



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGROPECUARIA**

“EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* Mill.) EN HIDROPONÍA APLICANDO
BIOESTIMULANTE JISAMAR EN EL
CANTÓN LA LIBERTAD”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

COLÓN ALFREDO REYES TIGSE

LA LIBERTAD – ECUADOR

2010

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGROPECUARIA**

“EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* Mill.) EN HIDROPONÍA APLICANDO
BIOESTIMULANTE JISAMAR EN EL
CANTÓN LA LIBERTAD”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO AGROPECUARIO

COLÓN ALFREDO REYES TIGSE

LA LIBERTAD – ECUADOR

2010

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Antonio Mora Alcívar

DECANO

Ing. Andrés Drouet Candell

DIRECTOR DE ESCUELA

Ing. Ángel León Mejía

PROFESOR DE ÁREA

Ing. Néstor Orrala Borbor

PROFESOR TUTOR

Abg. Milton Zambrano Coronado

SECRETARIO GENERAL PROCURADOR

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y sus autoridades, quienes me dieron la oportunidad de prepararme profesionalmente en esta prestigiosa institución para contribuir con el desarrollo socio – económico de nuestra región.

A la Facultad de Ciencia Agrarias, encabezada por el Ing. Antonio Mora Alcívar, donde me formé con profesionales de gran capacidad y recibí el apoyo invaluable para realizar mi trabajo de tesis.

Al Ing. Néstor Orrala Borbor, por su colaboración con sus consejos y conocimientos a lo largo de la carrera y llevar a feliz término este trabajo bajo su tutoría.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, que por medio del Proyecto de Desarrollo de Tecnología sobre nutrición en hortalizas para la producción viable en zonas irrigables con riesgo de salinización en la Península de Santa Elena, dirigido por el Ing. Eison Valdivieso y supervisado por la Ing. Carola Procel, colaboraron económica, académica y científicamente en la ejecución de esta investigación, mi más eterna gratitud.

A mis amigos de aula con los cuales compartí este largo camino hacia la consecución de este gran objetivo y quienes fueron gran soporte y ayuda a lo largo de la carrera; siempre los tendré en mi memoria.

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza para emprender este reto.

A la memoria de mis queridos padres, Carlos Reyes y Rosa Tigse, cuya huella imborrable de esfuerzo, entrega, trabajo, dedicación, amor y apoyo fue mi permanente inspiración para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos, quienes me alientan para seguir adelante en la consecución de nuevas metas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	5
2.1.1. Agroecología	5
2.1.2. Alteraciones en tomate	6
2.1.3. Agrotecnia	6
2.2. Lecturas de clorofila	10
2.3. Hidroponía	11
2.3.1. Generalidades	11
2.3.2. Sistemas hidropónicos	14
2.3.2.1. Sistemas hidropónicos en agua.....	14
2.3.2.2. Sistemas hidropónicos con sustratos	15
2.3.3. Sustratos o medios de cultivo	15
2.3.3.1. Propiedades y caracterización.....	15
2.3.3.2. Clases de sustrato	16
2.3.3.3. Propiedades de los sustratos	16
2.3.3.4. Propiedades físicas de los sustratos	17
2.3.3.5. Propiedades químicas de los sustratos	18
2.3.3.6. Manejo de los sustratos.....	19
2.3.3.7. Características del contenedor	20
2.3.4. Nutrición hidropónica	21
2.3.5. Solución hidropónica La Molina	23

2.3.5.1. Concentración de la solución nutritiva	23
2.4. Bioestimulantes.....	24
2.4.1. Hormonas vegetales o fitohormonas	25
2.4.1.1. Auxinas	25
2.4.1.2. Giberelinas.....	26
2.4.1.3. Citoquininas.....	26
2.4.2. Los aminoácidos	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Localización y descripción del lugar del ensayo	29
3.2. Materiales y equipos	29
3.3. Material vegetativo	30
3.4. Material experimental	33
3.4.1. Sustratos	33
3.4.2. Solución nutritiva	33
3.4.3. Bioestimulante Jisamar.....	34
3.5. Tratamientos y diseño experimental	35
3.5.1. Delineamiento experimental	35
3.6. Manejo del experimento	36
3.6.1. Preparación del sustrato.....	36
3.6.2. Preparación de la solución nutritiva	40
3.6.3. Semillero.....	40
3.6.4. Limpieza y delineamiento experimental	40
3.6.5. Trasplante	41
3.6.6. Riego con solución nutritiva.....	41
3.6.7. Poda	41
3.6.8. Tutorio	42
3.6.9. Aplicación de bioestimulante	42
3.6.10. Control fitosanitario.....	42
3.6.11. Cosecha.....	43
3.7. Variables experimentales	43
3.7.1. Variables agronómicas	43

3.7.1.1.	Altura de planta al primer racimo	43
3.7.1.2.	Número de frutos comerciales por planta	43
3.7.1.3.	Número de frutos afectados por deficiencia de calcio	43
3.7.1.4.	Diámetro polar y ecuatorial del fruto	43
3.7.1.5.	Peso de frutos comerciales	44
3.7.1.6.	Peso de frutos afectados por deficiencia de calcio	44
3.7.1.7.	Lecturas spad	44
3.7.1.8.	Volumen radical	44
3.7.1.9.	Rendimiento toneladas por hectárea	44
3.7.2.	Cuantificación química de tejido foliar	44
3.8.	Análisis económico	45
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1.	Resultados	46
4.1.1.	Parámetros agronómicos	46
4.1.1.1.	Altura al primer racimo	46
4.1.1.2.	Diámetro polar	47
4.1.1.3.	Diámetro ecuatorial	48
4.1.1.4.	Números de frutos comerciales	49
4.1.1.5.	Números de frutos con deficiencia de calcio	50
4.1.1.6.	Peso de frutos comerciales	51
4.1.1.7.	Peso de frutos con deficiencia de calcio	52
4.1.1.8.	Lecturas spad	53
4.1.1.9.	Volumen radical	54
4.1.1.10.	Rendimiento toneladas por hectárea	55
4.1.2.	Cuantificación química de tejido foliar	56
4.1.3.	Análisis económico	58
4.2.	Discusión.....	62
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Extracciones medias de nutrientes de algunas hortalizas	7
Cuadro 2. Rangos de suficiencia en tomate en campo abierto e invernadero	8
Cuadro 3. Unidades Spad determinadas en los fragmentos de hojas de tomate a diferentes niveles de clorosis	11
Cuadro 4. Comparación entre la producción en suelo e hidroponía en algunos cultivos	14
Cuadro 5. Niveles de salinidad determinada en el extracto de saturación del sustrato	19
Cuadro 6. Fertilizantes para hidroponía	22
Cuadro 7. Características agronómicas de híbridos Sakata	31
Cuadro 8. Características agronómicas de híbridos Hazera	32
Cuadro 9. Características agronómicas de híbrido Seminis	32
Cuadro 10. Características agronómicas de híbrido Enza Zaden	33
Cuadro 11. Riquezas garantizadas del bioestimulante Jisamar	34
Cuadro 12. Descripción de los tratamientos en ensayo de cultivo hidropónico de tomate	35
Cuadro 13. Análisis de la varianza	35
Cuadro 14. Control fitosanitario en el ensayo de tomate hidropónico	42
Cuadro 15. Comparación de medias, altura al primer racimo	46
Cuadro 16. Comparación de medias, diámetro polar	47
Cuadro 17. Comparación de medias, diámetro ecuatorial	48
Cuadro 18. Comparación de medias, número de frutos comerciales	49
Cuadro 19. Comparación de medias, número de frutos con deficiencia de calcio	50
Cuadro 20. Comparación de medias, peso de frutos comerciales	51
Cuadro 21. Comparación de medias, peso de frutos con deficiencia de calcio	52
Cuadro 22. Comparación de medias, lecturas spad	53
Cuadro 23. Comparación de medias, volumen radical	54

Cuadro 24. Comparación de medias, rendimiento. Toneladas por hectárea	55
Cuadro 25. Rangos de suficiencia utilizados por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, y rangos obtenidos en el ensayo de tomate hidropónico	57
Cuadro 26. Presupuesto parcial de los diferentes tratamientos del ensayo tomate hidropónico	60
Cuadro 27. Análisis de dominancia del ensayo de tomate hidropónico	61
Cuadro 28. Análisis marginal del ensayo de tomate hidropónico	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo	37
Figura 2. Dimensiones del área experimental y distribución de tomate en el campo	38
Figura 3. Diseño de unidad experimental de tomate	39
Figura 4. Rendimiento toneladas por hectárea, t/ha	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En un mundo superpoblado, con suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación, con climas cambiantes y persistentes requerimientos ecológicos de la población, la hidroponía, por sus especiales características, brinda nuevas posibilidades donde los cultivos tradicionales están agotados como alternativa.

Particularmente en las grandes urbes el ciudadano es afectado por dos factores convergentes: los precios de los alimentos vegetales que son, a medida que el tiempo avanza, comparativamente más caros que los productos industrializados y la dudosa e irregular calidad de los mismos. Este último aspecto pone a la salud del consumidor en un plano de vulnerabilidad y desprotección.

Durante muchos años los consumidores de Latinoamérica han estado protegidos contra los altos costos que tenía la alimentación en otras partes del mundo, a causa de la confluencia de varios factores positivos en su geografía agrícola, tales como la calidad de los suelos, la diversidad de climas, un adecuado régimen de lluvias, el bajo costo de producción y mercadeo, etc., que les permitió prescindir durante un largo período de la incorporación de las modernas técnicas de cultivo que se empleaban en los países mas avanzados del mundo, sin ver afectados sus intereses particulares. Por otro lado, los alimentos que llegaban a su mesa eran, casi sin excepción, de óptima calidad y sabor y gozaban de un aceptable estado sanitario.

Lamentablemente, la situación ha cambiado, ya no es una región de alimentos baratos y menos aún de alimentos de calidad confiable. Actualmente se utilizan pesticidas prohibidos en el resto del mundo por su altísima toxicidad y se carece

de los controles adecuados que aseguren el respeto a las normas vigentes en materia de sanidad vegetal. Un gran porcentaje de los alimentos que se consumen contienen elementos nocivos para la salud y, entre ellos, las verduras y frutas son las más expuestas.

Este cambio, induce a profundizar en las posibilidades de aplicación masiva de la hidroponía en la producción de verduras, como también frutas, plantas decorativas, florales, forraje para animales, etc.

