo de la cebolla y su rendimiento.

2.9.3.1. Respuesta a la fertilización.

Las respuestas de las plantas a los diferentes elementos fertilizantes depende de la especie, de la disponibilidad de los elementos en el suelo, de la dosis, forma y época de aplicación y de las condiciones climáticas imperantes en la zona de producción (3). Los cultivos horticolas debido a su alta producción retiran del suelo grandes cantidades de nutrientes, por esta razón es imprescindible que la tierra tenga una alta fertilidad natural, o bien que sea abonada con materia orgánica o mediante fertilizantes químicos (25,56). En el cuadro 7 se presentan las funciones de los elementos esenciales y en los cuadros A1 y A2, los síntomas de toxicidad y deficiencia respectivamente.

La cebolla es un cultivo que por su sistema radicular poco desarrollado no tiene capacidad de explorar un volumen de suelo extenso para 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 (4). VOSS (59), al referirse a este cultivo y su fertilización, menciona que las raíces superficiales y altas poblaciones hacen eficiente el uso de los fertilizantes especialmente nitrogenados.

ZINK (60), establece que el promedio de nutrientes removidos por el cultivo es mucho más lento durante el crecimiento y el período que comprende desde la formación del bulbo hasta la cosecha; la planta remueve

aproximadamente 68% de nitrógeno total, 75% de fósforo y 47% de potasio. Estudios sobre la tasa de crecimiento y absorción de nutrientes indican que las plantas de cebolla producen más del 72% de su peso seco desde el inicio de la formación de los bulbos hasta la cosecha y que extraen un promedio de 143 Kg N, 23 Kg de P, 113 Kg de K, 87 Kg de Ca, 13 Kg de Mg y 10 Kg de Na/ha.

CUADRO 7. Funciones de los principales elementos demandados en los cultivos.

ELEMENTO	FUNCIONES
NITROGENO	Este elemento permite a la planta: - Crecer rápidamente - Abundante follaje de coloración verde intenso.
FOSFORO	Ocupa una posición central en el metabolismo vegetal. - Acelera el crecimiento del follaje. - Promueve la formación del bulbo más temprano.
POTASIO	Es elemento vital en mayor cuantía por la planta. Su principal función es el mantenimiento de la turgencia fisiológica de los coloides del plasma vegetal, lo que es imprescindible para el desarrollo normal de los procesos metabólicos, formación, condensación y transporte de los azúcares; así como la síntesis de las proteínas y los lípidos. Le da mayor resistencia al acame y producción y calidad de los bulbos.
CALCIO	Función de naturaleza químico-coloidal al igual que el K. junto con otros iones regula el estado de turgencia del plasma coloidal, lo cual es necesario para la realización normal de las reacciones metabólicas. Contrae el plasma, con lo que fomenta la transpiración y la reducción de la absorción de agua. El Ca impide la elongación.
BORO	Ocurre su deficiencia en los principales cultivos agrícolas. Se encuentra en los ápices vegetativos, flores y tejidos de conducción, su presencia es de vital importancia donde hay constante división celular. Tiene importancia en la germinación del polen, formación de frutos y raíces.

FUENTE: JACOB. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y sub-tropicales, 1973 (37).

En una cosecha promedio de 400 qq/mz el cultivo extrae del suelo las siguientes cantidades de nutrientes: 200 lb de N; 90 lb de P y 300 lb de K/mz (32). Una hectárea que produzca 300 qq de cebolla, debe disponer de: 100 Kg de N; 40 Kg de P₂O₅ y 140 Kg de K₂O (28,54). En el cuadro 8 se observan los rendimientos y cantidades de nutrimentos absorbidos por la cebolla.

CUADRO 8. Rendimiento y cantidad de nutrimentos absorbidos por la cebolla.

RENDIMIENTO Ton/ha	CANTIDADES ABSORBIDAS (Kg)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
37	133	22	177
42	160	76	125

FUENTE: "monografías agrícolas". Corporación de fomento de la producción, CORFO y Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile 1987.

Según Venciev, citado por Morell (41) 10 qq de bulbos extraen del suelo las siguientes cantidades de elementos nutritivos: 3.8 Kg N₂; 1.5 Kg P₂O₅; 4 Kg de K₂O y 3.2 Kg de Ca. Estos valores ponen de relieve el elevado consumo de nitrógeno y potasio y ofrecen una orientación sobre los criterios a seguir en el suministro de abono.

En Gran Bretaña Greenwood et al, citado por Añez Távira (3) desarrollaron un programa de experimentos para caracterizar las respuestas de las hortalizas a la fertilización con N - P - K bajo diferentes tipos de suelos. Para cebolla sembrada en primavera presentan como cantidades óptimas la aplicación de 206 Kg de N, 105 Kg de P₂O₅ y 119 Kg de K₂O/ha.

En ensayo realizado en Costa Rica, se evaluó la respuesta a N-P-K y se encontró que el nitrógeno tendió a incrementar la producción de cebolla con el aumento de la dosis adicionada, hasta 150 ó 300 Kg según el sitio. Pero en general se puede definir una fertilización de 100 Kg N/ha, 100 Kg P₂O₅/ha, 100 Kg K₂O/ha y 50 Kg S/ha (51).

En Cartago, en 1974 se evaluó el efecto de 8 diferentes dosis de P₂O₅ desde 0 hasta 700 Kg/ha a intervalos de 100 Kg sobre el rendimiento de cebolla

en tierra blanca; el mayor rendimiento se presentó con 300 Kg P_2O_5 /ha aunque no existe diferencia significativa entre tratamientos (50).

En un ensayo realizado en Palmira, Colombia por Duque *et al* (22) se evaluó la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en cebolla variedad Ocañera y se concluyó que las necesidades de nitrógeno y potasio son mayores en las primeras etapas de crecimiento y las de fósforo en todas las etapas. La extracción de N, P_2O_5 y K_2O por hectarea fue de 38.8, 38.6, 71.3 respectivamente.

En el país se ha determinado que para una producción de 37 Tn/ha las cantidades absorbidas de elementos son: 133 Kg de N, 22 Kg P_2O_5 y 177 Kg de K_2O . Para 42 Tn/ha: 160 Kg de N; 76 Kg P_2O_5 y 125 Kg K_2O (19).

En un trabajo realizado en el cantón El Rosario de San Ignacio, Chalatenango, cuyo objetivo fue determinar el nivel más adecuado de nitrógeno y fósforo para una mayor productividad, se estudiaron cuatro niveles de N (0,60,120 y 180 Kg N/ha) y cuatro de fósforo (0,50,100 y 150 Kg de P_2O_5 /ha). La máxima producción se obtuvo con dosis de 120 Kg N/ha. El máximo rendimiento en todas las variables medidas se obtuvo con la aplicación de 120 Kg N y 100 Kg P_2O_5 /ha (18). Gattoni (31), reporta que la cebolla es exigente en fósforo y que los suelos cebolleros del país necesitan un fertilizante con una relación 1: 3: 1 en cantidades de 518 -972 Kg/ha.

2.9.3.2. Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento

En estudios en donde se han evaluado las distancias de siembra con la

aplicación de fertilizantes se ha determinado que la aplicación de nitrógeno en cobertura a intervalos de cuatro semanas produjeron los más altos rendimientos cuando las siembras se efectuaron a 12.7 cm entre plantas en dos hileras por surcos y 7.6 cm entre dos hileras (52).

HERNANDEZ (35), En un ensayo de fertilización, variedades y distanciamientos de siembra en el rendimiento de cebolla en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. de Costa Rica, obtuvo los siguientes resultados: La fertilización con nitrógeno y fósforo aumentó los rendimientos en forma lineal, donde se pudo determinar las más altas producciones con los niveles de 90 Kg de nitrógeno y 195 Kg de fósforo.

PINEDA *et al* (45), evaluaron 5 niveles de fertilización nitrógeno en cebolla: 40, 80, 120, 160 y 200 Kg N/ha y dos distanciamientos: 8 y 12.12 cm entre plantas; comprobaron que 160 Kg de N/ha produjo los mayores rendimientos y al hacer la relación beneficio - costo demostraron que la dosis de 80 Kg N/ha y el distanciamiento de 8 cm entre plantas es el mejor.

PLAISTED citado por Paz y Howell (46), aunque no experimentó directamente eb distanciamiento, indica que los rendimientos más altos se obtuvieron con espaciamentos entre plantas de 5 y 10 cm aunque con espaciamiento de 10 cm el coeficiente de variabilidad fue mucho más bajo.

WILLIAMS *et al.* citado por Paz y Howell (43), estudiaron el efecto del espaciamiento y la competencia de malezas sobre el maíz dulce, habichuelas y cebollas, determinaron que se obtienen rendimientos más altos en siembras estrechas (12.7 cm) en comparación con siembras más amplias (25 y 38 cm), el

distanciamiento entre plantas se mantuvo uniforme en 7.6 cm. De los datos para cebolla se puede observar un descenso aparente lineal con un aumento en la distancia entre hileras. Sin embargo, el tamaño de los bulbos, como es de suponer aumentó con un incremento en la distancia entre hileras.

2.9.3.3. Nutrición en hidroponía.

En cultivos hidropónicos la cebolla prospera muy bien regada con solución nutritiva 1 Full, cuya composición química se presenta en el cuadro 9. Con la técnica de hidroponía se han obtenido hasta 10 Kg de cebolla/m², lo cual significa 100 Tn/ha en cada cosecha; la cantidad de solución consumida variará según el clima entre 2 y 4 l/m² por día (16).

CUADRO 9. Composición típica de la solución nutritiva utilizadas en cultivos hidropónicos.

RANGO	1/4 FULL	1/2 FULL	1 FULL
N -NO ₃	50	100	200
N -NH ₄	5	10	20
P	11	22	43
K	52	104	208
Ca	46	92	185
Mg	12	24	28
S	8	16	32
Fe + ³	1.4	2.8	5.6
Mn			0.54
Cu			0.06
Zn			0.26
B			0.54
Mo			0.012
Cl			1.8
Co			0.004

FUENTE: COLJAP. Industrias agroquímicas, hidroponía, Cultivo sin suelo. Nº 10. 1991. (15).

En ensayo realizado por Navas (42), en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*), se evaluaron las fuentes de fertilizantes foliares: Metalosatos Crop

up, complejo foliar N-P-K y abono foliar Bayfolan, con dos distanciamientos de siembra bajo la técnica de hidroponía. Concluyó que la aplicación de metalosatos Crop up y complejo foliar N-P-K, permiten obtener resultados satisfactorios en cuanto a peso y diámetro de las raíces de zanahoria, cuando se utilizan como complemento de la fertilización al sustrato.

AGUILAR *et al.* (1), utilizando la técnica de hidroponía, con el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris*) variedad Crosby Egyptian, evaluaron tres fuentes de fertilizantes: Solución nutritiva COLJAP, abono azul y formula 15 - 15 - 15 (N-P-K) y dos sustratos: Escoria volcánica y granza de arroz. Los mayores diámetros de raíces se obtuvieron con la solución nutritiva de COLJAP y abono azul, usando como sustrato la escoria volcánica.

AREVALO HENRIQUEZ *et al.* (4), evaluaron tres programas de fertilización en hidroponía: Programa base (Blaucor - Urea), programa base más el 50% de Blaucor - Urea y programa base sustituyendo la urea por Nitromag Calcáreo; y tres densidades de siembra: 4, 6 y 8 cm entre plantas, manteniendo constante los distanciamientos entre surco a 10 cm; para ello utilizaron como sustrato escoria volcánica roja y la variedad de cebolla Texas Yellow Grano 502. Los mejores diámetros de bulbo se obtuvieron con el programa base (Blaucor - urea) y el distanciamiento de 8 cm entre plantas.

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 septiembre a diciembre de 1992. Sus coordenadas geográficas son: 89° 13' longitud oeste y 13° 43' latitud norte y a una altura de 710 metros sobre el nivel del mar.

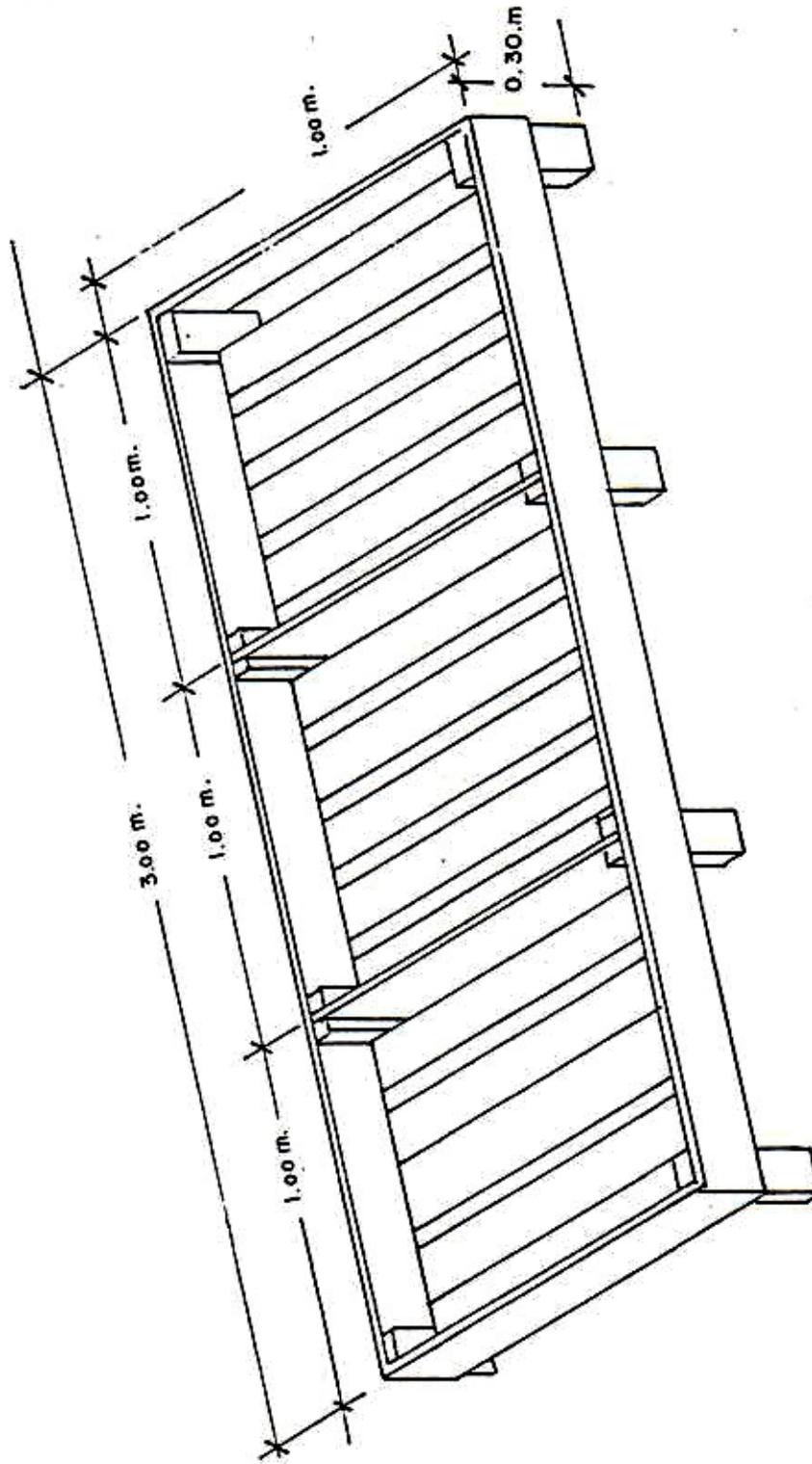
3.2. Condiciones climáticas del lugar.

