

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



**EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES Y DOS ARREGLOS  
ESPACIALES EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA HIDROPÓNICA DE APIO  
(Apium graveolens L.)**

**POR:**

**CLAVER CARRILLOS ROMERO**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**SAN SALVADOR, ABRIL DE 2002**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA: DOCTORA MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL: LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO: ING. AGR. MSC. FRANCISCO LARA ASENCIO

SECRETARIO: ING. AGR. JORGE ALBERTO ULLOA ERROA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. AGR. RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE

DOCENTE DITECTOR

ING. AGR. RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE.

## RESUMEN

Debido a la importancia alimenticia que representa el apio en la dieta de la humanidad, generada por sus propiedades nutritivas y medicinales, aparte de otras bondades y la necesidad de hacer un uso más eficiente del espacio urbano y rural disponible, incorporando nuevas técnicas ecológicas de producción, para que las familias se integren para que adopten y adapten cultivos de protección natural superando prácticas de agricultura insostenible, mal uso y degradación del recurso suelo, agua, desechos bióticos y abióticos, y produzcan en pequeñas áreas cultivos Hortícolas más nutritivos, frescos y no contaminados, tan importantes e indispensables en nuestro país que en la actualidad son importados en alto porcentaje de otros países generando fuga de divisas. Surge así la necesidad de promover la técnica orgánica hidropónica como alternativa de producción agrícola en el cultivo de apio, al evaluar tres densidades de siembra del cultivo de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph y dos arreglos espaciales en condiciones hidropónicas.

La investigación se realizó en los recintos centrales de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, durante el periodo de febrero a junio de 1999.

Los tratamientos evaluados fueron:

T<sub>1</sub>: (D<sub>1</sub>A<sub>1</sub>) 25 plantas al tres bolillos; T<sub>2</sub> (D<sub>1</sub>A<sub>2</sub>) 25 plantas al cuadro; T<sub>3</sub> (D<sub>2</sub>A<sub>1</sub>) 50 plantas al tres bolillos; T<sub>4</sub> (D<sub>2</sub>A<sub>2</sub>) 50 plantas al cuadro; T<sub>5</sub> (D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>) 75 plantas al tres bolillos; T<sub>6</sub> (D<sub>3</sub>A<sub>2</sub>) 75 plantas al cuadro.

El diseño estadístico empleado fue el completamente al azar, en arreglo factorial (3 x 2), con 6 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales de 1 metro cuadrado cada una.

Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), diámetro de macolla (cm), número de tallos, diámetro de tallos (cm), peso fresco de macolla (g.), peso fresco de raíz (g.), peso seco de macolla (g.) y peso seco de raíz (g.).

Los mejores resultados en cada una de las variables estuvieron sujetos a la densidad de 25 plantas por metro cuadrado, independientemente del arreglo espacial al que fueron establecidas.

## **AGRADECIMIENTOS**

- **A DIOS EN SU SANTÍSIMA TRINIDAD Y A LA VIRGEN MARIA,** Por proveerme de salud, fortaleza, sabiduría, inteligencia e iluminar mi vida en cada momento de mi existencia y durante esta vida académica que he recorrido.
- **A MIS PADRES INÉS CARRILLO CRUZ Y ANA JULIA ROMERO CHAVEZ,** Por ser el medio terrenal de mi existencia, por sus extensivos e intensos cuidados que incondicionalmente me brindaron, por infundirme el amor a la lectura, el espíritu de la investigación y ser los pilares principales en mi formación académica.
- **A MI ESPOSO ALFONSO ANTONIO MEJIA, MIS HIJOS YESENIA CAROLINA, MARLON ALFONSO, JULIO ANTONIO Y KATHERINE ALEXANDRA, MI SUEGRA VICENTA CONCEPCIÓN Y MI PRIMA ARGELIA TREJO ROMERO,** Por brindarme su apoyo incondicional y amplio, para que llegara a la meta que hoy alcanzo.
- **A MI ASESOR ING. RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE,** Quien con mucha voluntad coordinó todas las actividades de este trabajo.

- **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**, Que me apoyaron en las diferentes fases de este trabajo, y en otros aspectos de mi carrera: Días Mejía Juan José; Saúl Romero; Neheri; Ileana Patricia Alvarado Tennant; Walter Alexander Mejía Muñoz; Ana Vilma Duran Valencia; Lic. Juan de la Cruz Fuentes Escoto; Ing. Mario Bermúdez; José Maria Dueñas; Don Felipe; al Ing. Nelson Bernabé Granados y los custodios de la Universidad.
  
- **A LOS SEÑORES DE LA BIBLIOTECA**, pero en especial al Señor Osorio, el Señor Corvera y Señora Berta Alicia.
  
- **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**, y en especial a todo el personal que labora en la Facultad de Ciencias Agronómicas.

## DEDICATORIA

- **A DIOS EN SU INFINITO PODER Y A SU SANTÍSIMA MADRE**, por permitirme alcanzar uno mas de mis ideales anhelados, y proveerme de salud y fortaleza para conocer, entender y perseverar hasta llegar a la meta trazada formando un profesional mas.
- **A MI MADRE**, por tenerme siempre presente en sus oraciones, y **A MI PADRE** (Q. E. P. D.) por infundirnos amor a estudiar.
- **A MI ESPOSO, HIJOS E HIJAS, A MARGARITO MEJIA Y VICENTA QUINTEROS**, que con mucho amor sacrificaron su tiempo para apoyarme incondicionalmente.
- **A MI CUÑADA MARINA DE CARRILLO Y SOBRINAS ROXANA MARISOL, JULIA MARIBEL Y KARLA GERALDINA CARRILLO MEJIA**, Por su apoyo incondicional, espontáneo y permanente.
- **A MI SOBRINO REYNALDO ANTONIO LÓPEZ CARRILLO** por ser presto, solícito e incondicional al brindarme apoyo.
- **A MI HERMANO NEHERIS CARRILLO ROMERO**, por su apoyo brindado en varios aspectos durante todos estos años.

## ÍNDICE

	Página
Resumen	iv
Agradecimientos	vi
Dedicatorias	vii
Indice General	x
Indice de Cuadros	xv
Indice de Figuras	xx
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisión de Literatura</b>	<b>3</b>
2.1 Conceptos de Hidroponía.	3
2.2 Contenedores de Cultivos	4
2.3 Sustratos	5
2.3.1 Sustratos Sólidos	6
2.3.2 Características que Deben tener los Sustratos Sólidos:	6
2.3.3 Tipos de Sustratos.	8
2.3.4 Sustratos Líquidos	12
2.4 Generalidades del Cultivo de Apio ( <u>Apium graveolens</u> L.)	12
2.4.1 Clasificación Taxonómica	12
2.4.2 Distribución Geográfica, Origen e Historia.	13
2.4.3 Importancia	14
2.4.4 Características Botánicas y Genéticas	17
2.4.4.1 Características botánicas	17
2.4.4.2 Características genéticas	19
2.4.4.3 Diversidad genética	19
2.4.4.4 Variedades comerciales.	20
2.4.5 Factores de Producción	22

2.4.5.1 Fotoperíodo y Temperatura	22
2.4.5.2 Altitud	24
2.4.5.3 Necesidades hídricas	25
2.4.5.4 Suelo.	26
2.4.5.5 PH:	27
2.4.6 Necesidades y Exigencias del Apio	27
2.4.7 Cosecha, Post-Cosecha y Embalaje	30
2.4.7.1 Cosecha	30
2.4.7.2 Manejo Post-cosecha	31
2.4.7.3 Embalaje	32
2.4.8 Indicadores	32
2.4.8.1 Índice de cosecha preventiva	32
2.4.8.2 Índice de calidad a la cosecha	33
2.4.8.3 Índice de calidad después de ser almacenado	33
2.4.8.4 Efectos de la atmósfera controlada	34
2.4.9 Principales Plagas y Enfermedades	34
2.4.9.1 Plagas	34
2.4.9.2 Enfermedades	36
2.4.10 Índice de Cosecha	37
2.5 Producción Orgánica	38
2.5.1 Concepto de Humus	39
2.5.1.1 Características más importantes del Humus de Lombriz	40
2.5.1.2 Usos del humus en la agricultura.	40
2.5.1.3 Composición química del humus de lombriz	42
2.5.1.4 Influencia del humus sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato.	43
2.5.2 Extractos Botánicos	45
2.5.2.1 Control de Plagas con Extractos Botánicos	45

2.5.2.2 Efecto de los Extractos Botánicos.	45
2.5.2.3 Factores que Determinan la Efectividad de los Plaguicidas Naturales.	46
2.5.2.4 Formas de Preparación de extractos botánicos.	46
2.5.2.5 Tecnología de la Aplicación.	47
2.5.2.6 Características de las plantas con propiedades plaguicidas.	48
2.5.2.7 Ventajas de las plaguicidas de origen botánico.	48
2.5.2.8 Recomendaciones para el uso de plantas con propiedades plaguicidas.	49
2.5.2.9 Recomendaciones para la elaboración y aplicación de los extractos botánicos.	49
<b>3. Materiales y Métodos</b>	<b>51</b>
3.1 Localización del Estudio	51
3.2 Condiciones Climáticas	51
3.3 Preparación de Módulos	51
3.4 Selección del Sustrato.	52
3.4.1 Preparación del Sustrato	53
3.5 Establecimiento y Manejo del Cultivo	54
3.5.1 Preparación de Almacigo.	54
3.5.2 Trasplante	55
3.5.3 Riegos	56
3.5.4 Escardado y Aplicación del Lombriabono	57
3.5.5 Control de Plagas y Enfermedades.	57
3.5.6 Cosecha.	59
3.6 Metodología Estadística	59
3.6.1 Diseño Experimental y Estadístico	59

3.6.2 Tratamientos en Estudio	61
3.6.3 Modelo Estadístico e Hipótesis	62
3.6.3.1 Modelo estadístico del diseño completamente al azar en arreglo factorial.	62
3.6.3.2 Hipótesis a demostrar	63
3.6.4 Variables Evaluadas.	63
3.6.4.1 Altura de la planta (cm).	63
3.6.4.2 Diámetro de macolla (cm).	63
3.6.4.3 Número de Tallos.	64
3.6.4.4 Diámetro de Tallos (cm).	64
3.6.4.5 Peso fresco de macolla (gramos (g.)).	64
3.6.4.6 Peso fresco de raíz (g.).	64
3.6.4.7 Peso seco de macolla (g.).	64
3.6.4.8 Peso seco de raíz (g.)	64
3.6.4.9 Índice de cosecha (%).	65
<b>4. Resultados y Discusión</b>	<b>66</b>
4.1 Generalidades.	66
4.2 Características Climáticas	66
4.3 Aspectos Generales del Cultivo	68
4.3.1 Control de plagas y enfermedades durante las fases de desarrollo del cultivo.	69
4.5 Variables Analizadas	70
4.4.1 Análisis Estadístico	70
4.4.2 Altura de Planta	71
4.4.3 Diámetro de Macolla	74
4.4.4 Número de Tallos	79
4.4.5 Diámetro de tallos	82
4.4.6 Peso Fresco de Macolla	85

4.4.7	Peso Fresco de Raíz	88
4.4.8	Peso Seco de Macolla	92
4.4.9	Peso Seco de Raíz	97
4.4.10	Regresión y Correlación de Variables Analizadas	100
4.4.11	Índice de Cosecha	103
<b>5.</b>	<b>Conclusiones</b>	105
<b>6.</b>	<b>Recomendaciones</b>	106
<b>7.</b>	<b>Bibliografías</b>	107
<b>8.</b>	<b>Anexos</b>	120

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición Química de las Partes Comestibles del Apio (100 gramos de materia fresca). Lorenz y Maynard 1980.	16
2. Composición Nutritiva del Apio (por 100 g. de producto comestible)	17
3. Necesidades Hídricas Coeficientes de cultivo (Kc) del apio (Dooroembos Pruitt, 1976).	26
4. Duración en días de cada fase de desarrollo del apio (Dooroembos Pruitt, 1976).	26
5. Fertilización (kg/ha) en el Cultivo del Apio. (Lorenz y Maynard 1980; Zuang, 1982).	30
6. Cantidades de humus a emplear según el tipo de cultivo.	42
7. Composición química del humus de lombriz.	43
8. Análisis Químico de la Escoria Volcánica Roja utilizada como sustrato en la evaluación de tres densidades y dos arreglos especiales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.). UES 1999.	53
9. Programa de aplicaciones de lombriabono en la producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L). Marzo 26 a junio 30 de 1999.	57
10. Descripción de los tratamientos obtenidos en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) UES 1999.	61
11. Promedios mensuales de las características meteorológicas registradas durante el período de realización del cultivo de apio orgánico hidropónico (marzo-junio, 1999).	67
12. Análisis de varianza para la variable altura de plantas (cm) a la	

- cosecha en la Evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) UES 1999. 72
13. Prueba Duncan para densidades en la variable altura de plantas (cm) a la cosecha, en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) UES 1999. 72
14. Altura promedio de plantas (cm) al momento de la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L. variedad Triumph). UES 1999. 74
15. Análisis de varianza para la variable diámetro de macolla (cm), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 75
16. Prueba Duncan para densidades de la variable diámetro de macolla (cm) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 75
17. Diámetros promedios de macolla por tratamiento (cm) a la cosecha para la variables diámetro de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 78
18. Análisis de varianza, para la variable número de tallos, a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 79
19. Prueba Duncan para densidades en la variable número de

- tallos a la cosecha, en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 80
20. Promedio de número de tallos, por tratamiento a la cosecha en la variable número de tallos; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 80
21. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos (cm), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 82
22. Prueba Duncan para densidades en la variable diámetro de tallos a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 83
23. Datos promedios (cm) del diámetro de tallo por tratamiento, a la cosecha, para la variable diámetro de tallos; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 84
24. Análisis de varianza para la variable peso fresco de macolla (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 85
25. Prueba Duncan para densidades de la variable peso fresco de macolla (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 86

26. Promedios de peso fresco de macolla (g.) por tratamiento, a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 88
27. Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíces (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 89
28. Prueba Duncan para densidades en la variable peso fresco de raíz (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 89
29. Promedios de peso fresco de raíz (g.), a la cosecha, por tratamiento, para la variable peso fresco de raíces; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 91
30. Análisis de varianza para la variable peso seco de macolla (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 93
31. Prueba Duncan para arreglos espaciales en la variable peso seco de macolla (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 94
32. Prueba Duncan para densidades de siembra en la variable peso seco de macolla (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción

orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	94
33. Datos promedios de peso seco de macolla (g.) a la cosecha; en los tratamientos de la variable peso seco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	97
34. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	98
35. Prueba Duncan para densidades en la variable peso seco de raíz (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	98
36. Promedios de peso seco de raíz, por tratamiento a la cosecha, en la variable peso seco de raíz; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	100
37. Índice de cosecha promedio (%); por densidad en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph, . UES. 1999.	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño del módulo utilizado en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph, utilizando como sustrato escoria volcánica roja. UES 1999.	52
2. Esquemas de las densidades y arreglos espaciales de las plántulas de apio, utilizadas en la Evaluación de Tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph, UES 1999.	56
3. Plano de distribución de los tratamientos y repeticiones en los módulos Hidropónicos en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph.	60
4. Altura Promedio (cm) de plantas a la cosecha para densidades de la variable altura de plantas en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) UES 1999.	73
5. Diámetro de macolla (cm) a la cosecha, para diferentes densidades; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	77
6. Promedios de números de tallos a la cosecha en las densidades de la variable número de tallos; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio ( <u>Apium graveolens</u> L.) variedad Triumph. UES 1999.	81

7. Promedios diámetro de tallo (cm) a la cosecha, para las densidades de la variable diámetro de tallo; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 83
8. Peso fresco de macolla (g.) a la cosecha para las densidades de la variable peso fresco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 87
9. Promedios de Peso Fresco de Raíz (g.), a la cosecha para densidades de la variable peso fresco de raíces; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 90
10. Promedios de peso seco de macolla (g.) a la cosecha, para arreglos espaciales de la variable peso seco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 95
11. Promedios peso seco de macolla (g.), a la cosecha para densidades de la variable peso seco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 96
12. Promedios de Peso Seco de Raíz (g.), a la cosecha; para las densidades, en la variable peso seco de raíz; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999. 99

Triumph. UES 1999.

13. Gráfica de correlación en el comportamiento del diámetro de macolla con relación al peso fresco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica-hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph, U.E.S., 1999. 102
14. Índice de cosecha promedio (%) por densidad en el cultivo orgánico hidropónico de apio. (Apium graveolens L.) Variedad Triumph. UES, 1999. 104

## 1. INTRODUCCIÓN

El Salvador es un país con alto potencial agrícola pero solo está enfocado a la producción de cereales, café, ciertas frutas y en menor escala las hortalizas, por lo que esta tiene que ser importada de los países vecinos y poder satisfacer la demanda interna, lo que ocasiona un incremento en la canasta básica familiar. A causa de los costos de importación y conservación del producto (70).

Las principales hortalizas de mayor consumo están el tomate, cebolla, chile, papa, zanahorias, lechuga, apio, entre otras; sin embargo hay otras no tan demandadas pero si muy importantes ricas en vitaminas y minerales. Una de estas hortalizas es el apio, cultivo apreciado por el arte culinario y en el campo terapéutico-medicinal; a pesar de que posee cualidades que lo hacen necesario en la dieta alimenticia; en El Salvador se cultiva en menor escala por el poco conocimiento que tienen los agricultores en el manejo del cultivo, y por desconocer el % de demanda de los consumidores; sin embargo, por las características nutritivas y medicinales que presenta esta hortaliza poco a poco se ha generado una demanda creciente y conciente de parte de la población, impulsando a que en los años 1998 y 1999 se invirtieran 483.2 y 498,717 miles de colones en adquisiciones importadas de apio, proveídas de los países de Guatemala 175.4 Tm (toneladas métricas), China 23.5 Tm, India 0.5 Tm. Incrementándose las adquisiciones en el último trimestre del año (68, 70).

Lo que indica que para los años dos mil y dos mil uno las importaciones pueden haber incrementado ya que no se cuenta con áreas de producción representativas para proveer la demanda interna de nuestro país.

Tratando de generar una nueva alternativa de producción para el productor salvadoreño sea éste rural o urbano, se realizó la investigación utilizando la técnica de hidroponía social bajo un sistema de producción orgánica de apio.

Es de mencionar que con la alternativa de producción hidropónica se obtiene una mayor producción de plantas por área pero se desconoce la densidad óptima y arreglos de siembra bajo estas condiciones de cultivo. Es así como se evaluó diferentes densidades de apio por m<sup>2</sup> dispuestos en los arreglos al cuadro y al tres bolillo.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CONCEPTOS DE HIDROPONÍA.

El término hidroponía fue establecido en los años 1930 por Willians Gerike de la universidad de California y fue el primero que se percató del gran potencial que encerraba esta técnica; desde entonces, ha sido ampliamente difundida en muchos países, principalmente en los países desarrollados (2, 28, 34, 65, 101).

Esta técnica agrícola consiste en hacer crecer las plantas sin usar suelo, sino, únicamente, soluciones nutritivas adecuadas. La palabra hidroponía se deriva del griego, *hidro* (agua) y *ponos* (labor, trabajo), significando literalmente, cultivo en agua. Sin embargo, en su aceptación más amplia, se ha considerado que dicho término puede abarcar todas las formas de cultivo sin tierra (2, 28, 63, 65).

En América Latina, la hidroponía como tal, no ha tenido el auge esperado, a causa del costo inicial muy elevado para contar con la infraestructura necesaria. Como consecuencia en algunos países como Colombia y Perú, se generó una hidroponía alterna, buscando reducir costos, usando materiales de fácil acceso en el medio y adaptándose a una tecnología mas sencilla y realista (2, 85, 101).

De allí surgió una variante, que la han llamado semihidroponía, que con los mismos principios, solo recurre al uso de cualquier sustrato inerte, como medio

de soporte a la planta (2, 5, 65, 93, 101).

Por último, como consecuencia de los procesos globalizantes, la falta de apoyo institucional, alto costo de insumos y de otros factores, ha permitido el desarrollo de diferentes modalidades productivas con bases orgánicas. Dentro de esta técnica la que mas se destaca es la organoponía, la cual se realiza con cualquier sustrato sólido enriquecido con materia orgánica y con un manejo integrado de plagas y enfermedades (4, 12, 82, 93, 101).

Los organopónicos han demostrado en varios países, desarrollados y subdesarrollados, que esta modalidad de producción orgánica constituye una técnica de bajo consumo de insumos, realizables con recursos propios y a su vez con rendimientos aceptables y comparables con cualquier tecnología, en cuanto a calidad, rentabilidad y comercialización (29, 38, 66, 82).

Las modalidades de producción antes mencionadas y principalmente las últimas, constituyen la base de una agricultura urbana y semiurbana y que en algunos países ha dado por llamarse hidroponía social, en donde la producción orgánica de hortalizas ha destacado, a pesar de las condiciones de su entorno con escasez de recursos y severas adversidades sociales, físicas y productivas. (17, 29, 39, 66).

## **2.2 CONTENEDORES DE CULTIVOS**

Toda planta necesita de un espacio físico definido, en donde estará el sustrato y su medio de nutrición (2, 65, 66, 93).

En hidroponía o en la semihidroponía a este espacio físico se le conoce como contenedor o módulo de producción. Estos contenedores o módulos, tienen dimensiones variables que dependiendo de las posibilidades de espacio y los propósitos que tenga el productor, y de su capacidad económica puede utilizar macetas, cubetas, cacerolas, ollas de barro, bandejas, cajas de madera o de durapax, láminas de duralita desechable, módulos de hierro, etc., para el caso de un cultivo doméstico o pequeño. En los cultivos hidropónicos o semi hidropónicos comerciales, los contenedores pueden ser: zanjas o rectángulos sobre el suelo pero cubiertas de cemento o plástico y delimitados con ladrillos, tablas de madera, bambú, etc. El módulo a construir debe tener un desnivel del 3 a 5% a fin de facilitar que el agua drene cuando estos están expuestos a la intemperie (2, 5, 14, 16, 65, 93).

## **2.3 SUSTRATOS**

En hidroponía, un sustrato es el medio de cultivo que reemplaza al suelo. La finalidad es de ser un sostén del sistema radicular de la planta y a la vez un vehículo para proveer los nutrimentos que necesita para su crecimiento y desarrollo normal. Los sustratos pueden clasificarse en sólidos y líquidos; los primeros son de naturaleza orgánica o inorgánica (2, 5, 33, 34, 66).