El tomate es un cultivo que se ha realizado a nivel nacional tanto en los valles cálidos de la serranía como en el litoral. En la serranía se ha producido el tomate riñón de mesa y en el litoral el tomate industrial para la elaboración de pasta.

Sin restricciones se lo puede cultivar en una diversidad de lugares. Al momento existe una gran cantidad de variedades e híbridos que posibilitan la siembra de acuerdo a la demanda y en forma controlada; las zonas más representativas para producción al aire libre son: valle del río Portoviejo, península de Santa Elena, Balzar, Santa Isabel, Arenillas, Santa Rosa, Salcedo, Ambato, Pelileo, Guayllabamba, Ibarra, Pimampiro.

En el presente ensayo se estudiarán varios híbridos de tomate en un sistema de cultivo hidropónico, para observar su comportamiento y desarrollo en las condiciones de la península de Santa Elena.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Existe un notable interés en la hidroponía por parte de los aficionados hortícolas; pero la literatura disponible es escasa, adoleciendo en muchos casos de la falta de información sobre la adecuación a las condiciones del Ecuador, de recomendaciones de técnicas, materiales y métodos de cultivo hidropónico, el mismo que es de difícil implementación. El esfuerzo se lo centrará en transmitir

metodologías probadas, cuyos resultados, garanticen el éxito de los cultivos, con bajos costos de producción y al alcance tanto del aficionado como del profesional.

Este ensayo tiene como finalidad cultivar 10 híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empleando el sistema de cultivo hidropónico con sustrato, utilizando una solución nutritiva específica (solución hidropónica La Molina) y determinar el comportamiento agronómico bajo estas condiciones, así como su producción. También proponer una alternativa al cultivo tradicional, por lo que los resultados pueden ser una fuente de consulta para aquellos que quieran implementarlo como una técnica de producción.

Los híbridos Dominic, Daniela y Heatwave, están adaptados a las condiciones agrometeorológicas de la península de Santa Elena; los demás son de clima templado, pero es de mucho interés obtener datos sobre su comportamiento en las presentes condiciones, de tal manera que permita definir recomendaciones técnicas aplicables en la práctica o abrir nuevos campos para la investigación.

Además, el ensayo podría aportar, como beneficio a la sociedad, la mejora y conservación del medio ambiente, la oferta de productos alimenticios sanos y de alto valor nutritivo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar híbridos de tomate bajo sistema de cultivo hidropónico con sustrato aplicando bioestimulante en el cantón La Libertad.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el comportamiento agronómico de diez híbridos de tomate.

- Determinar el estado nutricional de los híbridos cultivados en hidroponía.
- Someter al análisis económico cada uno de los tratamientos.

1.4. HIPÓTESIS

Entre los diez híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) no se observan diferencias en su comportamiento agronómico cultivados en sistema hidropónico con sustrato bajo las condiciones del cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

2.1.1. AGROECOLOGÍA

RODRÍGUEZ R., TABARES JM. y MEDINA JA. (2001) expresan que la temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como la transpiración, fotosíntesis, germinación, etc., teniendo cada especie vegetal y en cada momento de su ciclo biológico, una temperatura óptima.

INFOAGRO (2002, en línea) señala que es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 15 y 17 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 30 – 35 °C afectan a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12 – 15 °C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas.

En referencia a la luminosidad, argumenta que valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta.

NUEZ F. (2001) define que la humedad relativa inferior al 90 % son deseables, pues valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas,

especialmente *botrytis*, siendo óptimos valores del 70 al 80 %.

UGÁS R. *et al.* (2000) indican que para el tomate son recomendables suelos sueltos, ricos en materia orgánica y bien drenados. Tolera ligera acidez y salinidad. Textura ideal, suelos francos y franco-arenosos, pH óptimo oscila entre 5 y 6,5.

2.1.2. ALTERACIONES EN TOMATE

LAZCANO I. (2002, en línea) puntualiza que uno de los principales problemas en la producción de tomate, en campo abierto o en invernadero, es la pudrición apical de la fruta asociada con la deficiencia de calcio (Ca). Esta condición se presenta cuando existe baja humedad relativa, en combinación con alta temperatura del aire y del suelo, incrementando la evapotranspiración y promoviendo un vigoroso crecimiento de la planta y el fruto y una mayor demanda de nutrientes. Lo anterior provoca la acumulación de Ca en las hojas, pero puede al mismo tiempo ocasionar deficiencia de este nutriente en los frutos, debido a que la movilidad del Ca dentro de la planta es baja y el crecimiento del fruto es muy intenso. De esta forma, la cantidad de Ca que llega al fruto no es suficiente para cubrir la demanda nutricional de las actuales variedades de alto rendimiento.

2.1.3. AGROTECNIA

Según la DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA CR. (1991, en línea), la preparación del suelo consiste en efectuar una arada y dos pases de rastra; luego con un surcador se hace el trazado de las eras o lomillos, según el tipo de tomate, las cuales deben tener una altura no mayor de 30 cm. La siembra es por trasplante; el semillero se realiza utilizando bandejas de germinación provistas de turba como sustrato.

PÉREZ GRAJALES M. y CASTRO BRINDIS R. (1999) argumentan que una plántula de tomate manejada a temperaturas de 22 a 24 °C, generalmente está lista para ser trasplantada a los 30 o 35 días después de la siembra o cuando cuenten con cuatro hojas verdaderas y, de preferencia, el tallo ligeramente lignificado.

DOMÍNGUEZ (1997), citado por UGÁS R. *et al* (2000), en el cuadro 1 presenta las extracciones medias de nutrientes de algunas hortalizas en estudios realizados en el Mediterráneo Español, utilizados como referencia por la Universidad La Molina.

Cuadro 1. Extracciones medias de nutrientes de algunas hortalizas

Hortalizas	Unidad de producción TM ha ⁻¹	Nitrógeno N kg ha ⁻¹	Fósforo P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Potasio K ₂ O kg ha ⁻¹
Cebolla	30	90	35	100
Melón	40	135	40	180
Pimiento de campo abierto	35	140	30	170
Pimiento de invernadero	70	250	75	350
Tomate de campo abierto	40	120	25	150
Tomate de invernadero	100	400	75	700

Fuente: Domínguez, 1997

SANDOVAL VILLA M. (s.f., en línea) indica los intervalos de suficiencia o rangos de suficiencia de nutrientes disponibles para el cultivo de tomate en campo abierto e invernadero, cuadro 2.

De acuerdo a CORPEÑO B. (2004, en línea), existen diversos sistemas de riego (gravedad, aspersión y goteo) y su uso depende de la disponibilidad de recursos, pendiente del terreno, textura de suelo, abastecimiento y calidad de agua.

**Cuadro 2. Rangos de suficiencia en tomate
en campo abierto e invernadero**

Cultivo	Estadío	Pecíolo (mg/L)		Hoja (g/kg ⁻¹ MS)	
		NO ₃ – N	K	N	K
Tomate campo	Primeras yemas	1000 – 1200	3500 – 4000	30 - 50	40 - 50
	Primeras flores abiertas	600 – 800	3500 – 4000	35 - 40	35 - 40
	Frutos 2 cm diam.	400 – 600	3000 – 3500	35 - 40	35 - 40
	Frutos 5 cm diam.	400 – 600	3000 – 3500	30 - 40	30 - 40
	Primera cosecha	300 – 400	2500 – 3000	25 - 35	25 - 35
	Segunda cosecha	200 – 400	2000 – 2500	20 - 35	20 - 30
Tomate invernadero	Trasplante a segundo racimo	1000 – 1200	4500 – 5000	40 - 60	40 - 50
	Segundo a quinto racimo	800 – 1000	4000 – 5000	40 - 50	35 - 40
	Cosecha	700 – 900	3500 – 4000	35 - 40	25 - 35

Fuente: Sandoval Villa M.

MONTES A. (1993) argumenta que los riegos deben ser bien abastecidos durante todo el cultivo. Prefiere riegos frecuentes y ligeros al principio, distanciados y pesados al final del cultivo (después de la fructificación).

BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA (1998) menciona particularidades como el marco de plantación que se establece en función al porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. Se puede llevar a surco simple, con distancias entre surco 1 – 1,40 metros y entre plantas 0,20 – 0,25 metros teniendo una densidad de 40 000 – 50 000 plantas por ha. Por otra parte se puede

utilizar surco doble con distancias entre surco 1,50 – 2,40 metros consiguiendo una densidad de 84 000 – 112 000 plantas por ha.

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA (2001) acota que el aporcado consiste en aplicar tierra al pie de la planta para estimular el desarrollo de nuevas raíces. Por lo general, se hacen dos aporques a la tercera y séptima semanas.

De acuerdo a INFOAGRO (2002, en línea), el tutoreo es para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

Sobre el destallado recalca que consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Los cortes deben ser limpios para evitar enfermedades. En épocas de riesgo es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida-bactericida cicatrizante, como pueden ser los derivados del cobre.

El deshojado es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas. El despunte de inflorescencias y aclareo de frutos se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad.

RODRÍGUEZ R., TABARES JM. y MEDINA JA. (2001) argumentan que en la poda, el tomate emite en todas sus axilas brotes y según la poda que se aplique se dejarán o no algunos de éstos.

Entre los tipos de poda más utilizados se pueden destacar:

- Poda a un tallo
- Poda en horqueta (dos tallos por planta)

- Poda Hardy
- Poda danesa

Además establecen que el despunte se puede realizar en distintos momentos, se trata de la eliminación de la última inflorescencia o inflorescencia terminal, según se quiera acelerar la precocidad y llenado de la fruta.

Según el PROMSA (2001, disco compacto), la cosecha ocurre a los 95 a 110 días, de forma manual, dos cosechas por semana durante 4 a 6 semanas. La producción alcanza 45 a 60 toneladas por hectárea. El punto de cosecha es cuando posee un 25 % de maduración, empacando para el mercado interno en cajas de madera con un peso de 20 a 22 kilos.

2.2. LECTURAS DE CLOROFILA

Según INFOAGRO (2002, en línea), la presencia de clorofila en las hojas de las plantas está estrechamente relacionado con las condiciones nutricionales de la planta. El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno (un importante nutriente) presente en la hoja. En algunas especies, un valor Spad alto indica una planta sana.