Para conocer las condiciones climáticas del lugar durante el período en que se realizó el ensayo y poderlas analizar, se tomaron valores promedios mensuales de temperatura, humedad relativa, horas luz al día, velocidad del viento y precipitación pluvial, de la estación meteorológica ubicada en la Universidad de EL Salvador.

3.3. Preparación de módulos.

Se utilizaron módulos de madera de 1.0 m de ancho por 3.0 m de largo, la base fue constituida por reglas de 0.07 m de ancho espaciadas a 0.10 m una de otra. La profundidad de los módulos fue de 0.10 m y una altura sobre el nivel del suelo de 0.30 m (fig. 1).

Los módulos se forraron con plástico negro calibre 200, con el objetivo de contener el sustrato, evitar la lixiviación rápida del fertilizante,



Esc. 1:50

Fig. 1. Diseño del módulo utilizado en la evaluación de dos híbridos y una variedad de cebolla (Allium cepa L.) sometidos a tres programas de fertilización ---- bajo la técnica de hidroponía, utilizando como sustrato escoria volcánica - roja. UES 1992

retener por mucho más tiempo el agua y aumentar la vida útil del módulo. El plástico se agujereó en el fondo para favorecer el escurrimiento del exceso de agua.

3.4. Selección y preparación del sustrato.

El sustrato utilizado para el estudio fue la escoria volcánica roja, la cual fue seleccionada por conocerse los antecedentes de su uso en cultivos hidropónicos y por presentar características adecuadas para darle un buen soporte a las plantas. La escoria se obtuvo de una cantera ubicada en el cerro "El Cerrito" jurisdicción de Quezaltepeque, departamento de La Libertad. El análisis químico fue realizado en el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agrónomicas de la Universidad de El Salvador (cuadro 10).

CUADRO 10. Análisis químico de la escoria volcánica roja.

CARACTERISTICA	UNIDADES	VALOR
Textura	-	Vítrea
Estructura	-	Porosas
pH	-	8.4
Nitrógeno nítrico	ppm	35
Fósforo	"	104.45
Sodio	"	60.0
Potasio	"	38.75
Calcio	"	602.50
Magnesio	"	70.0
Cobre	"	1.0
Manganeso	"	23.75
Hierro	"	31.5
Zinc	"	2.18
Boro	"	0.41
Azufre	"	6.0

FUENTE: Laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Agrónomicas de la Universidad de El Salvador.

3.4.1. Tamizado.

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

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 0.04 m con partículas de escoria de un tamaño de 5 - 7 mm de diámetro en el fondo del módulo y otra de 0.06 cm con partículas de 3.0 mm de diámetro en la parte superior del módulo; esto se hizo con el propósito de darle mayor fijeza a las plantas, mayor aireación a las raíces y mejorar el drenaje.

3.4.3. 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.

3.4.4. Desinfección del sustrato.

La desinfección se realizó con formalina al 1% utilizando un galón/m², posteriormente se cubrieron los módulos con plástico transparente; a los ocho

días se retiró el plástico, luego se aireó durante ocho días para después realizar la siembra.

3.5. Establecimiento y manejo del cultivo.

3.5.1. Siembra.

La siembra de la cebolla se efectuó en forma directa colocando la semilla a chorro seguido en el fondo del surco a 0.01 m de profundidad, los surcos se encontraban distanciados 0.10 m, después se colocaron sacos de yute para mantener la humedad y un microclima favorable y obtener una germinación uniforme; luego se eliminaron los sacos al emerger las plántulas.

3.5.2. Raleo.

El raleo se efectuó a los 15 días después de la siembra, dejando los distanciamientos definitivos; 0.06 m entre plantas y 0.10 m entre surcos, con una densidad final de 160 plantas/m².

3.5.3. Aporco.

El aporco se realizó después del raleo y luego cada 8 días, con el propósito de darles mayor fijeza a las plantas. También con esto se escarda para una mayor aireación al sustrato y evitar así la compactación.

3.5.4. Riego.

Debido a que la distribución de la lluvia a lo largo del ciclo del cultivo no fue uniforme, para mantener el sustrato a capacidad de campo, se suministraron riegos complementarios. Estos consistieron en aplicar de 7 a 8 l/día/m², distribuidos en tres aplicaciones; por la mañana, al mediodía y la tarde.

3.5.5. Control de plagas y enfermedades.

Para el control de plagas y enfermedades se utilizó el método preventivo. Para las plagas se hicieron aplicaciones de té de ajo, el que se preparó macerando dos cabezas de ajo, dejándolas reposar por 24 horas, se coló y se hizo una solución madre añadiendo 250 cc de agua. De ésta se tomaron 15 cc por litro de agua (57), asperjándose al cultivo dos veces por semana. Para las enfermedades se hicieron las siguientes aplicaciones: A la siembra se aplicó una solución de Ridomil + Benlate + Cupravit a una concentración de 150 ppm incorporándolo al sustrato, repitiéndose la misma dosis a la emergencia de las plántulas. Esto se hizo con el fin de evitar enfermedades de tipo fungoso (Phytium sp y Rizoctonia sp. causantes del mal del talluelo), después de la emergencia se aplicó dos veces por semana una solución de Ridomil + Benlate + Manzate 200 a una concentración de 90 ppm. Incrementándose la dosis a 150 ppm cuando persistía en el ambiente una alta humedad relativa.

3.5.6. Cosecha.

La cosecha de la cebolla se realizó manualmente a diferentes edades

CUADRO 11. Programas de fertilización utilizados en el cultivo hidropónico de cebolla, usando como sustrato escoria volcánica roja. UES 1992.

PROGRAMA	DESCRIPCION DEL PROGRAMA
P1: Programa de fertilización 1 Blaukorn + Urea y Bayfolan	Aplicaciones de 28 g/m lineal de Blaukorn fraccionados en cuatro dosis: iniciando 15 días después de la siembra, (siendo esta la primer semana de aplicación) 7 g semanalmente hasta complementar los 28 g de 5ª a 8ª semana: 16 g de Blaukorn + 5 g de Urea ambos fraccionados en 4 aplicaciones. 11 aplicaciones de fertilizante foliar Bayfolan a una dosis de 15 cc/l de agua (una aplicación semanalmente)
P2: Programa de fertilización 2 Blauform + Urea (50%) y Metalosatos	Aplicaciones de 14 g/m lineal de Blaukorn fraccionados en 4 dosis: Iniciando 15 dds, 3.5 g semanalmente hasta completar los 14 g de 5ª a 8ª semana: 8 g de Blaukorn + 2.5 g de Urea, ambos fraccionados en 4 aplicaciones. 11 aplicaciones de fertilizante foliar a base de metalosatos de la siguiente manera: En las semanas 1ª, 2ª, 3ª, 5ª, 7ª, 9ª, 10ª y 11ª, 5cc crop-up/l de agua; en la 4ª, 6ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª semana, 5 cc de NPK/l de agua. Además, de la 1ª - 3ª semana se aplicó 1 cc de boro/l de agua, simultáneamente con el Crop-up, también se aplicó metalosato de calcio 1 cc Ca/l de agua en la 5ª y 6ª semana.
P3: Programa de fertilización 3 Blaukorn + Urea y Metalosatos	Aplicaciones de 28 g/m lineal de Blaukorn fraccionados en 4 dosis: Iniciando 15 dds, 7 g semanalmente hasta completar los 28 g de 5ª - 8ª semana: 16 g de Blaukorn + 5 g de Urea, ambos fraccionados en 4 aplicaciones. 11 aplicaciones de fertilizante foliar a base de metalosatos de la siguiente manera: En las semanas 1ª, 2ª, 3ª, 5ª, 7ª, 9ª, 10ª y 11ª, 5 cc crop-up/l de agua; en la 4ª, 6ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª semana, 5 cc de NPK/l de agua. Además, de la 1ª, 3ª semana se aplicó 1 cc de boro/l de agua, simultáneamente con el crop-up, también se aplicó metalosatos de calcio 1 cc Ca/l de agua en la 5ª y 6ª semana.

Los programas de fertilización se hicieron tomando en cuenta los requerimientos del cultivo, utilizando la fertilización base Blaukorn, Urea y Bayfolán; utilizados en el país en la hidroponía popular y las recomendaciones contenidas en el manual super B en el cultivo de la cebolla (32). Todos los programas contaron con una fertilización general que consistió en una mezcla de 3g de Blaukorn y 2g de Urea por metro lineal al momento de la siembra y a los 8 días después de ésta. Se efectuaron aplicaciones foliares de acuerdo a

según la variedad, tomando como parámetro el doblamiento de las hojas, la flacidez del cuello y la muerte de las raíces: Los híbridos Texas Yellow Grano 502 y Cristal White se cosecharon a los 99 y 105 días respectivamente y la variedad Criolla Nicaragüense a los 112 días después de la siembra.

3.6. Programas de fertilización.

Los programas de fertilización que se evaluaron se presentan en el cuadro 11. El primer programa tuvo como base el fertilizante Blaukorn, complementado con Urea y Bayfolan en la aplicación foliar. El segundo tuvo como base siempre el fertilizante Blaukorn complementando con Urea, pero se disminuyó en un 50 por ciento con respecto al primero y se utilizó metalosatos en la fertilización foliar. En el tercer programa se tuvo como base el Blaukorn complementado con Urea al igual que en el primero y se utilizaron metalosatos como fuente de fertilización foliar.

3.7. Tratamientos.

Los tratamientos consistieron en la combinación de tres variedades de cebolla: Cristal White, Texas Yellow Grano 502 y Criolla Nicaragüense, sometidas a tres programas de fertilización utilizando como fuentes de fertilizantes sólidos Blaukorn y urea y como foliares Bayfolán y metalosatos. Los programas se describen en el cuadro 11. Estos se combinaron con cada una de las variedades con lo cual se obtuvieron los tratamientos que se detallan en el cuadro 14.

los programas : Programa 1, se aplicó 5cc de Bayfolán por litro de agua a la emergencia (8 dds). Programas 2 y 3, se aplicó 2.5cc de Crop up + 1cc de Boro por litro de agua a la emergencia (8 dds).

CUADRO 12. Descripción de tratamientos en la evaluación de dos híbridos y una variedad de cebolla (*Allium cepa*) y tres programas de fertilización bajo la técnica de hidroponía. UKS 1992.

SIMB.	TRATAM.	DESCRIPCION
T ₁	V ₁ P ₁	Híbrido Cristal White, programa de fertilización 1
T ₂	V ₁ P ₂	Híbrido Cristal White, programa de fertilización 2
T ₃	V ₁ P ₃	Híbrido Cristal White, programa de fertilización 3
T ₄	V ₂ P ₁	Híbrido Texas Yellow Grano 502, programa de fertilización 1
T ₅	V ₂ P ₂	Híbrido Texas Yellow Grano 502, programa de fertilización 2
T ₆	V ₂ P ₃	Híbrido Texas Yellow Grano 502, programa de fertilización 3
T ₇	V ₃ P ₁	Variedad Criolla Nicaragüense, programa de fertilización 1
T ₈	V ₃ P ₂	Variedad Criolla Nicaragüense, programa de fertilización 2
T ₉	V ₃ P ₃	Variedad Criolla Nicaragüense, programa de fertilización 3

3.8. Metodología estadística.

3.8.1. Diseño experimental y estadístico.

El diseño estadístico utilizado fue el completamente al azar en arreglo factorial 3x3 con cuatro repeticiones por cada tratamiento. Se utilizó este diseño, ya que las condiciones donde se estableció el ensayo eran homogéneas y además facilita el estudio de todos los factores en forma simultánea, proporciona información completa de cada factor y la interacción de los mismos

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

El área total del ensayo fue de 77 m² (11 x 7 m) con doce módulos de 1 m de ancho y 3 m de largo, cada uno tenía tres compartimientos de 1 m², los cuales representaron la unidad experimental haciendo un total de 36 parcelas. Cada tres módulos significó una repetición; en cada uno de ellos se ubicaron los tratamientos en forma aleatoria (cuadro 12 y fig. 2).

Con el objetivo de estudiar el efecto de los factores (programas de fertilización y variedades de cebolla) y sus interacciones sobre la altura de plantas, número de hojas por planta, peso de bulbos, etc., al momento de la cosecha y del rendimiento, se realizó un análisis de varianza general para cada variable. Se efectuó la prueba de Duncan para interpretar los resultados y establecer diferencias entre los tratamientos.

El modelo estadístico del diseño completamente al azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + (TB_{ij}) + E_{ijk}$$

Donde: Y_{ij} = respuesta observada en cualquier unidad experimental.