### **2.3.1 Sustratos Sólidos**

Un sustrato sólido es un medio sólido inerte, deberá ser suficientemente consistente para poder durar bastante tiempo y permitir que se anclen y se aferren a el las raíces, permitiéndoles la respiración. Además debe retener el agua y los elementos nutritivos que las plantas necesitan (2, 12, 34, 101).

El tamaño de los gránulos debe ser el adecuado en cuanto favorezca el crecimiento y desarrollo de las hortalizas y no afecte por deformaciones de las mismas, su calidad comercial, especialmente si se producen hortalizas de raíz y bulbo. Para el cultivo de especies de hojas, flores, frutos o semillas, se puede utilizar sustrato con partículas de tamaño superior, la uniformidad no es tan determinante en la producción (12, 15, 66, 85).

Es importante que los sustratos sólidos estén húmedos al momento de sembrar sobre ellos, algunas veces resulta difícil conseguir uniformidad en la distribución de la humedad viéndose afectada gravemente la planta (66).

### **2.3.2 Características que Deben Tener los Sustratos Sólidos:**

- a) El tamaño de los gránulos es no inferior a 2 mm ni superior a 7 mm. La Granulometría debe permitir la circulación de agua y de aire en forma equilibrada, buena retención del agua y un buen drenaje. Se consideran como buenos sustratos aquellos que permiten la presencia de 15-35% de aire y 20 a 60% de agua, en relación con el volumen total (4, 15, 66).

- b) Que retenga una buena cantidad de humedad debajo de la superficie y que facilite la salida de excesos de agua (riego y lluvia).
- c) Debe secarse con rapidez en su área superficial (un centímetro de profundidad). Esto evita el desarrollo de enfermedades.
- d) Que no se descomponga, o lo haga lentamente como la granza de arroz.
- e) Es preferible que sean de colores oscuros.
- f) Son mejores si no contienen elementos nutritivos.
- g) Que no contengan microorganismos perjudiciales a la planta y a los seres humanos.
- h) Que no estén contaminados por desechos industriales o humanos.
- i) Que sean abundantes, fáciles de conseguir, transportar y manejar.
- j) De bajo costo (2, 4).
- k) Libre de peligro para quienes lo manipulan.
- l) Debe ser químicamente inerte, es decir no absorber ni suministrar ningún elemento nutritivo. El aserrín de ciertas maderas puede suministrar taninos tóxicos a las plantas.
- m) Debe ser biológicamente inerte. El sustrato debe estar libre de plagas y enfermedades ya que los daños podrían ser fatales al inicio del cultivo.
- n) Debe ser liviano. Ya que la resistencia del montaje hidropónico está determinado por el peso del sustrato (2, 5, 14, 66, 93).

La mayoría de sustratos empleados en hidroponía son de origen natural siendo de tipo orgánico e inorgánico (4, 5).

### **2.3.3 Tipos de Sustratos.**

#### **a) De naturaleza orgánica**

Entre los sustratos de origen orgánico mas utilizados en nuestro medio por su facilidad de manejo y disponibilidad se tiene: cascarilla de arroz y el aserrín.

- *Cascarilla o granza de arroz.* Es un subproducto que se produce en las zonas arroceras o en los beneficios de la industria del arroz. Este material es rico en celulosa y silicio, es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, su densidad oscila entre 0.07 kg./l. y 0.20 l, su ceniza es rica en Nitrógeno. Como sustrato hidropónico se utiliza solo o mezclado, con arena o escoria. Se considera un sustrato liviano de buen drenaje, aireación, presenta baja retención de humedad. Cuando se usa como sustrato único es difícil conservar una humedad homogénea, por lo que es recomendable mezclarlo con otro tipo de materiales o de ceniza de la misma granza. Con el tiempo de uso este sustrato se degrada favoreciendo el desarrollo de los cultivos hidropónicos (2, 5, 29, 38, 65).

- *Aserrín de madera.* El aserrín es propio de la industria forestal y debe conocerse su origen para evitar el riesgo de compuestos tóxicos de la madera. Este material sólo, presenta bajo porcentaje de drenaje, inicialmente es difícil de mojar y presenta encharcamiento (mal drenaje) volviéndose necesario mezclarlo con virutas, para mejorar su drenaje. El aserrín por su naturaleza orgánica tiende a descomponerse y se recomienda añadir una nueva cantidad proporcional a la descompuesta en cada nueva cosecha (2, 5, 66).

El aserrín no debe ser de maderas rojas, ni de pino, no debe contener Taninos (66).

#### **b) De naturaleza inorgánica**

Entre los sustratos de origen inorgánico que se pueden utilizar en hidroponía y que se encuentran con facilidad en nuestro medio están: hormigón o escoria volcánica roja o negra, piedra pómez y la arena de río (2, 5, 66).

Desde el punto de vista químico y biológico es conveniente no mezclar estos sustratos inorgánicos, preferiblemente pueden utilizarse solos. Presentan escasa capacidad de retención de humedad necesitando mayor frecuencia de riegos y si no se cuenta con un sistema de riego eficiente y económico, la alternativa viable es mezclarlos con componentes orgánicos, siendo mejor opción la utilización de la cáscara de arroz (29, 66).

Las mezclas más recomendables de acuerdo a los ensayos hechos en varios lugares de El Salvador y Centro América con más de 20 especies de hortalizas son:

- 50% de cáscara de arroz, con 50% de cascajo o piedra pómez.
- 50% cáscara de arroz, 30% de escoria volcánica y 20% aserrín.
- 60% de cáscara de arroz con 40% de arena de río.
- 60% de cáscara de arroz con 40% de escoria volcánica.
- 50% cáscara de arroz, 40% de escoria volcánica y 10% de aserrín de madera blanca o amarilla.
- No usar aserrín de pino y de maderas rojas (66).

En El Salvador la proporción más usada es 50% de piedra pómez y 50% de granza de arroz, también ha dado buenos resultados la mezcla de 50% granza de arroz, 30% piedra pómez, 20% escoria volcánica roja o negra (66). Otras investigaciones reportan que la escoria volcánica resulta ser un excelente sustrato para el cultivo de remolacha, superando al sustrato granza de arroz, mezclado con cenizas de la misma granza en relación de 2:1 (2). En cultivos hidropónicos de cebolla utilizando como sustrato escoria volcánica roja se han obtenido buenos rendimientos (63). En la producción hidropónica de lechuga un 80% de piedra pómez y 20% de lombriabono (humus) dio los mejores resultados (5).

Tanto la piedra pómez como la escoria volcánica roja son materiales de

origen volcánico. La primera es de naturaleza esponjosa y llena de cavidades, lo que le permite tener una buena retención de humedad. La segunda presenta una estructura granular porosa, característica que afecta su capacidad de retención de agua. Ambas presentan buena estabilidad y si tienen granulación apropiada constituyen excelentes medios para el anclaje y desarrollo de las raíces. También, contienen buena cantidad de silicatos; en el caso de la piedra pómez contiene algunos minerales como azufre y boro. Con respecto a la escoria tiene un menor porcentaje de silicatos, pero contiene algunas cantidades de calcio y especialmente de Hierro y Magnesio (4, 12, 63, 65).

Antes de usar los sustratos inorgánicos deben de ser lavados hasta que suelten agua clara, porque pueden contener limos o arcillas y otras sustancias que pueden afectar la asimilación de los elementos nutritivos que se aplican (2, 5, 66).

- La piedra pómez con el uso de agua caliente puede eliminársele los excesos de azufre y boro; ya libre de tierra es biológicamente estéril, es un sustrato que ha dado buenos resultados (2, 5, 63, 78).

### 2.3.4 Sustratos Líquidos

El medio de cultivo mas económico y fácil de conseguir es el agua, se usa con el mismo fin del sustrato sólido, permite desarrollo de raíces, absorción de agua y sustancias nutritivas adicionadas en un ambiente totalmente líquido. Los cultivos que se recomiendan son: el de albahaca, apio de hoja abierta, berro, endibia, lechuga especialmente de hoja abierta (2, 15, 66).

## 2.4 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE APIO (Apium graveolens L.)

### 2.4.1 Clasificación Taxonómica

Según Linneo clasifica taxonómicamente al apio en la siguiente forma:

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledoneae
Orden	Umbelliferae
Familia	Umbelliferae, apiaceae
Género	Apium
Especie	graveolens
Nombre científico	<u>Apium graveolens</u> L.

La familia umbelliferae comprende de 250 géneros y más de 2500 especies, entre éstos tenemos el Apium graveolens L. (37, 61).

- Variedades botánicas conocidas:
  - Variedad Dulce Pers
  - Variedad Rapacearum D.C. o Apio Nabo.
- Nombre común:
  - Apio
- Variedad en estudio:
  - Variedad verde, dulce Triumph (8, 37, 43, 51, 60, 61, 98).

#### **2.4.2 Distribución Geográfica, Origen e Historia.**

El apio es originario de la Cuenca Mediterránea (Europa Oriental), actualmente se extiende a lo largo de todo el Litoral Mediterráneo, Medio Oriente, Sur de Cordillera Himalaya. Se produce en zonas templadas y en regiones tropicales. Se le encuentra en lugares pantanosos de Europa y Asia. Ha alcanzado gran difusión en todo el mundo, por su alta demanda en los mercados especialmente, de las grandes ciudades (20, 61).

Históricamente se sabe que el apio es conocido por el hombre desde tiempos remotos. Los griegos lo denominaron *Apion*. El nombre de la especie se lo dio *Linneo* por su olor. En diversas tumbas del Antiguo Egipto se han encontrado coronas funerarias en las que formaban parte hojas de apio. Las semillas eran usadas en el embalsamamiento de cadáveres. Los vencedores en los Juegos Itmicos y Nemesicos eran coronados con guirnalda hechas de hojas de apio.

Desde hace 400 años se le conoce como planta medicinal, se utilizaba como purificador de la sangre, diurético, desinfectante de llagas y úlceras en el cuerpo; en la actualidad tiene estos usos en la medicina popular. El cultivo del apio como hortaliza surgió en Italia, a partir del siglo dieciséis (S. XVI). Se consumía en estado fresco y cocido (8, 31, 40, 50, 98).

### **2.4.3 Importancia**

El apio es una hortaliza muy apreciada en la dieta humana, atribuida a sus múltiples beneficios; posee un alto valor nutritivo, y hay quienes le confieren propiedades afrodisíacas (19, 36, 61, 80).

Entre los usos que se le da al apio tenemos:

a) Terapéuticos:

- Su riqueza en vitaminas A, B y C; Sodio y Fósforo lo vuelven indispensable para los intelectuales.
- Su aptitud para disolver el ácido úrico permite recomendarlo a los reumáticos (19, 80).
- El apio es de fácil digestión, siendo conveniente que lo consuman los que padecen de estreñimiento (estílicos). Además limpia órganos vitales como el hígado, vejiga, riñones, corazón; siendo indicado para personas enfermas de estas partes del cuerpo. Por otra parte regula las funciones del sistema nervioso neurovegetativo y simpático al que calma y

regenera.

- Se usa en las convalecencias de enfermedades contagiosas y operaciones quirúrgicas, afecciones de la boca, garganta, faringe, ronqueras.

Así como es usado en personas, también puede ser un buen remedio casero en animales domésticos especialmente para el combate de la sarna, preparándose de la siguiente forma: se pica finamente las hojas de apio, se le agrega sal, vinagre o limón; con esta mezcla frotar el cuerpo del animal.

- De la semilla se extrae esencia de apio que es un condimento con propiedades medicinales (21, 36, 42, 80, 81, 86).

#### b) Culinarios:

- El apio se degusta por lo general en ensalada fresca aunque también al igual que su semilla sirve para condimentar cocidos, sopas, caldos o algún platillo especial. El sabor característico de esta planta está dado por la presencia de *apeina* o *apiosilglucósido* de *7 apigenina* y aceites esenciales como *apiol* y *limoneno*, que se encuentran en el interior de las pencas (8, 18, 19, 36, 42, 57, 61, 75, 81, 83, 87, 98).

#### c) Agroindustrial:

En la industria agroalimentaria, se utiliza el apio deshidratado en forma de polvo, útil en sopa y pastas; las pencas del apio acostillado y el corazón de

la raíz del apio nabo se utilizan para hacer conservas y algunas veces para extracción de aceites (31, 40, 61).

En los cuadros 1 y 2 se presentan, de diferentes fuentes, la riqueza de elementos vitamínicos, proteínas, energéticos, sales minerales, entre otros elementos que están contenidos en el apio, indispensables en la alimentación humana.

**Cuadro 1. Composición Química de las Partes Comestibles del Apio (100 gramos de materia fresca). Lorenz y Maynard 1980.**

Agua	94 g.
Energía	17 cal
Proteínas	0.9 g.
Grasa	0.1 g.
Carbohidratos	3.9 g.
Calcio	3.9 mg
Fósforo	28 mg
Hierro	0.3 mg
Sodio	126 mg
Potasio	341 mg
Vitamina "A"	241 IU
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.03 mg
Niacina	0.3 mg
Ácido Ascórbico	9 mg

Unidad Internacional (IU) de Vitamina "A" es equivalente a 0.3 mg de vitamina "A" en alcohol.

MAROTO BORREGO. 1991 (61).

**Cuadro 2. Composición Nutritiva del Apio (por 100 g. de producto comestible)**

Agua	90-96%
Vitamina "A"	120 UI
Vitamina "C"	0.2-0.15 g.
Vitamina B1	2-5 mgr
Vitamina B2	3 mgr
Vitamina B5	30 mgr
Vitamina B6	154 mgr
Vitamina E	46 mgr
Vitamina PPM	40 mgr
Valor Energético	5-22 cal
Hidratos de carbono	1.8-3.9%
Proteínas	0.5-2%
Lípidos	0.1-0.5%
Cenizas	0.8-1.6% mgr
Fósforo	27-65 mgr
Hierro	0.3-05 mgr
Sodio	96-240 mgr
Potasio	160-400 mgr
Cloro	137 mgr
Magnesio	3 a 40 mgr
Fibra	0.90*

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. 1995 (37).

#### **2.4.4 Características Botánicas y Genéticas**

El apio es una planta de cultivo bianual con respecto a la producción de semilla y anual para consumo fresco (19, 51, 61).

##### **2.4.4.1 Características botánicas**

1. Raíz. La raíz principal es pivotante poco profunda, provista de un sistema de raíces secundarias abundantes, adventicias y superficiales. La raíz puede alcanzar longitudes de 50-70 cm y 20-30 cm de ancho (37, 50, 61, 81).

Lorenz y Maynard (1980) citados por Maroto Borrego 1991, clasifican al apio como una planta que posee un sistema radical superficial, con una profundidad máxima de 45-50 cm; Walker, Scogerboe (1987); West (1982)

citados por el mismo autor dicen que en condiciones adecuadas de suelo, el sistema radical del apio alcanza una profundidad media de 60 cm y consideran como profundidad efectiva para esta planta valores comprendidos entre 45-60 cm (61).

2. Durante el primer año desarrolla el aparato vegetativo formado por un tallo corto, cubierto por una roseta de hojas muy divididas, de peciolo largo, acostillado y carnoso conocido con el nombre de pencas; que pueden alcanzar alturas de 60-100 cm (7, 20, 61).

A lo largo del segundo año de vida de la planta, produce largos tallos florales en forma de umbela (todas las flores salen de un mismo punto). La floración en el apio se motiva principalmente por la acción de temperaturas vernalizantes (7-10°C) durante período de 14-28 días de estímulo vernalizador (7, 8, 61).

3. Las hojas son erectas dotadas de un sólido peciolo, el limbo está dividido en 5-10 segmentos. Estos limbos foliares son pinnado-partidos (hojas dispuestas a uno y otro lado del peciolo) pequeñas y de color verde intenso insertas en un peciolo largo que constituye la parte comestible (7, 61, 83).
4. La inflorescencia, es una umbela compuesta, las flores son pequeñas y de color blanco, tiene cinco pétalos, cinco estambres y dos pistilos, cáliz con 5 sépalos un ovario ínfero de 2 carpelos. Las flores son actinomorfas y hermafroditas (83). La polinización es cruzada, es una planta alógama sin

embargo, presenta un 5% de autogamia (Autopolinización) (7, 20, 61, 92).

5. Las semillas son muy pequeñas llegan a medir de 1.0 a 1.5 mm de longitud. Los frutos son diaquenios, pequeños, de color marrón, sin pubescencia, redondeados o con la base acorazonada, comprimidos lateralmente y recorridos por surcos en toda su longitud, sobre los que se insertan canales resiníferos portadores de aceites esenciales con un olor característico. Estos frutos son considerados usualmente semillas, siendo sensible al desgrane (20, 31, 37, 57, 61, 64, 71, 86).

#### **2.4.4.2 Características genéticas**

En cuanto a las características genéticas, el apio es una planta que posee bajo porcentaje de autopolinización y alto porcentaje de polinización cruzada, posee 11 pares de cromosomas; diploide,  $2n = 22$ . Las flores presentan protandria (madura primero el órgano masculino androceo), son polinizadas en manera cruzada por insectos (42, 61, 86, 92).

#### **2.4.4.3 Diversidad genética**

Dos variedades botánicas se distinguen dentro de esta especie:

- Variedad Dulce Pers; que es el apio acostillado o de pencas.
- Variedad Rapaceum D. C.; que es el apio nabo o apio rábano, de peciolos poco desarrollados y huecos, con formaciones globosas en la base de la

planta. Es una variedad más resistente que puede prolongarse su recolección.

Se consideran varias subespecies, entre estas, el *Apium graveolens silvestre* que es planta selvática muy aromática de sabor acre, conocida como apio vivaz de pantanos y montañas, desapareciendo en invierno y apareciendo en verano; *Apium graveolens dulce* constituido de hojas grandes y pencas robustas.

Hay variedades para cortar, de tallo y peciolo verdes, de tallo y peciolo blancos, largos y estriados longitudinalmente, para el mercado y la industria (9, 31, 42, 57, 59, 61, 64, 72).

#### **2.4.4.4 Variedades comerciales.**

En el apio de pencas se distinguen dos tipos de grupos varietales: los cultivos verdes y los cultivares dorados o blancos (de autoblanqueo).

*Los Cultivares verdes:* se distinguen por un marcado color verde claro u oscuro de la planta, por su tendencia a ser más compacto o enano, por el grosor notable de los peciolo en sección transversal. Es un poco más tardío, resiste mejor el almacenamiento por su resistencia a las enfermedades. Por su succulencia, tersura del peciolo y grosor, se considera superior que el tipo amarillo. El tipo verde no se somete a blanqueo. Presenta un crecimiento vigoroso, son cultivares rústicos, más fáciles de producir. Las variedades representativas del tipo verde son Pascal, Utha, Fordhook. Cada una tiene

variedades distinguibles. Existen grupos intermedios que combinan el color verde amarillento del grupo dorado con el grosor del grupo verde. Las variedades de este grupo son: Summer, Pascal, Golden Pascal, Cornell 6, Cornell 19, Cornell 619, no se consideran apropiadas para el almacenaje (20, 37, 42, 50, 61, 64).

*Cultivares Dorados o Amarillos:* el cultivo de estas variedades es mas complejo que el de las verdes. Las variedades amarillas son susceptibles a la floración precoz y al ataque de hongos. El tipo dorado lo forman las variedades que las partes centrales de la planta se autoblanquean (el blanqueado consiste en frenar el desarrollo de la clorofila en las plantas), al excluir la luz solar de los peciolos (40). La operación del blanqueado hace mas tierna la penca y le quita el sabor amargo (42, 64, 81). Las variedades correspondientes a este tipo son precoces, (son las mas conocidas y apetecibles en algunos mercados), tienen follaje verdeamarillento, peciolos delgados, poco fibrosos, de mediana calidad, muy aptos para el almacenaje y se les conoce como “apios blancos” pertenecen a este tipo: Golden self-blanching, Golden Plume, comprende muchas variedades y líneas (37, 61, 64).

*Variedades Rojas:* son poco conocidas entre estas tenemos: la variedad Piamontesa o de Turín; su característica principal es elevada resistencia a marchitarse y a la podredumbre, puede conservarse en condiciones invernales. Hay apios rojos de peciolos carnosos con muy poca cantidad de fibra. Son los

mas indicados en la industria conservera (42, 57, 64).

El aprovechamiento de las pencas, ha llevado a los horticultores a realizar una selección de las distintas variedades en función del color, textura y longitud que posee la penca. Las variedades verdes dulces resultan ser mas resistentes, tardías y con mayor contenido de vitamina A, C y minerales (37). La variedad verde UTHA 5270 R TRIUMPH entre otras variedades verdes presenta mayor tamaño de la planta con una aptitud de conservación mas prolongada, la macolla es cilíndrica, gruesa y compacta; y supera en producción a las variedades verdes pascal y fordhook (47, 50, 61, 64, 87).

## **2.4.5 Factores de Producción**

### **2.4.5.1 Fotoperíodo y temperatura**

La duración del período vegetativo es variable, va en función de la variedad utilizada y las condiciones ambientales. El apio es planta bianual que en condiciones tropicales necesita que desde la siembra de la semilla hasta su germinación transcurran 15 días; de la germinación al trasplante 40 días y aproximadamente a los 100-140 días después del trasplante suceda la cosecha (10, 38, 42, 61, 64).

El apio se propaga por semillas, bajos porcentajes de germinación; asincronia y variabilidad en el desarrollo de las plántulas constituyen un problema serio en los semilleros de apio (10, 51, 61).

Se han llevado a cabo numerosos trabajos para determinar las condiciones mas

adecuadas de germinación e incubación y tratar de comprender los mecanismos fisiológicos que controlan la germinación y dormancia de las semillas para los distintos cultivares de apio. Estos estudios manifiestan que determinadas condiciones de luz y temperatura son necesarias para que la germinación ocurra con normalidad. Las giberelinas y citoquininas (reguladores del crecimiento) exógenas pueden sustituir el efecto promotor de la luz en la germinación de las semillas de apio. Las semillas estudiadas pertenecen a los cultivares Tall Utah 52-70R; Tall Utah 52-70 Triumph; Golden Spartan; Latham Selfira. En los cuatro cultivares estudiados el tratamiento mas efectivo para promover la germinación de las semillas fue la combinación de temperaturas alternas y fotoperíodo (16 h. de luz a 25 °C y 8 h. de oscuridad a 15 °C) general a todos los cultivares de apio (1, 13, 50, 61, 64).