Krugh *et al.*, (1994) citado por RODRÍGUEZ MENDOZA M. *et al.* (1998, en línea), manifiesta que los valores Spad se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del medidor Spad y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada, y la absorbencia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 99,9, por lo que las unidades Spad serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas. Se observa en el cuadro 3 distintas unidades Spad determinadas en hojas de tomate.

Cuadro 3. Unidades Spad determinadas en los fragmentos de hojas de tomate a diferentes niveles de clorosis

Intervalo	Mínima	Máxima	Media
0 a 20,0	7,73	15,37	13,18
20,1 a 30,0	24,33	25,38	24,86
30,1 a 40,0	33,92	35,96	34,93
40,1 a 50,0	45,44	47,30	46,09
50,1 a 60,0	53,02	53,93	53,50

Fuente: RODRÍGUEZ MENDOZA M. *et al.*

2.3. HIDROPONÍA

2.3.1. GENERALIDADES

RECURSOS DE HIDROPONÍA EN ESPAÑOL (2007, en línea) indica que la palabra hidroponía deriva de las palabras griegas hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) y significa literalmente "trabajo en agua". En algunos casos, el término "hidroponía" es usado solo para describir sistemas basados en agua, pero en el sentido más amplio, es cultivo sin suelo. La hidroponía es la ciencia que estudia los cultivos sin tierra. Es una técnica que permite cultivar en pequeña o gran escala, sin necesidad de suelo como sustrato, incorporando los nutrientes (soluciones nutritivas) que la planta necesita para crecer a través del riego y efectivizar el cultivo.

FORTUNECITY (1999, en línea) resalta múltiples ventajas de los cultivos hidropónicos respecto de la agricultura tradicional en tierra. Entre los extraordinarios logros que se obtienen con esta técnica se pueden destacar los siguientes:

- Limitado por la iluminación; así es posible una mayor densidad de plantas iguales, lo que resulta en mayor cosecha por unidad de superficie.
- No existe preparación del suelo.
- No existen malas hierbas y por lo tanto no hay gastos al respecto.

- Prácticamente no hay insectos u otros animales en el medio de cultivo. Tampoco hay enfermedades en las raíces. No se precisa la rotación de cultivos.
- No existe stress hídrico; se puede automatizar en forma muy eficiente mediante un detector de humedad y control automático de riego. Se puede emplear agua con un contenido relativamente alto de sales, y el apropiado empleo del agua reduce las pérdidas por evaporación y se evita la percolación.
- Los fertilizantes se utilizan en pequeñas cantidades, y al estar distribuidos uniformemente (disueltos), permiten una absorción más homogénea por las raíces; además existe poca pérdida por lavado.
- Hay un control completo y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en las cantidades precisas. Además hay un buen control de pH, con facilidad para realizar muestras y ajustes.
- Si existe desbalance de nutrientes, este problema se soluciona en unos cuantos días.
- El fruto es firme, con una capacidad de conservación que permite a los agricultores cosechar la fruta madura y enviarla, a pesar de ello, a zonas distantes. Algunos ensayos han mostrado un mayor contenido de vitamina A en los jitomates cultivados bajo técnicas hidropónicas, respecto a los cultivados en tierra.
- La esterilización del medio se la puede realizar con vapor, fumigantes químicos en algunos de los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido Clorhídrico o Hipoclorito Cálcico. El tiempo para la esterilización es corto.
- Todas las labores pueden automatizarse, con la consiguiente reducción de gastos. No se usan además implementos agrícolas. En resumen: ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos.
- Posibilidad de emplear diversos sustratos de reducido costo, así como materiales de desecho.
- No se necesita, a pequeña escala, mano de obra calificada.

Así mismo, establece algunas desventajas del cultivo hidropónico:

- No existe una difusión amplia de lo que es la hidroponía.
- En plan comercial, el gasto inicial es relativamente alto.
- Para un manejo a nivel comercial, se requiere de cierto grado de conocimientos técnicos, combinado con la comprensión de Fisiología Vegetal, así como de Química Inorgánica.
- Se requiere cuidado con los detalles, teniendo conocimiento de la especie que se cultiva.

PÉREZ GRAJALES M. y CASTRO BRINDIS R. (1999) señalan que el momento de la cosecha varía dependiendo del cultivar empleado; por ejemplo, el cultivar Tequila que es de tipo saladette y de crecimiento indeterminado requiere de 90 a 100 días para realizar el primer corte y dura dos meses produciendo, mientras que el T-13 que es indeterminado y tipo bola, requiere de 100 a 110 días para empezar a producir y dura en producción 2,5 meses.

Así mismo, expresan que el rendimiento por planta y por unidad de superficie es muy variable, lo cual depende básicamente del hábito de crecimiento del tomate (determinado o indeterminado) y del número de racimos al que se manejan las plantas. Por ejemplo, el cultivar Big Steak tipo bola y de crecimiento indeterminado manejado a diez racimos y una altura de 2,5 metros, con un promedio de cinco frutos por racimo alcanza un rendimiento de 10 kilogramos por planta; con cinco plantas por m² tiene un rendimiento de 300 toneladas por hectárea por ciclo, con dos ciclos por año. Para el caso del material Tequila, que es tipo saladette, de crecimiento indeterminado, manejado a diez racimos y en promedio de diez frutos por racimo, y una altura de planta de 2,5 metros, también alcanza un rendimiento aproximado de diez kilogramos por planta y con cinco plantas por m² da un rendimiento similar al caso anterior y dos ciclos por año.

RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al.* (2004), luego de varias investigaciones con diferentes tipos de cultivos, señalan en el cuadro 4, diferencias sustanciales en

los rendimientos de cultivos realizados tanto en suelo como en cultivos hidropónicos.

Cuadro 4. Comparación entre la producción en suelo e hidroponía en algunos cultivos

Cultivo	Suelo		Hidroponía	
	Plantas/m ²	Rendimiento (ton/ha)	Plantas/m ²	Rendimiento (ton/ha)
Fresa	5	10 – 12	10 – 16	60 – 80
Papa	4	15 – 20	6 – 8	60 – 70
Tomate	6	30 – 40	2 – 3	150 – 200
Vainita	40	5 – 7	50 – 60	40 – 45
Yacón	2	25 – 30	4 – 5	60 – 80
	Plantas/m ²	Rendimiento (Docenas/ha)	Plantas/m ²	Rendimiento (Docenas/ha)
Lechugas	6	5 000	25	20 000

Fuente: RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al.*

2.3.2. SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Según RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al* (2004), existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, con funcionamiento manual o semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados.

Los sistemas hidropónicos se pueden dividir en dos categorías:

- a) Sistemas hidropónicos en agua y,
- b) Sistemas hidropónicos en sustratos.

2.3.2.1. Sistemas hidropónicos en agua

Recirculante o NFT

SAMPERIO RUÍZ G. (1997) manifiesta que este sistema consiste en hacer recircular en forma permanente una película fina constituida por una determinada cantidad de solución nutritiva, la cual permitirá tanto la respiración de las raíces (al aportarles oxígeno), como la absorción de los nutrientes y del agua durante el

periodo vegetativo de la planta. Esta película no deberá alcanzar una altura superior a los 5 o 7 centímetros desde la base del contenedor.

2.3.2.2. Sistemas hidropónicos con sustratos

Riego por goteo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA UNALM (2005, en línea) indica que la solución nutritiva y el agua es suministrada a cada planta a través de goteros conectados en mangueras de goteo de polietileno de color negro. El riego se hace aplicando pequeñas cantidades de solución nutritiva directamente en la zona radicular. El sistema es muy usado para la producción de cultivos de fruto como tomate, pimiento, melón, pepinillo y sandía.

2.3.3. SUSTRATOS O MEDIOS DE CULTIVO

2.3.3.1. Propiedades y caracterización

URRESTARAZU GAVILÁN M. (2000) sostiene que las técnicas culturales aplicadas en la producción vegetal han experimentado cambios rápidos y notables durante las cuatro últimas décadas en Europa, y más recientemente en España. Unido a estos cambios tecnológicos, se viene produciendo una sustitución gradual del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo hidropónico y en sustrato. Las principales razones de esta sustitución, son:

1. La necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro,
2. La existencia de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas, y
3. La fuerte intensificación cultural que facilita el cultivo sin suelo.

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier sustrato de cultivo es producir una planta/cosecha de calidad y abundante en el más corto periodo, con los más bajos costes de producción. En adición, la obtención y la eliminación del sustrato, una vez utilizado, no deberían provocar un impacto medioambiental de importancia.

2.3.3.2. Clases de sustrato

SAMPERIO RUÍZ G. (1997) afirma que los materiales que sirven de sustrato para el cultivo sin tierra pueden ser de origen diverso:

- a) Orgánicos, como la cascarilla de arroz, la viruta, el aserrín de madera, la cáscara de coco, etc.
- b) Naturales, destacando la grava, arena, piedra pómez, carbón mineral, piedra volcánica (como el basalto), perlita, vermiculita, ladrillo triturado o lana de roca; ésta es una combinación de roca basáltica y roca calcárea fundidas y puestas en un disco giratorio para obtener sólidos fibrosos, que son el sustrato.
- c) Sintéticos, como el hule espuma, el “tecnosport” y los pelets o esponjas de polipropileno (trozos de plástico), poliuretano, poliestireno, polietileno, etc.

2.3.3.3. Propiedades de los sustratos

Según ABAD citado por DURÁN JM., MARTÍNEZ E. y NAVAS LM. (2000, en línea), un buen sustrato debe reunir las siguientes propiedades físico-químicas:

- Gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, con objeto de que la planta extraiga el agua necesaria para sus funciones, con el menor gasto energético posible.
- Aireación suficiente, a fin de que el oxígeno disuelto en el agua no sea un factor limitante para el crecimiento y el buen funcionamiento del sistema radicular.