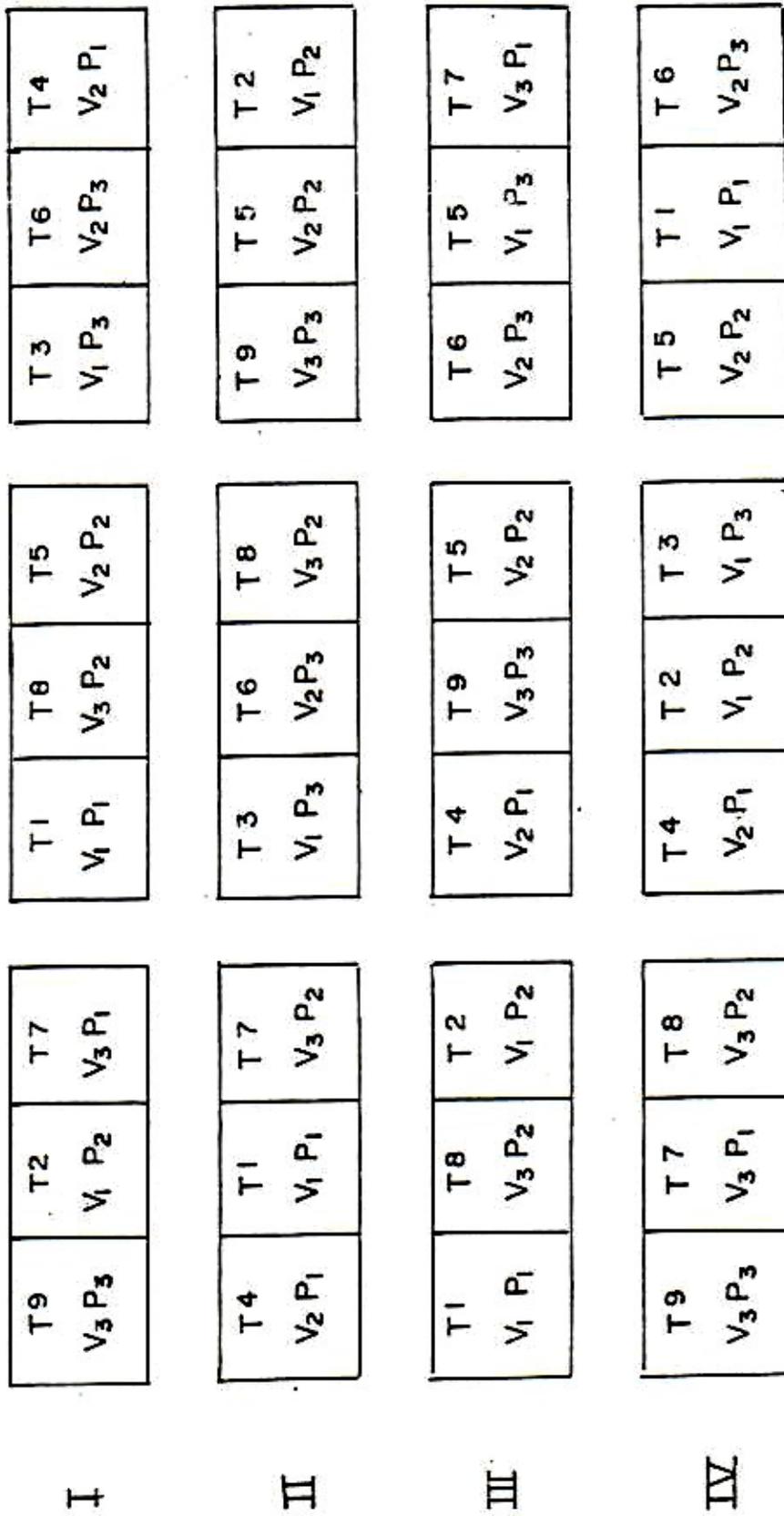
U = media del experimento

T_i = efecto de las variedades

B_j = efecto de los programas de fertilización

$TB(ij)$ = interacción variedades x programas

E_{ijk} = error experimental.



Esc. 1:50

Fig. 2. Distribución de tratamientos y repeticiones en la evaluación de dos híbridos y una variable de cebolla (*Allium cepa* L.) sometidas a tres programas de fertilización bajo la técnica de hidroponía.

3.8.2. Variables analizadas.

Para medir el efecto de los factores en estudio se consideraron las siguientes variables:

3.8.2.1. Altura de plantas.

La determinación de la altura se hizo a los 15, 30, 45 y 60 días de edad del cultivo. Este parámetro fue tomado midiendo la altura en centímetros a 10 plantas por parcela, desde la superficie del sustrato hasta el ápice de la lámina foliar mas larga.

3.8.2.2. Número de hojas.

El número de hojas fue tomado de 10 plantas al azar, de cada uno de los tratamientos; a los 30, 45 y 60 días de edad del cultivo.

3.8.2.3. Peso de bulbos.

Este parámetro fue tomado al momento de la cosecha, pesando la producción de cada metro cuadrado para obtener el peso total de bulbos por tratamiento.

3.8.2.4. Número de bulbos por metro cuadrado.

Este dato fue tomado hasta la cosecha para determinar el número de bulbos producidos por m²/tratamiento.

3.8.2.5. Diámetro del bulbo.

El diámetro de los bulbos se midió en base al diámetro ecuatorial en centímetros, utilizando el vernier, tomando 10 plantas en forma proporcional al número de bulbos de cada categoría diamétrica.

3.8.2.6. Clasificación de los bulbos por categoría diamétrica

Los bulbos se clasificaron en tres clases de acuerdo a su diámetro ecuatorial; en pequeña, mediana y grande. La pequeña, bulbos menores o iguales a 3 cm, mediana, bulbos mayores de 3 y menores a 5 cm y grande, mayores de 5 cm.

3.8.2.7. Índice de cosecha.

Este parámetro se midió hasta el momento de la cosecha, para lo cual se utilizaron las mismas 10 plantas seleccionadas para medir el diámetro del bulbo, pesándose el bulbo y el follaje por separado de cada una de las plantas. Luego, para determinar dicho índice se hizo uso de la fórmula siguiente:

$$I.C = \frac{\text{Peso del bulbo}}{\text{Peso del bulbo} + \text{follaje}} \times 100$$

3.8.2.8. Análisis beneficio - costo.

Para determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos se hizo el análisis de beneficio - costo, tomando como base los costos, para el establecimiento del cultivo hidropónico, así como los beneficios generales por cada tratamiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Condiciones climáticas

Los datos climatológicos registrados durante el ensayo, fueron proporcionados por la estación agrometeorológica de la Universidad de El Salvador, obteniéndose los promedios mensuales de: Temperatura mínima, media y máxima del aire (°C), precipitación pluvial (mm), humedad relativa del aire (%), luz solar (horas luz) y velocidad y rumbos del viento(m/s).

En el cuadro 13 aparecen los datos climáticos que influyeron en el desarrollo del cultivo.

La precipitación pluvial promedio mensual que prevaleció durante el desarrollo del cultivo de cebolla fue de 137 mm (cuadro 13), dicho promedio, no satisfizo los requerimientos hídricos del cultivo, ya que para su rápido crecimiento y desarrollo necesita una buena suplencia de agua; por lo general se requiere de una lámina de 600 a 650 mm de agua durante el ciclo del cultivo (30). Sin embargo, este déficit fue suplementado con los riegos efectuados diariamente con agua de chorro.

En cuanto a necesidades del número de horas luz, las variedades de cebolla sembradas: Cristal White, Texas Yellow y Criolla Nicaragüense, son clasificadas según su fotoperíodo como plantas de días cortos, necesitan de 10 - 11 horas luz (7). En todo el ciclo del cultivo se tuvo un promedio de 7.4 horas luz (cuadro 13), aún con este bajo número de horas luz, el cultivo se desarrolló normalmente. Además, las variedades de días cortos son precoces y

poseen la habilidad de producir bulbos en fotoperiodos cortos y luego desarrollarlos completamente (16).

La humedad relativa tomo la tendencia a disminuir durante los meses en que duró el ensayo, alcanzando un promedio de 73.75% (cuadro 13), lo que favoreció el desarrollo del cultivo al disminuir la incidencia de enfermedades fungosas, ya que cuando la humedad relativa esta por encima del 75% la producción de cebollas se reduce y las plantas están más expuestas a la acción de los hongos (16).

Las condiciones de temperatura que se dieron en los meses que duró el ensayo, permitieron obtener resultados satisfactorios, debido a que la temperatura media fue de 23.6 °C (cuadro 13); las temperaturas óptimas para la producción de cebolla flutuan entre los 18 -24 °C. Sin embargo, se puede producir cebolla en muchos climas, desde los 12 °C a los 28 °C. Además, la temperatura influye en la formación de bulbos y en la floración, ya que los bulbos se desarrollan más rápidamente al incrementar la temperatura. Por otra parte, se menciona que la floración prematura en la cebolla, es debida a extremos de temperaturas bajas (16). Por lo que la temperatura promedio durante la realización del ensayo fue óptima, lo que permitió un buen desarrollo del cultivo.

4.2 Aspectos generales del cultivo.

Los porcentajes de emergencia que se obtuvieron a los 7 días después de la siembra fueron para el híbrido Cristal White de 80%, Texas Yellow grano 502 95% y la variedad Criolla Nicaragüense 60%. Esta diferencia en el porcentaje

de germinación puede deberse a la calidad de la semilla, ya que en los híbridos Cristal White y Texas Yellow se utilizó semilla certificada con alto poder germinativo, en cambio, la Criolla Nicaragüense no era certificada, lo que posiblemente fue la causa del bajo porcentaje de germinación que presentó.

CUADRO 13. Valores promedios mensuales de elementos meteorológicos registrados durante el período de realización del ensayo (Sept.-Dic./1992) del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo la técnica de hidroponía. URS. 1992.

ELEMENTOS METEOROLOGICOS	UNIDADES	M E S E S				PROMEDIO
		SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	
Precipit. Pluvial	(mm)	321.0	184.7	27.9	14.6	137
Humedad relativa del aire.	(%)	81	74	73	67	73.75
Luz solar media	(H.L.)	5.8	8.5	7.4	8.0	7.4
Temperatura media del aire	(°C)	23.5	23.9	24.0	23.2	23.6
Temperatura máxima	(°C)	31.0	31.2	31.0	30.0	30.8
Temperatura mínima	(°C)	16.7	16.1	16.4	16.0	16.45
Velocidad del viento	(m/s)	1.6	1.9	2.6	2.9	2.25
Rumbos		sur oeste	norte	norte	norte	

FUENTE: Estación agrometeorológica de la Universidad de El Salvador, San Salvador, 1992.

A los 15 días después de siembra, las plántulas se presentaban fuertes y vigorosas, teniéndose uniformidad en todas las variedades, por lo tanto se procedió a efectuar el raleo, dejando el distanciamiento de 10 cm. entre surcos y 6 cm. entre plantas.

La fase vegetativa transcurrió normalmente, observándose un crecimiento uniforme en todos los tratamientos (Fig. 3 y cuadro 14).

Se observó que hasta los 30 días después de la siembra el número de hojas fue uniforme para todos los tratamientos, presentando un promedio de 2.85 (cuadro 15). Desde los 45 días de edad, se observó una marcada diferencia en los distintos tratamientos, presentando mayor cantidad de hojas la variedad Criolla Nicaragüense. En general el desarrollo del cultivo fue vigoroso en todos los tratamientos.

A los 40 días de edad del cultivo, se comenzó a observar la formación de bulbos en todos los tratamientos del híbrido Cristal White, a los 6 días después, se observó la formación de bulbo en el Texas Yellow y Nicaragüense.

Al inicio de la formación de bulbos, disminuyó el desarrollo y crecimiento del cultivo y además se comenzó a observar un leve amarillamiento en el ápice de las hojas de los híbridos Cristal White y Texas Yellow, no así en la variedad Criolla Nicaragüense.

A los 65 días se dio un rápido engrosamiento del bulbo en los híbridos Cristal White y Texas Yellow, sin embargo la variedad Criolla Nicaragüense mantuvo su desarrollo vegetativo y no engrosó bulbo a esa fecha.

Cuando el cultivo completó los 80 días se observó el apareamiento de botones florales en la variedad Criolla Nicaragüense, mientras en los híbridos se comenzó el doblamiento de los tallos y fue más notorio en Texas Yellow Grano 502. En general se puede decir que la principal acumulación de

sustancias de reserva en el bulbo ocurrió a partir de los 75 días y siguió hasta los 90-95, siendo más retardado en la variedad Criolla Nicaragüense que seguía formando follaje sin engrosar significativamente el bulbo, ya que en ésta variedad, la aplicación de fertilizantes y especialmente el programa P3, en el tercio final del ciclo del cultivo posiblemente benefició el desarrollo de hojas, en detrimento de la formación de bulbos (Fig. 4).

En general se observó que utilizando la técnica de hidroponía se acelera el ciclo vegetativo del cultivo de la cebolla, cosechándose entre los 100-110 días; en cambio en los híbridos Cristal White y Texas Yellow, en cultivo tradicional en suelo, se cosechan a los 150 días (7).

CUADRO 14. Altura promedio de plantas en cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.

TRATAMIENTOS	15 d.d.s.	30 d.d.s.	45 d.d.s.	60 d.d.s.
T1 (V1P1)	4.41	16.45	33.95	49.75
T2 (V1P2)	4.72	15.60	34.90	50.27
T3 (V1P3)	5.11	17.76	33.05	45.45
T4 (V2P1)	5.23	17.57	34.52	48.37
T5 (V2P2)	5.57	16.92	33.92	49.65
T6 (V2P3)	5.05	17.40	34.05	50.70
T7 (V3P1)	4.22	16.62	32.97	48.15
T8 (V3P2)	4.24	15.62	31.92	48.10
T9 (V3P3)	4.10	16.67	32.57	50.37

d.d.s. = días después de la siembra.

CUADRO 15. Número promedio de hojas en cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UKS. 1992.