Las semillas conservan su poder germinativo cuatro años, al menos el 50% de las semillas puede germinar después de 3 a 5 años de almacenamiento en condiciones favorables (10, 20, 42, 51, 64). El cultivo del apio tiene dos fases: semillero y trasplante; siendo la primera fase la mas delicada y difícil, ya que la semilla de apio tarda 15-20 días en germinar. Germina en forma escalonada por lo que se recomienda mantener el terreno húmedo hasta la emergencia total. La germinación sucede a temperaturas de 10-15°C (10, 31, 40, 59, 61, 64, 72). Cuando las plantas tienen al menos dos hojas se trasplantan a un semillero para que se fortalezcan sus raíces (primer trasplante), estas se dejan en el semillero hasta que las plantas alcanzan 12-15 cms de altura. El trasplante se

hace superficial, a una distancia de 50 cms entre surcos y 20 cm entre plantas (42, 61, 64, 97).

➤ Temperatura

La temperatura óptima para el ciclo vegetativo de este cultivo está entre 15-18°C. Las temperaturas por debajo de los 12° C inducen a floración precoz; en otros países fuera del trópico (50, 64, 71, 72). En la región tropical seca, temperaturas abajo de los 16°C promueven a floración temprana (1, 42, 50, 64, 71, 81). Temperaturas mayores de 35° C perjudican el cultivo (50, 61, 64).

La temperatura óptima media para obtener mejor crecimiento y calidad en el cultivo del apio es de 15.5 – 18.5° C, estableciendo las temperaturas mínimas y máximas en 7° C y 24° C. El crecimiento es satisfactorio durante los días cortos, el incremento de la intensidad luminosa y la duración de la longitud del día le resulta beneficiosa (1, 61, 64).

**2.4.5.2 Altitud:** el apio se adapta a regiones situadas entre los 1500 – 2800 m.s.n.m. con temperaturas de 15 – 22 °C (61, 64).

Pero en El Salvador es cultivado en zonas arriba de los 750 m.s.n.m. Obteniéndose producciones de calidad aceptables y proporcionando factibilidad agronómica (47). Además el país no tiene áreas de producción representativas (47, 68, 91) y solo se produce apio en Zapotitán, Chalchuapa, Las Pilas, entre otros lugares (29, 67, 68, 91).

Entre las variedades que se han experimentado y han resultado buenas productoras tenemos:

Triumph (Tall Utah 52-70R); Golden Spartan; Lathan Selfira entre otras (29, 47, 91).

#### **2.4.5.3 Necesidades hídricas**

Necesita una precipitación de 70 a más mm. En las primeras fases de desarrollo, el riego debe ser abundante y regular, el cultivo sufre estrés ante ligera escasez de agua en el suelo (6, 42, 61, 64).

Una humedad excesiva le es perjudicial, como en el caso de lluvias excesivas y continuas (42, 61, 82). Además el granizo afecta en forma considerable al apio (61). Si el suelo sufre sequedad da lugar a un desabastecimiento de los tejidos generando pérdida de calidad (7, 61). Debido a la carestía de agua de riego y de calidad de la misma, cada vez se realizan mas cálculos para estimar las necesidades hídricas de los cultivos y dosificar el riego con la mayor aproximación posible. En este sentido, en el cuadro siguiente, se presentan los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) para las fases mas desarrolladas (3 y 4) de crecimiento del apio (35, 61).

**Cuadro 3.** Necesidades Hídricas Coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) del apio

(Doorembos Pruitt, 1976).

Fases de desarrollo	Humedad relativa	HR mínima > 70%		HR mínima < 20%	
	Viento (m/seg)	0 – 5	5 – 8	0 – 5	5 – 8
3. Fase de mediados del periodo		1.0	1.05	1.1	1.15
4. Fase de finales del periodo		0.9	0.95	1.0	1.05

MAROTO BORREGO. 1991 (61).

DOOREMBO, J. 1977 (35).

El periodo vegetativo, consta de cuatro fases que pueden ser apreciadas en el siguiente cuadro (61).

**Cuadro 4.** Duración en días de cada fase de desarrollo del apio (Doorembos Pruitt, 1976).

Condiciones de cultivo.	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
Plantación en climas semiáridos.	25	40	95	20	180
Plantación en la estación fría.	35	55	105	20	210
Plantación en climas húmedos.	30	40	45	15	125

MAROTO BORREGO. 1991 (61).

#### 2.4.5.4 Suelo.

Por lo general se requiere de suelos profundos, francos, bien drenados, ricos en materia orgánica, algunas variedades se desarrollan mejor en suelos arcillosos (6, 37, 51, 57, 64).

En climas meridionales y en lugares donde las condiciones climáticas son

favorables, no necesita suelos específicamente ricos, soliendo desarrollarse en cualquier tipo de terreno suelto y con buen drenaje (6, 31, 50, 52, 61, 64, 81, 83).

#### **2.4.5.5 pH:**

Para el cultivo de apio, el pH óptimo del suelo es de 5.8; en los suelos orgánicos es superior a 5.5 y en los suelos mas mineralizados es de 6.5, aunque el apio es poco tolerante a la acidez del suelo, y se sitúa en el intervalo de pH de 6 – 6.8, considerándose como una planta sensible a la salinidad. Estudios realizados a la variedad Tall Utah 52-70R han concluido que conductividad eléctrica ( $CE_e$ ) superior a 1.8 d 2/m a 25° C se obtienen descensos en la producción relativa en 6.2% y se ha constatado que la longitud, anchura y grosor de las pencas disminuyen de forma significativa y correlativa con el incremento de la salinidad y solo el llenado de las pencas no se ve afectado (1, 50, 61).

El apio es levemente tolerante a la acidez y clasifica con un pH de 5.8 a 6.6 y la baja tolerancia a la salinidad lo ubica en pH de 6.0 – 6.8 y 2560 – 640 ppm (4 – mm h.o) (31, 37, 42, 50).

#### **2.4.6 Necesidades y Exigencias del Apio**

El apio es una planta muy exigente, presenta elevadas exigencias en microelementos, superiores a cualquier otro cultivo (31, 37, 61, 81).

- En Boro, la carencia de este elemento la manifiesta como resquebrajaduras de las pencas, dando lugar a fracturas basculares en los pecíolos manifestándose en grietas transversales o estrías ennegrecidas, originando tonalidades pardas en las pencas y manchas gomosas (42, 61, 81).

Además puede inducir una mayor incidencia de esta carencia circunstancias tales como una alcalinidad excesiva del suelo, aporte demasiado elevado de nitrógeno, potasio, calcio, un crecimiento demasiado rápido de las plantas, etc. (31, 42, 61, 64, 72, 98).

- MAGNESIO, su carencia se manifiesta en plantas con clorosis; por lo que se recomienda aportar como abono de fondo 10 – 20 kg. de boraxina, 100 – 150 kg de Sulfato Magnésico por hectárea (31, 42, 61, 98).
- CALCIO. Su deficiencia resulta con ennegrecimiento del cogollo, necrosis marginal de la hoja (37, 42, 61, 64, 72).
- En nutrimentos minerales y los que provienen de materia orgánica tales como, elementos menores especialmente boro y manganeso; elementos secundarios (calcio y magnesio); nitrógeno, fósforo y potasio (elementos mayores). La carencia de cualquiera de estos debilita a las plantas y las sensibiliza a enfermedades (37, 42, 52, 61, 64, 72, 96).

El abono foliar aplicado una vez por semana, da buenos resultados, para los aportes de boro, magnesio y calcio en el caso de suelos pobres (7, 64).

En la obtención de una cosecha de 80 Tm/ha de apios, el nivel total de extracciones es: 200 – 250 kg/ha de N; 130 – 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 400 – 500 kg/ha de K<sub>2</sub>O; 200 – 250 kg/ha de CaO; 30 – 70 kg/ha de MgO. Además es importante mantener altos niveles de humedad del suelo y de nitrógeno disponible hasta las últimas semanas del ciclo del cultivo. La baja fertilización durante las primeras dos terceras partes del ciclo del cultivo seguida por una elevada fertilización, hasta la cosecha, es lo ideal para obtener producciones de alta calidad (61).

Experimento sobre diversas dosis de fertilizante para determinar la influencia en el rendimiento y el tamaño de las plantas en distintos ciclos de cultivo en un suelo franco arenoso, se encontró que el potasio (K) no influyó en producción ni en calidad de las plantas, siendo el fósforo (P) el elemento que tuvo una influencia mas marcada, obteniéndose diferencias significativas en producción. El fósforo también incrementó de forma significativa el tamaño de las plantas y la precocidad de la producción primaveral. Interpretándose que tras el invierno la disponibilidad de fósforo del suelo está mas limitado y que al cabo de 3 cosechas de apio la disponibilidad de fósforo del suelo descendía a 10 ppm. (61).

En el cuadro 5 se encuentran reunidos los niveles de fertilización

recomendados para el apio en diversos países y situaciones.

**Cuadro 5.** Fertilización en el Cultivo del Apio (kg/ha).  
(Lorenz y Maynard 1980; Zuang, 1982).

CARACTERÍSTICAS		(N) NITRÓGENO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Suelos de baja Fertilidad.	EE.UU.	157	280	280
Suelos de baja fertilidad.	Masachuset	112-140	224-280	224-280
Regadío	Florida	470	336	560
Dosis medias aportadas	California	321	138	113
Datos medios para suelos estercolados con 25-50 Tm/ha.	Francia, otros países	200-400	100-160	200-300

MAROTO BORREGO. 1991 (61).

## 2.4.7 Cosecha, Post-Cosecha y Embalaje

### 2.4.7.1 Cosecha

Esta hortaliza es susceptible a sufrir deshidratación, con lo que pierde peso y la frescura en su apariencia, por lo que se recomienda cosechar durante las horas más frescas del día y colocar el apio en cajas (lavadas con agua clorada), en lugares sombreados y ventilados. Durante el transporte debe evitarse la exposición al sol; ya que con la deshidratación lo primero que se pierde es la crujencia (principal característica que se asocia a la calidad) que es un sonido vidrioso que emite al quebrarlo (20, 24, 42, 64).

El agua que se utiliza para lavar las plantas debe ser no contaminada y debe ser clorada. Para facilitar el manejo se recomienda hacer rollos de cinco ó diez plantas; no se debe lanzar los rollos sobre otros, ni al piso, ni sobre otras

hortalizas, para prevenir daños, no causar compresión, para ello es necesario no colocar mas rollos de los que las cajas permitan (20, 24, 42).

En un cultivo al aire libre, la cosecha puede durar hasta siete días (42, 71). Un mes antes de la cosecha se realiza el proceso de blanqueado, para cultivares que lo necesiten, terminado éste, se inicia la cosecha (42, 71, 81).

La fecha de la recolección depende tanto del cultivo utilizado como de la fecha de siembra, trasplante y clima de la zona de producción (42, 61, 81).

Una planta al momento de la cosecha, para consumo fresco generalmente posee 15-20 o 25 pencas desarrolladas, y una altura de 35 a 50 cms o aún mas pequeñas ante buenos precios (6, 24).

Normalmente la recolección se realiza de forma manual con las herramientas de cosecha, cuchillo, espátula, hoz. Desinfectados frecuentemente durante el proceso para evitar diseminar enfermedades (7, 24, 64).

En países donde se cultiva el apio en grandes extensiones, la recolección se efectúa en forma mecanizada (6, 10, 24, 64).

#### **2.4.7.2 Manejo post-cosecha**

El manejo post-cosecha que se le da, depende del mercado de destino. Algunas veces se cortan las plantas a ras del suelo, se elimina la parte superior de los limbos dejando las piezas con una longitud total de 30-40 cm, se colocan

en cajas para transportarse al almacén de embalaje. En el almacén las piezas son lavadas, junto a este lavado, se adiciona desinfectante como lejía diluida o un fungicida. El lavado es por inmersión o ducha y algunos estudios señalan adicionar ácido giberelico a la concentración de 10 ppm (diez partes por millón) para evitar pérdidas durante el almacenamiento (6, 10, 24, 42, 61, 64).

#### **2.4.7.3 Embalaje**

Se eliminan las raíces o los restos de ésta, y las pencas defectuosas; luego se clasifican las piezas en función de su tamaño y se depositan individualmente en bolsas de polietileno colocándose verticalmente en cajas de cartón o de madera de unos 10 kg (7, 24).

En una caja pueden colocarse: 18, 24, 30, 36, 40 piezas o macollas de apio de acuerdo al tamaño de cada macolla. Los apios así dispuestos pueden conservarse por semanas o meses, con temperaturas de 0-1° C y HR de 90-95% (6, 24, 42, 61).

## **2.4.8 indicadores**

### **2.4.8.1 Índice de cosecha preventiva**

El apio es cosechado cuando el cultivo en su totalidad alcanza el tamaño deseado para el mercado y antes que los peciolos desarrollen esponjosidad (descomposición del tejido interno) que es una desorganización de la médula, iniciada por factores que inducen senescencia incluyendo estrés hídrico y frío y cambios de pre-inducción del tallo floral, infecciones radiculares. La desorganización de la médula se desarrolla después de la cosecha o en el campo. El peciolo se torna de color blanco esponjoso y vacuolado, con apariencia seca (7, 24, 61, 64).

La cosecha, empaclado y manejo debe ser manejado con gran cuidado para prevenir daños. Es recomendable que se coseche de una sola vez (10, 24).

### **2.4.8.2 Índice de calidad a la cosecha**

Un apio de gran calidad tiene tallos bien formados, peciolos gruesos y compactos, apariencia fresca color verde-verde claro, otros índices de calidad son el largo del tallo y de la nervadura central de la hoja, ausencia de defectos (pencas no abultadas, no arqueadas, no enfermedades, no tallos florales, no partituras o rajaduras, ausencia de daño por insectos y pudriciones) (10, 24).

En El Salvador el apio pierde su calidad por daños de hongos, gusanos; grosor, longitud y deformación de plantas (47).

### **2.4.8.3 Índice de calidad después de ser almacenado**

El apio es almacenado por 5-7 semanas, para ello es rápidamente enfriado a 0-2° C (32-36° F) 98-100% HR para mantener una buena calidad visual y sensorial. Cierta crecimiento de los tallos interiores ocurre en post-cosecha a temperaturas mayores de 0° C (32° F), concentraciones de etileno de 10 ppm o mayores produce la pérdida de color verde en temperaturas de 5° C (41° F) (10, 24, 42, 90).

### **2.4.8.4 Efectos de la atmósfera controlada**

Retrasa la senescencia y pudriciones, con 2-4% O<sub>2</sub> y 3-5% CO<sub>2</sub> daños por bajo O<sub>2</sub> (<2%) o elevado CO<sub>2</sub> (> 10%) inducen a sabores y aromas extraños y a hojas internas pardas (10, 90).

## **2.4.9 Principales Plagas y Enfermedades**

### **2.4.9.1 Plagas**

Las plagas más importantes que afectan al apio, están clasificadas en: insectos del suelo, follaje, de tipo masticador y chupador (22, 53, 61, 64).

- *Plagas del suelo*

- a) Gallina ciega: *Phylophaga* Sp.

- Las larvas son de color blanco cremoso, con la cabeza de color café o rojiza, posee patas y mandíbulas fuertes y desarrolladas. Se alimenta

de las raíces entre mayo y septiembre.

b) Larvas de tortuguilla: *Diabrotica Sp.*

La larva se desarrolla en el suelo, su apariencia tiende a cambiar según el estado en que se encuentre; se alimentan de las raíces, mina el sistema radicular primario y la base del tallo.

c) Gusano nochero: *Agrotis Sp.*

Las larvas son de color café con marcas dorsales más pálidas cuando son pequeñas, después son de color negro grisáceo. Este tipo de larva tiende a cortar los tallos a ras del suelo o raspan los tallos, debilitando la planta. Esta plaga está presente en la época seca y en donde existen muchas malezas gramíneas.

▪ *Plagas del follaje*

a) *Tortuguilla: Diabrotica Sp.*

Es un escarabajo pequeño de color amarillo con bandas transversales verdes, la cabeza es roja; con protórax y abdomen amarillo; su hábito alimenticio es comer las hojas y por medio de esta acción puede transmitir virus al cultivo.

b) *Afidos sp.*

El apio se ve atacado por varios tipos de afidos. Estos pulgones son chupadores, absorben los jugos de las plantas y las debilitan. Las hojas que se ven atacadas por afidos presentan una forma de abarquillamiento, impidiendo las funciones vegetativas de las plantas.

c) *Babosa o ligosas.*

Los adultos requieren de una alta humedad relativa para no deshidratarse, por lo que son prolíferas en la época lluviosa. Poseen un sistema bucal bien desarrollado con el que pueden consumir en su totalidad a la planta (49, 53, 56, 61).

El apio en El Salvador ha sido afectado mas por gusanos y hongos (47).

#### **2.4.9.2 Enfermedades**

Entre las principales enfermedades que afectan al cultivo de apio están:

a) *Mal del talluelo: Phythium-Rhizoctonia Sp.*

Enfermedad provocada por el hongo del género phythium y rhizoctonia, puede atacar a las plantas del semillero, por lo general a los pocos días después de germinada la semilla.

b) *Fusarium*

La enfermedad se caracteriza por un amarillamiento y marchitamiento gradual del tallo y follaje del apio. La enfermedad se inicia desde la base del tallo y raíz en forma de secamiento que va avanzando de abajo hacia arriba, hasta cubrir toda la planta y ésta muere.

c) *Tizon Temprano: Cercóspora Apii.*

La enfermedad se manifiesta por el apareamiento de pequeñas manchas circulares de color café amarillento en las hojas mas desarrolladas, las

manchas se agrandan y mas tarde cambian a un color gris cenizo. La enfermedad se extiende hasta los pedúnculos. Este hongo es diseminado por la lluvia y el viento.

d) *Tizon Tardío: Septoria Apii*

Es la enfermedad más común que afecta al apio. Se manifiesta por manchas amarillas en los tallos y hojas, al avanzar la enfermedad las manchas se tornan de un color gris oscuro salpicados de puntitos negros. En época de lluvia es mas severa la enfermedad. Es uno de los principales problemas que acompañado de lluvias ocasiona un 40% de pérdida de las pencas y aunque no se pierda la planta completa afecta la venta en peso y en pie (6, 7, 20, 31, 37, 40, 50, 51, 61, 64, 81, 86, 87, 96).

#### **2.4.10 Índice de Cosecha**

En la mayoría de trabajos sobre producción de plantas, solo 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; es por eso que mediante el Índice de Cosecha (IC), se puede conocer la eficiencia de la planta para convertir la materia seca total acumulada en producto comercial. Un índice de cosecha igual a 50 indica que del total del peso seco de la planta, el 50% es producto comercial (63, 100).

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/m<sup>2</sup>
  
- Rendimiento económico: Es dado por el producto netamente comercializable al momento de la cosecha y es expresado en g/m<sup>2</sup>.

## **2.5 PRODUCCIÓN ORGÁNICA**

La agricultura orgánica es un instrumento de transformación tecnológica y social, con independencia y libertad para producir y garantizar la seguridad alimentaria, tiende a la eliminación del uso de todos los insumos (Agroquímicos) nocivos y prácticas que perjudiquen el medio ambiente, la salud de trabajadores y de consumidores agrícolas (17, 46, 77, 88, 91, 94).

La agricultura orgánica nos somete a vivirla y aprender a producir creativamente y a mantener una tierra sana. No existe un paquete tecnológico establecido para utilizarlo, cada agricultor puede utilizar y explotar un método original en su finca retomando ciertas técnicas básicas que le permitan aprovechar al máximo los recursos de la zona y producir bajo sostenibilidad, productividad y equilibrio ecológico (17, 58, 86, 94).

Para iniciar un sistema de cultivos orgánicos el primer paso es el mejoramiento del suelo. Toda la vida que existe en el suelo vive de la materia orgánica. En la agricultura orgánica alimentamos la tierra de materia orgánica para tener un suelo saludable y obtener cultivos sanos, ya que plantas bien nutridas desarrollan su autodefensa (17, 58, 82, 86).

La incorporación de materia orgánica mejora las condiciones químicas y físicas devolviéndole al suelo nutrientes extraídos y organismos benéficos. Se puede así mismo utilizar el compost, que es un producto de la descomposición de la materia orgánica por microorganismos como bacterias y hongos o el humus de lombriz, producto proveniente de la digestión de la materia orgánica que consume la lombriz y que es alto en nutrientes y en otros elementos (13, 46, 58, 88, 89, 94).

### **2.5.1 Concepto de Humus**

Se denomina humus a la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos.

La materia orgánica reducida a humus se encuentra químicamente estabilizada como coloide, bajo esta condición coloidal regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. El humus ocurre en forma natural a través de los años o en lapso de horas, que es el tiempo que demora la lombriz en digerir lo que come y excretar humus. La lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia

orgánica que consume. Un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados por la actividad microbiana durante el período de reposo o maduración. Los ácidos húmicos que contiene el humus de lombriz, el 50% son proporcionados por el proceso digestivo y el 50% restante son aportados durante el proceso de maduración (26, 46, 55, 62, 74, 88).

#### **2.5.1.1 Características más importantes del Humus de Lombriz**

- Alto porcentaje de ácidos húmicos y fulvicos. Su acción combinada permite entrega inmediata de nutrimentos asimilables, efecto regulador de la nutrición con actividad residual en el suelo hasta 5 años.
- Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco), restaura la actividad biológica del suelo.
- Mejora la estructura del suelo o del sustrato utilizado, volviéndose más permeable al agua y aire; aumenta retención del agua, capacidad de almacenar y liberar nutrimentos requeridos por la planta en forma equilibrada.
- Es un fertilizante bioquímico activo, emana en el suelo una acción biodinámica, mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.
- Su pH es neutro, se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas (45, 50).