- Una granulometría (tamaño de partículas) equilibrada, que garantice el cumplimiento de las propiedades anteriormente mencionadas. El hecho de que la granulometría de un sustrato cambie con el tiempo, obliga a la renovación del sustrato después de un determinado número de años.
- Una densidad aparente baja, hace que el sustrato sea un producto ligero.
- Una porosidad elevada, que permita una buena aireación y una elevada capacidad de retención de agua.
- Una estructura estable, que impida la dilatación o contracción del medio.
- Una capacidad de intercambio catiónico compatible con el tipo de fertirrigación aplicado al cultivo: alta, si la fertirrigación es intermitente, y baja, si es permanente.
- Baja salinidad y alta disponibilidad de sustancias nutritivas asimilables.
- Poder tampón (capacidad de amortiguamiento), especialmente para mantener el pH del medio.
- Velocidad de descomposición lenta.
- Que esté libre de semillas o reservorios de plagas (insectos, larvas o huevos), enfermedades (hongos, bacterias), nematodos y otros patógenos o sus vectores.
- Que sea fácil de desinfectar y estable ante los agentes que se pueden utilizar para desinfectarlo (vapor de agua, solarización, productos fitosanitarios).
- Estable frente a cambios físicos (temperatura), químicos (pH) y ambientales.

2.3.3.4. Propiedades físicas de los sustratos

Según FECYT (2003, en línea), los sustratos tienen como principal misión suministrar un armazón -soporte físico- a las plantas, que les permita enraizar y mantenerse erguidas, y proporcionarles agua (H₂O), oxígeno (O₂) y nutrientes esenciales para mantener en equilibrio el metabolismo y la fisiología vegetal.

2.3.3.5. Propiedades químicas de los sustratos

Potencial hidrógeno, pH

RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al* (2004) aseguran que las plantas pueden sobrevivir en un amplio rango de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante el crecimiento y desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez y alcalinidad extremas. Se recomienda mantener el pH del sustrato dentro de un rango reducido a través de la aplicación de soluciones nutritivas ligeramente ácidas. El valor óptimo del pH del sustrato debe estar entre 5,5 y 7,0.

Salinidad

URRESTARAZU GAVILÁN M. (2000) hace referencia a la concentración de las sales solubles presentes en la solución del sustrato. Las causas que provocan un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar éste en el contenedor, son:

1. La presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta, cuando se mineralizan para producir nitratos o bien, cuando liberan sales mediante difusión, en cuantía superior a las cantidades absorbidas o lixiviadas,
2. Cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego o la solución nutritiva es superior a las cantidades absorbidas por la planta o las pérdidas por lixiviación, y
3. Cuando el sustrato presenta una elevada capacidad de intercambio catiónico y, al mismo tiempo, se descompone con el transcurso del cultivo, liberando nutrientes.

BUNT (1988), citado por URRESTARAZU GAVILÁN M. (2000), manifiesta en el cuadro 5, la interpretación de los niveles de salinidad.

Cuadro 5. Niveles de salinidad determinada en el extracto de saturación del sustrato (conductividad eléctrica, en $dS m^{-1}$)

< 0,74	Muy bajo.
0,75 – 1,99	Apropiado para germinación de semillas y crecimiento de plántulas.
2,00 – 3,50	Satisfactorio para la mayoría de los cultivos.
>3,50	Elevado para la mayoría de las plantas.

Fuente: BUNT (1988)

2.3.3.6. Manejo de los sustratos

Sustratos inorgánicos

RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al* (2004) argumentan que se recomienda lavar dos o tres veces con agua antes de sembrar las semillas o trasplantar un nuevo cultivo. En caso de sustratos contaminados, desinfectar con hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de lejía o blanqueador en 1 litro de agua) por 24 horas. El lavado puede realizarse directamente en el contenedor, tratando de eliminar los residuos del cultivo anterior.

Sustratos orgánicos

RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al* (2004) mencionan que estos sustratos requieren un tratamiento previo antes de su uso. La cascarilla de arroz requiere humedecerse con anticipación a la siembra o trasplante, porque inicialmente tiene una baja capacidad de retención de agua. El proceso de fermentación aeróbica, que se lleva a cabo durante períodos de 2 a 3 semanas, mejora sus propiedades. El humedecimiento total y continuas remociones del material son necesarios para

llevar a cabo el proceso de fermentación. Luego, realizar una desinfección con hipoclorito de sodio al 1 % enjuagar con agua y luego de 24 horas está lista para usar.

CALDERÓN SÁENZ F. (2002, en línea) indica entre las principales propiedades físico-químicas de la cascarilla de arroz, la baja tasa de descomposición, a más que es liviano, tiene buen drenaje, y aireación.

2.3.3.7. Características del contenedor

URRESTARAZU GAVILÁN M. (2000) explica que el crecimiento de las plantas y la calidad de su sistema radicular se ven fuertemente afectados por las características de los contenedores en que crecen aquéllas. El efecto de los contenedores sobre el crecimiento vegetal, viene mediado por: a) condiciones físicas, que afectan a las relaciones aire-agua del sustrato; y, b) condiciones químicas, relacionadas con el potencial nutritivo del volumen del sustrato.

A medida que disminuye la altura del sustrato en el contenedor, se reduce su capacidad de aireación. Para conseguir un buen drenaje y una aireación óptima, hay que elegir contenedores tan profundos como fuera posible, para cada situación particular.

El volumen del contenedor debe equipararse con el tamaño de la planta. Una planta grande crecerá más lentamente en un contenedor pequeño que en uno amplio. Es conveniente comprobar que el tamaño del contenedor no va a afectar los parámetros del crecimiento a medir.

En cuanto a la forma del contenedor, ésta debería guardar relación con el tipo de raíz de la planta a cultivar, que puede ser de crecimiento vertical en profundidad o de crecimiento lateral y superficial.

2.3.4. NUTRICIÓN HIDROPÓNICA

FILIPPETTI VH. (2008, en línea) establece que los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cobre (Cu), carbono (C), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). Cada uno tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta; su carencia se traduce en síntomas específicos, reflejados en la estructura de la planta.

Igualmente señala que a este conjunto de elementos químicos, se los divide en dos grupos: nutrientes principales, que son los que las plantas requieren en mayores cantidades, y los nutrientes menores, también llamados micronutrientes o elementos menores, que son tan esenciales como los primeros, pero requeridos solamente en cantidades ínfimas. Los que integran el primer grupo son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el azufre; los restantes, son los considerados micronutrientes: el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Según STEINER (1968), citado por LARA HERRERA A. (1998), la solución nutritiva consiste de agua con oxígeno y todos los nutrimentos en forma inorgánica. Eventualmente algunos compuestos orgánicos forman parte de la solución nutritiva, tal es el caso de varios quelatos de hierro y otros micronutrientes.

Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere solución nutritiva con características muy específicas. Las principales características que influyen en el crecimiento, desarrollo y calidad de los cultivos y sus productos de importancia económica son la relación mutua de los cationes K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , la relación mutua entre los aniones NO_3^- , $H_2PO_4^-$ y SO_4^{2-} , la concentración de iones (representada por el potencial osmótico) y el pH.

Según HORTICOM (2009, en línea) argumenta que un factor muy influyente en la composición cualitativa de la solución nutritiva final que precisa un cultivo determinado es su estado fenológico. En general las hortalizas que se cultivan para el aprovechamiento de sus frutos tienen incrementos importantes en el consumo de potasio a partir de los diez días anteriores a las primeras recolecciones. Esta característica está muy acusada en el caso del tomate.

Los cultivos que se hacen fuera de temporada y en invierno que no permiten optimizar los factores climáticos, sobre todo luz y temperatura, se observa que las plantas demandan soluciones nutritivas ligeramente distintas a las consideradas como óptimas para períodos climáticos favorables.

ALARCÓN VERA AL. (2008, en línea) menciona en el cuadro 6, las equivalencias entre la cantidad de los fertilizantes más comúnmente usados en hidroponía y los milimoles de los distintos nutrientes que aportan.

Cuadro 6. Fertilizantes para hidroponía

Iones (mmoles/g fertilizante)	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²
Ácido fosfórico 75 %	-	-	12,26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59 %	11,86	-	-	-	-	-	-
Nitrato de amonio 33.5 %	11,96	11,96	-	-	-	-	-
Nitrato de calcio 15.5 % N	10,29	0,78	-	-	4,74	-	-
Nitrato de potasio (13-0-46)	9,29	-	-	9,76	-	-	-
Sulfato de potasio (0-0-52)	-	-	-	11,04	-	-	5,93
Sulfato de magnesio 16 % MgO	-	-	-	-	-	3,97	3,96
Nitrato de magnesio 11 % N	7,86	-	-	-	-	3,90	-

Fuente: INFOAGRO (2008)

2.3.5. SOLUCIÓN HIDROPÓNICA LA MOLINA

RODRÍGUEZ DELFÍN A., HOYOS ROJAS M. y CHANG LA ROSA M. (2001) destacan sobre la solución hidropónica La Molina que fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La primera fórmula se obtuvo en 1993 y hasta la fecha, se han hecho varias modificaciones para mejorarla.

Con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú.

En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B. La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y poco calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

2.3.5.1. Concentración de la solución nutritiva

La solución nutritiva preparada con solución hidropónica La Molina tiene la siguiente concentración:

210 ppm K	1.00 ppm Fe
190 ppm N	0.50 ppm Mn
150 ppm Ca*	0.50 ppm B*
70 ppm S*	0.15 ppm Zn
45 ppm Mg*	0.10 ppm Cu
35 ppm P	0.05 ppm Mo

1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/litro

*incluye las cantidades que aporta el agua

No existe una solución nutritiva óptima para todos los cultivos, porque no todos tienen las mismas exigencias nutricionales, principalmente en nitrógeno, fósforo y potasio. La fórmula puede ser ajustada de acuerdo a los fertilizantes que se puedan conseguir en otros países.

2.4. BIOESTIMULANTES

FIGUEROA JP. (2007, en línea) describe a los bioestimulantes como moléculas con una amplia gama de estructuras; pueden estar compuestos por hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos (aa) y ácidos orgánicos. Son utilizados principalmente para incrementar el crecimiento y rendimiento de plantas, así como para superar periodos de estrés.

Las hormonas son moléculas orgánicas producidas en una región de la planta y que se trasladan hasta otra zona —o no— donde actúan sobre algún proceso fisiológico vital, a muy bajas dosis. Las estimuladoras o reguladoras de crecimiento son básicamente tres: auxinas, giberelinas y citoquininas. Otros dos grupos hormonales son el etileno y el ácido abscísico.

Algunos de los bioestimulantes de origen natural más usados en agricultura son derivados de algas marinas. Estos productos basan su éxito en la recuperación de los elementos hormonales y/o nutricionales de los cultivos acuáticos, para ser aplicados en los cultivos agrícolas. La bioestimulación apunta a entregar pequeñas dosis de compuestos activos para el metabolismo vegetal, de tal manera de ahorrarle a las plantas gastos energéticos innecesarios en momentos de estrés. De esta forma se logra mejorar largo de brotes, cobertura foliar, profundidad de los sistemas radiculares, etc.