TRATAMIENTOS	30 d.d.s.	45 d.d.s.	60 d.d.s.
T1 (V1P1)	3.05	4.45	6.12
T2 (V1P2)	2.82	4.27	6.02
T3 (V1P3)	2.95	4.25	6.00
T4 (V2P1)	2.82	4.27	5.77
T5 (V2P2)	2.70	4.07	5.00
T6 (V2P3)	2.62	3.92	5.87
T7 (V3P1)	2.97	4.60	6.42
T8 (V3P2)	2.87	4.52	6.85
T9 (V3P3)	2.92	4.37	7.17
PROMEDIO	2.85	4.30	6.14

d.d.s. = días después de la siembra

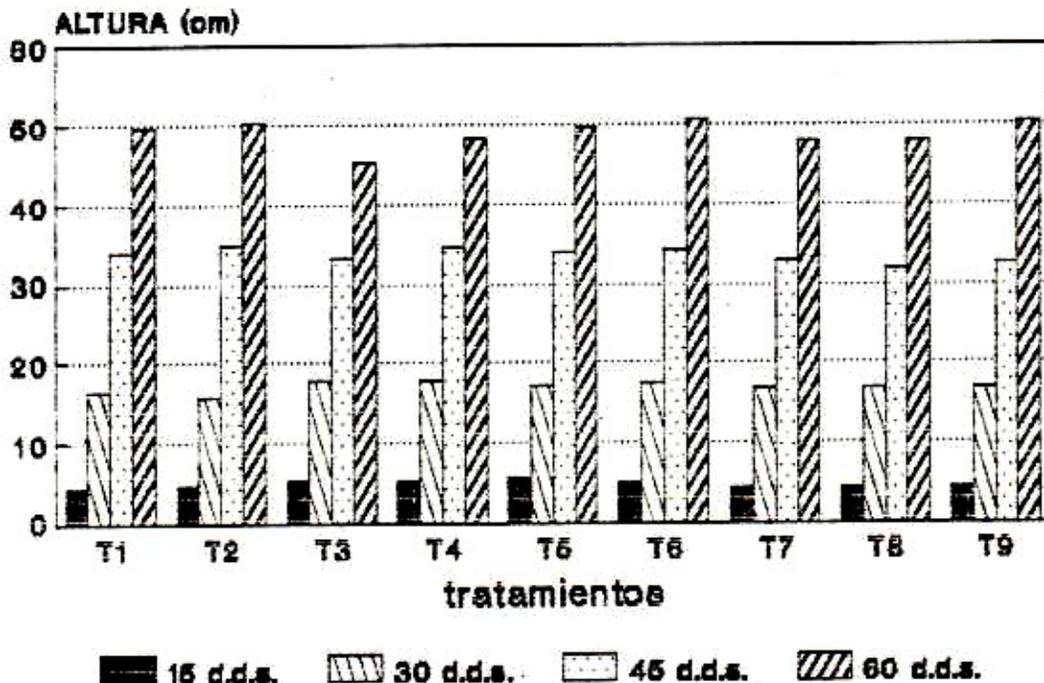


Fig. 3. Altura promedio de plantas (cm) en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UKS. 1992.

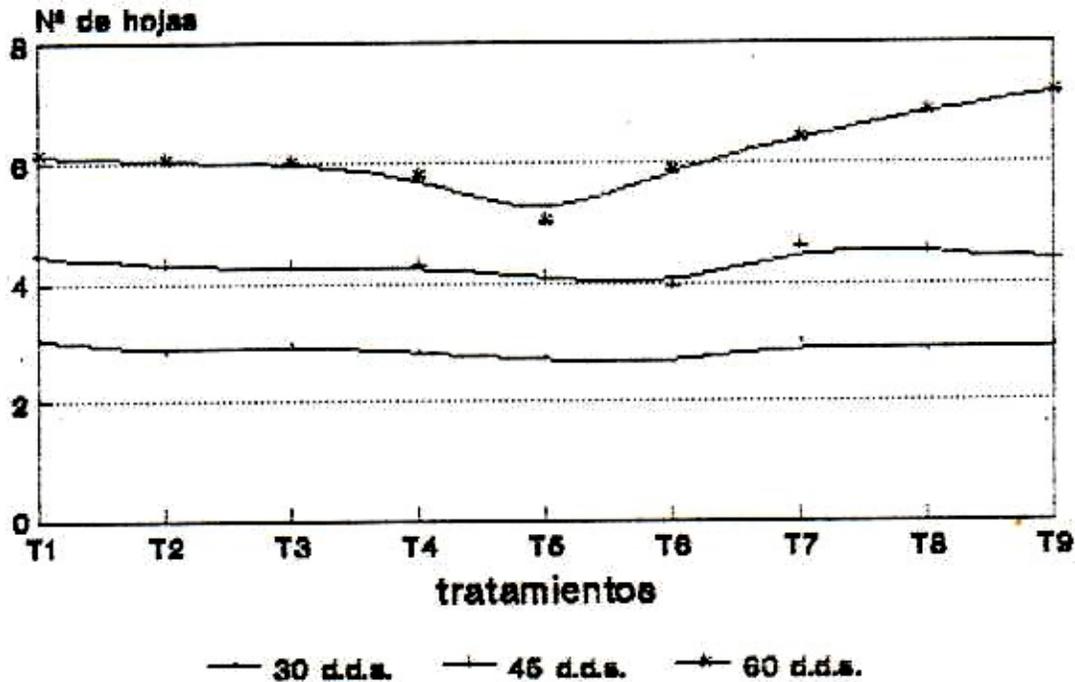


Fig.4 . Promedio del número de hojas por planta el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

4.2.1. Control de plagas y enfermedades

Durante toda su fase vegetativa, el cultivo hidropónico de cebolla no mostró problemas ocasionadas por plagas y enfermedades, sólo en un inicio, cuando comenzó la emergencia aparecieron algunas plántulas cortadas, desconociéndose la plaga causal; pero con las aplicaciones iniciales que se hicieron de té de ajo, el daño se mantuvo controlado y en esa fase todavía no se había efectuado el raleo, por lo que la incidencia de la plaga no se consideró de importancia.

El control de las enfermedades se hizo en forma preventiva; en primera instancia se aplicó Oxícloruro de Cobre a una concentración de 90 ppm desde el

momento de la siembra hasta cuando el cultivo había emergido completamente, luego, se hicieron aplicaciones de otros fungicidas como Ridomil, Benlate y Manzate, a una concentración de 90 ppm dos veces por semana alternando dichos productos, hasta cuando el cultivo tenía 75 días. Hubo necesidad de incrementar la concentración de estos productos a 150 ppm, cuando las condiciones climáticas de alta precipitación y humedad relativa eran favorables para la diseminación de hongos fitopatógenos.

Es de hacer notar que nunca se excedieron las aplicaciones a concentraciones mayores de 150 ppm de los productos utilizados y el cultivo se mostró sano durante todo su ciclo vegetativo.

4.3. Altura de plantas y número de hojas.

El análisis de varianza de la altura de las plantas en las diferentes edades indica que el crecimiento de los híbridos y la variedad fue continua y uniforme y no hubo diferencias significativas entre ellas; sin embargo en la fase de plántula, el crecimiento de Texas Yellow fue mayor que los otros dos debido posiblemente, a su mejor adaptación al sustrato de escoria, tendencia que manifiesta a lo largo de todo el ciclo de cultivo. La variedad que le siguió en adaptación fue la Cristal White; sin embargo, al final el crecimiento de todas las variedades se uniformizó.

Se observa que no hay diferencias significativas debidas a los programas de fertilización, así como diferencias debidas a la interacción de los dos factores.

La prueba de Duncan demostró que entre los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, que pertenecen a los híbridos Cristal White y Texas Yellow, no hubo diferencia significativas, pero sí con los tratamientos T7, T8 y T9 que contienen a la variedad Criolla Nicaragüense. Dicha diferencia, probablemente se deba a las diferencias de adaptación al sustrato, como también a características propias de las variedades, por ejemplo, un crecimiento lento al principio (Cuadro 16 y 18).

CUADRO 16. Análisis de varianza de altura de plantas a los 15, 30, 45 y 60 días de edad del cultivo, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) URS. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.Calc.	Ft 5%
Variedades (A)	2	7.22	3.609	12.10 *	5.49
Programas (B)	2	0.31	0.155	0.52	5.49
Interacción (AxB)	4	1.31	0.328	1.10	4.11
Error Exp.	27	8.05	0.298		

CUADRO 17. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de altura de plantas a los 15 días de edad en el cultivo hidropónico de cebolla, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. URS. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
T5 (V2P2)	5.57	A
T4 (V2P1)	5.23	AB
T3 (V1P3)	5.11	ABC
T6 (V2P3)	5.05	ABCD
T2 (V1P2)	4.72	ABCDE
T1 (V1P1)	4.41	BCDE
T8 (V3P2)	4.24	DE
T7 (V3P1)	4.22	CDK
T9 (V3P3)	4.10	E

En, cuanto al número de hojas por planta (cuadro 15 y fig. 4), en el muestre realizado a los 30 días del cultivo, el análisis de varianza indica que no se presentan diferencias significativas (cuadro A-6) y la prueba de Duncan demuestra que todas las medias de los tratamientos son iguales estadísticamente (cuadro A-7). Sin embargo, en los muestreos realizados a los 45 y 60 días se presentan diferencias debido a las variedades, no así a los programas de fertilización y a la interacción de ambos factores (cuadro 18, 19, 20 y 21).

CUADRO 18. Análisis de varianza del número de hojas por planta a los 45 días de edad del cultivo, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla. (*Allium cepa* L.). UES. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F. Calc.	Ft. 5%
Variedades (A)	2	1.01	0.504	8.37 *	5.49
Programas (B)	2	0.40	0.202	3.36 ns	5.49
Interacción(AxB)	4	0.04	0.011	0.18 ns	4.11
Error Exp.	27	1.63	0.060		

El análisis de varianza demostró que existe diferencia significativa debidas a las variedades. Con la prueba de Duncan se comprobó que hubo diferencias significativas entre medias de tratamientos.

En general los tratamientos que presentaron mayor número de hojas son los tratamientos T7 y T8 (cuadro 19), que corresponden a la variedad Criolla Nicaragüense.

CUADRO 19. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamientos en cuanto a número de hojas por planta a los 45 días de edad en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. URS. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
T7 (V3P1)	4.60	A
T8 (V3P2)	4.53	A
T1 (V1P1)	4.45	AB
T9 (V3P3)	4.38	AB
T2 (V1P2)	4.28	ABC
T4 (V2P1)	4.28	ABC
T3 (V1P3)	4.25	ABC
T5 (V2P2)	4.07	BC
T6 (V2P3)	3.92	C

CUADRO 20. Análisis de varianza del número de hojas por plantas a los 60 días de edad de cultivo, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) URS. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRO MEDIO	F. Calc.	Ft. 5%
Variedades (A)	2	9.77	4.884	24.44 *	5.49
Programas (B)	2	0.94	0.469	2.35 n.s.	5.49
Interacción (AxB)	4	2.06	0.516	2.58 n.s.	4.11
Error Exp.	27	5.40	0.200		

CUADRO 21. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de tratamientos en cuanto a número de hojas por planta, a los 60 días de edad en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. UES. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
T9 (V3P3)	7.18	A
T8 (V3P2)	6.85	AB
T7 (V3P1)	6.43	BC
T1 (V1P1)	6.13	C
T2 (V1P2)	6.03	C
T3 (V1P3)	6.00	C
T6 (V2P3)	5.88	C
T4 (V2P1)	5.77	C
T5 (V2P2)	5.00	D

La prueba de Duncan demostró que la variedad que más follaje produjo fue la Criolla Nicaragüense, con un 12 % más que el híbrido Cristal White y un 19% que Texas Yellow. Esto posiblemente se deba a características propias de la variedad, ya que con los programas de fertilización no se presentaron diferencias significativas (cuadro 18).

4.4. Peso de bulbos

Para el análisis de esta variable se tiene el peso promedio de bulbos por tratamientos (cuadro 22), el análisis de varianza (cuadro 23), así como la prueba de Duncan para determinar diferencias entre medias (cuadro 24) y el peso promedio por tratamiento (cuadro 25).

CUADRO 22. Peso promedio de bulbos por tratamiento (g/m^2 .) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.). URS. 1992.

	V1	V2	V3	\bar{X}_p
P1	7136.75	6271.0	6328.2	6578.65
P2	7689.99	6717.9	6576.3	6944.73
P3	6831.45	6129.3	6853.05	6604.60
\bar{X}_v	7219.40	6372.73	6585.85	

CUADRO 23. Análisis de varianza del peso promedio de bulbos en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUARADO MEDIO	F.calc.	Ft5%
Variedades (A)	2	4654594.11	2327297.053	3.24 n.s.	5.49
Programas (B)	2	1304010.54	652005.271	0.91 n.s.	5.49
Interacción (AxB)	4	1517671.63	379417.907	0.53 n.s.	4.11
Error Exp.	27	19416715.37	719137.606		

En el cuadro 23 de análisis de varianza, se aprecia que no existen diferencias significativas entre variedades, programas de fertilización e interacción de ambos factores. Sin embargo en el cuadro 22 se observa alguna diferencia debido a las variedades y programas de fertilización; el híbrido Cristal White superó a la Criolla Nicaragüense y al Texas Yellow en 10 y 12% respectivamente. El peso de bulbos incluye el del follaje por lo que la Criolla nicaragüense, que produjo más superó un poco al peso de la Texas Yellow.

CUADRO 24. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de peso promedio de bulbos por tratamiento, en el cultivo hidropónico de cebolla, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5% de significancia. URS. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
T2 (V1P2)	7690.00	A
T1 (V1P1)	7136.75	AB
T9 (V3P3)	6853.05	AB
T3 (V1P3)	6831.45	AB
T5 (V2P2)	6717.90	AB
T8 (V3P2)	6576.30	AB
T7 (V3P1)	6328.20	AB
T4 (V2P1)	6271.00	B
T6 (V2P3)	6129.30	B

Con respecto a los programas de fertilización, se observa la tendencia del programa 2, el cual posee el 50% de fertilización al sustrato y metalosatos en la fertilización foliar, a ser el mejor superando al programa 1 en un 6% y al tres en un 5%.

Los mejores tratamientos para esta variable fueron: T2 (V1P2); T1 (V1P1); T3 (V1P3) y T5 (V2P2) (cuadro 22 y figura 5). Aunque al analizar el cuadro 24, se concluye que las medias de los tratamientos de los híbridos y la variedad evaluadas son iguales estadísticamente.

El programa P2 produjo los mejores pesos de bulbo en las variedades Cristal White y Texas Yellow, notándose una mayor eficiencia en la

traslocación de los fotoasimilados de las hojas hacia el bulbo. En la Criolla Nicaragüense, el programa P3, que consistía en 100% de fertilización al substrato y metalosatos, en la fertilización foliar, produjo el mayor peso debido a la gran cantidad de hojas que produjo, en detrimento del desarrollo del bulbo; tales hojas, se encontraban bastante succulentas al momento de la cosecha por lo que el peso se alteró en comparación con las otras variedades en las cuales el follaje estaba casi seco.

El programa P1, el cual contenía el 100% de fertilización al substrato y Bayfolan en la fertilización foliar, se ubicó en segundo lugar en los híbridos Cristal White y Texas Yellow, no así en la Criolla Nicaragüense, en la cual dió los menores resultados.

CUADRO 25. Peso promedio de bulbo por tratamiento (g) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla. (*Allium cepa* L.). UES. 1992.

	V1	V2	V3	\bar{X}_p
P1	58.38	47.00	47.76	51.05
P2	54.90	46.35	46.70	49.32
P3	56.06	42.24	51.14	49.81
\bar{X}_v	56.45	45.20	48.53	

En el cuadro 25 y figura 6, se observa que los mayores pesos promedios de bulbo se obtuvieron con Cristal White con los tres programas de fertilización, aventajando a la variedad Criolla Nicaragüense en un 14 % y a Texas Yellow en un 20 % .