### **2.5.1.2 Usos del humus en la agricultura.**

El humus puede usarse inmediatamente después de ser obtenido o cosechado como fuente de abono orgánico. El empleo de éste permite obtener una serie de ventajas, las más importante es el mejoramiento de la fertilidad natural del suelo y buenas cosechas en calidad y cantidad. En Perú se tiene experiencia usando humus para reducir el daño de arañita roja en el cultivo de fresas, asimismo le confiere a los frutos más resistencia al transporte, mejor sabor, calidad e incremento de peso. En ensayos de abonamiento orgánico para varios cultivos los mejores rendimientos fueron en maíz y frijol, obteniéndose 5,500 y 1,200 kg. por hectárea respectivamente (32).

El humus de lombriz es muy buscado por horticultores, citricultores y cafetaleros, para cultivos biológicos y plantas ornamentales (Cuadro 6).

- El humus extrafino se destina a plantas que necesitan urgentemente de nutrimentos, ya que sucede absorción rápida por parte de la planta.
- El humus fino se utiliza en floricultura y horticultura.
- El humus de grano grueso, se dispone para frutales y plantas que lo utilizan a largo plazo, forestales, cultivos perennes.

El estiércol de lombriz, comparado con la tierra es cinco veces mas rico en nitrógeno, siete veces más en fósforo, once veces mas en potasio y tres veces

mas en magnesio (11, 30, 32).

**Cuadro 6.** Cantidades de humus a emplear según el tipo de cultivo.

CULTIVO	g. Humus/plt.	g. H./hoyo	kg. H./plt.	Ton H./ha	Mezclas
Papa	200 – 400		1 – 2	10	
Maíz	200 – 400			10	
Hortalizas en General	100 – 200				
Frutales y árboles forestales		300			
Como sustrato para almácigos forestales y otras plantas.					Emplear partes iguales con tierra negra y arena.
Para cultivar plantas ornamentales.					Mezclar partes iguales de humus y tierra agrícola.

Fuente: IDMA 1995. La Lombricultura 2ª Ed. Lima, Perú, P. 18, 19, 20. (32)

### 2.5.1.3 Composición química del humus de lombriz

El producto resultante de las deyecciones de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es un abono orgánico con características muy propias e insuperables, ya que puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales (11, 32).

En el cuadro 7 se describe la composición química del humus de lombriz.

**Cuadro 7.** Composición química del humus de lombriz.

Humedad	58.2%
Sustancias Orgánicas	45%
Nitrógeno	1.73%
Fósforo	1.42%
Potasio	1.44%
Calcio	6.74%
Magnesio	0.98%
Hierro	1.20%
Manganeso	536 ppm
Cobre	163 ppm
Zinc	758 ppm
Cobalto	16 ppm
PH	7.1 – 7.5
Carga Bacteriana	2 x 10 colonias/g.

Fuente: IDMA 1995.  
DIAZ, A. A. R. 1995 (32)

#### **2.5.1.4 Influencia del humus sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato.**

El humus se considera un producto vivo gracias a la acción de las bacterias, cuenta con un promedio de 2000 millones de estas por gramo y es rica en

enzimas. El suelo es un organismo vivo, se desarrolla como producto de procesos y cambios de la materia orgánica aportada por animales, vegetales y el hombre (11, 26, 32, 79).

Tiene propiedades físicas, químicas y biológicas, el humus ejerce una gran influencia sobre estas propiedades en el suelo (32).

#### ***En las Propiedades Físicas del Sustrato.***

- Mejora la estructura en forma directa e indirectamente.
- Eleva la capacidad de retención de agua.
- Mejora la aireación.
- Regula y eleva la temperatura del sustrato.

#### ***En las Propiedades Químicas del Sustrato***

- Almacena nutrientes en forma intercambiable.
- Suministra nutrientes y energía al degradarse.
- La degradación del humus moviliza los nutrientes minerales de las reservas inorgánicas haciéndolas disponibles para las plantas.
- Por su relación baja de C/N entre 9 y 13%, evita que al ser usado se presenten fenómenos de competencia por nutrientes entre los microorganismos del suelo y los cultivos.

#### ***Propiedades Biológicas del Sustrato***

Le aporta millones de microorganismos que transforman la materia orgánica hasta nutrientes que las plantas necesitan para crecer, desarrollarse y producir (11, 32).

## **2.5.2 Extractos Botánicos**

En la producción orgánica, uno de los elementos utilizados como recurso en el manejo ecológico sostenible para el control de plagas y enfermedades son los extractos botánicos (27, 41, 58, 88).

### **2.5.2.1 Control de plagas con extractos botánicos**

Este tipo de control consiste en el uso de sustancias activas extraídas de las plantas bajo diferentes métodos, cuya acción sobre los insectos (plagas) de los cultivos es repelente e insecticida (27, 58, 76, 88, 95, 97).

### **2.5.2.2 Efecto de los extractos botánicos.**

Entre los efectos que los extractos vegetales ejercen sobre las plagas tenemos: repelencia, inhibición de la alimentación, esterilidad y disminución de la oviposición; los extractos influye en la conducta químico sensorial de los insectos; actúan como reguladores del crecimiento sobre los procesos fisiológicos (27, 41, 86, 95).

Los extractos actúan de varias maneras, paralizando el sistema nervioso o

deterنيendo la respiración del insecto; afectando la conducta, la reproducción o sobrevivencia (76, 84).

Los extractos además de controlar plagas, también pueden prevenir o disminuir enfermedades en las plantas, ya que tiene efecto en esta como antibiótico, fungicida, antiséptico, antimicrobial, antibacterial y otros (58, 76, 84, 94).

### **2.5.2.3 Factores que determinan la efectividad de los plaguicidas naturales.**

Los factores biológicos comprenden algunas condiciones que hacen variar el contenido del ingrediente activo y el efecto del extracto. Las condiciones que se consideran son: la especie, variedad, tipo de planta plaguicida, época de recolección de la planta, influencia del ambiente, selectividad de la planta (76).

Los principios activos generalmente se encuentran en mayor concentración en determinada estructura vegetal, por lo que es importante usar solo esa parte. En orden de importancia debe preferirse usar la semilla o el fruto, follaje. La concentración de los principios activos insecticidas están acorde a los periodos estacionales y fases de crecimiento de las plantas (76).

### **2.5.2.4 Formas de Preparación de extractos botánicos.**

La tecnología de preparación tiene dos formas de preparar:

- Método casero. Utiliza agua para la extracción del ingrediente activo.
- Método químico. Utiliza para la extracción del ingrediente activo alcohol, acetona, éter de petróleo y otras sustancias (23, 27, 58, 84, 88, 97).

En general las extracciones se pueden realizar por decocción, maceración e infusión (39, 58, 76, 84).

Resulta preferible extraer con agua, es más fácil de conseguir y permite que se trabaje con sustancias biodegradables; se evita la residualidad, y la resistencia de la plaga se presenta lentamente (58, 76, 94).

#### **2.5.2.5 Tecnología de la Aplicación.**

El corto tiempo de efecto residual de las sustancias vegetales hace necesario hacer las aplicaciones de los plaguicidas naturales poco tiempo después de su elaboración (76, 85).

Para disminuir la evaporación inmediata y la influencia de la luz ultravioleta y se alargue el periodo de eficiencia recomienda aplicaciones al anochecer (39, 58).

La etapa más susceptible del cultivo, debe tomarse en cuenta para hacer las aplicaciones de los plaguicidas. Recomienda no hacer mezcla de diversas sustancias, la mezcla se debe hacer solamente cuando la segunda planta que se utilice tenga un efecto sinergista, dispersante o adherente y que

pertenezca a diferente nivel taxonómico de la primera (76, 85).

#### **2.5.2.6 Características de las plantas con propiedades plaguicidas.**

- Muchas son plantas medicinales.
- Tiene propiedades tóxicas o cáusticas.
- Son plantas aromáticas (olor fuerte).
- Son poco cultivadas o mejoradas.
- Demuestran un crecimiento fuerte hasta en suelos pobres.
- Son poco atacadas por plagas (25, 41, 58).

#### **2.5.2.7 Ventajas de las plaguicidas de origen botánico.**

- Su utilización no implica costos elevados.
- Están al alcance del agricultor.
- Algunas sustancias son muy tóxicas pero no tienen efecto residual prolongado y se descomponen rápidamente.
- No contaminan el ambiente.
- En su mayoría no son venenosas para los mamíferos.

- Pueden ser producidos en el país y en la finca, por lo que no necesitan divisas.
- Puede crear empleo eventual.
- Puede incorporarse al manejo integrado de plagas, reduciendo las aplicaciones de plaguicidas químico-sintéticos (39, 58, 84).
- Los materiales son renovables (76, 88).

#### **2.5.2.8 Recomendaciones para el uso de plantas con propiedades plaguicidas.**

- Siempre cosechar plantas sanas, libres de enfermedades para no propagarlas a través de los extractos.
- Evitar el uso de plantas de importancia económica, que sean escasas, como las medicinales.
- Hacer uso de los preparados, cuando la población de la plaga sea baja, y no hasta que el problema sea grave, ya que los extractos son preventivos (25, 58, 76, 84).

#### **2.5.2.9 Recomendaciones para la elaboración y aplicación de los extractos**

### **botánicos.**

- Usar ropa de protección adecuada, botas, guantes, camisa manga larga, pantalones, pañuelo o mascarilla.
- Usar la manga sobre el guante, usar el pantalón sobre la bota.
- No usar en exceso los extractos botánicos ya que la plaga puede desarrollar resistencia.
- Elaborar los extractos lo más cercano posible al lugar de utilización.
- El equipo utilizado en la elaboración de plaguicidas naturales no deben usarse en la elaboración de alimentos.
- Realizar aplicaciones a favor del viento.
- Dejar los materiales fuera del alcance de los niños (23, 25, 58, 76, 84).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO**

El trabajo se realizó en los recintos centrales de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en San Salvador, con una altitud de 710 msnm y coordenadas de 89° 13' longitud Oeste y 13° 43' latitud Norte.

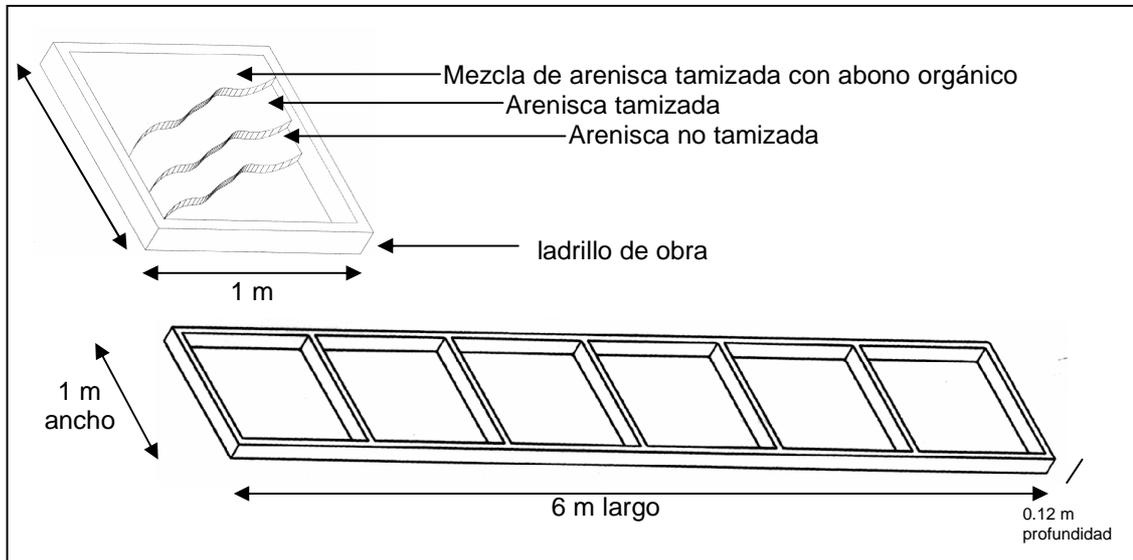
El ensayo se realizó durante los meses de febrero a junio de 1999.

#### **3.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS**

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, precipitación, humedad relativa, luz solar, y velocidad del viento, de la estación meteorológica de Ilopango, San Salvador, ya que la Universidad no tenía en funcionamiento la estación meteorológica local.

#### **3.3 PREPARACIÓN DE MÓDULOS**

Se construyeron módulos cuyo perímetro estaba delimitado por ladrillos de obra sobre un plafón de cemento. El largo, ancho y profundidad de los módulos fue de 6 metros, 1 y 0.12 metros respectivamente. Se construyeron cuatro módulos y cada uno se subdividió en seis subunidades de un metro cuadrado, las cuales constituían las unidades experimentales. El diseño del módulo se presenta en la figura 1.



**Figura 1**

Diseño del módulo utilizado en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) utilizando como sustrato escoria volcánica roja. UES 1999.

### 3.4 SELECCIÓN DEL SUSTRATO.

El sustrato que se utilizó fue la escoria volcánica roja. Dicho sustrato se seleccionó debido a sus características de ofrecer un buen soporte para las plantas y al hecho de haber sido utilizada con éxito en otros estudios de hidroponía realizados en El Salvador (2, 5, 63, 66).

La escoria se obtuvo en el cerro "El Cerrito" jurisdicción de Quezaltepeque, Departamento de La Libertad y el análisis químico de la misma, se presenta en el cuadro 8.

**Cuadro 8** Análisis Químico de la Escoria Volcánica Roja utilizada como sustrato en la evaluación de tres densidades y dos arreglos especiales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR
Textura		Vitrea
Estructura		Porosa
PH		8.4
Nitrógeno Nítrico	ppm	35
Fósforo	ppm	104.45
Sodio	ppm	60
Potasio	ppm	38.75
Calcio	ppm	602.50
Magnesio	ppm	70.0
Cobre	ppm	1.0
Manganeso	ppm	23.75
Hierro	ppm	31.5
Zinc	ppm	2.18
Boro	ppm	0.41
Azufre	ppm	6.0

Fuente: Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. MARTÍNEZ SIERRA. 1993 (63).

### 3.4.1 Preparación del Sustrato

La escoria volcánica fue tamizada con una zaranda de maya de 6.0 mm de diámetro para obtener un tamaño uniforme de gránulos del sustrato, con el propósito de aumentar la superficie de contacto del mismo y así mejorar la retención de humedad y de los elementos nutritivos que se aplican. La escoria volcánica fue colocada en capas dentro de los módulos. Al fondo se colocó la capa de partículas de mayor tamaño (8-10 mm de diámetro) y sobre ésta se

distribuyó la capa de escoria tamizada formada por partículas de menores tamaños (4-6 mm de diámetro). La disposición de estructurar así el sustrato, dentro de los módulos, es para permitir y facilitar el drenaje de los mismos, ya que estos estaban ubicados a la intemperie, y de esta manera garantizar una relación adecuada entre planta-agua-aire. Una vez colocado el sustrato en los módulos, se procedió a lavarlos por un período de 15 minutos, con abundante agua potable, con el objeto de eliminar impurezas y retirar la tierra o suelo presente en el sustrato.

Como preventivo contra plagas y enfermedades del suelo se aplicó a todos los módulos después del lavado, una combinación de extractos botánicos consistentes en macerado de neem para plagas y té de sábila y cola de caballo ambos con acción fungicida y bactericida; se aplicó a razón de un litro de extracto por bomba de mochila, el día de la siembra. Una vez desinfectado el sustrato se depositó 15 kg. de lombriabono por módulo, los cuales se mezclaron con la capa superior del sustrato tamizado. De esta manera se obtuvo una caja de sustrato con las condiciones químicas, físicas y sanitarias adecuadas, para recibir las plántulas de apio.

### **3.5 ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL CULTIVO**

#### **3.5.1 Preparación de Almacigo.**

El semillero se estableció en cajas de durapax, ocupando como sustrato una mezcla de escoria volcánica roja tamizada, y lombriabono.

La modalidad de siembra utilizada fue a chorrillo y a 1 mm de profundidad. Se cubrió cada caja con maya zaran.

Se realizaron riegos por aspersión, ligeros y diarios, y además para proteger el semillero de plagas y enfermedades se hicieron aplicaciones de extracto de sábila y ajo en días alternos, desde el establecimiento del almácigo hasta el trasplante.

### **3.5.2 Trasplante**

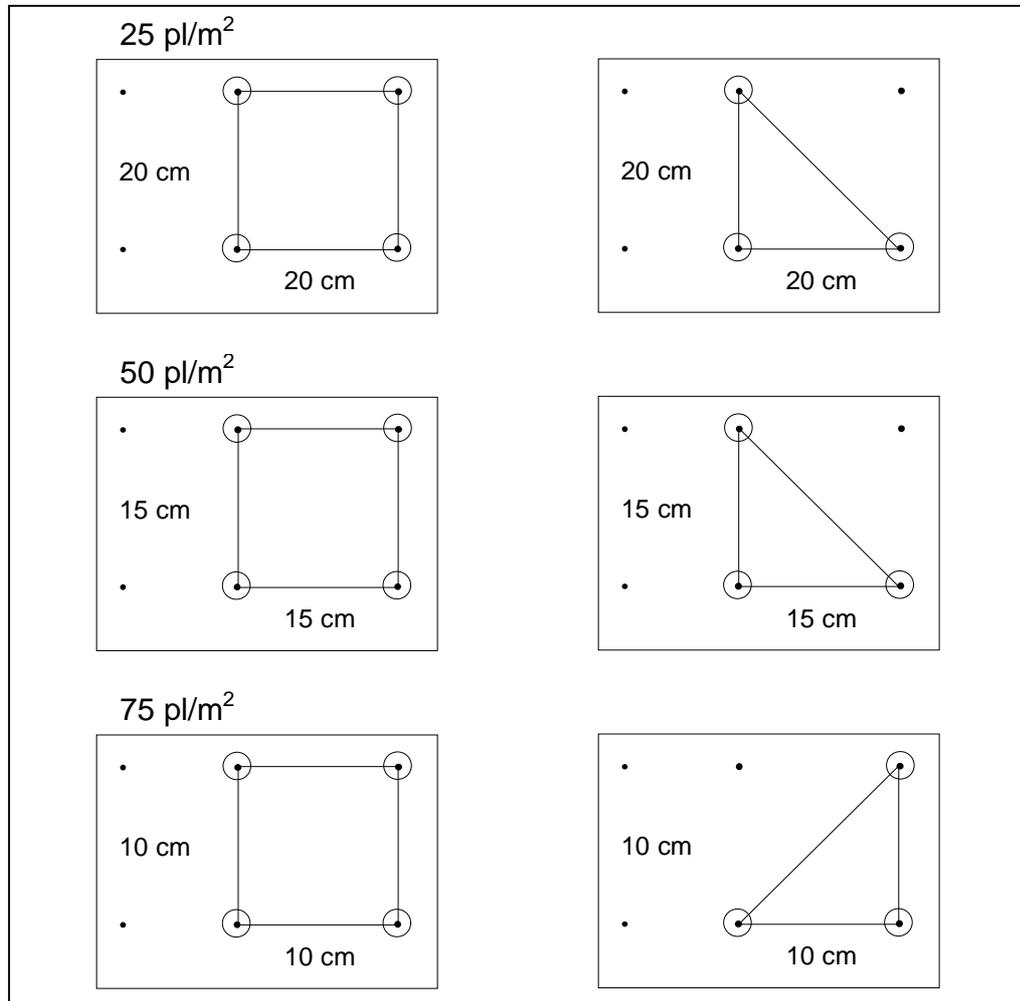
Al momento del trasplante las plántulas presentaron una altura de 10-15 cm y 3-4 hojas erectas completamente libres de daños y enfermedades.

El trasplante de apio se efectuó a los 41 días de siembra, bajo tres densidades de siembra 25, 50 y 75 plantas por metro cuadrado respectivamente y dos arreglos espaciales: siembra al cuadro y siembra al tres bolillos. Para la densidad de 25 plantas por m<sup>2</sup> sembradas al cuadro y al tres bolillos, el distanciamiento entre plantas fue de 20 cm y entre surco, de 20 cm.

La densidad de 50 plantas/m<sup>2</sup> sembradas al cuadro y al tres bolillos, el distanciamiento entre plantas fue de 15 cm entre surco y entre planta.

La densidad de 75 plantas/m<sup>2</sup>, sembradas al cuadro y al tres bolillos el distanciamiento quedó: 10 cm entre planta y 10 entre surco.

En la Fig. 2 podemos observar las distancias en las distintas modalidades de siembra.



**Fig. 2** Esquemas de las densidades y arreglos espaciales de las plántulas de apio, utilizadas en la Evaluación de Tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph, UES 1999.

### 3.5.3 Riegos

Debido a que el ensayo se inició en la época seca se tuvo que proveer de agua a las plantas; estableciéndose 2 riegos diarios, uno por la mañana y otro por la tarde, tratando de mantener la capacidad de campo del sustrato. En la época

lluviosa se suspendieron los riegos y se aplicó riego únicamente si no había lluvias nocturnas.

La lamina de agua que se aplico en cada riego fue de 4.25 mm.

### 3.5.4 Escardado y Aplicación del Lombriabono

El escardado se efectuó cada 15 días coincidiendo con la labor de aplicación de lombriabono. Este se aplicó según las cantidades que aparecen en el cuadro 9.

**Cuadro 9.** Programa de aplicaciones de lombriabono en la producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L) variedad Triumph. Marzo 26 a junio 30 de 1999.

FECHA DE APLICACIÓN	CANTIDAD APLICADA kg/m <sup>2</sup>
15 días después de trasplante (15ddt)	2.5
30ddt	2.0
45ddt	1.5
60ddt	1.0
75ddt	0.75
90ddt	0.50

### 3.5.5 Control de Plagas y Enfermedades.

El control de plagas y enfermedades se realizó utilizando medidas de control preventivo aplicando extractos botánicos en forma alterna durante todo el ciclo del cultivo. Se prepararon extractos botánicos de sábila, cola de caballo y neem,

aplicándolos en forma alterna durante el día y después del riego.

El control preventivo de las plagas se realizó aplicando extracto botánico de neem. Dicho extracto se preparó macerando 150 gramos de hojas verdes de neem, dejando reposar durante un periodo de 24 horas. Obteniendo así una solución patrón de la que se ocupó un litro por bomba de mochila; asperjando el cultivo diariamente, en sus primeros 15 días de vida después del trasplante. Luego las aspersiones se disminuyeron solo dos veces por semana, dependiendo de la afluencia de plagas al cultivo.

Las enfermedades fueron prevenidas utilizando los extractos botánicos de sábila y cola de caballo. Se prepararon infusiones por separado de ambas plantas, para el caso de planta de sábila, se utilizó una penca y con ella se preparaba un litro de infusión, se dejaba enfriar y estaba listo para aplicarlo al cultivo.