Argumenta MINEIRO BON AD. (s.f., en línea), que la aplicación de bioestimulantes ejerce un efecto positivo en los indicadores: altura de la planta,

masa fresca de la raíz, diámetro del fruto y también la masa fresca del fruto. Los rendimientos agrícolas se incrementan con la aplicación de bioestimulantes.

2.4.1. HORMONAS VEGETALES O FITOHORMONAS

MARASSI MA. (2008, en línea) argumenta que el desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos: luz, nutrientes, agua y temperatura, entre otros, e internos: hormonas.

Así mismo menciona que las hormonas se han definido como compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por debajo de la de otros compuestos (nutrientes, vitaminas); en dosis más altas los afectarían. Regulan procesos de correlación, es decir que, recibido el estímulo en un órgano, lo amplifican, traducen y generan una respuesta en otra parte de la planta.

Además, establece que las fitohormonas pueden promover o inhibir determinados procesos:

- Dentro de las que promueven una respuesta existen 4 grupos principales de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe fuertes propiedades de regulación del crecimiento en plantas. Se incluyen grupos principales: auxinas, giberelinas, citoquininas y etileno.
- Dentro de las que inhiben: el ácido abscísico, los inhibidores, morfotinas y retardantes del crecimiento. Cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta.

2.4.1.1. Auxinas

MACEDA A. y GONZÁLEZ I. (2008, en línea) indican que su función biológica es la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Tanto si son sintéticas como naturales son las responsables de los siguientes procesos:

1. Dominancia del brote principal e inhibición de la ramificación lateral.
2. Estimulación del crecimiento apical de toda la planta.
3. Diferenciación de los vasos conductores (xilema y floema).
4. Inhibición de la caída de las hojas y de los frutos.
5. Estimulación de la formación de raíces adventicias.
6. Tropismos.

2.4.1.2. Giberelinas

FIGUEROA JP. (2007, en línea) expresa que son compuestos sintetizados en todas las partes de la planta, especialmente en hojas jóvenes, encontrándose grandes cantidades en las semillas.

SALISBURY FB. y ROSS CW. (1992) menciona efectos fisiológicos:

- Suelen estimular el crecimiento y elongación de tallos.
- Rompen los periodos de latencia en semillas y yemas en muchas especies (árboles y arbustos perennes y de hoja caduca).
- Suplen la necesidad que tienen algunas especies (hortícolas en general) de un periodo inductivo frío si están a punto de florecer o para hacerlo más pronto (vernalización).
- Estimulación de germinación de varias especies y movilizan las reservas para el crecimiento inicial de la plántula, especialmente en granos de cereales.
- Retardan el envejecimiento (senescencia) de hojas y frutos de cítricos.
- Provocan el desarrollo de frutos partenocárpicos (sin semilla) en algunas especies, lo que sugiere su participación normal en el crecimiento del fruto.

2.4.1.3. Citoquininas

LIRA SALDÍVAR RH. (2000) hace referencia que las citoquininas son hormonas

que activan la división celular y regulan la diferenciación de los tejidos. Sus niveles son máximos en órganos jóvenes (semillas, frutos y hojas), y en los ápices de las raíces; comercialmente se utilizan para estimular el crecimiento de la fruta, provocar raleo e inducir la brotación lateral de yemas.

2.4.2. LOS AMINOÁCIDOS

FIGUEROA JP. (2007, en línea) indica que los aminoácidos (aa) son moléculas orgánicas ricas en nitrógeno y constituyen las unidades básicas de las proteínas. También son el punto de partida para la síntesis de otros compuestos, tales como vitaminas, nucleótidos y alcaloides.

Por otra parte menciona que al ser aplicados en forma foliar, los aa son rápidamente asimilados y transportados. Dada su forma más compleja, la planta ahorra energía al no tener que sintetizarlos. De ahí su importancia como compuestos antiestrés. Los aa libres serían promotores del crecimiento y están indicados como vigorizantes en los periodos críticos de los cultivos, como en árboles recién trasplantados o en la floración y cuajado de frutos. También resulta provechosa su aplicación en la recuperación de daños producidos por estrés hídrico, heladas, granizos y plagas.

* * * * *

La literatura consultada justifica la necesidad de llevar a cabo este proyecto ya que la hidroponía es considerada como un sistema de producción agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social. Dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos.

En la agricultura convencional del Ecuador actualmente se utilizan pesticidas prohibidos en el resto del mundo por su altísima toxicidad; al mismo tiempo se

carece de los controles adecuados que aseguren el respeto a las normas vigentes en materia de sanidad vegetal. Un gran porcentaje de los alimentos que se consumen contienen elementos nocivos para la salud, entre ellos, las verduras y frutas son las más expuestas.

Bajo las normativas que se implementan en la agricultura actual, la hidroponía aporta como beneficio a la sociedad, la mejora y conservación del medio ambiente, la oferta de productos alimenticios sanos y de alto valor nutritivo. Así mismo, ofrece grandes ventajas en producción y densidad poblacional de plantas siendo una excelente alternativa para mejorar los ingresos.

Este cambio, induciría a profundizar en las posibilidades de aplicación masiva de la hidroponía en la producción de otro tipo de verduras, como también frutas, plantas decorativas, florales, forraje para animales, etc.

La implementación de bioestimulantes apunta a entregar pequeñas dosis de compuestos activos para el metabolismo vegetal, de tal manera de ahorrarle a las plantas gastos energéticos innecesarios en momentos de estrés. De esta forma se logra mejorar largo de brotes, cobertura foliar, profundidad de los sistemas radiculares, etc.

En el Ecuador, especialmente en la península de Santa Elena, la hidroponía como sistema de cultivo no es muy conocida; existe escasa literatura disponible, adoleciéndose en muchos casos, de la falta de datos de adecuación a las condiciones del país. Los objetivos trazados en esta investigación, al mismo tiempo que proponen una alternativa al cultivo tradicional, sus resultados pueden ser una fuente de consulta para aquellos que quieran implementarlo como sistema de producción limpia.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL ENSAYO

El experimento se realizó en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena en las instalaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). Su ubicación geográfica es: 2°13'55.83'' de latitud sur y 80°52'33.30'' de longitud oeste.

La zona en estudio posee una altitud aproximada de 10 metros sobre el nivel del mar; clima cálido seco, con vegetación de desierto tropical. Temperatura promedio 24 °C, temperatura máxima 39,5 °C en invierno y temperatura mínima 15,6 °C en verano; precipitación promedio anual 200 milímetros, concentrándose las lluvias en los meses de enero a abril mientras que el resto del año es seco. Humedad relativa 81,6 %.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

Se utilizó para el ensayo los siguientes materiales y equipos:

Materiales

- Fundas plásticas
- Galoneras
- Tijeras para podar
- Tanques plásticos de 200 y 50 L
- Tanque plástico de 500 L
- Caña guadua
- Alambre
- Rafia

- Baldes
- Bandejas de germinación
- Sistema completo de riego (mangueras, goteros, conectores, filtro, etc.)
- Cascarilla de arroz
- Arena gruesa
- Fertilizantes
- Martillo
- Plástico
- Clavos
- Turba

Equipos

- Balanza electrónica
- Bomba de mochila a presión
- Equipo para fumigación
- Calibrador vernier
- Calculadora
- Flexómetro
- Probeta de 1 000 ml
- Medidor de clorofila marca MINOLTA
- Libro de campo
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Hojas tamaño A4

3.3. MATERIAL VEGETATIVO

Las características de los híbridos utilizados en el experimento (Sakata, Hazera, Seminis y Enza Zaden), constan en los cuadros 7, 8, 9 y 10. Los materiales Hazera y Seminis son recomendados para nuestra región, mientras que los híbridos Sakata y Enza Zaden son utilizados de preferencia en regiones de clima templado.

Cuadro 7. Características agronómicas de híbridos Sakata

Características	Híbridos					
	Sheila	Jennifer	Titán	Rebeca	Lana	Michelle
Tipo	Redondo, indeterminado larga vida	Salada, indeterminado larga vida	Redondo, indeterminado larga vida	Redondo, indeterminado larga vida	Salada, indeterminado larga vida	Indeterminados frutos larga vida
Frutos	Uniformes	Excelente calidad	Uniformes	Alta precocidad, más concentración cosecha, excelente productividad	Alta productividad y precocidad. Excelente calidad	Uniformes, ideal para campo abierto
Peso	200 – 240 g	200 – 250 g	200 – 240 g	180 – 220 g	180 – 200 g	240 – 260 g
Resistencia	Raza 1 de Verticillium wilt (<i>Verticillium dahliae</i>), razas 1 y 2 de Fusarium wilt (<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. lycopersici</i>) y estirpe 1 de Tomato mosaic virus (ToMV)	<i>Verticillium dahliae</i> raza 1 (Vd1), <i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. lycopersici</i> raza 1 y 2 (Fol1 e Fol2), Tomato mosaic virus (ToMV) estirpe Tm1, <i>Meloidogyne javanica</i> y <i>Meloidogyne incognita</i> razas 1,2,3 y 4 (Nematóide)	Raza 1 de Verticillium wilt (<i>Verticillium dahliae</i>), razas 1 y 2 de Fusarium wilt (<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. lycopersici</i>) y estirpe 1 de Tomato mosaic virus (ToMV)	Raza 1 de Verticillium wilt (<i>Verticillium dahliae</i>), raza 2 de Fusarium wilt (<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. lycopersici</i>) y estirpe 1 de Tomato mosaic virus (ToMV)	<i>Verticillium dahliae</i> raza 1 (Vd1), <i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. lycopersici</i> raza 1 y 2 (Fol1 e Fol2), Tomato mosaic virus (ToMV) estirpe Tm1	Virus del mosaico del tomate. Fusarium 1-2. Verticillium 1, TSWVY. Nematodos.
Cosecha	110 – 130 días	-	110 – 130 días	110 – 130 días	-	
Transporte	Excelente – larga distancia	-	Excelente – larga distancia	Excelente – larga distancia	-	