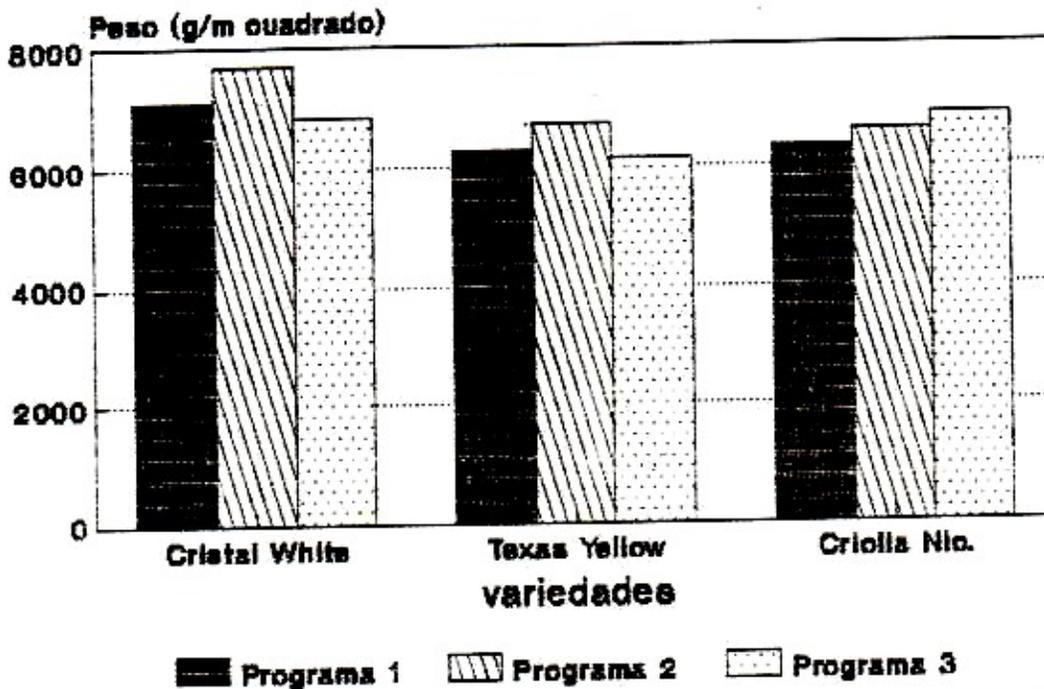


Fig. 5. Peso promedio de bulbos (g/m²) por tratamiento obtenidos en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

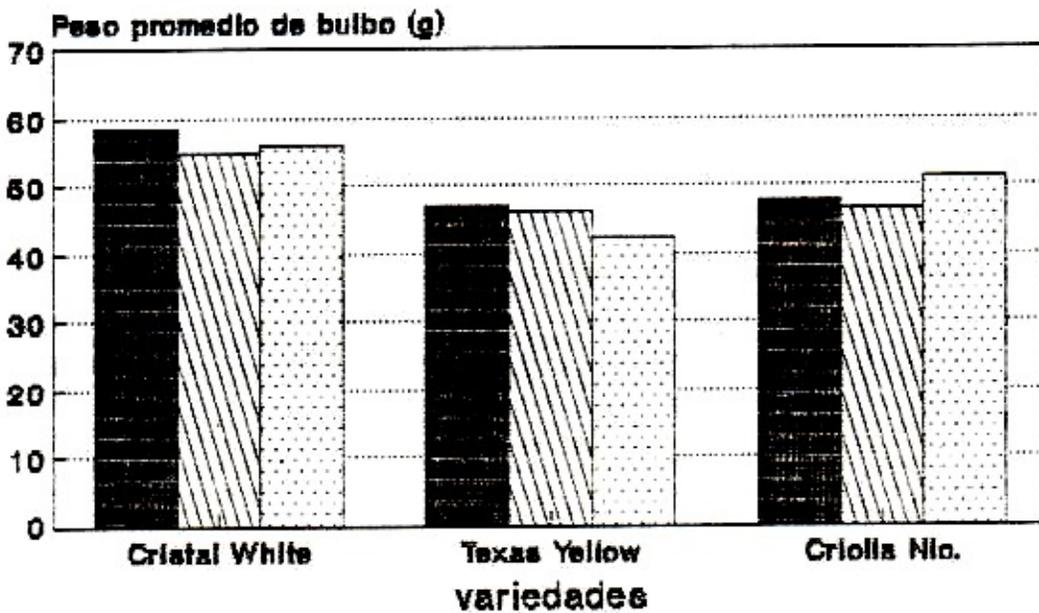


Fig. 6. Peso promedio de bulbo (g) individual por tratamiento obtenido en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS 1992

Comparando la Criolla Nicaragüense (V3) con Texas Yellow (V2), aparentemente la primera superó a la segunda por un pequeño margen, pero esto se debió, a la mayor cantidad de follaje que produjo. Por lo tanto Texas Yellow se ubica en segundo lugar en lo que a peso de bulbo se refiere.

Los programas de fertilización, tal como se observa en el cuadro 25, se comportaron iguales ya que la diferencia que existe entre ellos no es significativa.

4.5. Numero de bulbos

Al analizar la variable número de bulbos a la cosecha, cuadro 26 y 27, se determina que no existe diferencia significativa entre tratamientos, lo mismo sucede con los resultados de la prueba de Duncan (cuadro 28), por lo tanto todas las medias de tratamientos son iguales estadísticamente.

CUADRO 26. Número de bulbos por tratamiento obtenidos a la cosecha, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) URS. 1992.

	V1	V2	V3	\bar{X}_P
P1	124	134.50	132.75	130.42
P2	141	145.50	142.50	143.00
P3	123.25	145.75	134.25	134.25
XY	129.42	141.92	136.5	

Sin embargo al analizar más detenidamente el cuadro 26 y figura 7, se

nota cierta tendencia del híbrido Texas Yellow a sobresalir de los otros, ya que presentan un 4% más de bulbos con respecto a la variedad Criolla Nicaragüense y en un 9% más que Cristal White.

Este comportamiento de la Texas Yellow posiblemente se deba a que la variedad soporta una mejor competencia intraespecífica, ya que se observó en los tratamientos de las otras variedades, que ciertas plantas no se desarrollaron completamente debido a la alta densidad; ya que se utilizó un distanciamiento de 0.10 m entre surcos y 0.06 m entre plantas dando una población total de 160 plantas/m², por lo que sería conveniente en trabajos futuros ampliar dichos distanciamientos, tal y como lo determinaron Arévalo Henríquez y Dueñas Ardón (4), quienes recomiendan que el mejor distanciamiento en el cultivo hidropónico de cebolla es de 0.10 m entre surcos y 0.08 m entre plantas.

Con respecto a los programas de fertilización (cuadro 26), se determinó que el P2 dio los mejores resultados; P1 y P3 se comportaron relativamente iguales ya que la diferencia entre ellos fue mínima.

CUADRO 27. Análisis de varianza del número promedio de bulbos por tratamiento, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) URS. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.Calc.	Ft. 5%
Variedades (A)	2	943.06	471.528	2.24 n.s.	5.49
Programas (B)	2	992.06	496.028	2.35 n.s.	5.49
Interacción (AxB)	4	364.78	91.194	0.43 n.s.	4.11
Error exp.	27	5692.00	210.815		

CUADRO 28. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de número promedio de bulbos por tratamiento en el cultivo hidropónico de cebolla, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. URS. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Media
T6 = V2P3	145.75	A
T5 = V2P2	145.50	A
T8 = V3P2	142.50	A
T2 = V1P2	141.00	A
T4 = V2P1	134.50	A
T9 = V3P3	134.25	A
T7 = V3P1	132.75	A
T1 = V1P1	124.00	A
T3 = V1P3	123.25	A

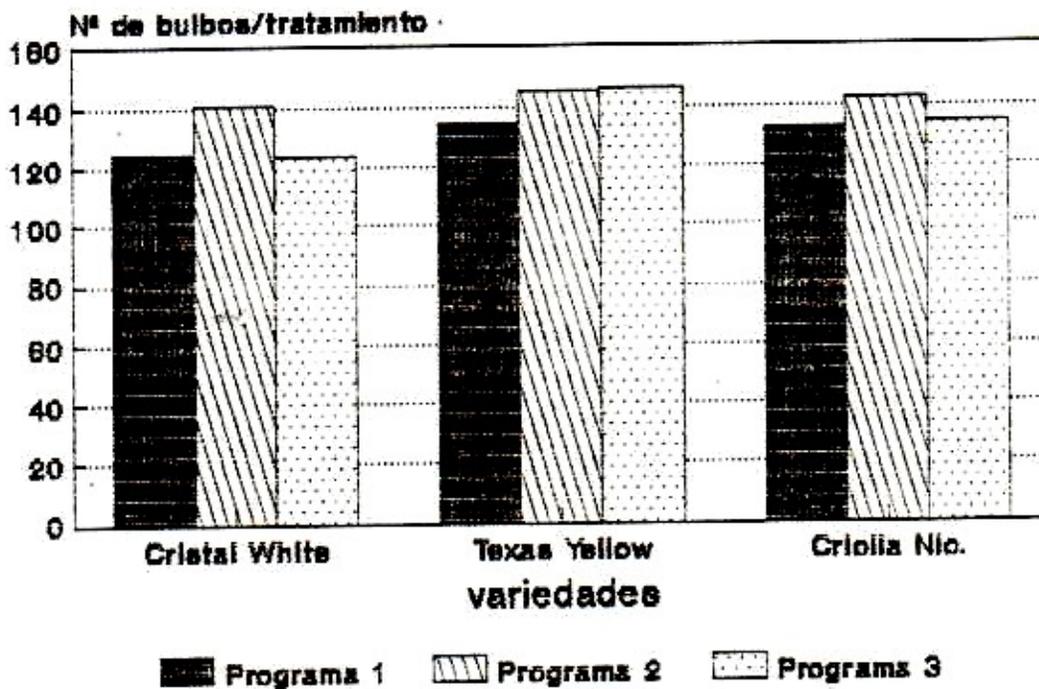


Fig. 7. Número de bulbos por tratamiento obtenidos en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

4.6. Diámetro promedio de bulbos (cm)

Conforme a los resultados obtenidos (cuadro 29) puede observarse en forma general que los diámetros de los bulbos fueron mayores en los híbridos Cristal White y Texas Yellow y que los programas de fertilización se comportaron igual ya que no presentan diferencia significativa entre ellos.

El análisis de varianza (cuadro 30) comprobó que existen diferencias significativas entre los híbridos y la variedad, y que los programas de fertilización, así como la interacción de ambos factores no presentaron diferencia significativas.

La prueba de Duncan (cuadro 31) estableció que los híbridos Cristal White y Texas Yellow son iguales estadísticamente, no así al compararlos con la variedad Criolla Nicaragüense.

Lo anterior puede comprobarse también al observar la figura 8, en la cual claramente se determina que los diámetros mayores corresponden a los primeros 6 tratamientos, los cuales contienen a los híbridos Cristal White y Texas Yellow. Con la variedad Criolla Nicaragüense se obtuvo el menor diámetro de bulbo, debido a que ésta desarrolló más follaje en detrimento de la formación de bulbo. Otra posible causa puede ser la poca adaptación de la variedad al sustrato utilizado.

El diámetro promedio presentado por el híbrido Texas Yellow, que es de 4.08 cm, concuerda con el reportado por Arévalo Henríquez y Dueñas Ardón (4) con la misma variedad y con la técnica de hidroponía, la cual presentó un

promedio de 4.10 cm.

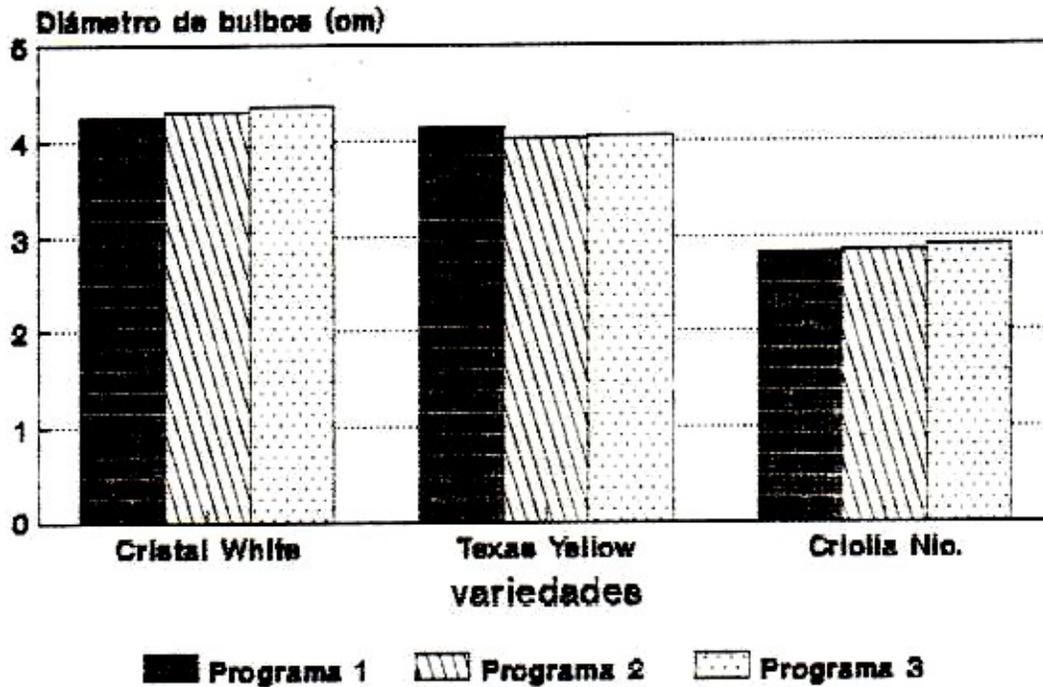


Fig. 8. Diámetro promedio (cm) de bulbos por tratamientos obtenidos en la cosecha del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

CUADRO 29. Diámetro promedio de bulbos por tratamiento en cultivo hidropónico de cebolla utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

	V1	V2	V3	\bar{X}_P
P1	4.24	4.15	2.82	3.74
P2	4.30	4.02	2.86	3.73
P3	4.36	4.06	2.91	3.78
\bar{X}_Y	4.3	4.08	2.86	

CUADRO 30. Análisis de varianza de diámetro promedio de bulbos por tratamiento en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.Calc.	Ft. 5%
Variedades (A)	2	14.35	7.174	115.93 *	5.49
Programas (B)	2	0.01	0.007	0.12 n.s.	5.49
Interacción (AxB)	4	0.06	0.016	0.25 n.s.	4.11
Error exp.	27	1.67	0.062		

CUADRO 31. Prueba de Duncan para diferencia entre medias de diámetro de bulbos por tratamiento, en el cultivo hidropónico de cebolla utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. URS. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
T3 (V1P3)	4.36	A
T2 (V1P2)	4.30	A
T1 (V1P1)	4.24	A
T4 (V2P1)	4.15	A
T6 (V2P3)	4.06	A
T5 (V2P2)	4.02	A
T9 (V3P3)	2.91	B
T8 (V3P2)	2.87	B
T7 (V3P1)	2.82	B

4.7. Distribución de los bulbos por categoría diamétrica

La distribución de los bulbos, se realizó en tres categorías diamétricas: Pequeña (bulbos ≤ 3 cm.), mediana (bulbos $>3 \leq 5$ cm.) y grande (

bulbos > 5cm.). Dichas categorías fueron establecidas según el mercado nacional y son más exigentes que las establecidas por Chinchilla, citado por Arévalo Henríquez y Dueñas Ardón (4), quién clasificó la cebolla en bulbos pequeños (≤ 2 cm.), medianos ($>2 \leq 4$ cm.) y grandes (> 4 cm.).