En el caso de la cola de caballo se utilizaron 50 gramos de material seco por litro de agua para preparar un litro de extracto por 4 galones de agua.

Estos extractos se aplicaron de preferencia en horas tempranas de la mañana y en horas vespertinas cuando la intensidad solar no era muy alta, con el propósito de que no se alterarán los ingredientes activos de los extractos y disminuir la evaporación inmediata. Ambos extractos tienen acción fungicida y bactericida.

### **3.5.6 Cosecha.**

El apio cultivado era de la variedad TRIUMPH y se cosechó, en forma manual, a los 94 días después de su trasplante. Es una variedad verde en la que se consideró como parámetros de cosecha, la succulencia, tersura y grosor del peciolo. Su ciclo vegetativo es 100-140 ddt. pero su consumo fresco óptimo es a los 90-100 ddt. (1, 10, 37, 50, 61).

## **3.6 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA**

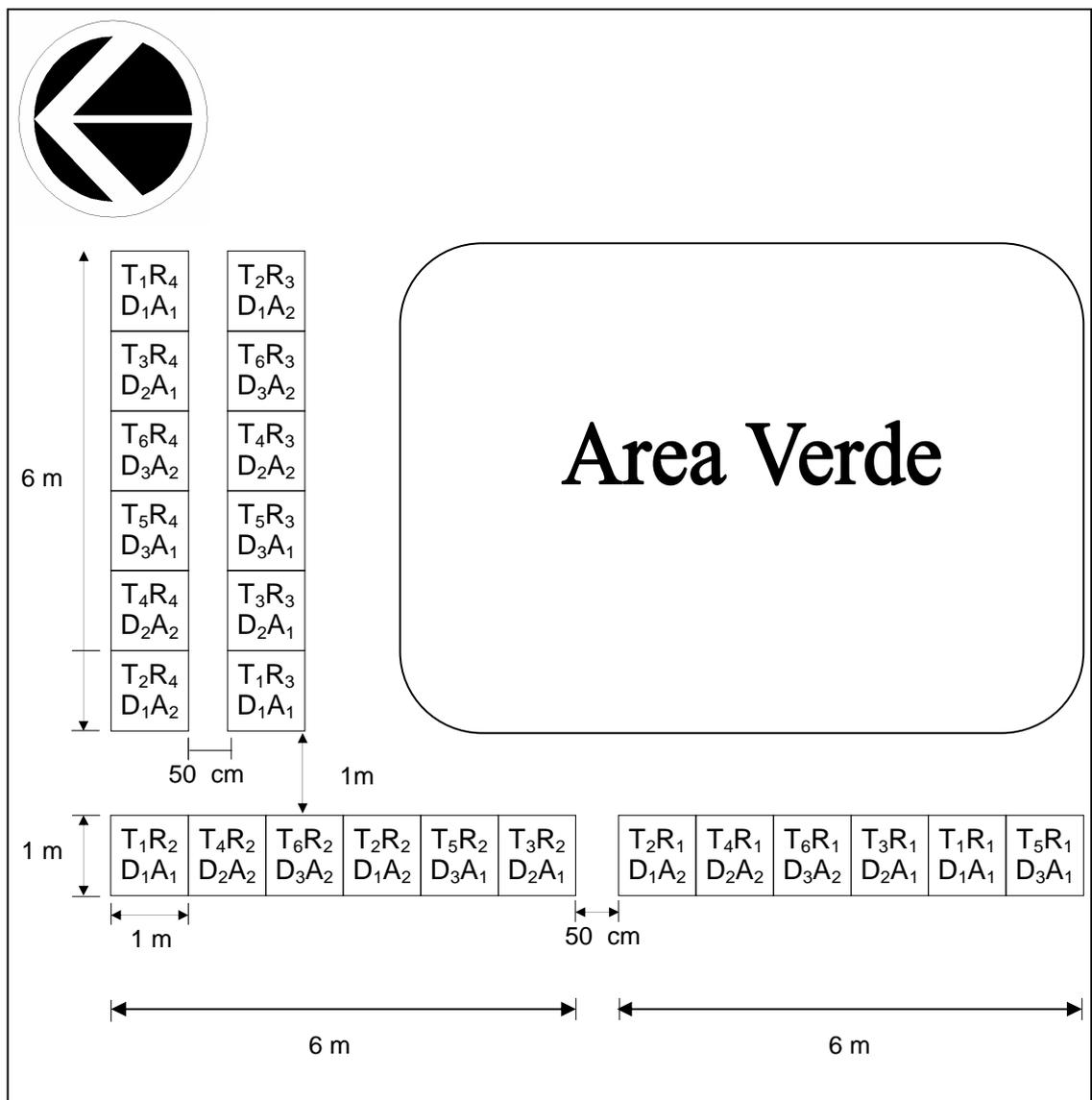
### **3.6.1 Diseño Experimental y Estadístico**

El diseño experimental utilizado fue el COMPLETAMENTE AL AZAR en arreglo factorial 3x2 (densidad y arreglo espacial respectivamente), con cuatro repeticiones por cada tratamiento. Se utilizó éste diseño, ya que las condiciones donde se estableció el ensayo eran homogéneas y además se facilita el estudio de todos los factores en forma simultánea, proporciona información completa de cada factor y la interacción de estos entre si. La distribución de los tratamientos en las unidades experimentales se efectúa aleatoriamente y a cada unidad experimental se le dió el mismo manejo, asegurando así que la variación del experimento se debía únicamente a los tratamiento en estudio.

El área total ocupada por el ensayo fue de 24 m<sup>2</sup> distribuidos en cuatro módulos de 6 m de largo por 1 m de ancho, cada uno con seis subdivisiones de 1 m<sup>2</sup>.

**Estas subdivisiones constituyeron las unidades experimentales** que fueron un total de 24 parcelas; en las que cada seis parcelas representaban una

repetición y en cada una de las repeticiones se colocaron de forma aleatoria todos los tratamientos, los cuales aparecían una sola vez en cada repetición.



**Figura 3.** Plano de distribución de los tratamientos y repeticiones en los módulos Hidropónicos en la evaluación de tres densidades y dos arreglos especiales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph.

### 3.6.2 Tratamientos en Estudio

Los tratamiento en estudio quedaron constituidos por la combinación de los niveles del factor densidad, con los niveles del factor modalidades de siembra (arreglos espaciales) resultando seis tratamientos: **25 plantas sembradas al tres bolillos** T<sub>1</sub> (D<sub>1</sub>A<sub>1</sub>), **25 plantas sembradas al cuadro** T<sub>2</sub> (D<sub>1</sub>A<sub>2</sub>), **50 plantas sembradas al tres bolillos** T<sub>3</sub> (D<sub>2</sub>A<sub>1</sub>), **50 plantas sembradas al cuadro** T<sub>4</sub> (D<sub>2</sub>A<sub>2</sub>), **75 plantas sembradas al tres bolillos** T<sub>5</sub> (D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>), **75 plantas sembradas al cuadro** T<sub>6</sub> (D<sub>3</sub>A<sub>2</sub>), (figura 3 y cuadro 10).

**Cuadro 10.** Descripción de los tratamientos obtenidos en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

SÍMBOLO	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	
		Densidad	Modalidad de Siembra
T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> (25plt/m <sup>2</sup> )	A <sub>1</sub> (al tres bolillos)
T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> (25plt/m <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (al cuadro)
T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> (50plt/m <sup>2</sup> )	A <sub>1</sub> (al tres bolillos)
T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> (50plt/m <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (al cuadro)
T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	D <sub>3</sub> (75plt/m <sup>2</sup> )	A <sub>1</sub> (al tres bolillos)
T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub> (75plt/m <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (al cuadro)

Con el fin de estudiar el efecto de los factores densidad y arreglo espacial (25, 50 y 75 plantas; al tres bolillos y al cuadro respectivamente) y sus interacciones

sobre las variables: altura de plantas, diámetro de macolla, número de tallos, diámetro de tallos, peso fresco de macolla, peso fresco de raíces, peso seco de macolla y peso seco de raíz al momento de la cosecha **se efectuó el análisis de varianza** (ANVA) para cada variable; Prueba Duncan para interpretar los resultados y establecer diferencias entre los tratamientos. Para el rendimiento se utilizó el índice de cosecha.

### **3.6.3 Modelo Estadístico e Hipótesis**

#### **3.6.3.1 El modelo estadístico del diseño completamente al azar en arreglo factorial es:**

$$Y_{ij} = M + FA + FB + AB + E_{ij}.$$

Donde:

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

$M$  = media del experimento.

$FA$  = Efecto de los arreglos espaciales.

$FB$  = Efecto de las densidades.

$AXB$  = Efecto de la interacción de los factores (arreglo espacial y densidad).

$E_{ij}$  = Error experimental.

$i = 1, 2, \dots, a$  = número de tratamientos.

$j = 1, 2, \dots, n$  = repeticiones/tratamiento.

### **3.6.3.2 Hipótesis a demostrar**

Las hipótesis a demostrar, para cada variable respuesta

Ho:  $T_1 = T_2 \dots = T_n = 0$       Lo que indica que no existe diferencia de efecto, se espera que las modalidades de siembra y los arreglos espaciales tengan igual efecto sobre el desarrollo del apio.

H<sub>i</sub>:  $T_1 \neq T_2 \dots \neq T_n \neq 0$       Lo que indica que existen diferencias de efecto; se espera que las modalidades de siembra y los arreglos espaciales tengan efectos diferentes sobre el desarrollo del apio.

### **3.6.4 Variables Evaluadas.**

Para medir el efecto de los factores en estudio, sobre las variables, se evaluaron diez plantas tomadas al azar en cada una de las repeticiones por tratamiento al momento de la cosecha.

Las variables en estudio fueron:

#### **3.6.4.1 Altura de la planta (cm).**

Se determinó al momento de la cosecha, a partir del cuello de la raíz hasta el ápice de la lámina foliar más larga y bien desarrollada.

#### **3.6.4.2 Diámetro de macolla (cm).**

Para la medida de este parámetro se tomó a la altura de 8 cm, a partir del nivel del suelo. Se utilizó el Vernier o Pie de Rey.

#### **3.6.4.3 Número de Tallos.**

Para determinar esta variable se contaron los tallos mayores de un centímetro.

#### **3.6.4.4 Diámetro de Tallos (cm).**

Se tomaron cinco tallos al azar de cada planta, para hacer esta medición promedio, se utilizó el Vernier para medir el diámetro de cada tallo.

#### **3.6.4.5 Peso fresco de macolla (g.).**

Este peso se obtuvo pesando diez plantas tomadas al azar y separadas de su raíz. Este proceso se realizó a todas las repeticiones de cada tratamiento.

#### **3.6.4.6 Peso fresco de raíz (g.).**

Se obtuvo pesando diez raíces procedentes de 10 plantas tomadas al azar. Las raíces fueron previamente lavadas y secadas.

#### **3.6.4.7 Peso seco de macolla (g.).**

Se obtuvo de cada repetición tomando 10 plantas, las cuales primeramente se asolearon por tres días y luego se pusieron a secar en estufa a 105° C de temperatura por un período de cinco días.

#### **3.6.4.8 Peso seco de raíz (g.).**

Este dato se obtuvo de cada repetición tomando 10 raíces procedentes de 10 plantas tomadas al azar. Las raíces se asolearon durante tres días y luego se pusieron a secar en estufa a 105° C de temperatura por un período de 5 días.

#### 3.6.4.9 Índice de cosecha

Este parámetro se midió hasta el momento de la cosecha, para lo cual se utilizaron las mismas 10 plantas por repetición y tratamiento que se muestrearon para evaluar las variables de peso fresco y seco de macolla y raíz.

Para determinar el índice de cosecha se hizo uso de la fórmula siguiente:

$$Ic = \frac{\text{Peso fresco de macolla}}{\text{Peso fresco de macolla} + \text{peso fresco de raíz}} \times 100$$

$$Ic = \frac{\text{Peso seco de macolla}}{\text{Peso seco de macolla} + \text{peso seco de raíz}} \times 100$$

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 GENERALIDADES.**

El lugar donde se llevó a cabo el ensayo está ubicado en la Facultad de Ciencias Agronómicas, del recinto central de la Universidad de El Salvador, San Salvador; ubicada a 710 msnm, con precipitaciones anuales de 1974 mm, temperaturas de 23° C y 72% de humedad relativa.

El establecimiento del cultivo, se realizó con el trasplante, el 26 de marzo de 1999 y se cosechó el 30 de junio del mismo año.

### **4.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

Los datos climatológicos a los que está sujeta la investigación, se obtuvieron de la estación meteorológica de Ilopango, en el Departamento de San Salvador, constituyéndose como lo mas relevante, la temperatura máxima promedio (°C), temperatura mínima promedio (°C), humedad relativa promedio (%), precipitación (mm), velocidad del viento y horas luz (Cuadro 11).

**CUADRO 11.** Promedios mensuales de las características meteorológicas registradas durante el período de realización del cultivo de apio orgánico hidropónico (marzo-junio, 1999).

ELEMENTO METEOROLÓGICO AÑO 1999.	MESES				
	UNIDAD	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Temperatura máxima	°C	32.2	32.2	30.9	29.6
Temperatura mínima	°C	17.7	19.0	19.7	19.1
Temperatura media	°C	23.9	24.6	24.3	23.5
Humedad relativa	%	67	70	77	84
Precipitación	mm	9.7	39.8	153.1	285.7
Velocidad del viento	km/h	11.9	11.1	9.7	8.3
Luz solar	horas/luz	9.33	8.14	6.89	6.8

FUENTE: Almanaque Meteorológico 1999 (69).

Para Guzmán et al (1973) citado por Maroto Borrego 1991, la temperatura óptima (para cultivares de apio) está próxima a los 18° C y como máximo 23° C, con lo que se obtiene un buen crecimiento y pocos problemas de plagas y enfermedades.

### **Características climáticas**

Lorenz y Maynard (1980) citados por el autor anterior, sitúan la temperatura óptima media (para obtener el mejor crecimiento y calidad en el cultivo del apio) en el intervalo 15.5 – 18.5° C y hasta 24° C.

Respaldada con la opinión de Guzmán, Lorenz y Maynard (1973, 1980) en lo

que respecta a temperatura podemos afirmar que el presente cultivo de apio se ha desarrollado bajo condiciones adecuadas, alcanzando un buen crecimiento, a pesar de que en nuestras condiciones la temperatura estuvo en un límite superior; además, con la temperatura y horas luz presentadas durante el ciclo del cultivo, no se corrió el riesgo de que se presentara una floración precoz, afectando, por supuesto el tamaño de la planta. En el caso del ensayo, la mayor cantidad de horas luz de los meses de marzo (9.33) y abril (8.14), coincidió con la fase de crecimiento vegetativo del apio.

En cuanto a la humedad relativa Doorembos y Pruitt (1976) citados por Maroto Borrego 1991, nos manifiestan que la humedad que el cultivo de apio tolera es de 20% hasta 70% y vientos de 0-5 km/hora y de 5-8 km/hora (ver cuadro 3). Por lo que se considera que el cultivo desarrolló su ciclo vegetativo bajo muy buenas condiciones de HR y velocidad del viento, ya que estas no incurrieron en efectos adversos a el apio.

Los investigadores anteriores también mencionan en cuanto a la precipitación que el cultivo requiere de riegos controlados y calidad de agua, para mantener la fertilidad del suelo y evitar pérdidas de nutrimentos por traslocación, lixiviación, etc. Considerándose que las precipitaciones altas que se presentaron para los meses de mayo y junio fueron controladas con el buen drenaje que presentó la disposición del cultivo bajo condiciones hidropónicas. Y por ser sometido a una alimentación orgánica escalonada que impidió así

pérdidas de nutrimentos por lixiviación y otros factores.

### **4.3 ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO**

La primera fase de crecimiento, se dio en el semillero, transcurrió sin ningún problema, únicamente los debidos a la dificultad que tienen en germinar uniformemente las semillas de apio lo cual incide al momento del trasplante; en que no se tenga una uniformidad completa en la altura de las plantas. Sin embargo, en todas las densidades (25, 50 y 75 pl/m<sup>2</sup>) y arreglos espaciales (cuadro y tres bolillos) antes de hacer el primer escardado y abonado que fue a los 15 días, ya las plantas habían alcanzado homogeneidad en su altura.

El desarrollo del cultivo en sus respectivos tratamientos, en el resto del ciclo de crecimiento transcurrió normalmente, pero haciéndose evidente las diferencias entre ellos en las variables evaluadas, resultando los mejores tratamientos aquellos que presentaban las menores densidades por metro cuadrado (D<sub>1</sub>A<sub>1</sub> y D<sub>1</sub>A<sub>2</sub>) tratamiento uno (T<sub>1</sub>) y tratamiento dos (T<sub>2</sub>) respectivamente.

#### ***4.3.1 Control de plagas y enfermedades durante las fases de desarrollo del cultivo.***

Se considera que entre la población heterogénea de insectos que se hizo presente, durante el tiempo que estuvo establecido el cultivo; en su orden de importancia en cuanto a riesgo para el apio, se detectaron las plagas de

zompopos, saltamontes; afidos o pulgones negros y verde limón, moscas, diabroticas, gusano medidor, gusano nochero, diafania sp, moscarrones, rosquilla negra; el zompopo aparecía en las primeras horas de la noche y se controlaba con mezcla de melaza, masa para torillas, benlate y té de ajo (colocada al entorno de los módulos que contienen al cultivo); las diabroticas se presentaban en las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde.

Todos estos insectos se hicieron presente tanto en época seca como en invierno y fueron controlados bajo condiciones preventivas, con extractos vegetales de sábila, cola de caballo, neem.

## **1.4 VARIABLES ANALIZADAS**

### **4.4.1 Análisis Estadístico**

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el programa estadístico computarizado MSTATC y SPSS, con un nivel de confianza del 95%, bajo un diseño simple completamente al azar en arreglo factorial 2 por 3, con 4 repeticiones.

Previo al análisis de los datos se verificó si estos no violaban el supuesto de homogeneidad de varianza, resultando al final de los análisis que ninguna de las variables en estudio violaba dichos supuestos por lo que se procedió a análisis de varianza de los mismo, dicho análisis se separó en dos fases: en una primera fase se descompuso el efecto de los tratamiento en el efecto de arreglo (A), densidad (D) e interacción (A\*D). Para la interpretación de los

resultados del análisis de varianza únicamente se interpretaron aquellos factores e interacciones que resultaran significativas, en el caso de obtenerse significancia para las 3 tres fuentes de variación en análisis: arreglo, densidad e interacción. Solamente se interpretaron aquellos con mayor valor de “F” calculada.

Para determinar un mejor arreglo, densidad y combinación, se utilizó la prueba estadística de Duncan, con un nivel de confianza del 95%. (Ver anexo 1-A).

Finalmente se determinó mediante un análisis de regresión múltiple (método paso a paso), cual de las variables medidas en la investigación explicaban de mejor manera a la variable peso fresco de macolla, resultando al final del análisis que la variable que mejor explicaba el peso fresco (variable dependiente) de macolla fue el diámetro de macolla (variable independiente). (Ver anexo 2-A).

#### **4.4.2 Altura de Planta**

El análisis de varianza para la altura de plantas al momento de la cosecha, resultó significativa al 5% para las densidades de siembra evaluadas de 25, 50 y 75 plantas por metro cuadrado respectivamente. Es decir que estas densidades de siembra ejercen un efecto sobre la altura de las plantas de apio. No viéndose influenciada por el arreglo de siembra en que fueron dispuestas las plantas, al tres bolillos y al cuadro, ya que resultó ser no significativo (Cuadro 12).

**Cuadro 12** Análisis de varianza para la variable altura de plantas (cm) a la cosecha en la Evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph, UES 1999.

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>Prob 5%</b>
Arreglo (A)	1	11.620	11.620	0.7009	N.S
Densidades (B)	2	112.043	56.022	3.3791	0.0568
Interacción A x B	2	14.303	7.152	0.4314	N.S
Error exp.	18	298.422	16.579		
Total	23	436.389			

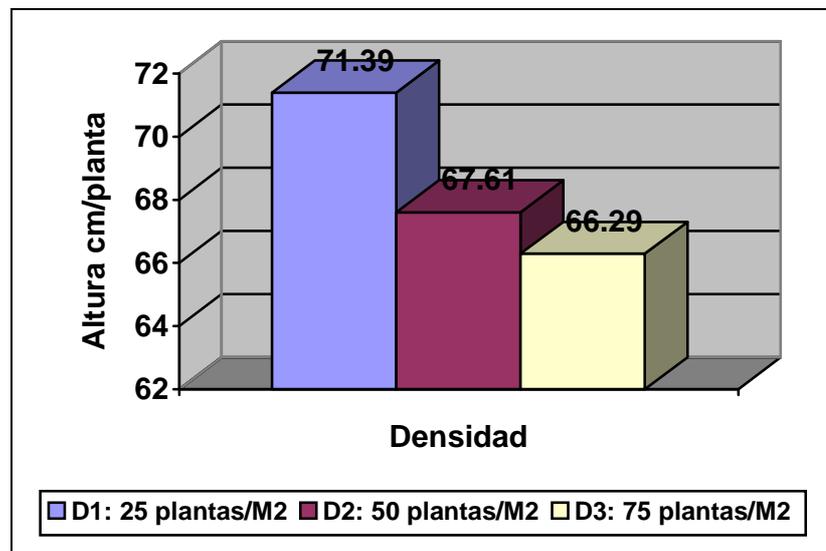
Para determinar las densidades que resultaron mejores estadísticamente se realizó la Prueba Duncan (Cuadro 13).

**Cuadro 13** Prueba Duncan para densidades en la variable altura de plantas (cm) a la cosecha, en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph, UES 1999.

<b>Densidades</b>	<b>Media (cm)</b>	<b>Diferencia de Media</b>
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	71.39	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	67.61	A
D2: 75 plantas/m <sup>2</sup>	66.29	A

Mediante la Prueba Duncan se determinó que las 3 densidades produjeron iguales efectos sobre la altura. Sin embargo, cuando se analizan los resultados, observamos que las densidades de 25 plantas/m<sup>2</sup> alcanzaron promedio de alturas 71.39 cm por planta, superando en más de 5% y 7% a las densidades de 50 y 75 plantas por metro cuadrado. Dicho comportamiento se visualiza mejor en la Fig. 4, a medida que se aumenta el número de plantas por área la altura tiende a disminuir, esto posiblemente se debe al efecto

competitivo por luz, agua, nutrimentos y espacio físico, tanto aéreo como subterráneamente. Esta competencia se refleja en la altura y en otros aspectos tales como la calidad de la planta. Según explica Janiek y Hole 1988, citado por Montoya Morales, 1991 (73).