Cuadro 8. Características agronómicas de híbridos Hazera

Características	Híbridos	
	Daniela	Dominique
Tipo	Achatado, indeterminado larga vida	Achatado, indeterminado larga vida
Frutos	Excelente calidad	Excelente producción
Peso	120 – 180 g	130 – 200 g
Resistencia	Fusarium wilt, race 1	Fusarium wilt, race 1, Fusarium wilt, race 2, Verticillium wilt, Nemátodos, Tomato mosaic virus
Cosecha		
Transporte		

Cuadro 9. Características agronómicas de híbrido Seminis

Características	Híbrido
	Heatwave
Tipo	Indeterminado, muy productivo
Frutos	Excelente calidad, color rojo intenso. Gran adaptabilidad a diferentes zonas y épocas.
Peso	200 – 230 g
Cantidad	13 000 – 15 000 plantas
Resistencia	V1 (<i>Verticillium albo-atrum</i> v. <i>dahliae</i> raza 1), F1 e F2 (<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> razas 1 e 2), Nematóide, ToMV (Tomato Mosaic Virus) e ASC (<i>Alternaria alternata</i> f.sp. <i>lycopersici</i>)
Cosecha	88 días
Producción	55 000 kg aproximadamente
Transporte	Excelente – larga distancia

Cuadro 10. Características agronómicas de híbrido Enza Zaden

Características	Híbrido
	Elpida
Tipo	Indeterminado, precocidad, uniformidad, sabor destacado. Color rojo intenso
Frutos	Frutos semi-redondos aplanados, buena firmeza.
Peso	240 – 260 g
Resistencia	Alta Resistencia: ToMV (Tomato Mosaic Virus), Va (Verticillium albo-atrum), Vd (Verticillium dahliae), Fol 0,1 (Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici), For (Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici), Ma (Meloidogyne arenaria), Mi (Meloidogyne incognita), Mj (Meloidogyne javanica) Resistencia moderada: On (Oidium neolycopersici)
Propósito	Invernadero - Campo abierto

3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.4.1. SUSTRATOS

Sustrato combinado en las siguientes proporciones:

- Cascarilla de arroz + arena de río (85% + 15%).

3.4.2. SOLUCIÓN NUTRITIVA

La solución hidropónica utilizada fue La Molina desarrollada por la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima – Perú, cuyos componentes son:

- **Solución concentrada A:**

(para 10 litros de agua, volumen final)	Cantidad
Nitrato de potasio	1100,0 g
Nitrato de amonio o sulfonitrato	700,0 g
Superfosfato triple	300,0 g

➤ **Solución concentrada B:**

(para 5 litros de agua, volumen final)	Cantidad
Sulfato de magnesio	150,0 g
Fetrilom – Combi	30,0 g
Ácido bórico	3,0 g

3.4.3. BIOESTIMULANTE JISAMAR

El Bioestimulante Jisamar es un fertilizante especial NPK con aminoácidos y boro, especialmente para aplicación foliar, conteniendo aminoácidos libres, principalmente prolina, glicina y lisina, que tienen efecto directo sobre floración y cuajado de frutos. Además, contiene extracto de algas puro, *Ascophyllum Nodosum* al 25,2 % p/v, ricas en fitohormonas naturales de origen vegetal, entre ellas citoquininas, auxinas y giberelinas que unidas al fósforo hacen que el producto sea muy indicado para la floración, cuaje y maduración de frutos.

Es compatible con los productos fitosanitarios y nutricionales a excepción de los que sean de carácter muy ácido. Los contenidos nutrimentales se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Riquezas garantizadas del bioestimulante Jisamar

Aminoácidos libres.....	5,30 % p/p
Extracto de algas.....	20,50 % p/p
Materia orgánica.....	24,00 % p/p
Nitrógeno total (N).....	5,80 % p/p
Nitrógeno amoniacal.....	0,40 % p/p
Nitrógeno ureico.....	4,30 % p/p
Nitrógeno orgánico.....	1,10 % p/p
Anhídrido fosfórico (P ₂ O ₅) soluble en agua.....	2,50 % p/p
Óxido de potasio (K ₂ O) soluble en agua.....	3,80 % p/p
Boro (B) soluble en agua.....	0,14 % p/p

Fuente: JILOCA INDUSTRIAL S.A.

3.5. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluaron diez híbridos de tomate con cuatro repeticiones. A cada híbrido se trató con bioestimulante y el diseño utilizado fue completamente al azar. Las medias de los tratamientos fueron comparadas según la prueba de Tukey al 5 %. Los cuadros 12 y 13, detallan los tratamientos y el análisis de varianza, respectivamente. Las figuras 1, 2 y 3 describen la distribución de los tratamientos en el campo, las dimensiones del área experimental y el diseño de la unidad experimental respectivamente.

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos en ensayo de cultivo hidropónico de tomate

Tratamientos	Híbridos
1	Jennifer
2	Rebeca
3	Sheila
4	Titán
5	Lana
6	Michelle
7	Daniela
8	Dominique
9	Heatwave
10	Elpida

Cuadro 13. Análisis de la varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos $t - 1$	9
Error Experimental $t(r - 1)$	30
Total $tr - 1$	39

3.5.1. DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

- Diseño: Completamente al azar

- Tratamientos: 10
- Repeticiones: 4
- Total de unidades experimentales: 40
- Área de parcela: 1,6 m²
- Área útil de parcela: 1,6 m²
- Distancia entre hilera: 0,5 m
- Distancia entre plantas: 0,4 m
- Número de plantas por sitio: 1
- Número de hileras: 2
- Número de plantas por unidades experimentales: 8
- Número de plantas por hileras: 16
- Total de plantas del experimento: 320
- Área útil del experimento: 64 m²
- Área neta del experimento: 118,5 m²
- Área total del experimento: 160 m²

3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.6.1. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

- En un tanque de 200 L, colocar tres cuartos de cascarilla de arroz y agregar agua hasta completar su capacidad. Cada 2 días cambiar el agua con la finalidad de fermentar aeróbicamente y humedecer la cascarilla; este proceso duró 20 días. Luego de este tiempo extender la cascarilla sobre plásticos, secar y retirar cualquier material extraño.
- La arena de río fue cernida con una malla metálica para obtener gránulos pequeños, las piedras grandes o cualquier otro material fue descartado.

Una vez obtenidos los productos, se mezcló 85 % cascarilla y 15 % arena, usando 320 fundas de polietileno de 26 x 40 cm.

REPETICIONES

TRATAMIENTOS

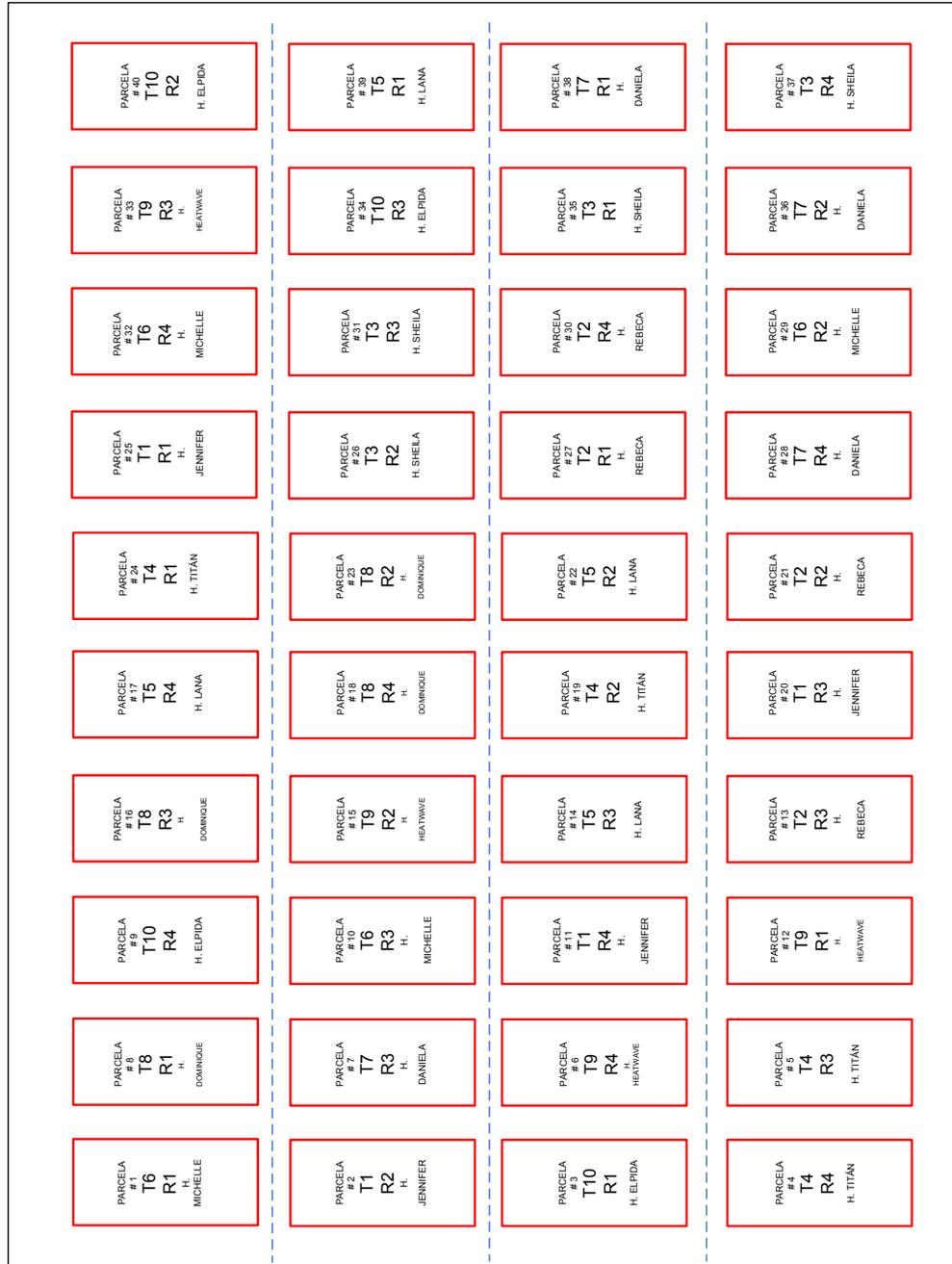


Figura 1. Distribución de los tratamientos (híbridos de tomate) en el campo.

La Libertad, 2009.