CUADRO 32. Distribución promedio de los bulbos por categoría diamétrica obtenidos en los diferentes tratamientos del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.

Categoría	Pequeña (≤ 3 cm.)		Mediana ($> 3 \leq 5$ cm.)		Grande (> 5 cm.)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
T1 (V1P1)	24.57	23.27	61.75	58.49	19.25	18.23
T2 (V1P2)	44.50	31.56	77.25	54.79	19.25	13.65
T3 (V1P3)	52.25	42.39	57.0	46.25	14.0	11.36
T4 (V2P1)	58.0	43.12	61.50	45.72	15.0	11.15
T5 (V2P2)	61.0	41.92	69.75	47.94	14.75	10.14
T6 (V2P3)	81.75	56.09	52.25	35.85	11.75	8.06
T7 (V3P1)	97.25	73.26	32.25	24.29	3.25	2.45
T8 (V3P2)	101.75	71.40	37.0	25.96	3.75	2.63
T9 (V3P3)	93.0	69.27	37.75	28.12	3.50	2.61
\bar{X}	68.23	50.25	54.06	40.82	11.61	8.92

Según el cuadro 32, se observa que los porcentajes de bulbos en las tres categorías diamétricas fueron en promedio: 50 % pequeñas, 41 % medianas y 9 % grandes.

Al analizar los cuadros 33, 34 y 35, se determinan diferencias debidas a las variedades, así como también a los programas de fertilización.

El mejor fue Cristal White, ya que presentó un porcentaje del 68% aproximadamente entre cebolla mediana y grande y sólo el 32 % de cebolla pequeña (cuadro 33).

CUADRO 33. Distribución promedio de los bulbos por categorías diamétricas, obtenidas en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Cristal White sometida a tres programas de fertilización. URS. 1992.

Categoría	Pequeña (≤ 3 cm)		mediana ($> 3 \wedge \leq 5$ cm)		Grande (> 5 cm)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
T1 (V1P1)	24.57	23.27	61.75	58.49	19.25	18.23
T2 (V1P2)	44.50	31.56	77.25	54.79	19.25	13.65
T3 (V1P3)	52.25	42.39	57.00	46.25	14.00	11.36
\bar{X}	40.44	32.41	65.33	53.18	17.50	14.41

CUADRO 34. Distribución promedio de los bulbos por categoría diamétrica obtenidos en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Texas Yellow grano 502 sometida a tres programas de fertilización. URS. 1992.

Categoría	Pequeña (≤ 3 cm)		Mediana ($> 3 \wedge \leq 5$ cm)		Grande (> 5 cm)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
T4 (V2P1)	58.00	43.12	61.50	45.72	15.00	11.15
T5 (V2P2)	61.00	41.92	69.75	47.94	14.75	10.14
T6 (V2P3)	81.75	56.09	52.25	35.85	11.75	8.06
\bar{X}	66.92	47.04	61.17	43.17	13.83	9.78

CUADRO 35. Distribución promedio de los bulbos por categoría diamétrica. Obtenidos en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad Criolla Nicaragüense sometida a tres programas de fertilización. URS. 1992.

Categoría	Pequeña (≤ 3 cm.)		Mediana ($>3 \wedge \leq 5$ cm.)		Grande (>5 cm.)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
T7 (V3P1)	97.25	73.26	32.25	24.29	3.25	2.45
T8 (V3(2)	101.75	71.40	37.00	25.96	3.75	2.63
T9 (V3P3)	93.00	69.27	37.75	28.12	3.50	2.61
\bar{X}	97.33	71.31	35.67	26.12	3.50	2.56

Al analizar la respuesta que presentó la Cristal White a los tres programas de fertilización, se determinaron algunas diferencias a los programas; con P1 y P2 se logró obtener un promedio del 70 por ciento entre cebolla mediana y grande y un 30 por ciento de cebolla pequeña. Entre estos programas sobresale el P2, ya que presentó el mayor número de bulbos medianos y grandes (cuadro 33 y fig. 9). Con el P3 se obtuvo mayor cantidad de bulbos pequeños y una menor de bulbos medianos y grandes (cuadro 33).

En segundo lugar se obtuvo que Texas Yellow Grano 502, presentó un porcentaje aproximado del 53 % entre cebolla mediana y grande y el 47 % de cebolla pequeña. (cuadro 34). Analizando los programas de fertilización en este híbrido, el P2 (50 % fertilización al sustrato y metalosatos en la fertilización foliar) resultó mejor, aunque no significativamente comparado con el programa P1, ya que ambos dieron buenos resultados. Ambos programas (P1 y P2) presentaron diferencias significativas respecto al P3 con el cual Texas Yellow presentó una mayor cantidad de cebolla pequeña (cuadro 34).

Por último la variedad Criolla Nicaragüense, presentó un porcentaje del 29 % entre cebolla mediana y grande y 71 % de pequeña (cuadro 35). En cuanto a los programas de fertilización, se determinó que se comportaron similarmente ya que la diferencia no fue significativa. Solo se nota cierta tendencia, aunque mínima, de sobresalir el programa P3 al ser comparado con los programas P1 y P2 (cuadro 35 y figura 9).

4.8. Indice de cosecha

En el cuadro 34 se observa que el híbrido Texas Yellow fue el que mayor

índice de cosecha presentó, seguido por Cristal White y por último la Criolla Nicaragüense que presentó el índice de cosecha más bajo.

En cuanto a los programas de fertilización, éstas se comportaron en forma similar ya que no presentaron diferencias significativas entre ellas, notándose nada más cierta tendencia del programa P2 a sobresalir respecto a los programas P1 y P3.

CUADRO 36. Índice de cosecha promedio (%) en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

	V1	V2	V3	\bar{X}_p
P1	61.89	76.63	44.86	61.13
P2	72.10	76.63	50.82	66.52
P3	69.31	73.96	44.22	62.50
\bar{X}_v	67.77	75.74	46.63	

Según el análisis de varianza (cuadro 37) existe diferencia significativa entre tratamientos, ésta se debe a las variedades, ya el análisis demuestra que entre programas de fertilización e interacción de ambos factores no existe diferencia significativa.

CUADRO 37. Análisis de varianza del índice de cosecha promedio en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

F. de V.		G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.Calc.	Ft. 5%
Variedades	(A)	2	5430.49	2715.246	67.27 *	5.49
Programa	(B)	2	188.42	94.210	2.33 n.s.	5.49
Interacción	(AxB)	4	159.50	39.876	0.99 n.s.	4.11
Error exp.		27	1089.88	40.366		

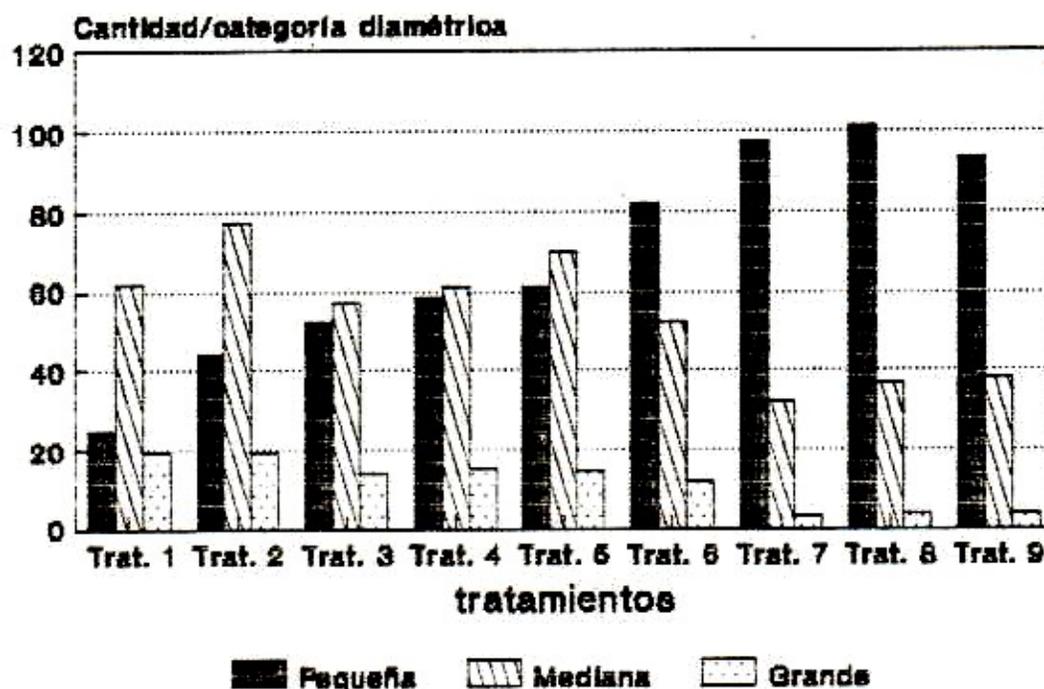


Fig. 9. Cantidad promedio de cebolla (*Allium cepa* L.), por categoría diamétrica y por tratamiento, utilizando tres variedades y tres programas de fertilización bajo la técnica de cultivos hidropónicos. UKS. 1992.

CUADRO 38. Prueba de Duncan para diferencia entre medias del índice de cosecha en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. UKS. 1992.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	DIFERENCIA DE MEDIAS
T4 (V2P1)	76.63	A
T5 (V2P2)	76.63	A
T6 (V2P3)	73.96	A
T2 (V1P2)	72.10	A
T3 (V1P3)	69.32	AB
T1 (V1P1)	61.90	B
T8 (V3P2)	50.83	C
T7 (V3P1)	44.86	C
T9 (V3P3)	44.22	C

La prueba de Duncan demuestra que entre los híbridos Cristal White y Texas Yellow no existen diferencias significativas, es decir, que ambas son iguales estadísticamente. Pero al comparar éstas con la variedad Criolla Nicaragüense se comprueba que sí existen diferencias significativas. Los mejores tratamientos respecto a este parámetro resultaron ser: T4 (V2P1); T5 (V2P2); T6 (V2P3); T2 (V1P2) y T3 (V1P3) (cuadro 38).

Todo lo anterior puede comprobarse también al analizar la figura 10, en la cual los tratamientos que contienen a la variedad Texas Yellow presentan el mayor índice de cosecha, es decir, que es la variedad más eficiente en trasladar los fotoasimilados de las hojas hacia el bulbo. Esto posiblemente se deba a las características genéticas que presenta la variedad y su adaptación al sustrato, al igual que la variedad Cristal White ya que ambas se comportaron estadísticamente iguales.

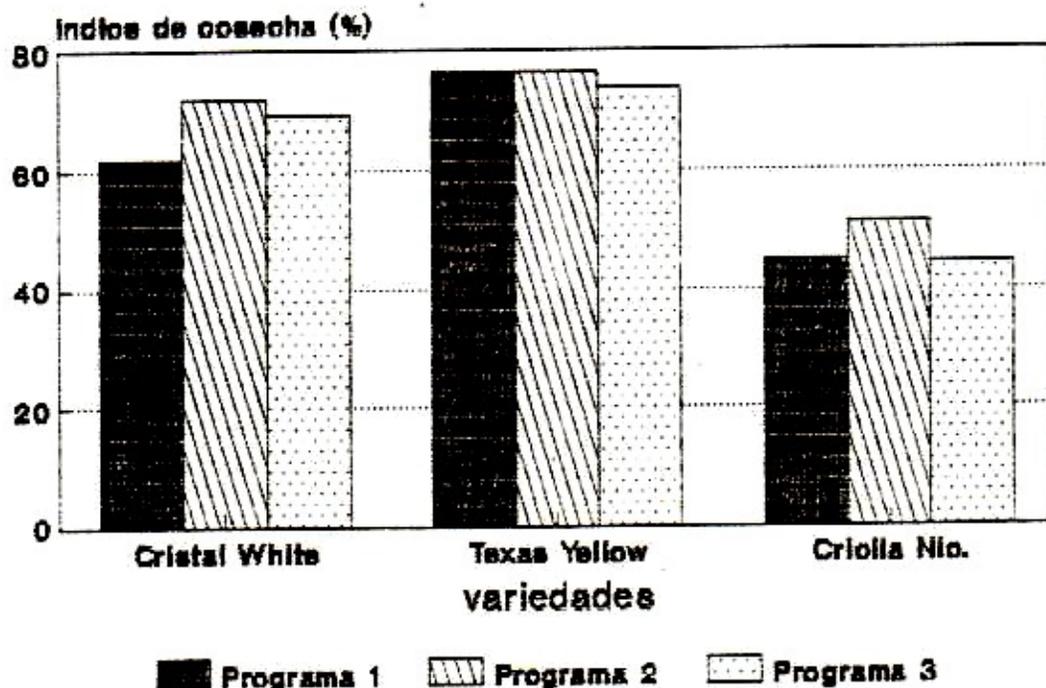


Fig. 10. Índice de cosecha promedio (%) en el cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. URS. 1992.