**Fig. 4** Altura Promedio (cm) de plantas a la cosecha para densidades de la variable altura de plantas en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

En el cuadro 14, podemos corroborar la tendencia en el aumento de la altura de los tratamientos  $T_2$  (72.225 cm) y  $T_1$  (70.55 cm) que en 50 pl/m<sup>2</sup> y 75 pl/m<sup>2</sup> presentan valores de 67.61 y 66.29 cm, y cuyas diferencias están en el orden de 5.30% y 7.25% respectivamente.

**Cuadro 14** Altura promedio de plantas (cm) al momento de la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	73.90	70.60	67.50	70.20	70.550
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	72.40	73.40	72.20	70.90	72.225
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	69.70	62.40	65.40	74.20	67.925
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	65.50	58.40	71.70	73.6	67.300
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	60.50	63.40	66.20	68.80	64.725
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	67.90	65.90	66.60	71.00	67.850

Fuente: Datos de Campo.

#### 4.4.3 Diámetro de Macolla

Para analizar esta variable, se tiene: el análisis de varianza (cuadro 15), la Prueba Duncan (cuadro 16) y los diámetros promedios de macolla, por tratamiento (cuadro 17).

El análisis de varianza para la variable diámetro de macolla al momento de la cosecha, esta resultó ser significativa para las densidades evaluadas 25, 50 y 75 pl/m<sup>2</sup> respectivamente, es decir que estas densidades influyeron en el grosor de la macolla de las plantas de apio y no viéndose afectadas por los arreglos de siembra, al cuadro y al tres bolillos. Cuadro 15.

**Cuadro 15** Análisis de varianza para la variable diámetro de macolla (cm), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Prob 5%
Arreglo (A)	1	0.336	0.336	1.0631	0.3162 N.S.
Densidades (B)	2	13.327	6.663	21.0776	0.0000 *
Interacción A x B	2	0.023	0.012	0.0365	N.S
Error exp.	18	5.690	0.316		
Total	23	19.376			

Para determinar la mejor densidad de siembra se realizó la Prueba Duncan Cuadro 16; mediante esta prueba se determinó que la densidad de 25 pl/m<sup>2</sup> produjo un mayor desarrollo de macolla, con un promedio de 5.32 cm/pl. superando en más de un 24% y 33% a las densidades de 50 y 75 pl/m<sup>2</sup> que presentaron valores de 4.01 y 3.56 cm respectivamente.

**Cuadro 16** Prueba Duncan para densidades de la variable diámetro de macolla (cm) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

Densidades	Media (cm)	Diferencia de Media
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	5.32	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	4.01	B
D3: 75 plantas/m <sup>2</sup>	3.56	B

En la figura 5 se muestra el desarrollo decreciente que se obtuvo a mayores densidades de plantas por área de siembra. Este comportamiento coincide con investigaciones realizadas en diferentes cultivos: Litzenberger, SC. 1976 citado

por Velis Fuentes J.M., 1999. (99) en cultivo de gandul (Cajanus cajan) quien concluye que cuando el número de plantas por área es bajo existe un mayor desarrollo de ramas y grosor de tallo por planta, aumentando la producción en todos los aspectos.

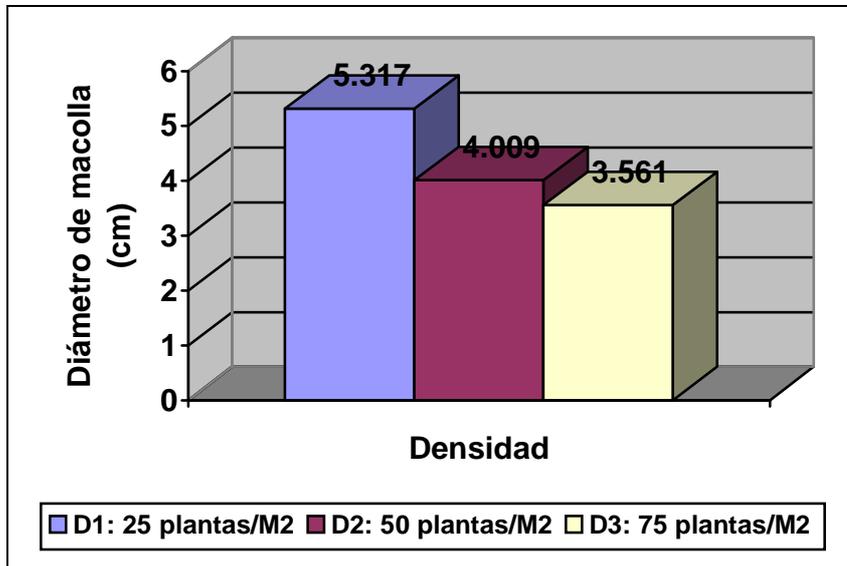
Wright, 1990, citado por Quintanilla Quintanilla, J.R., 1995 (102), en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris), menciona que cuando las plantas están mas espaciadas presentan mas desarrollo, mas área foliar, mayor rendimiento por planta.

Investigaciones realizadas por CLUSA 2001 en cultivos de apio, en Las Pilas Chalatenango, manifiestan que cuando existe una gran competencia entre plantas el desarrollo de tallos y macolla se reduce en forma diamétrica, tal como se observó en las densidades de 50 y 75 plantas que obtuvieron diámetros de 4.01 y 3.56 cm/planta.

En indagaciones con ingenieros que supervisan cultivos de apio en zonas de producción de nuestro país, además de otros datos mostraron diferentes plantas de apio producidas a diferentes densidades y en distintas zonas de producción del país manifestaron que mejores diámetros de macolla y tallo los obtienen en Las Pilas Chalatenango, pero con baja altura de planta y a espaciamientos de 35 cm entre surco y planta, y que a mayores densidades obtienen mayores alturas y diámetros muy delgados. /<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> SALAZAR, C.; ALARCÓN, C. 2001. TECHNOSERVE (Soluciones empresariales para la pobreza rural). San Salvador, El Salvador. Entrevista personal.



**Fig. 5** Diámetro de macolla (cm) a la cosecha, para diferentes densidades; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

Este comportamiento se confirma a nivel de tratamientos (cuadro 13), en donde los tratamientos con menores densidades presentan mayor diámetro de macolla.

**Cuadro 17** Diámetros promedios de macolla por tratamiento (cm) a la cosecha para la variables diámetro de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	6.02	6.33	5.20	4.32	5.467
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	5.36	5.04	4.94	5.33	5.167
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	4.77	3.26	4.19	4.12	4.085
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	3.81	3.21	4.31	4.40	3.932
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	4.30	3.06	3.65	3.75	3.690
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	3.58	3.08	3.29	3.78	3.432

Fuente: Datos de Campo.

Estos resultados permiten afirmar que la densidad de 25 pl/m<sup>2</sup> es óptima para producir un mejor diámetro de macolla. Los factores de crecimiento, luz y espacio disponible podrían jugar papeles predominantes al disminuir el sombreado entre plantas y al permitir una mayor circulación de CO<sub>2</sub> entre las plantas. Ambos factores, en circunstancias de mayores densidades por área pueden constituirse en limitantes (7. 61. 100).

#### 4.4.4 Número de Tallos

De acuerdo con el análisis de varianza (cuadro 18) para la variable número de tallos, esta resultó ser estadísticamente significativa para las densidades de siembra de 25, 50 y 75 pl/m<sup>2</sup> respectivamente, lo cual indica que existe una o mas densidades que influyen sobre el número de tallos de apio.

**Cuadro 18** Análisis de varianza, para la variable número de tallos, a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Prob 5%
Arreglo (A)	1	0.184	0.184	0.0765	N.S
Densidades (B)	2	54.676	27.338	11.3888	0.0006*
Interacción A x B	2	1.142	0.571	0.2380	N.S
Error exp.	18	43.207	2.400		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>99.210</b>			

Mediante la Prueba Duncan (Cuadro 19) se determinó que las tres densidades producían iguales efectos sobre el número de tallos. Sin embargo cuando analizamos la tendencia de los resultados observamos que las densidades de 25 pl/m<sup>2</sup> produjeron un 30% y 40% mas de tallos que las densidades de 50 y 75 pl/m<sup>2</sup>. Esta misma incidencia es observable a nivel de los tratamientos, donde los que presentan las menores densidades poseen mayor número promedio de tallos por macolla (cuadro 20).

**Cuadro 19** Prueba Duncan para densidades en la variable número de tallos a la cosecha, en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

Densidades	Media	Diferencia de Media
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	9.64	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	6.50	A
D3: 75 plantas/m <sup>2</sup>	6.37	A

**Cuadro 20** Promedio de número de tallos, por tratamiento a la cosecha en la variable número de tallos; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

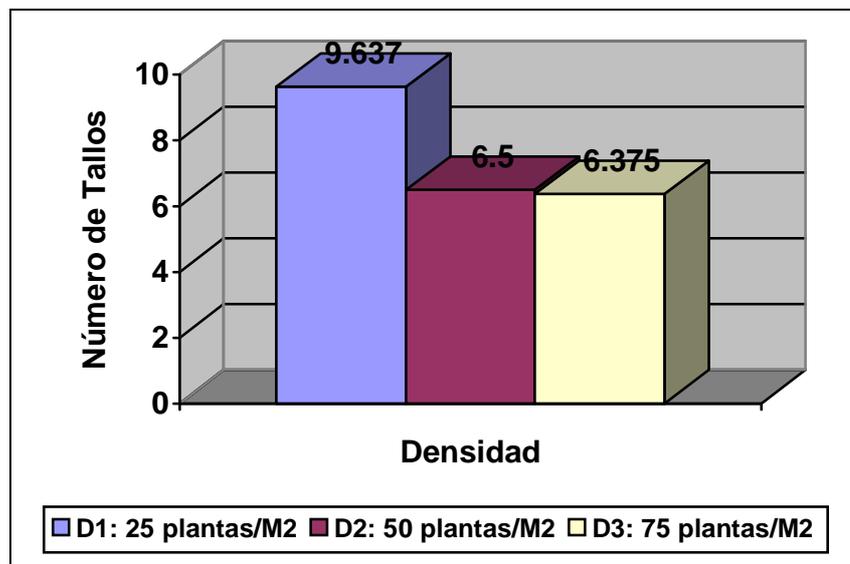
TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	10.00	12.60	11.80	5.70	10.025
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	9.10	7.9	9.00	11.00	9.250
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	7.00	5.00	7.00	7.00	6.500
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	7.06	6.00	7.00	6.00	6.50
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	7.00	5.00	7.00	6.00	6.250
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	6.00	6.00	6.00	8.00	6.500

Fuente: Datos de Campo.

En la Fig. 6 se observa que a medida que aumentaba el número de plantas por metro cuadrado de superficie, el rendimiento de tallos se ve disminuido como lo

afirma Terce (1980) citado por Mayén Velásquez E., 1992, (103). En cultivo de pepinillo, menciona que algunos componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento son afectados a mayores densidades de población por área, a causa de la competencia intravarietal.

También en la misma figura se observa que entre las densidades mayores (50 y 75 pl/m<sup>2</sup>) el número de tallos permanece casi igual.



**Fig. 6** Promedios de números de tallos a la cosecha en las densidades de la variable número de tallos; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

#### 4.4.5 Diámetro de tallos

El análisis de varianza para el diámetro de tallos nos indica que el desarrollo de los tallos fue influenciado por las densidades de siembra, ya que resultó ser significativo, y no viéndose afectado por la interacción de ambos factores estudiados ni por los arreglos espaciales ya que resultaron ser no significativos (Cuadro 21).

**Cuadro 21** Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos (cm), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

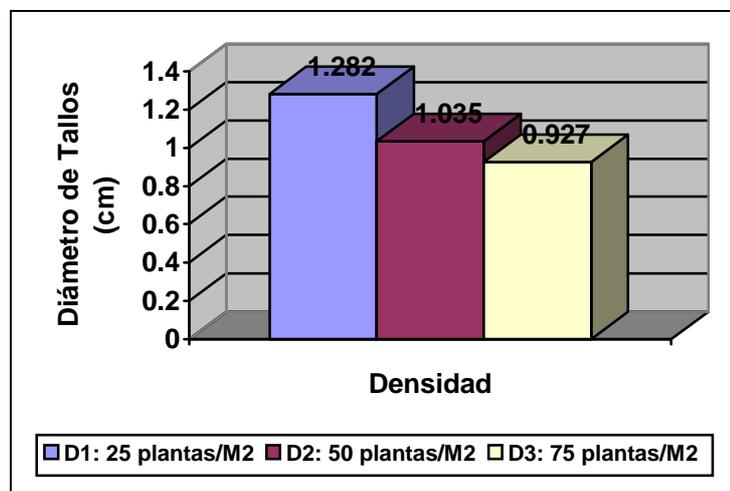
<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>Prob 5%</b>
Arreglo (A)	1	0.013	0.013	1.1053	0.3070 N.S
Densidades (B)	2	0.530	0.265	22.4253	0.0000*
Interacción A x B	2	0.000	0.000	0.0099	N.S
Error exp.	18	0.213	0.012		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>0.756</b>			

Mediante la Prueba Duncan (cuadro 22) y (figura 7) se determinó y se visualizó que la mejor densidad que favoreció en el desarrollo de los tallos se obtuvo con una población de 25 plantas/m<sup>2</sup> superando en más de un 22% y 27% a las densidades de 50 y 75 plantas/m<sup>2</sup> que presentaron un promedio de 1.03 y 0.93 cm/pl, respectivamente. Ambas densidades ejercieron efectos iguales en el diámetro de los tallos. Este comportamiento posiblemente se puede asociar a la investigación hecha por CENTA (1980) en varios cultivos, mencionada por Velis Fuentes J.M., 1999, (99) afirma que a menor número de plantas por superficie se favorece un mayor grosor de tallo y ramas, por planta, debido a que existe menos competencia

a nivel del sistema radicular, promoviéndose una mayor absorción de nutrimentos. Por otra parte Vilanova Arce, 1985, (100) explica que cuando existe una mayor cantidad de plantas por superficie el desarrollo de tallo y ramas es afectado debido a que la cantidad de luz asimilada por las plantas no es suficiente para producir los fotosintatos que demandan las plantas.

**Cuadro 22** Prueba Duncan para densidades en la variable diámetro de tallos a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

Densidades	Media	Diferencia de Media
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	1.28	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	1.03	B
D2: 75 plantas/m <sup>2</sup>	0.93	B



**Fig. 7** Promedios: diámetro de tallo (cm) a la cosecha, para las densidades de la variable diámetro de tallo; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

Al analizar el cuadro 23, corrobora los resultados obtenidos, ya que los tratamientos que presentan mayores diámetros de tallo son aquellos en el que el número de plantas por metro cuadrado son menores ( $T_1(D_1A_1)$  y  $T_2(D_1A_2)$ ), esto posiblemente se deba a que hay menor competencia por los factores de crecimiento garantizándose una mayor tasa de fotosíntesis, en consecuencia una mayor distribución de foto asimilados, hacia los lugares de acumulación como lo son los tallos (100).

**Cuadro 23** Datos promedios (cm) del diámetro de tallo por tratamiento, a la cosecha, para la variable diámetro de tallos; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
$T_1$ : ( $D_1A_1$ ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	1.09	1.38	1.17	1.38	1.255
$T_2$ : ( $D_1A_2$ ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	1.32	1.40	1.26	1.26	1.310
$T_3$ : ( $D_2A_1$ ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	0.93	0.97	1.10	1.05	1.012
$T_4$ : ( $D_2A_2$ ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	1.03	0.90	1.10	1.20	1.057
$T_5$ : ( $D_3A_1$ ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	0.75	0.86	0.92	1.10	0.907
$T_6$ : ( $D_3A_2$ ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	1.00	0.92	0.92	0.95	0.947

Fuente: Datos de Campo.

#### 4.4.6 Peso Fresco de Macolla

El análisis de varianza para el peso fresco de macolla al momento de la cosecha resultó significativo para las densidades de siembra evaluadas de 25, 50 y 75 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, es decir, que estas densidades incidieron en el desarrollo de la macolla y no se vio afectada por los arreglos espaciales y la interacción de los factores estudiados, ya que resultaron ser no significativos (cuadro 24).

**Cuadro 24** Análisis de varianza para la variable peso fresco de macolla (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

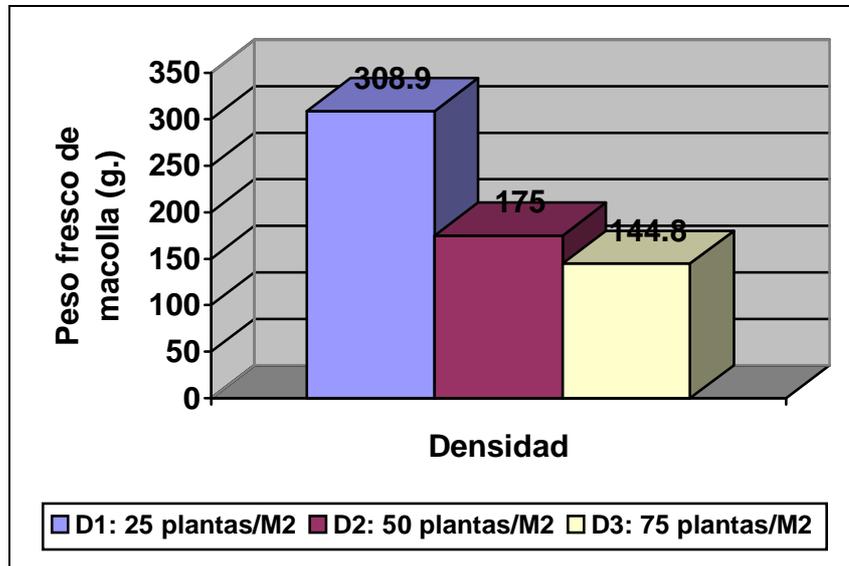
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	Prob 5%
Arreglo (A)	1	2782.968	2782.968	0.6534	N.S
Densidades (B)	2	121924.307	60962.154	14.3123	*
Interacción A x B	2	3795.537	1897.768	0.4455	N.S
Error exp.	18	76669.575	4259.421		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>205172.387</b>			

Mediante la prueba Duncan (cuadro 25) se determinó que la densidad que mejor favoreció el desarrollo de la macolla fue 25 pl/m<sup>2</sup> superando en más de un 43% y 53% en peso fresco a las densidades de 50 y 75 pl/m<sup>2</sup> respectivamente.

**Cuadro 25** Prueba Duncan para densidades de la variable peso fresco de macolla (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

Densidades	Media	Diferencia de Media
D1: 25 pl/m <sup>2</sup>	308.9	A
D2: 50 pl/m <sup>2</sup>	175.0	AB
D3: 75 pl/m <sup>2</sup>	144.8	B

En la Fig. 8 se observa la tendencia decreciente que mostraron las plantas de apio a mayores poblaciones por superficie, esto posiblemente se debió a que un aumento en el número de plantas/área crea una competencia por luz, agua y CO<sub>2</sub>. Es de mencionar que el sustrato *humus-escoria volcánica* le provee los nutrimentos, así como el equilibrio adecuado de agua, oxígeno que necesita la planta para su óptimo desarrollo, sin embargo es posible que en las densidades altas se establezca una competencia entre raíces de las plantas, por espacio, agua y nutrimentos, principalmente, disminuyan el suministro de estas últimas a los centros de síntesis de fotosintatos. Además el suministro de agua a la macolla tiende a disminuir y por lo tanto, también, la succulencia de los tallos disminuye (100).



**Fig. 8** Peso fresco de macolla (g.) a la cosecha para las densidades de la variable peso fresco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

En el cuadro 26 se presentan los promedios de peso fresco de macolla por tratamiento, se observa una tendencia a que los arreglos en tres bolillos superan a los arreglos en cuadro en lo referente a peso fresco de macolla y teniendo en cuenta que esta variable es la que tiene mayor importancia comercial, consecuentemente es de tener muy en cuenta este resultado.

**Cuadro 26** Promedios de peso fresco de macolla (g.) por tratamiento, a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	426.00	414.64	298.20	195.96	333.700
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	312.40	232.88	272.64	318.08	284.000
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	269.80	105.08	142.00	235.72	188.150
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	153.36	90.88	184.60	218.68	161.880
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	190.28	96.56	122.12	147.68	139.160
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	153.36	116.44	124.96	207.32	150.520

Fuente: Datos de Campo.

#### 4.4.7 Peso Fresco de Raíz

El análisis de varianza para la variable peso fresco de raíces al momento de la cosecha, esta resultó ser significativa para las densidades de 25, 50 y 75 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, es decir que estas densidades influyeron en el desarrollo radicular del apio y no viéndose afectada por los arreglos al cuadro y al tres bolillos, ni por la interacción de los factores estudiados, ya que resultaron ser no significativos (cuadro 27).