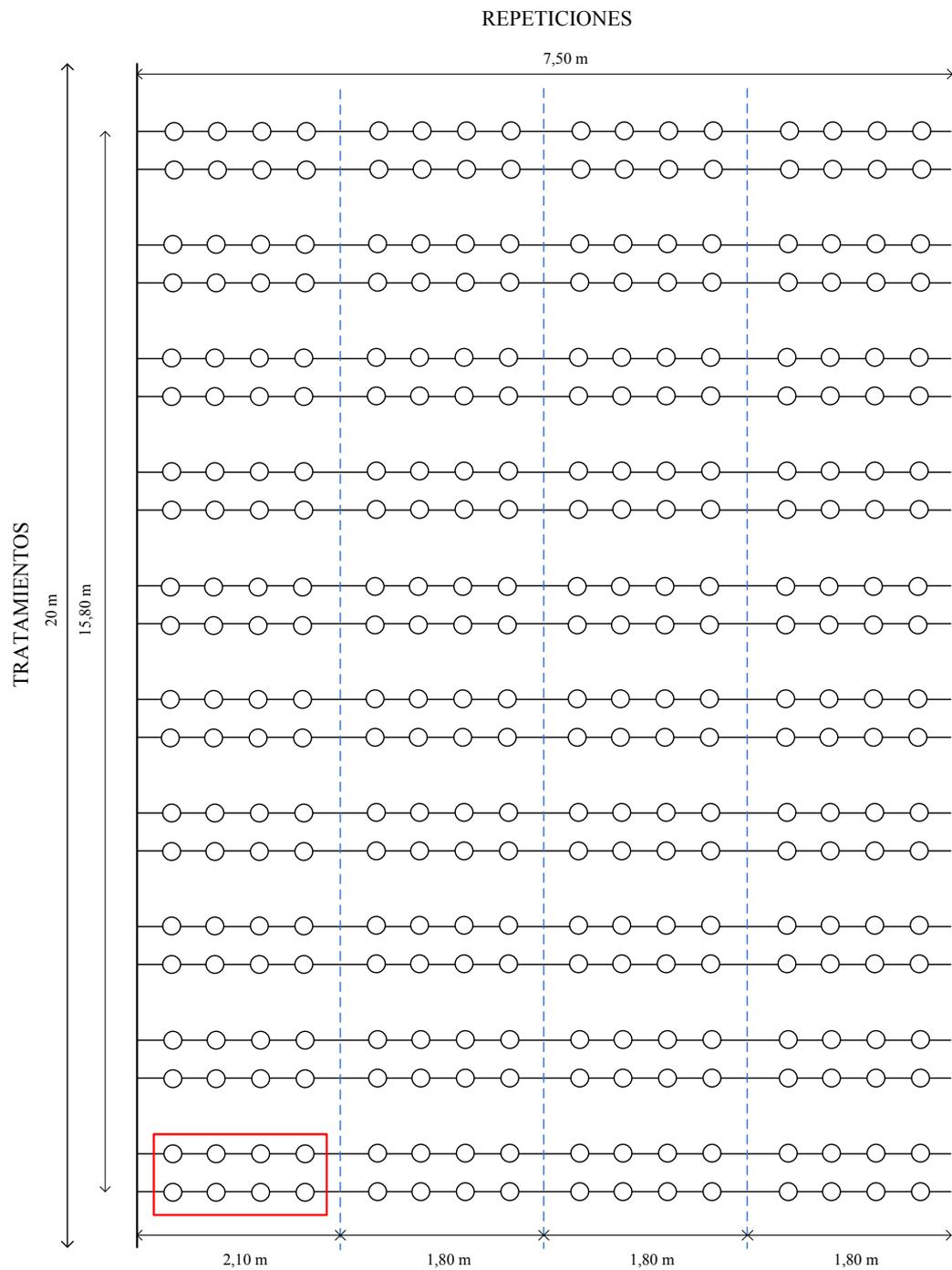


Figura 2. Dimensiones del área experimental y distribución de tomate en el campo. La Libertad, 2009.

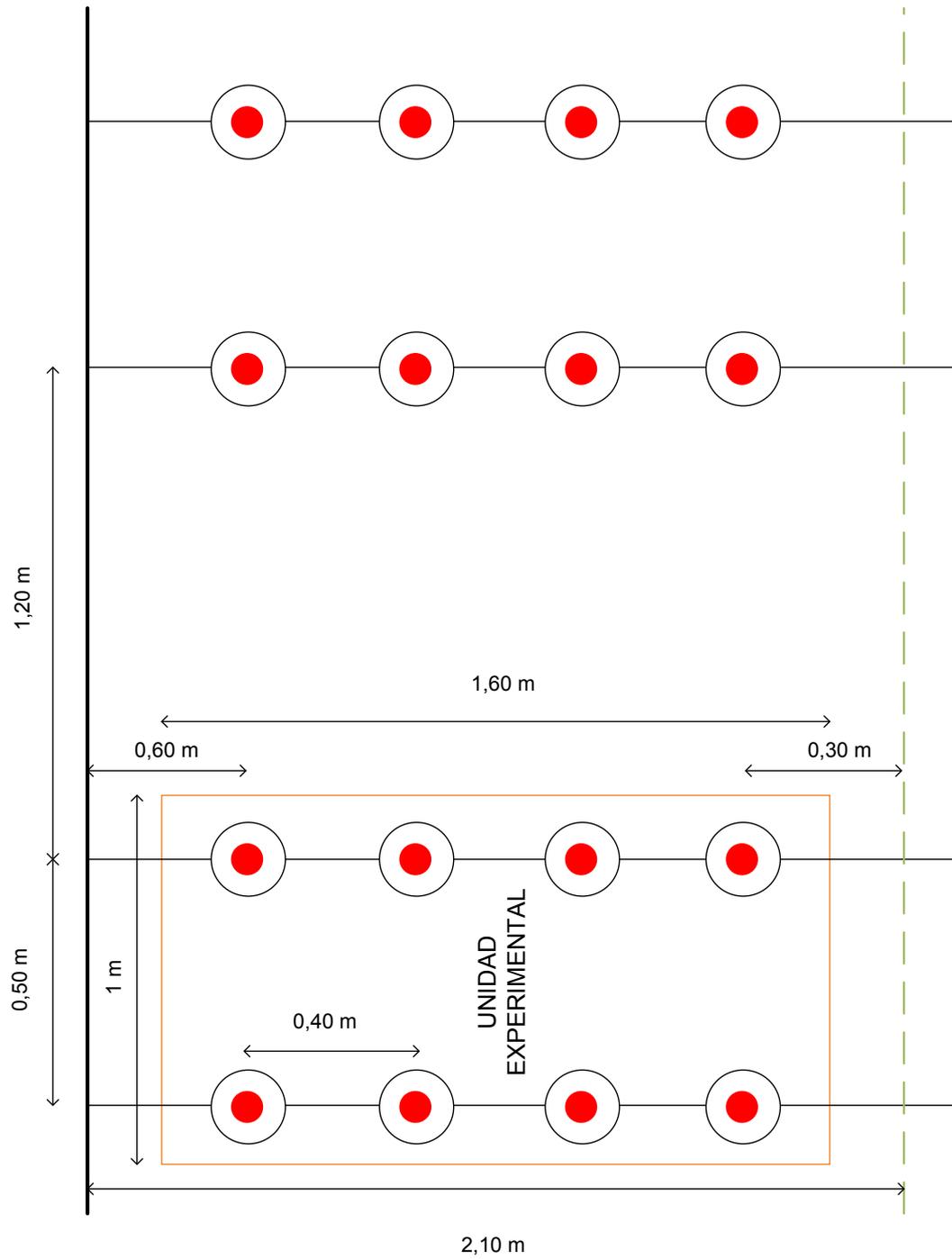


Figura 3. Diseño de unidad experimental de tomate. La Libertad, 2009.

3.6.2. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Con las cantidades de fertilizantes mencionadas en el literal 3.4.2 se preparó las soluciones A y B. Para preparar un litro de solución nutritiva, mezclar 5 ml de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B en un litro de agua agitando previamente las soluciones concentradas. Completar la solución nutritiva agregando 1 ml de quelato de hierro por litro de agua. Si se desea preparar 20, 50, 100 o más litros de solución nutritiva, aplicar la misma relación.

Así mismo, para bajar el pH del agua se utilizó 2 ml de ácido cítrico por litro de agua.

3.6.3. SEMILLERO

En bandejas germinadoras de 128 hoyos se sembraron 2 híbridos distintos por bandeja, 60 semillas de cada uno, utilizando en total 5 bandejas germinadoras. Mezclando cloro con agua se desinfectaron las bandejas y colocando turba en las cavidades se humedeció para luego introducir la semilla a una profundidad no mayor a la mitad del tamaño de la semilla. El riego fue en la mañana y tarde durante toda esta etapa. Control fitosanitario de manera manual, eliminando cotiledones afectados. Siembra realizada el 3 de octubre del 2008.

3.6.4. LIMPIEZA Y DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

Se realizó la limpieza del terreno, medición, y estaquillado del área experimental. De acuerdo al diseño de campo previsto, se colocaron las fundas con sustrato, rotulando las parcelas, tratamientos y repeticiones. Cada unidad experimental midió 1,6 m de largo por 1 m de ancho, es decir 1,6 m², área total del experimento, 160 m².

3.6.5. TRASPLANTE

A los 23 días, posterior a la siembra, se realizó el trasplante al presentar las plántulas 4 hojas verdaderas. De cada híbrido se tomaron 32 plantas para trasplantar y el resto quedó para resiembra. Se suspendió el riego 2 días antes para que la turba se compacte y evitar que la plántula salga a raíz desnuda. En las fundas el sustrato se humedeció, haciendo un agujero y colocando una plántula por funda.

3.6.6. RIEGO CON SOLUCIÓN NUTRITIVA

Al inicio del cultivo, luego del trasplante, en los 3 primeros días se utilizó la solución nutritiva con la mitad de la dosis descrita para un litro de agua, usando 2,5 ml de solución A, 1 ml de solución B y 0,5 ml de quelato de hierro. Posteriormente, hasta el final del cultivo se utilizó la dosis completa. Se empezó con 40 cc por planta al día en 2 frecuencias de riego. A medida que la planta creció se incrementó el riego hasta llegar a una base de 2 litros por planta al día y, luego de la décima cosecha, bajar la dosis de riego un 25 %, es decir, 1,5 litros por planta al día, cuando la producción descendió hasta el final del ensayo. Un día a la semana se hacía lavado de sales utilizando solamente agua.