Con los programas de fertilización no se presentaron diferencias significativas; sin embargo, al analizar la respuesta a dicho programa en cada una de las variedades se determina cierta tendencia: Con el híbrido Texas Yellow los programas de fertilización actuaron en forma similar, no así con Cristal White que dio los menores índices con el P1. Para la Criolla Nicaragüense el mejor programa fue el P2, ya que presentó el mayor índice de cosecha y el P1 y P3 se comportaron de forma similar.

4.9. Análisis de beneficio - costo

Para el análisis beneficio - costo se seleccionaron los tratamientos que contenían las variedades que respondieron mejor a los distintos programas de fertilización, en cuanto al diámetro de bulbo se refiere; así como también los tratamientos que arrojaron el mayor ingreso neto.

Los mejores tratamientos fueron T1 (V1P1), T2 (V1P2), T4 (V2P1) y T5 (V2P2). El híbrido Cristal White (V1) respondió mejor a los programas de fertilización en cuanto al diámetro de bulbos, y la variedad Criolla Nicaragüense (V3), fue la de menor respuesta.

El análisis beneficio-costos demostró que utilizando la variedad Cristal White con el programa de fertilización P2, en el cual se aplicó el 50 % de fertilización al sustrato (Blaukor + Urea) y metalosatos en la fertilización foliar, se tuvo un costo de ₡ 25.28/m² con un beneficio de ₡45.56/m², obteniéndose un ingreso neto de ₡ 20.28/m² (cuadro 39).

El análisis beneficio - costo para Cristal White y el programa de

fertilización P1, en el que se utilizó el 100 % de fertilización al sustrato (Blaukor + Urea) y Bayfolan en la fertilización foliar, se tuvo un costo de ₡ 23.85/m² con un beneficio de ₡ 39.84/m² y un ingreso neto de ₡ 15.99/m² (cuadro 40).

Con la variedad Texas Yellow grano 502 y el programa P2 (T5) se tuvo un costo de ₡ 24.47/m² y un beneficio de ₡ 43.98/m² obteniéndose un ingreso neto de ₡ 19.51/m² (cuadro 41). Y la misma variedad con el programa P1, se obtuvo un costo de ₡ 23.04/m², un beneficio de ₡ 40.62/m² y un ingreso neto de ₡ 17.58/m² (cuadro 42).

La Criolla Nicaragüense con el programa de fertilización P2 presentó la mejor producción, el análisis reporta un costo de ₡ 23.28, un beneficio de ₡ 34.42 y un ingreso neto de ₡ 11.14 por metro cuadrado (cuadro 43).

La diferencia de ingreso neto de los programas de fertilización P1 y P2 correspondientes a la variedad Texas Yellow fue de ₡ 1.93/m². Para Cristal White fue de ₡ 4.29/m², resultando ser más rentable el programa de fertilización P2 con la variedad Cristal White (T2).

CUADRO 39. Costo de cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Cristal White, utilizando el programa de fertilización 2 (P2). URS. 1992.

Area: 1 m²
 Costo/m²: ₡ 25.28
 Ingreso/m²: ₡ 45.56
 Ingreso neto: ₡ 20.28

Detalle	Cantidad Utilizada	Precio/unidad	Costo Total	Amortización (N° Cosechas)
MATERIALES				
- Modulo	1	₡ 31.75	₡ 31.75	9 ₡ 3.52
- Plástico	1.20	₡ 2.60	₡ 2.60	6 ₡ 0.43
- Sacos	2	₡ 1.33	₡ 1.33	6 ₡ 0.22
EQUIPO				
- Atomizador	1	₡ 34.00	₡ 34.00	3 ₡ 11.33
- Pitón	1	₡ 12.30	₡ 12.30	9 ₡ 1.36
INSUMOS				
- Abono azul	250 gr.	₡ 2.05/250 gr.	₡ 2.05	₡ 2.05
- Urea	45 gr.	₡ 0.05/45 gr.	₡ 0.05	₡ 0.05
- Crop-up	9.0625 cc.	₡ 1.55/9.0625 cc.	₡ 1.55	₡ 1.55
- N-P-K	12.5 cc.	₡ 1.75/12.5 cc.	₡ 1.75	₡ 1.75
- Boro	0.875 cc.	₡ 0.15/0.875 cc.	₡ 0.15	₡ 0.15
- Calcio	0.5 cc.	₡ 0.0858/0.5 cc.	₡ 0.0858	₡ 0.0858
- Plaguicida	-	₡ 0.15	₡ 0.15	₡ 0.15
- Semilla	0.16 onz.	₡ 2.64/0.16 onz.	₡ 2.64	₡ 2.64
TOTAL				₡ 25.28

CUADRO 40. Costos del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa*.)
variedad Cristal White, utilizando el programa de fertilización
1 (P1). UES. 1992.

Area: 1 m²
Costo/m²: ₡ 23.85
Ingreso/m²: ₡ 39.84
Ingreso neto: ₡ 15.99

Detalle	Cantidad Utilizada	Precio/unidad	Costo Total	Amortizacion (N° Cosechas)
MATERIALES				
- modulo	1	₡31.75	₡31.75	9 ₡ 3.52
- Plástico	1.20	₡ 2.60	₡ 2.60	6 ₡ 0.43
- Sacos	2	₡ 1.33	₡ 1.33	6 ₡ 0.22
EQUIPO				
- Atomizador	1	₡34.00	₡34.00	3 ₡11.33
- Pitón	1	₡12.30	₡12.30	9 ₡ 1.36
INSUMOS				
- Abono azul	500	gr. ₡ 4.10/500 gr.	₡ 4.10	₡ 4.10
- Urea	90	gr. ₡ 0.1/90 gr.	₡ 0.10	₡ 0.10
- Bayfolan	86.25	cc. ₡ 0.0018975/86.25cc.	₡ 0.00189	₡ 0.0018975
- Plaguicidas	-	₡ 0.15	₡ 0.15	₡ 0.15
- Semilla	0.16	₡ 2.64/0.16	₡ 2.64	₡ 2.64
Costo Total				₡23.85

CUADRO 41. Costos del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa*) variedad Texas Yellow grano 502, utilizando el programa de fertilización 2 (P2). URS. 1992.

Area: 1 m²
 Costo/m²: ₡ 24.47
 Ingreso/m²: ₡ 43.98
 Ingreso neto: ₡ 19.51

Detalle	Cantidad Utilizada	Precio/unidad	Costo Total	Amortización (N° Cosechas)
MATERIALES				
- Modulo	1	₡ 31.75	₡ 31.75	9 ₡ 3.52
- Plástico	1.20	2.60	2.60	6 ₡ 0.43
- Sacos	2	1.33	1.33	6 ₡ 0.22
EQUIPO				
- Atomizador	1	34.00	34.00	3 ₡ 11.33
- Pitón	1	12.30	12.30	9 ₡ 1.36
INSUMOS				
- Abono azul	250 gr.	2.05/250 gr.	2.05	₡ 2.05
- Urea	45 gr.	0.05/45 gr.	0.05	₡ 0.05
- Crop-up	9.0625 cc.	1.55/9.0625	1.55	₡ 1.55
- N.P.K.	12.5 cc.	1.75/12.5 cc.	1.75	₡ 1.75
- Boro	0.875 cc.	0.15/0.875 cc.	0.15	₡ 0.15
- Calcio	0.5 cc.	0.0858/0.5 cc.	0.0858	₡ 0.0858
- Plaguicida	-	0.15	0.15	₡ 0.15
- Semilla	0.16 onz.	1.83/0.16 onz.	1.83	₡ 1.83
Total				₡ 19.51

CUADRO 42. Costo de cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Texas Yellow grano 502, utilizando el programa de fertilización 1 (P1). UES. 1992.

Area: 1 m²
 Costo/m²: ₡ 23.04
 Ingreso/m²: ₡ 40.62
 Ingreso neto: ₡ 11.58

Detalle	Cantidad Utilizada	Precio/unidad	Costo Total	Amortización (N° Cosechas)	
MATERIALES					
- Modulo	1	₡ 31.75	₡31.75	9	₡ 3.52
- Plástico	1.20	₡ 2.60	₡ 2.60	6	₡ 0.43
- Sacos	2	₡ 1.33	₡ 1.33	6	₡ 0.22
EQUIPO					
- Atomizador	1	₡ 34.00	₡34.00	3	₡11.33
- Pitón	1	₡ 12.30	₡12.30	9	₡ 1.36
INSUMOS					
- Abono azul	500 gr.	₡ 4.10/500 gr.	₡ 4.10		₡ 4.10
- Urea	90 gr.	₡ 0.1/90 gr.	₡ 0.10		₡ 0.10
- Bayfolan	86.25 cc.	₡ 0.0018915/85.25cc	0.0018975		₡ 0.0018975
- Plaguicida	-	₡ 0.15	₡ 0.15		₡ 0.15
- Semilla	0.16 onz.	₡ 1.83/0.16 onz.	₡ 1.83		₡ 1.83
Total				₡23.04	

CUADRO 43. Costos de producción del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad Criolla Nicaragüense, utilizando el programa de fertilización 2. URS. 1992.

Area: 1 m²
 Costo/m²: ₡ 23.28
 Ingreso/m²: ₡ 34.42
 Ingreso neto: ₡ 11.14

Detalle	Cantidad Utilizada	Precio/unidad	Costo Total	Amortización (Nº Cosechas)
MATERIALES				
- Modulo	1	₡ 3.75	₡ 31.75	₡ 9 3.52
- Plástico	1.20	₡ 2.60	₡ 2.60	₡ 6 0.43
- Sacos	2	₡ 1.33	₡ 1.33	₡ 6 0.22
EQUIPOS				
- Atomizador	1	₡ 34.00	₡ 34.00	₡ 3 11.33
- Pitón	1	₡ 12.30	₡ 12.30	₡ 9 1.36
INSUMOS				
- Abono azul	250 gr.	₡ 2.05/250 gr.	₡ 2.05	₡ 2.05
- Urea	45 gr.	₡ 0.05/45 gr.	₡ 0.05	₡ 0.05
- Crop-up	9.0625 cc.	₡ 1.55/9.0625 cc.	₡ 1.55	₡ 1.55
- N-P-K	12.5 cc.	₡ 1.75/12.5 cc.	₡ 1.75	₡ 1.75
- Boro	0.875 cc.	₡ 0.15/0.875 cc.	₡ 0.15	₡ 0.15
- Calcio	0.5 cc.	₡ 0.0858/0.5 cc.	₡ 0.0858	₡ 0.0858
- Plaguicida	-	₡ 0.15	₡ 0.15	₡ 0.15
- Semilla	0.16	₡ 0.54/0.16	₡ 0.64	₡ 0.64
Total				₡ 23.2858

5. CONCLUSIONES

- 1- Bajo la técnica de cultivos hidropónicos, el híbrido Cristal White produce los mejores rendimientos tanto en peso como en diámetro de bulbos.
- 2- El programa que contiene 50% de fertilización al sustrato y metalosatos en aplicación foliar, produce los mayores rendimientos en los dos híbridos y la variedad evaluada.
- 3- El programa que contiene el 100 % de fertilización al sustrato y Bayfolan en aplicación foliar buenos resultados en los híbridos Cristal White y Texas Yellow Grano 502, no así en la variedad Criolla Nicaragüense, ubicándose en segundo lugar.
- 4- En la variedad Criolla Nicaragüense, los programas que contienen 50 y 100 % de fertilización al sustrato y metalosatos en fertilización foliar (P2 y P3 respectivamente), incrementan el desarrollo del follaje en detrimento del desarrollo del bulbo.
- 5- La mayor relación beneficio-costo, se obtiene en los híbridos Cristal White y Texas Yellow con el programa que contiene el 50 % de fertilización al sustrato y metalosatos en la aplicación foliar.
- 6- La utilización de metalosatos en la fertilización foliar da buenos resultados como complemento de la fertilización al sustrato en los híbridos Cristal White y Texas Yellow grano 502.

7- En el cultivo hidropónico de cebolla, el ciclo vegetativo se reduce a 110 días en los híbridos; Cristal White y Texas Yellow Grano 502 y la variedad Criolla Nicaragüense.

6. RECOMENDACIONES

- En cultivos hidropónicos de cebolla, utilizando como sustrato escoria volcánica roja, se recomienda utilizar los híbridos Cristal White y Texas Yellow grano 502, ya que con ellas se obtienen buenos rendimientos.

- Utilizar el programa de fertilización que contiene 50% de la aplicación base al sustrato y metalosatos al follaje, ya que con éste se logran los mayores rendimientos en los híbridos Cristal White y Texas Yellow Grano 502, así como también los mayores ingresos netos.

- Como segunda alternativa se recomienda 100% de la fertilización base al sustrato y Bayfolan en la aplicación foliar, ya que dió buenos resultados en los híbridos Cristal White y Texas Yellow Grano 502.

- Con la variedad Criolla Nicaragüense se recomienda seguir investigando bajo la técnica de hidropnía con el objetivo de afinar el mejor programa de fertilización que le permita un óptimo desarrollo y producción.

7. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AGUILAR, W.; MORENO, M.E.; NIETO, C.A. 1992. Cultivo hidropónico de remolacha (Beta vulgaris) variedad Crosby Egyptian en sustrato de escoria volcanica roja y granza de arroz (Oryza sativa) utilizando fertilizantes tradicionales. Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 78 - 79.
- 2.- ALPI, A.; TOGNONI, F. 1975. Cultivo en invernadero. Trad. Arturo Arenillas 2ª ed. Madrid, España. MUNDI-PRENSA. P. 193 - 204.
- 3.- ANEZ, R.; TAVIRA, S.D. 1986. Aplicación de N, P y K a diferentes poblaciones de plantas de cebolla. Turrialba, (Costa Rica) 36 (2): 163-170
- 4.- AREVALO, R.J.; DUEÑAS, J.A. 1992 Interacción de tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en cultivo hidropónico de cebolla (Allium cepa L.) utilizando como sustrato escoria volcánica roja. Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. p.5.
- 5.- BAYER DE EL SALVADOR, S.A. 1990. Nutrientes para la aplicación foliar [microficha]. San Salvador, El Salvador, Impresos Urgentes S.A. 1 microficha, 21.5 x 28 cm.
- 6.- CALDERON, S.F.; RODRIGUEZ, C.; GOMEZ, M.J.H.; QUEVEDO, I. 1989. El cultivo hidropónico, Manual práctico. Bogotá, Colombia, COLJAP. Departamento Técnico. p. 8-171, 34-40.