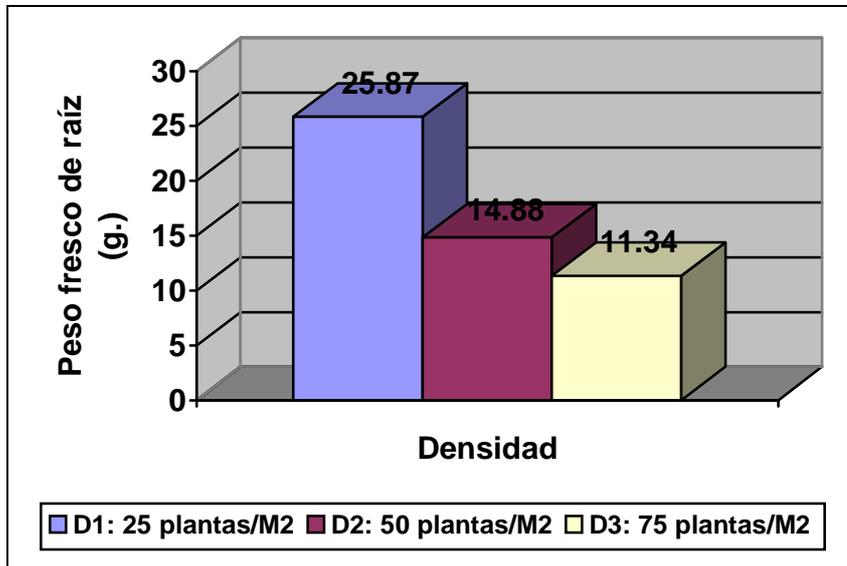
**Cuadro 27** Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíces (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>Prob 5%</b>
Arreglo (A)	1	56.580	56.580	2.7685	0.1134*
Densidades (B)	2	917.998	458.999	22.4592	0.0000*
Interacción A x B	2	12.645	6.323	0.3094	N.S
Error exp.	18	367.866	20.437		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>1355.089</b>			

Para determinar la mejor densidad de siembra se realizó la Prueba Duncan (Cuadro 28) mediante dicha prueba se determinó que 25 plantas/m<sup>2</sup> producían un mejor desarrollo radicular. En la figura 9 se muestra como ésta densidad supera en más de un 42% y 56% de masa radicular a las densidades de 50 y 75 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente. También en el cuadro 29, los tratamientos con densidades menores T<sub>1</sub>(D<sub>1</sub>A<sub>1</sub>) y T<sub>2</sub>(D<sub>1</sub>A<sub>2</sub>) resultaron con mayores pesos frescos de raíz.

**Cuadro 28** Prueba Duncan para densidades en la variable peso fresco de raíz (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

<b>Densidades</b>	<b>Media</b>	<b>Diferencia de Media</b>
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	25.87	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	14.88	B
D3: 75 plantas/m <sup>2</sup>	11.34	B



**Fig. 9** Promedios de Peso Fresco de Raíz (g.), a la cosecha para densidades de la variable peso fresco de raíces; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

**Cuadro 29** Promedios de peso fresco de raíz (g.), a la cosecha, por tratamiento, para la variable peso fresco de raíces; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	25.51	25.51	34.01	28.35	28.345
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	19.85	22.68	22.68	28.35	23.390
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	19.85	11.34	11.34	19.85	15.595
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	8.50	8.50	17.01	22.68	14.172
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	14.18	8.50	17.01	11.34	12.757
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	11.34	5.67	11.34	11.34	9.922

Fuente: Datos de Campo.

En el estudio de las propiedades físicas de los sustratos *Deboodt*, 1975; *Foteno*, 1993; citado por ILURVA, M.; BORO, E. 1997, (54) manifiestan que el sustrato debe de permitir al sistema radical una buena absorción de agua y nutrimentos y el aire necesario para la respiración. Esto favorece en una mejor relación entre fotosíntesis y respiración, siendo determinante en el rendimiento de un cultivo. Esto nos permite discernir que el comportamiento obtenido en el desarrollo de las raíces se deba posiblemente a las densidades y no al sustrato utilizado (Humus-Escoria volcánica) ya que de acuerdo a los autores antes mencionados el sustrato utilizado está dentro de las características de buen

sustrato, porque provee a la planta lo necesario para un buen desarrollo radicular, ya que es de recordar que el humus posee propiedades físicas, químicas y biológicas que favorecen el desarrollo de un cultivo.

Por otra parte, algunos investigadores sostienen que la competencia bajo tierra, es uno de los factores que afectan negativamente el desarrollo de las macollas y otras partes importantes de la planta. Esto es lo que se ha podido observar a mayores poblaciones de plantas por área. Además es importante señalar que el hecho de presentarse, mayores pesos frescos de raíces, garantiza una hidratación permanente, vías de flujo de agua hacia las macollas. Esto último permite que a través de este flujo haya un arrastre de nutrimentos hacia la parte aérea y por lo tanto se traduce en un mayor metabolismo fotosintético.

#### **4.4.8 Peso Seco de Macolla**

El análisis de varianza para el peso seco de macolla al momento de la cosecha, resultó ser significativo para arreglos, densidades e interacción. Pero por presentar este último factor de interacción el valor de F calculada más bajo no se analizará. Por lo tanto se dice que solo las 2 primeras fuentes de variación ejercen efectos sobre el peso seco de macolla de apio. (Cuadro 30).

**Cuadro 30** Análisis de varianza para la variable peso seco de macolla (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>Prob 5%</b>
Arreglo (A)	1	30.308	30.308	6.0425	0.0243*
Densidades (B)	2	269.859	134.929	26.9012	0.0000*
Interacción A x B	2	55.867	27.933	5.5692	0.0131*
Error exp.	18	90.283	5.016		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>446.316</b>			

Mediante la Prueba Duncan para arreglos espaciales y densidades de siembra (cuadro 31 y 32) se determinó que la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup> y en arreglo al tres bolillos presentaron el mejor desarrollo en la planta. Esto posiblemente se debió a que había un mayor distanciamiento entre plantas, lo que favoreció al sistema radicular y en consecuencia se dio un aprovechamiento de agua y nutrimentos, que en el arreglo de plantas en tres bolillos superó a las plantas de arreglo en cuadro en un 29% y en cuanto a densidades, la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup> superó en promedio a la mayor densidad en un 35.15%, lo cual es significativamente importante. Así también la parte aérea de la planta posiblemente se benefició al estar más espaciado pudiendo realizar eficientemente la fotosíntesis y lográndose una mayor acumulación de materia seca en la macolla.

**Cuadro 31** Prueba Duncan para arreglos espaciales en la variable peso seco de macolla (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

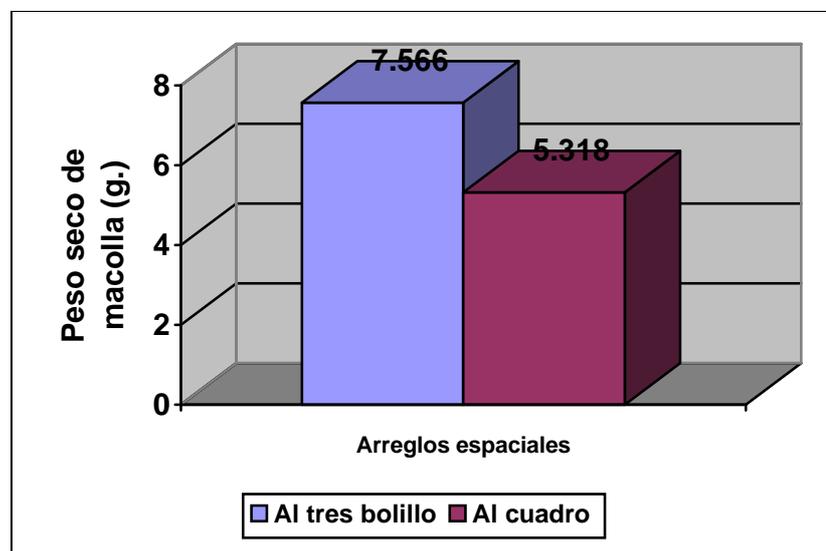
Densidades	Media	Diferencia de Media
A <sub>1</sub> : tres bolillos	7.57	A
A <sub>2</sub> : al cuadro	5.32	B

**Cuadro 32** Prueba Duncan para densidades de siembra en la variable peso seco de macolla (g.) a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

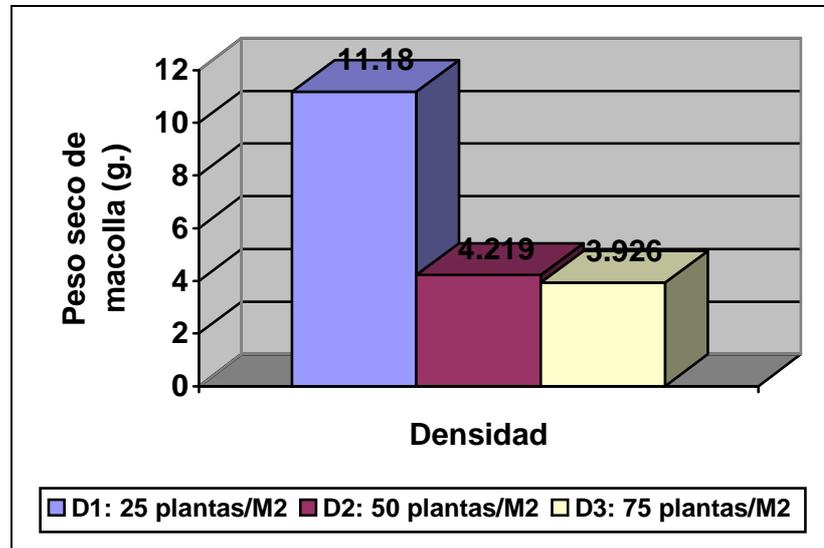
Densidades	Media	Diferencia de Media
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	11.18	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	4.219	B
D3: 75 plantas/m <sup>2</sup>	3.926	B

En la Fig. 10 podemos observar que el arreglo de siembra al tres bolillo supera en más de un 29% en peso seco de macolla al arreglo al cuadro. Pero es de mencionar que en el primer arreglo hay una dificultad para realizar las labores agronómicas del cultivo, a mayores densidades (50 y 75 plantas/mt<sup>2</sup>), ya que el apio presenta un sistema radical anastomosado, volviendo difícil las labores de escardado en especial, a diferencia de arreglo al cuadro, en el que se facilita dicha labor.

En la Fig. 11 observamos que a medida que se aumentan las densidades, se tiene menores pesos de materia seca y que dicho sea de paso es la parte comercializable. También, debe tenerse en cuenta que a mayores peso seco de macolla se garantiza una mayor cantidad de fibra, característica apreciada desde el punto de vista alimenticio.



**Fig. 10** Promedios de peso seco de macolla (g.) a la cosecha, para arreglos espaciales de la variable peso seco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.



**Fig. 11** Promedios peso seco de macolla (g.), a la cosecha para densidades de la variable peso seco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

En el cuadro 33, los tratamiento con menores densidades  $T_1(D_1A_1)$  y  $T_2(D_1A_2)$  presentan mayores valores en peso seco de macolla, corroborándose en los resultados obtenidos.

**Cuadro 33** Datos promedios de peso seco de macolla (g.) a la cosecha; en los tratamientos de la variable peso seco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	12.05	14.75	16.75	14.27	14.455
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	5.75	6.18	5.78	13.92	7.907
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	4.45	2.08	4.57	6.60	4.425
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	6.24	2.84	2.57	4.40	4.012
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	4.11	2.10	6.09	2.97	3.817
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	3.41	2.95	5.01	4.77	4.035

Fuente: Datos de Campo.

#### 4.4.9 Peso Seco de Raíz

El análisis de varianza para el peso seco de raíz resultó ser estadísticamente significativo, para densidades de siembra evaluadas 25, 50 y 75 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, indicando que estas densidades ejercieron influencia en el desarrollo de la raíz no atribuidas a los arreglos espaciales utilizados (al cuadro y tres bolillos) así como la interacción de los factores estudiados, ya que resultaron ser no significativos (Cuadro 34).

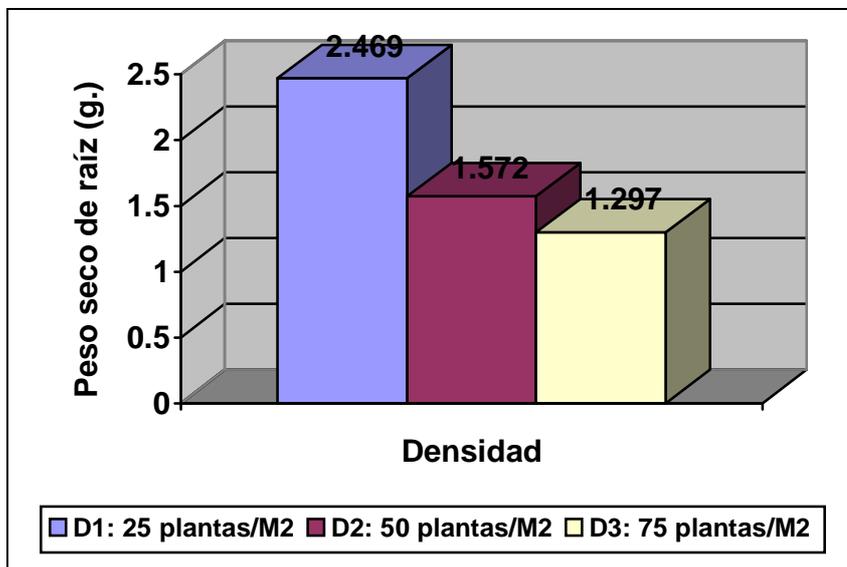
**Cuadro 34** Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal</b>	<b>Prob 5%</b>
Arreglo (A)	1	1.097	1.097	2.3890	0.1396N.S
Densidades (B)	2	6.002	3.001	6.5381	0.0073*
Interacción A x B	2	0.057	0.028	0.0616	N.S
Error exp.	18	8.262	0.459		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>15.418</b>			

Para determinar las densidades que resultaron mejores estadísticamente se realizó la Prueba Duncan (cuadro 35). Mediante esta prueba se determinó que las 3 densidades de siembra produjeron iguales efectos estadísticos en el desarrollo de la raíz aunque cuantitativamente la densidad D<sub>1</sub> produjo más de un 35% y 47% en desarrollo que las densidades D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub> respectivamente, dicho comportamiento se visualiza en la figura 12.

**Cuadro 35** Prueba Duncan para densidades en la variable peso seco de raíz (g.), a la cosecha; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

<b>Densidades</b>	<b>Media</b>	<b>Diferencia de Media</b>
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	2.47	A
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	1.57	A
D3: 75 plantas/m <sup>2</sup>	1.30	A



**Fig. 12** Promedios de Peso Seco de Raíz (g.), a la cosecha; para las densidades, en la variable peso seco de raíz; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph. UES 1999.

En el cuadro 36 los valores promedios de peso seco de raíz coinciden con los resultados analizados, siendo los tratamientos con densidades menores los que presentan desarrollo de raíces mayores. Este mayor espacio de contacto de las raíces con el sustrato y en especial con el abono orgánico garantizó un suministro de nutrientes adecuado y de calidad que es lo más importante, reflejándose en un mejor desarrollo de las macollas de apio.

**Cuadro 36** Promedios de peso seco de raíz (g.), por tratamiento a la cosecha, en la variable peso seco de raíz; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (Apium graveolens L.) variedad Triumph. UES 1999.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	$\bar{x}$
T <sub>1</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>1</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	2.27	2.07	4.15	2.31	2.700
T <sub>2</sub> : (D <sub>1</sub> A <sub>2</sub> ) 25 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	2.44	1.98	1.83	2.70	2.237
T <sub>3</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	2.05	1.10	0.98	3.21	1.835
T <sub>4</sub> : (D <sub>2</sub> A <sub>2</sub> ) 50 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	1.22	1.08	1.28	1.66	1.310
T <sub>5</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al tres bolillos	1.76	0.78	1.94	1.30	1.445
T <sub>6</sub> : (D <sub>3</sub> A <sub>2</sub> ) 75 plantas/m <sup>2</sup> al cuadro	1.09	0.64	1.04	1.83	1.150

Fuente: Datos de Campo.

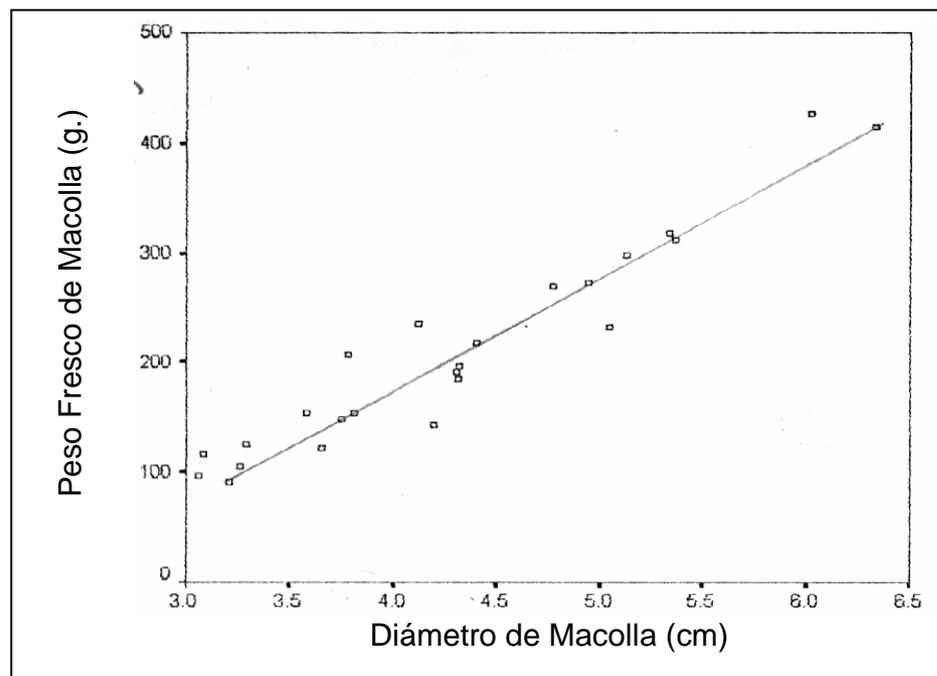
#### 4.4.10 Regresión y Correlación de Variables Analizadas

Para determinar en un análisis de regresión múltiple, que variable(s) regresoras (independientes), está(n) explicando mejor a la variable respuesta (dependiente), existe una diversidad de caminos como por ejemplo: a) Análisis parcial: en donde se analiza el efecto separado de cada una de las variables regresoras sobre la variable respuesta, eligiendo al final aquella que presente el mas alto valor del coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>); b) El método hacia delante, el cual consiste en ir adicionando variables regresoras al análisis considerando aquellas que posean los mas altos valores de coeficiente de

determinación ajustados ( $R^2$ ), pero que en términos de aportación de explicación de la variable respuesta son muy pobres o muy redundantes; c) El método hacia atrás, cuyo análisis es similar al anterior pero en sentido inverso, es decir que el análisis parte con todas las variables regresoras, las cuales van siendo eliminadas según sus valores de  $R^2$  ajustados; y finalmente existe; d) El método paso a paso o método alternativo, que hace una integración de los dos métodos anteriores para el análisis de las variables regresoras, pero este análisis es un poco más profundo y exhaustivo, ya que para seleccionar una variable regresora considera los argumentos siguientes: 1) Valor de  $R^2$  ajustado, seleccionando a la(s) variable(s) que presente(n) un mayor valor, 2) El cuadrado medio de la varianza (del ANVA), seleccionando a la(s) variable(s) que menor(es) valor(es) presenta(n), 3) El diagnóstico de colinealidad, el cual nos permite identificar el grado de relación que existe entre las variables regresoras (lo cual no debe existir), a través del factor de inflación de varianzas (FIV, eliminando aquellas variables, que posean los más altos valores) y el nivel de significancia (eliminando a todas aquellas variables que no superen el nivel del 5% para la prueba de "T"). Todos estos argumentos, lo que nos permiten es remover toda aquella explicación **redundante** de algunas variables regresoras, garantizando de esta manera que la ecuación de regresión lineal que se obtenga es totalmente confiable para la predicción de nuevos valores de la variable respuesta.

Para el análisis de regresión de las variables consideradas en la investigación,

se utilizó el método **paso a paso**, en donde la variable **peso fresco de macolla** fue la variable dependiente, y las variables **altura de plantas, diámetro de macolla, diámetro de tallos, peso seco de raíz, número de tallos**, las variables regresoras-explicativas o independientes. Resultando al final del análisis que la variable que mejor explica a la variable **peso fresco de macolla** fue la variable **diámetro de macolla**, a través de la siguiente ecuación lineal:  
**Y = -216.241 + 99.198 X** Con un error de estimación (S), igual a 26.8561 que representa la siguiente figura.



**Fig. 13** Gráfica de correlación en el comportamiento del diámetro de macolla con relación al peso fresco de macolla; en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica-hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph, U.E.S., 1999.

En la Fig. 13 nos muestra el comportamiento y tendencia de desarrollo que tuvo el cultivo de apio, lo cual nos indica que a un mayor desarrollo de la macolla se incrementa su biomasa.

En la ecuación lineal el valor 99.198 indica que por cada cm que aumente el diámetro de macolla se obtendrá 99.20 g mas de peso fresco en la macolla.

Demostrándose así la dependencia que tiene el peso fresco de macolla (variable dependiente) del diámetro de macolla (variable independiente).

Los resultados graficados provienen de los datos de campo obtenidos en el cultivo del apio al momento de la cosecha, dichos datos se observan en el anexo 2-A.

#### **4.4.11 Índice de Cosecha**

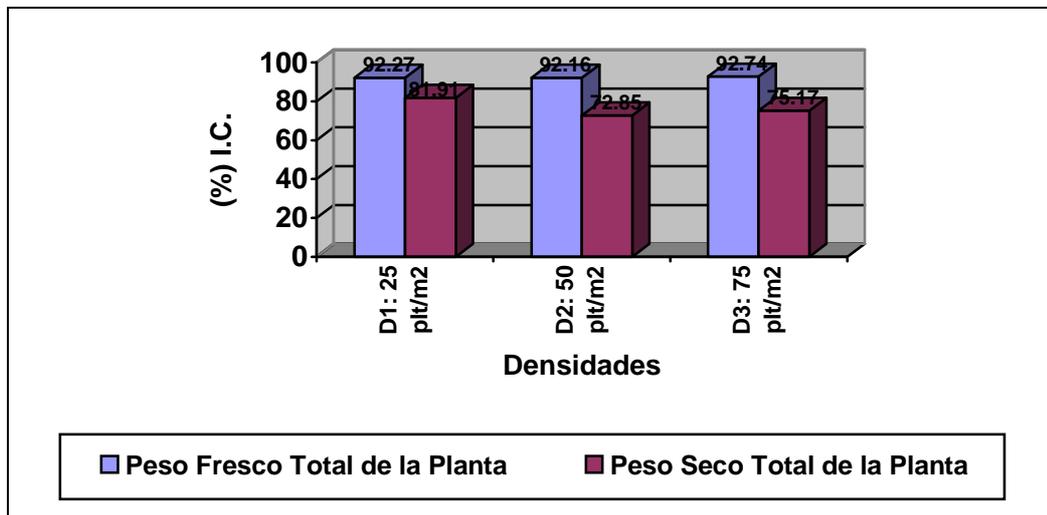
El Índice de Cosecha nos permitió conocer cual fue la densidad mas eficiente en convertir factores de crecimiento (agua, luz y nutrimentos) en fotoasimilados, obteniéndose así que la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup> produjo el mayor porcentaje de I.C. en peso seco (cuadro 37) de igual forma se observa en la Fig. 14 que nos refleja que con dicha densidad se obtiene mayor disponibilidad de producto comercializable.

Por otra parte se tiene que la variedad de apio Triumph produce buenos rendimientos de cosecha ya que todas las densidades evaluadas superan valores mayores al 50% llegando hasta un 82% de I.C. en pesos secos lo que indica que hubo un buen desarrollo en la parte aérea de la planta.

**Cuadro 37** Índice de cosecha promedio (%); por densidad en la evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph, . UES. 1999.

Densidades	Peso Fresco Total	Peso Seco Total
D1: 25 plantas/m <sup>2</sup>	92.27	81.91
D2: 50 plantas/m <sup>2</sup>	92.16	72.85
D3: 75 plantas/m <sup>2</sup>	92.74	75.17

Además el obtener este índice de cosecha, nos permitió conocer que la variedad Triumph sembrada a diferentes densidades y arreglos, fue eficiente para convertir la materia seca total en un producto comestible y comercialmente útil; ya que supera en cada una de las densidades valores mucho mayores al 50% obteniendo el 82% de I.C. con la densidad D<sub>1</sub>: 25 plantas/m<sup>2</sup> en un cultivo sin suelo.



**Fig. 14** Índice de cosecha promedio (%) por densidad en el cultivo orgánico hidropónico de apio. (*Apium graveolens* L.) Variedad Triumph. UES, 1999.

## 5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

1. Bajo la técnica de cultivo orgánico hidropónico del apio y con la variedad Triumph, los mayores rendimientos cualitativos se obtienen con la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup>, independiente del arreglo al cuadro y tres bolillos a que fue sembrado;
2. Los distanciamientos y arreglos que aumentan en tendencia positiva a generar una mayor producción y calidad de macolla aérea incluyen 20 cm y el arreglo al tres bolillos.
3. La variedad Triumph respondió a las características que la describen en rendimiento, altura, número de tallos y atributos cualitativos de la planta comercializable.
4. El mayor volumen de biomasa y diámetro de macolla se obtuvo con la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup>.
5. La variable independiente que mejor explica, representa y respalda a la variable dependiente (peso fresco de macolla) es el diámetro de macolla.
6. El mayor porcentaje en índice de cosecha manifestando un elevado desarrollo en la parte aérea de la planta y más eficiente en convertir factores de crecimiento, garantizando distribución de asimilados hacia las partes comestibles que tienen importancia comercial implican a la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup>.
7. La Hipótesis y los objetivos planteados se alcanzaron.

## 6. RECOMENDACIONES

1. La técnica del cultivo orgánico hidropónico es una alternativa para la producción orgánica del apio, ya que se obtiene rendimientos aceptables en un área de  $1 \text{ m}^2$ , por lo que se recomienda ponerlo en práctica, además que es un sistema de producción idóneo para aquellos lugares donde no hay un espacio de tierra amplio para cultivar.
2. Recomendar la siembra de apio de la variedad Triumph, ya que corresponde y se adapta al medio de cultivo, así como al manejo que se le practicó.
3. La modalidad de siembra más efectiva fue la de tres bolillos, sin embargo el arreglo al cuadro en las densidades mayores fue más favorable para realizar las labores de cultivo.
4. Si un agricultor desea producir apios; bajo esta técnica, para mercado popular, recomendamos plantaciones de  $25 \text{ plantas/m}^2$ ; sin embargo, las densidades  $50$  y  $75 \text{ plantas/m}^2$  producen macollas que cumplen con las características cualitativas y cuantitativas en cuanto a peso, diámetro de macolla y número de tallos por planta.
5. En futuras investigaciones evaluar solamente la variable diámetro de macolla, ya que ésta es la que mejor explica y representa el desarrollo del apio a diferentes densidades y arreglos espaciales de siembra.

## 7. BIBLIOGRAFÍAS

1. ABASCAL, J. 1990. Producción y protección vegetal volumen V. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Madrid, España. P. 219–222.
2. AGUILAR, W.; MORENO CATOTA, M. E.; NIETO MARTÍNEZ, C. A. 1992. Cultivo de remolacha (*Beta vulgaris*) Var Crosby Egyptian en sustratos de escoria volcánica roja y granza de arroz (*Oryza sativa L.*) utiliza dando fertilizantes tradicionales. Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. P 27-32, 35, 40-44.
3. AGUNES, A.; ARENAS, C.; RODRÍGUEZ, C. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Colegio de postgrado, México. P. 48-64.
4. ALARCÓN, V.; MADRID PINA, E. 1991. Cultivo Hidropónico. Cultivo sin suelo con recirculado de lixiviados. Revista Horticultura N°125. España. P. 42, 43, 47, 48.
5. ALVARADO TENNANT, I. P.; RAMÍREZ, J. C.; BARRERA ESCALANTE, O. A. 2000. Evaluación bioeconómica de diferentes combinaciones de sustrato humus–piedra pómez en el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. P 1-32.
6. Apio cultivo y manejo. Argentina, Chile, México, España. File: //A:/Apio.htm
7. Apio cultivo y manejo Info Agro. [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)  
A:\Apio1.HTM

8. Apio (*Apium graveolens* L.)  
[http://www.encomix.es/el\\_robledo/plantas\\_medicinales/apio/apio.html](http://www.encomix.es/el_robledo/plantas_medicinales/apio/apio.html)
9. Apio *Apium graveolens* L. Var. Dulce. File: //A:\sexto%20doc%20apio.htm  
A:/TERCER\_I.HTM
10. Apio Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha 2000 California.  
File: //A:\Apio3.htm
11. ARLEDGE, J. E. 1995. Mayores cosechas con lombriz coqueta roja. P. 72.
12. BAUKALFA, A. B. 1997. Una tecnología de fácil familiarización. El NGS, un paso mas en el cultivo Hidropónico. Revista Horticultura N° 124. España. P. 89-91.
13. BERMÚDEZ TINEO, A. L. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines Agrícolas. Programa manejo integrado de recursos naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. P. 25-32.
14. BRUZON, S. F.; GÓMEZ, J. 1996. Perfeccionamiento del sustrato en el modelo V.S.P. para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill). Universidad Nacional de Colombia. Acta Agronómica vol. 46 (1-4). P. 54-56.
15. CAFARENA, S. 1975. Cultivos Hidropónicos y en turba. Mundi-prensa. Madrid España. P. 15 – 33.
16. CALDERON, S. F.; RODRÍGUEZ, C.; GÓMEZ, M.; QUEVEDO, I. 1989. El cultivo Hidropónico. Manual practico. Bogota, Colombia. P. 1-60.

17. CAMPAGNONI, A. 1997. El mercado Europeo de productos orgánicos, potencialidades y oportunidades; la situación del mercado y del consumo. Universidad central de las Villas. Asociación Italiana de Agricultura Biológica. Villa clara, Cuba. P. 96-98.
18. CAPO, A. 1998. Medicina Natural. La curación por la fruta y la verdura. Lipsa, Alcabendas. Madrid España. P. 51.
19. Características y aplicaciones de las plantas  
File: //A:/Características%20%20aplicaciones%20 del%20apio.htm
20. CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. 3<sup>ed</sup>. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). San José Costa Rica. P. 195 – 201.
21. Celery History  
<http://www.celeryresearch.com/celery%20history.htm>
22. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN (CATIE). 1993. Manejo integrado de plagas de chile dulce. Guía técnica. Turrialba, Costa Rica. P. 60, 63.
23. CENCITA. 1995. Recetas botánicas que controlan plagas y enfermedades en los cultivos. Guía practica. El Salvador. 6 P.
24. CERDAS ARAYA. M Consejo Nacional de producción manejo post-cosecha  
<http://www.mercanet.cnp.go.cr/posapio.htm>  
[poscosecha@cnp.go.cr](mailto:poscosecha@cnp.go.cr)
25. CHAPIRO, E. 1996. Extractos botánicos. Cuerpo de Paz. El Salvador. 12 P.

26. CHEVEZ GUERRERO, R. R.; DOMÍNGUEZ SANTAMARÍA, R. A. 1998.  
Evaluación de tres niveles de vermi abono de pulpa de café (*Coffe arabica*) en el rendimiento del cultivo de rosa (*Rosa sp*) y su efecto en las propiedades químicas y biológicas del suelo. Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. P 27-29.
27. CLARA, A. 1994. Productos naturales a elaborar para control de patógenos. Cooperativa de productores de hortalizas orgánicas de los planes. La Palma, Chalatenango. P.
28. COLJAP INDUSTRIA AGROQUÍMICA. 1991. hidroponía; cultivo sin suelo. Aprenda fácil cultivos hidropónicos Vol. 1. P. 7-27.
29. COMISION NACIONAL DE RESTAURACIÓN DE ÁREAS (CONARA). 1991. Cultivos Hidropónicos. MAG. P. 2-15
30. CRISTALES, O. A. 1998. Propiedades y usos del Lombri humus folleto de divulgación N°4. Fundación ABA. El Salvador. P. 20 – 22.
31. DE PAZ, F. J.; SOUZA, V.; SÁNCHEZ, E. 1998. La huerta fértil. Guía completa de hortalizas y verduras. Madrid España. P. 10 – 12.
32. DIAZ, A. A.; RUMANI, D. 1995. La lombricultura, informe técnico. 2<sup>ed</sup>. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDIMA). San Borja, Lima peru. P. 2-21.
33. DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO LAROUSE. 1999. 5<sup>ed</sup>. Larouse, S.A. de C.V. Bogota, Colombia. P. 948.

34. DOUGLAS, J. S. 1972. Hidroponia; como cultivar sin tierra. 4<sup>ed</sup>. ATENEO. Buenos Aires, Argentina. P. 1-133.
35. DOOREMBOS, J. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Roma, Italia. P. 53 – 67.
36. ECO. 1998. El apio versus colesterol. La Prensa Grafica; Enero, Sábado 24. San Salvador, El Salvador. P. 45.
37. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. 1995. Producción Agrícola. Volumen II. Terranova. Bogota, Colombia. P. 284-286.
38. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. 1995. Ingeniería y agroindustria Volumen V. P. 177-178.
39. III ENCUENTRO NACIONAL DE AGRICULTURA ORGÁNICA. PROGRAMAS Y RESUMENESA. 1997. La crisis mundial de la agricultura convencional y la respuesta agro ecológica. Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba. P. 87-95.
40. ENCICLOPEDIA PRACTICA AGRÍCOLA Y GANADERA OCÉANO. 1987. Practica de los cultivos Volumen II. P. 159 – 160.
41. ESTRADA, J.; LÓPEZ, T. M. 1997. Los Bioplaguicidas en la agricultura sostenible Cubana. INFAT (Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical). La Habana, Cuba. P. 28-32.

42. FACULTAD DE AGRONOMIA, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ACADÉMICO DE SECICO. 1998. Hortalizas de estacion fria cultivadas en Chile.  
[Http://www.puc.cl/sw\\_educ/hort0498/HTML/p032.html](Http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p032.html)
43. FAMILIA UMBELLIFERAE (APIACEAE)  
File: //A:/APIO DOC5.htm
44. FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. Diana, México. P. 218 – 223.
45. FERRUZZI, C. 1987. Manual De lombricultura. Mundi-prensa. Madrid, España. P. 7, 14, 27, 49.
46. FUNDACIÓN QUILAMBE. 1993. Principios y practicas de la Agricultura orgánica. El Trópico. AGROECO. Heredia, Costa Rica. P. 21-29, 111-113.
47. FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL (FUSADES). 1991. Evaluación de costos de producción de apio en Chalchuapa y Zapotitán, El Salvador en mil novecientos noventa. San Salvador, El Salvador. P. 1-16.
48. FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL (FUSADES). 1985. Diagnostico de diversificación agrícola para El Salvador. Elaborado por Fundación Chile. San Salvador, El Salvador. P. 14, 15, 19.
49. FUNDACIÓN SERVICIO PARA EL AGRICULTOR (FUSAGRI). 1990. Serie petróleo y agricultura N°7. Marave n, Venezuela. P. 54-59.

50. GARCÍA FERNÁNDEZ, J. 1971. Cultivos Herbáceos. Agrocienza. Zaragoza, España. P. 514 – 521.
51. GUDIÉL, V. M. 1987. Manual Agrícola SUPER B 6<sup>ed</sup>. Guatemala. P. 54-69.
52. GUERRERO RIASCOS. 1996. Fertilización de cultivos en clima medio. Monómeros. Colombo, Venezuela. P. 37- 41, 239 – 241, 243 – 245.
53. HENRIQUEZ MARTÍNEZ, G. 1998. La clase insecta en El Salvador. Guía ilustrada de las principales ordenes y familias. San Salvador, El Salvador. P. 113, 133, 151, 175, 180, 183.
54. ILURBA, M.; BORO, E. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura N°125. España. P. 31, 35, 39, 40.
55. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (IICA). 1992. Fertilización en diversos cultivos. Manual de asistencia. Bogota, Colombia. P. 64.
56. KING, A. B. S.; SAUNDERS, J. L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticias en América Central. CATIE. Turrialba Costa Rica. P. 5–52.
57. LEÑANO, F. 1973. Como se cultivan las hortalizas de hoja. De Vecchi S. A. Barcelona, España. P. 165 – 181.
58. LIGA DE COOPERATIVAS DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (CLUSA). 1997. Jornada Técnica de Agricultura Orgánica. San Salvador, El Salvador.  
[p.e mailclusaes@es.com.sv](mailto:p.e_mailclusaes@es.com.sv)

59. LISCH, E.; MONTENIBAULT, P. 1991. De la rotación de cultivos a la recogida guía para el cuidado del huerto. Madrid España. P. 65, 76, 133, 143.
60. LÓPEZ TORREZ, M. 1994. Clasificación de las hortalizas. Trilla México. P. 15 – 19.
61. MAROTO BORREGO, J. V.; PASCAL, B. 1991. El apio, técnicas de cultivo. Agroguías mundi-prensa. Madrid, España. P. 1 – 105.
62. MARTÍNEZ, V. R.; MARTÍNEZ, C. A. 1971. Estudio de la microflora de los abonos Orgánicos. Revista para la agricultura volumen I. Cuba. P. 40-48.
63. MARTÍNEZ SIERRA, B.; MENDOZA, N. R. P. 1993. Repuesta de dos híbridos y una variedad de cebolla (*Allium cepa L.*) a tres programas de fertilización bajo la técnica de cultivos hidropónicos. Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. P 12, 54, 57.
64. MAINARD, F. 1988. Hortalizas de hoja, flor y tallo, como, donde, cuando. Manual de cultivo moderno. De Vecchi S.A. Barcelona, p. 62-65.
65. MARULANDA TABARES, C. H. 1993. Hidroponía popular guía técnica. Managua, Nicaragua. P. 1 – 24.
66. MARULANDA TABARES, C. H. 1999. Especies que se siembran por el sistema de transplante en hidroponía familiar guía técnica. El Salvador. P. 14, 20, 140-147.

67. MÉNDEZ, L. 2000. Productos orgánicos compiten en el mercado interno y externo. El Diario de Hoy; Enero, Martes 3. San Salvador, El Salvador. P. 24.
68. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG). DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMIA AGROPECUARIA. 1998. Importación de hortalizas. Anuario de estadísticas agropecuarias. Santa Tecla, El Salvador.
69. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG). 1999. Almanaque Salvadoreño Servicio de Meteorología e hidrología. DGRNR. San Salvador, El Salvador. P. 15 – 21.
70. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG). 1999. Informe de coyuntura N° 15. OAPA Oficina de Anál isis de Políticas Agropecuarias. Nueva San Salvador, El Salvador. P. 70 – 78.  
<http://apps.far.org>
71. MONTES, A. 1988. Cultivo de Hortalizas guía practica. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. P. 9, 10, 11.
72. MORTENSEN, E.; BOLLAR, E. 1975. Horticultura tropical y subtropical José Meza Folliner. Pax México. P. 87.
73. MONTOYA MORALES, J. C. 1991. Efecto de seis densidades de siembra en el rendimiento de chile dulce cereza (*Capsicum annuun L.*) bajo riego en San Andrés, El Salvador. Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Facultad De Ciencias Agronómicas. San Salvador, El Salvador. P. 8-27.

74. NAVAS, C. 1995. Humus de lombriz: el mejor fertilizante natural del mundo  
<http://www.unapy/>
75. Nutrition, Health Benefits  
<http://www.celeryresearch.com/celery%20nutrition.htm>
76. PALMA MARTÍNEZ, R. M. 1998. Efecto de Extractos Botánicos en el control del picudo (*Antonomus eugenii cano*) del fruto del chile (*Capsicum annuum L.*)  
Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. P 22- 40.
77. PARANINFO, D. O. 1995. Simposio sobre Agricultura Orgánica. Memoria.  
UNED. San José, Costa Rica. P. 177-188.
78. PEGNNINSFIELD, F.; KURZMAN, P. 1995. Cultivos Hidropónicos y en turba.  
Madrid, España. Mundi-prensa. P. 235-237.
79. PEÑARANDA CACERES, G. 1996. Curso teórico practico de lombricultura  
Academia de Ciencias Ucrania.  
<http://www.custoNW.com/EcoWeb/notas/cyt>
80. \_\_\_\_\_1999. Plantas y hierbas curativas. Principios fitoquímicos del apio. Guía completa de fitoterapia popular. Spanish Books.  
Miami Florida, USA. P. 19-21.
81. PORTILLO MARTÍNEZ, J. L. 1994. Hortalizas I y II colección de manuales.  
MAG-ENA. La Libertad, El Salvador Centro América. P. 225-230.

82. POZO, J. L. 1997. Producción orgánica de hortalizas de alto rendimiento. El órgano pónico y los huertos intensivos. La Habana, Cuba. P. 53.
83. Productos Hortícolas de la familia Apiaceae  
<http://www.puc.cl/sw.educ/hort0498/HTML./p017.html>
84. RAMÍREZ, N. 2000. Manejo seguro de plaguicidas y técnicas de aspersión escuela de mayordomos modulo 6. PROCAFE. Nueva San Salvador, El Salvador. 70 P.
85. RESH, H. W. 1987. Cultivos hidropónicos; nuevas teorías de producción. Trad. José Santos Cafarena. 2<sup>ed</sup>. Madrid, España. Mundi-prensa. P. 25-272.
86. RIOTTE, L. 1985. Cultivo de Huertas Pequeñas. Guía para la horticultura intensiva. México. P. 20, 35, 243.
87. ROBERTÉ, M. R.; MARTIN, W. F. 1975. Hojas comestibles del trópico. ANTILLAN. Mayagüez, Puerto Rico. P. 89-90.
88. RODRÍGUEZ MIRANDA, G.; PANIAGUA GUERRERO, J. J. 1995. Horticultura Orgánica. Guía técnica. San José Costa Rica.
89. RODRÍGUEZ SANDOVAL, R.; HERNÁNDEZ, R. A. 1994. Agricultura sostenible. Inventario tecnológico. Plan internacional IICA La Libertad. Nueva San Salvador, El Salvador. P. 15-50.
90. SABORIO ARGUELLO, D. 1998. Manejo poscosecha II. EUNED (Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. P. 5, 10 – 20, 45, 127.

91. SÁNCHEZ LÓPEZ, R.; URRUTIA, M.; ARRIAGA, P. 2001. La Agricultura orgánica, alternativa para el desarrollo. Seminario taller CLUSA. El Salvador. P. 5-1, 5-3, 9-1, 9-3.
92. SÁNCHEZ, R. R. 1971. Terminología Fitogenética y citogenética. Herrero Hermanos. México D.F. P. 14, 118, 148.
93. SAMPEIRO RUIZ, G. 1997. Hidroponía básica. El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. DIANA. México. P. 1-65.
94. SANTILLAN, R.; AMADOR, R. 1997. Curso Taller sobre Agricultura orgánica. El Zamorano, Honduras. P. 6, 16, 21, 32, 36, 38, 38, 49-52.
95. SUNEI ENTERPRISES. 1997. Interesantes cualidades insecticidas del árbol de Neem. Revista Horticultura, año 3, N°18. España. P. 136-139.
96. TARIN ZAHONERO, J.; SEGARRA DALMAU, J. 1975. El cultivo del apio. Hoja divulgativa N°7-75. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. P. 1-11.
97. TORREZ, I.; PINO, O.; MARTÍN, D. 1997. Determinación de efecto inhibitorio de extractos vegetales frente a bacterias fitopatógenas de interés económico. INFAT. Villa clara, Cuba. P. 57-58.
98. VALADEZ LÓPEZ, A. 1993. Producción de hortalizas. Limusa México. P. 116 – 125.

- 99.VELIS FUENTES, J. M.; APARICIO, H. DEL C.; CAMPOS URRUTIA, C. E.  
1999. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento del  
gandul (*Cajanus cajan*) var. 64-2B cultivo en el campo experimental de la  
facultad multidisciplinaria Oriental. Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador.  
Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. P. 49-55.
- 100.VILANOVA, J. R. 1985. Conceptos Fisiológicos sobre el crecimiento de los  
cultivos. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas.  
San Salvador, El Salvador. 6 P.
- 101.WAYNE, I. 1954. Horticultura y floricultura sin tierra. Trad. José Luis De La  
Loma. Hispanoamericana. México. P. 1 – 18.
- 102.QUINTANILLA QUINTANILLA, J. R. 1995. Efecto de la densidad de población  
y metodos de la labranza en la producción de dos ciclos Agrícolas del  
cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo el sistema de cultivo en  
callejones. Programa de estudio de posgrado. Centro Agronómico de  
Investigación y enseñanza. Subdirección General de enseñanza. Turrialba  
Costa Rica. P 15 – 16, 38 –39.
- 103.MAYEN VELÁSQUEZ, E. 1992. Efecto de densidades de siembras en el  
rendimiento y calidad de pepino (*Cucumis sativus*) conducido al suelo,  
bajo riesgo, en San Andrés, La Libertad, El Salvador Centroamérica.  
Tesis Ing. Agr. Ministerio de Agricultura y Ganaderia. Escuela de  
Agricultura Roberto Quiñónez. La Libertad. P 14 –17, 25- 48.

## 8. Anexos