- 7.- CASSERES, E. 1966. Producción de hortalizas, la cebolla y el ajo.
Lima, Perú. Editorial IICA. p. 154-166
- 8.- CENTRO LAS GAVIOTAS. 1969. Manual de hidroponía Social; una
alternativa apropiada para la generación de Ingreso a través de
una tecnología de punta escalonada. Cali, Colombia, Programa de
las Naciones Unidas para el Desarrollo. Alcaldía M.P. y de Bogotá.
73 p.
- 9.- COMERCIAL AGROPECUARIA, S.A. de C.V. S.F. Metalosatos [Microficha]
San Salvador, El Salvador. GRAFICOLOR S.A. de C.V. 1 microficha.
19.5 x 21.5 cm.
- 10.- COMPTON, L.P. 1990 Agronomía del sorgo. San Andrés. El Salvador.
CENTA. p. 248.
- 11.- COLJAP INDUSTRIA AGROQUIMICA. 1991. Hidroponía; cultivo sin suelo,
Aprenda Fácil cultivos hidropónicos (Col.) vol 1: 7-27
- 12.- _____, 1991. Hidroponía; Cultivo sin Suelo, Aprenda Fácil
cultivos hidropónicos (Col.) vol 5: 309-310.
- 13.- _____, 1991. Hidroponía; Cultivo sin Suelo, Aprenda Fácil
cultivos hidropónicos (Col.) vol 4: 75-82
- 14.- _____, 1991. Hidroponía; Cultivo sin Suelo, Aprenda Fácil
cultivos hidropónicos (Col.) vol 8: 155-169.

- 15.- _____, 1991. Hidroponía; Cultivo sin Suelo, Aprenda Fácil cultivos hidropónicos (Col.) vol 10: 153-163.
- 16.- _____, 1991. Hidroponía; Cultivo sin Suelo, Aprenda Fácil cultivos hidropónicos (Col.) vol 19: 310-312.
- 17.- CLAROS, S.M.; ARBAIZA, J.R.; LOZANO, H.B. 1992. Determinación de un programa de riego en la producción hidropónica de remolacha (Beta vulgaris), utilizando como sustrato Escoria Volcánica y granza de arroz. Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas p. 78.
- 18.- CHINCHILLA, F. 1984. Efecto de varios niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento del cultivo de cebolla (Allium cepa L.). PCOMCA. Nicaragua. 4 (30): 32-43.
- 19.- _____, 1990. Producción Comercial de Cebolla. El Salvador. FUSADES. Guía Técnica Nº 3. p. 2-46.
- 20.- DIVAGRO. 1991. Guía Técnica sobre el cultivo de cebolla. San Salvador, El Salvador. p. 1-16.
- 21.- DOUGLAS, J.S. 1972. Hidroponía; como cultivar sin tierra. 4ªed. Buenos Aires, Argentina. El Ateneo. p. 1-60.
- 22.- DUQUE, M.; PERDOMO, C.E.; JARAMILLO, V.J. 1983. Crecimiento y absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en cebolla (Allium cepa L.) variedad ocañera. ACTA AGRONOMICA. Colombia. 33 (4): 16-22.

- 23.- EDMON, J.V.; SENN, T.L.; ANDREWS, F.S. 1988. Principios de Horticultura. 3ª ed. México D.F. Mexico. Continental. p. 465-468.
- 24.- EL SALVADOR, CENTRO DE TECNOLOGIA AGRICOLA. 1985. Documentos Técnicos sobre aspectos Agropecuarios, Hortalizas. San Andrés, La Libertad, CENTA. p. 68-69, 73-78.
- 25.- EL SALVADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1979. El cultivo de huertos caseros. Boletín divulgativo Nº 3 p. 21-35.
- 26.- ESCAFF, G. 1979. El cultivo de cebolla. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- 27.- ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA. 1984. El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y tropicales. Honduras, E.A.P./AID. p. 7-20, III-26.
- 28.- FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. 2ª ed. Mexico. Editorial DIANA. p.260.
- 29.- FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1985. Manual para el manejo post cosecha de cebolla. San Felipe, Venezuela, FONAIAP. p. 8-11.
- 30.- FUNDACION SERVICIO PARA EL AGRICULTOR. 1975. Venezuela. UNAGRI. p. 31-32.

- 31.- GATTONI, A.L. 1964. El cultivo de la cebolla. Santa Tecla, El Salvador, Dirección General de Investigaciones Agronómicas, Circular Nº 58.
- 32.- GUDIÉL, V.M. 1987. Manual Agrícola Super B. 6ª ed. Guatemala. Super B. p. 175-178.
- 33.- GROSS, A. 1976. Abonos; Guía práctica de fertilización. Trad. Alonso Domínguez Vivancos. 6ª ed. Madrid, España. MUNDI-PRENSA. p. 337-381.
- 34.- HAAG, H.P.; KIMOTO, T. 1979. Mineral Nutrition Of Horticultura Crops. VII Uptake of nutrients to onion. Anais de Escola Superior de Agricultura Luis de Gueiros (Bras.). 27: 43-53.
- 35.- HERNANDEZ, J.E. 1986. Estudios compartivos de variedades, distancias de siembra y efectos de los elementos mayores en el rendimiento de la cebolla. Tesis Ing. Agrónomo. San José. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomia. p. 38.
- 36.- HUTERWALL, G.O. 1979. Hidroponía; como cultivar sin tierra. 4ª ed. Buenos Aires, Argentina. ALBATROS SRL. p. 129-133.
- 37.- JACOB, A.; UEXKULL, H. 1973. Fertilización. nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. López Martínez de Alba. 4ª ed. México. Ediciones EUROAMERICANAS, KLANS THIELE p. 45, 47, 49, 54, 59, 70.

- 38.- KING, A.B.S.; SAUNDER, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de los cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, Inglaterra. TDRI CATIE. p. 57-61.
- 39.- LA PATRIA. 1989. Cultivemos; la hidroponía popular. Manizales, Colombia, Vol 25: 3-23.
- 40.- LAGUNES, A. S.F. Extractos vegetales; una alternativa en control de plagas. p. 76-77.
- 41.- MORELL, G.D. 1973. Hay dinero y salud en la cebolla. Barcelona, España. SINTES, S.A. p. 136.
- 42.- NAVAS, M. 1992. Evaluación de la interacción entre diferentes fuentes de fertilizantes foliares y densidades de siembra en el cultivo hidropónico de zanahoria (*Daucus carota* L.), utilizando escoria volcánica como sustrato. San Salvador, El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. depto. de Fitotecnia. P.24.
- 43.- PAZ, P.E.; HOWELL, J.H.N. 1980. Efecto del espaciamiento sobre cuatro variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) In. Reunión Anual del PCCMCA (26:1980. Guatemala) MEMORIA, GUATEMALA, ICTA. P.V. 4, HF 180: 1.13.
- 44.- PENNINGSFELD, F.; KURZMANN, P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Trad. J. Santos Ca. Ffarena. Madrid, España. MUNDIPRENSA. pp. 15-49.

- 45.- PINEDA, V.M.; POLANCO, X.A.; VALLE, E.A. 1987. Efecto de cinco niveles de nitrógeno y dos densidades de siembra en cebolla (Allium cepa L.) durante la época lluviosa. Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador, Universidad Politécnica de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. p. 42.
- 46.- PLAISTED, R.L. 1956. Onion Field Pilot Technique, proc: of the Am. Soc. for Roctic, Science (EE.UU.) 67: 390-397.
- 47.- QUIMICA HOECHST DE EL SALVADOR. 1989. Productos para la agricultura Hoechst. p. 72-73.
- 48.- RESH, H.W. 1987. Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción. Trad. José Santos Caffarena. 2ª ed. Madrid, España. MUNDI- PRENSA. p. 25-76, 96-118, 151-272.
- 49.- RODRIGUEZ, C.; LAGUNES, A.; Busqueda de plantas nativas del estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) y mosquito casero (Culex quinquefasciatus). In V Congreso Nacional y I Centro Americano, México y el Caribe de manejo integrado de plagas, Guatemala. Asociación Guatemalteca de Manejo Integrado de Plagas, Guatemala, Agosto de 1987. p. 35-39.
- 50.- ROMERO, F.A. 1974. Proyección natural de los cultivos en zonas tropicales. Argentina. AGRECOL. p. 10-23, 81-120.
- 51.- SOTO, J.A. 1987. Requerimientos nutricionales de la cebolla (Allium

- 'cepa L.) en los suelos de la región norte de Cartago. I. Respuesta a N- P- K. *Agronomía Costarricense. Costa Rica* 11 (2): 239-243.
- 52.- SMITTLE, D.A.; WILLIANSON, R.F. 1978. Onion production and curing in Georgia. Coastal. Plain Station Tifton, Research Report. 284. 11 P.
- 53.- STOLL, G. 1989. Protección natural de los cultivos en zonas tropicales. Argentina. *AGRECOL.* p.10-23, 81-120.
- 54.- TRAVES, G. 1962. Abonos. Barcelona, España. Editorial SINTES. Volumen II. p.337.
- 55.- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. 1977. Generalidades en el cultivo de hortalizas. Lima. p. 5-20.
- 56.- VILANOVA, J.R. 1985. Conceptos fisiológicos sobre el crecimiento de los cultivos. San Salvador, El Salvador. p.6
- 57.- _____, 1992. Evaluación preliminar del cultivo hidropónico de especies hortícolas utilizando la escoria volcánica como sustrato I. San Salvador, El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. URS. p. 6.
- 58.- VOLK, WHEELER. 1984. Basic microbiology. 50 ed. New York. USA. pp. 211-212, 219-220.
- 59.- VOSS, R. 1979. Onion production in California. University of

California. Division of Agricultural Science. Publication 4097. p.
3- 5/9-21.

- 60.- ZINK, F.W. 1966. Studies of the growth rate and nutrient absorption
of onion, Hilgardia, 37: 203, 218.

8. A N E X O S

CUADRO A-1. Descripción general de síntomas de algunas toxicidades que presentan las plantas por el exceso de aplicación de elementos minerales. URS. 1992.

ELEMENTOS	SINTOMAS
NITRATO	Quemazón marginal, a veces seguida de colapso intervenal.
AMONIO	Ennegrecimiento alrededor de ápices y bordes de las hojas. Puede haber muerte radicular.
FOSFORO	Clorosis intervenal en las hojas jóvenes (similar a la deficiencia de hierro), necrosis y muerte descendente en especies susceptibles. Quemazón marginal y desprendimiento de hojas viejas.
SODIO	Clorosis marginal y quemazón.
CLORO	Bronceamiento, clorosis y quemazón marginal; la caída de las hojas puede ser prematura. En algunos cultivos hay enrollamiento de las hojas hacia arriba.
MANGANESO	Amarillamiento que empieza en el borde de las hojas viejas, a veces con enrollamiento de las hojas hacia arriba. Clorosis pardo - amarilla intervenal en frijol y anaranjada en limones; manchas de alquitrán en hojas de naranjos.
ALUMINIO	En la parte aérea son muy similares a los que ocasiona la deficiencia de fósforo. Las raíces se atrofian y se acortan lateralmente.
BORO	Necrosis intervenal (primero aparecen manchas).
FLUOR	Quemazón del ápice y bordes de las hojas, que se extiende áreas intervenales.

FUENTE: COLJAP. Industria Agroquímica, hidroponía, cultivo sin suelo. Nº 6. 1991. (4).

CUADRO A-2. Descripción de los síntomas generales de deficiencia que presentan las plantas por la carencia de elementos. URS. 1992.

ELEMENTO DEFICIENTE	SINTOMAS
NITROGENO	Clorosis de toda la planta, a veces con enrojecimiento; generalmente primero se afectan las hojas viejas.
FOSFORO	Hojas verde - oscuro con enrojecimiento o cianosis de la lámina o de los peciolo (similar a los efectos causados por exceso de calor).
POTASIO	Manchas necróticas o quemazón en hojas viejas. Las hojas jóvenes se enrojecen o presentan clorosis intervenal y superficie brillante.
CALCIO	Muerte de los puntos de crecimiento, desordenes en frutos como bitter - pit (hundimiento) blossom - and root. Quemazón apical de las hojas.
MAGNESIO	Clorosis marginal o intervenal. En leñosas el área verde forma cabezas de flecha. Puede haber zonas rojizas alrededor de las áreas cloróticas. Usualmente se afectan los tejidos jóvenes.
AZUFRE	Clorosis en toda la planta; generalmente las hojas jóvenes se afectan primero.
COBRE	Muerte de hojas jóvenes; no hay respuesta a la fertilización; hay caída de frutos. En cítricos los brotes forman una "s" y hay gomosis en los frutos.
ZINC	Hojas pequeñas, arrosamiento y moteados cloróticos.
MANGANESO	Clorosis intervenal. En casos severos manchas o rayados necróticos. Se afectan primero las hojas intermedias.
HIERRO	Clorosis intervenal que en casos severos llega a albinismo total del follaje joven seguido por necrosis. Ocurre primero en hojas jóvenes.
BORO	Muerte de meristemas. Los brotes auxiliares se queman tomando apariencia de escoba. En la vid hay distorsión de la hoja, característica del daño en el metabolismo de la auxina. Los frutos presentan agrietamiento y hundimientos leñosos. En el apio se agrieta el peciolo y hundimientos en hortalizas de tubérculo.
MOLIBDENO	Palidez general en hortalizas. En otros cultivos se presentan manchas pálidas y quemazón marginal en las hojas maduras (maíz, girasol, etc.).

FUENTE: COLJAP. Industria Agroquímica, hidroponía, cultivo sin suelo. Nº 6. 1991. (4).

CUADRO A-3. Análisis de varianza del número de hojas a los 30 días de edad del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización. UES. 1992.

F. de V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F.Calc.	Ft. 5 %
Variedades (A)	2	0.38	0.189	2.17 n.s.	5.49
Programa (B)	2	0.15	0.074	0.86 n.s.	5.49
Interacción (AxB)	4	0.05	0.014	0.16 n.s.	4.11
Error exp.	27	2.35	0.087		

CUADRO A-4. Prueba de Duncan para diferencia entre medias del número de hojas a los 30 días de edad del cultivo hidropónico de cebolla (*Allium cepa* L.), utilizando tres variedades y tres programas de fertilización, al 5 % de significancia. UES. 1992.

Tratamientos	Medias	Diferencia de Medias
T1 (V1P1)	3.05	A
T7 (V3P1)	2.97	A
T3 (V1P3)	2.95	A
T9 (V3P3)	2.92	A
T8 (V3P2)	2.88	A
T2 (V1P2)	2.83	A
T4 (V2P1)	2.83	A
T5 (V2P2)	2.70	A
T6 (V2P3)	2.63	A