3.6.7. PODA

Las plantas fueron llevadas a dos guías, eliminando las yemas axilares (chupones) regularmente cada semana hasta llegar al décimo racimo floral momento en que se realizó el corte de la yema apical (despunte). Además, hubo podas de hojas senescentes para mejorar la aireación y penetración de luz en la parte inferior de las plantas, y finalmente recoger los restos.

3.6.8. TUTOREO

Para el tutorio se utilizaron cañas de 3 m de longitud, enterradas 0,50 m en el suelo; las plantas fueron amarradas con rafia al alambre que se tendió a una altura de 2,10 m y fijados a ángulos metálicos en los extremos. Para mayor seguridad se apuntalaron las cañas al suelo.

3.6.9. APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTE

Vía foliar post-trasplante y luego cada 15 días en cantidades de 1 cc/L hasta la primera floración. Después de la primera floración, cada 15 días utilizando 1,5 cc/L hasta la aparición del décimo racimo floral.

3.6.10. CONTROL FITOSANITARIO

En el cuadro 14 se detalla el control de plagas y enfermedades que incidieron en el tomate.

Cuadro 14. Control fitosanitario en el ensayo de tomate hidropónico

Número de aplicaciones	Productos	Dosis/ha	Agente de control
3	Neem-X	750 cc	Minadores (<i>Liriomyza sp.</i>), Lepidópteros (<i>Spodoptera spp.</i>).
	Polo	500 cc	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>).
2	Carbin	500 cc	Gusano del cuerno (<i>Manduca sexta</i>).
	Match	200 cc	Plusia.
	Newmectin	100 cc	Pulgones (<i>Aphis gossippi</i> , <i>Myzus persicae</i>).
	Nimrod	100 cc	Oídio (<i>Oidium sp.</i>).
	Fitoraz	1 kg	Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).
2	Ridomil	1,5 kg	Lancha negra (<i>Phytophthora infestans</i>).
	Actara	0,4 kg	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>), Negrita (<i>Prodiplosis longifila</i>).
	Hachero	600 cc	Tristeza (<i>Phytophthora capsici</i>) Podredumbre gris (<i>Botrytis cinerea</i>).
1	Sensei	100 cc	Negrita (<i>Prodiplosis longifila</i>).

3.6.11. COSECHA

Primera cosecha a los 88 días después de la siembra, de los frutos maduros o pintones que tuvieran el tamaño y calibre adecuados para el mercado. En total se realizaron 15 cosechas.

3.7. VARIABLES EXPERIMENTALES

3.7.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

3.7.1.1. Altura de planta al primer racimo

Medido desde la base del cuello de la planta hasta el primer racimo, expresado en centímetros.

3.7.1.2. Número de frutos comerciales por planta

Número de frutos comerciales por planta de quince cosechas de cada material vegetativo.

3.7.1.3. Número de frutos afectados por deficiencia de calcio

Obtenidos en el momento de la cosecha de cada híbrido y sumados en todas las cosechas.

3.7.1.4. Diámetro polar y ecuatorial del fruto

Diámetro polar y ecuatorial medido con calibrador Vernier y expresado en centímetros.

3.7.1.5. Peso de frutos comerciales

Peso de los frutos comerciales cosechados por planta de cada unidad experimental y expresado en gramos.

3.7.1.6. Peso de frutos afectados por deficiencia de calcio

Peso de los frutos afectados por deficiencia de calcio y expresado en gramos.

3.7.1.7. Lecturas spad

En hojas del tercio medio, es decir, ni senescentes ni muy jóvenes, con un medidor Spad se tomaron las lecturas de concentración de clorofila de cada una de las plantas de las unidades experimentales.

3.7.1.8. Volumen radical

Al final del experimento se sacó del sustrato cada una de las plantas, lavando las raíces y limpiándolas para luego sumergirlas en una probeta de 1 000 ml. Se colocó agua en la probeta hasta 500 ml y por desplazamiento se midió el volumen radical expresado en mililitros.

3.7.1.9. Rendimiento toneladas por hectárea

Peso de todos los frutos comerciales cosechados obteniendo el peso en kilogramos por planta y derivado a toneladas por hectárea.

3.7.2. CUANTIFICACIÓN QUÍMICA DE TEJIDO FOLIAR

Se tomaron muestras foliares a la primera cosecha de los híbridos para la cuantificación de los macro y micro elementos N, P, K, Ca, Mg, S expresado en

porcentajes; Zn, Cu, Fe, Mn, B en ppm.

3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

La metodología que se usó para el análisis económico es la del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988), que sugiere el análisis por medio de presupuesto parcial, análisis de dominancia, beneficio neto y tasa de retorno marginal.

Esta metodología permite a los investigadores utilizar los resultados obtenidos en los ensayos, para formular recomendaciones a los agricultores a partir de datos agronómicos. Una recomendación es información que el agricultor puede utilizar para mejorar la productividad de sus recursos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. PARÁMETROS AGRONÓMICOS

4.1.1.1. Altura al primer racimo

El tratamiento 10, híbrido Elpida obtuvo la mayor altura con 37,33 cm; mientras el tratamiento 5, híbrido Lana la menor altitud, 29,46 cm, (cuadro 15).

Sometidos los resultados al análisis de la varianza (cuadros 5A, 6A) y realizada la prueba de Tukey al 5 %, los tratamientos presentaron diferencias significativas obteniéndose cinco grupos estadísticos, (cuadro 7A).

Coefficiente de variación de 5,49 % y media general de 32,81 cm.

**Cuadro 15. Comparación de medias, altura al primer racimo, cm.
La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Media
10	Elpida	37,33 a
6	Michelle	35,56 a b
1	Jennifer	33,69 b c
7	Daniela	33,06 b c d
2	Rebeca	32,97 b c d
3	Sheila	32,43 c d
8	Dominique	31,93 c d e
9	Heatwave	31,17 c d e
4	Titán	30,49 d e
5	Lana	29,46 e
Media general		32,81

4.1.1.2. Diámetro polar

Efectuados los promedios de la variable diámetro polar, los resultados se describen en el cuadro 16, expresados en centímetros.

El diámetro mayor se consiguió en el tratamiento 6, híbrido Michelle con 5,46 cm y; por el contrario, el más bajo lo obtuvo el tratamiento 7, híbrido Daniela con 4,75 cm.

Interpretado el análisis estadístico (cuadros 8A, 9A), la prueba de Tukey corroboró que existen diferencias significativas en el diámetro polar al 5 % de probabilidad de error, estableciéndose cinco grupos estadísticos (cuadro 10A).

Coefficiente de variación de 2,69 % media general 5,25 cm.

**Cuadro 16. Comparación de medias, diámetro polar, cm.
La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
6	Michelle	5,46 a
9	Heatwave	5,45 a
3	Sheila	5,43 a
1	Jennifer	5,39 a b
10	Elpida	5,38 a b
4	Titán	5,36 a b c
2	Rebeca	5,20 b c
5	Lana	5,16 c d
8	Dominique	4,97 d
7	Daniela	4,75 e
Media general		5,25

4.1.1.3. Diámetro ecuatorial

Los resultados obtenidos en esta variable se presentan en el cuadro 17, expresados en centímetros.

El tratamiento 9 que corresponde al híbrido Heatwave presentó el resultado más alto con 6,63 cm, mientras que el valor más bajo en esta variable fue el tratamiento 2 híbrido Rebeca.

Como lo muestra el análisis de la varianza (cuadros 11A, 12A), Tukey identificó diferencias significativas entre los tratamientos al 5 % consiguiendo la variable cinco grupos estadísticos (cuadro 13A).

El coeficiente de variación es 3,12 % y la media general 6,14 cm.

**Cuadro 17. Comparación de medias, diámetro ecuatorial, cm.
La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
9	Heatwave	6,63 a
1	Jennifer	6,46 a b
10	Elpida	6,36 a b
6	Michelle	6,34 b
5	Lana	6,22 b c
3	Sheila	6,02 c d
4	Lana	5,96 c d e
8	Dominique	5,96 c d e
7	Daniela	5,74 d e
2	Rebeca	5,69 e
Media general		6,14

4.1.1.4. Número de frutos comerciales

Los resultados se muestran en el cuadro 18. El tratamiento 7, híbrido Daniela obtuvo el mayor número de frutos comerciales con 34,97 frutos, y el tratamiento 10 que corresponde al híbrido Elpida consiguió el número más bajo con 8,62 frutos comerciales.

Tal como se desprende del análisis estadístico (cuadros 14A, 15A) la prueba de Tuckey al 5%, determina diferencias significativas entre los materiales evaluados, con cinco grupos estadísticos (cuadro 16A).

El coeficiente de variación es 26,97 % media general de 18,03 frutos.

**Cuadro 18. Comparación de medias, número de frutos comerciales.
La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
7	Daniela	34,97 a
2	Rebeca	29,48 a
6	Michelle	21,31 b
5	Lana	19,51 b c
1	Jennifer	15,68 b c d
4	Titán	14,66 b c d e
8	Dominique	13,69 c d e
3	Sheila	11,83 d e
9	Heatwave	10,59 d e
10	Elpida	8,62 e
Media general		18,03

4.1.1.5. Número de frutos con deficiencia de calcio

Los resultados en la variable frutos con deficiencia de calcio se describen en el cuadro 19.

El híbrido Elpida fue el tratamiento que logró el valor más alto con 19,70 frutos con deficiencia, mientras que el tratamiento 1, híbrido Jennifer, tuvo el valor menor con 0,96.

Los resultados analizados estadísticamente (cuadros 17A, 18A) muestran, luego de la prueba de Tukey, diferencias significativas al 5 %. En esta variable se consiguieron cinco grupos estadísticos (cuadro 19A).

Coefficiente de variación es 40,30 % la media general 9,42.

Cuadro 19. Comparación de medias, número de frutos con deficiencia de calcio. La Libertad, 2009.

Tratamientos	Híbridos	Medias
10	Elpida	19,70 a
3	Sheila	18,33 a
4	Titán	15,06 a b
7	Daniela	11,57 b c
8	Dominique	10,21 b c
9	Heatwave	7,94 c d
6	Michelle	4,12 d e
2	Rebeca	4,06 d e
5	Lana	2,26 e
1	Jennifer	0,96 e
Media general		9,42

4.1.1.6. Peso de frutos comerciales

Los resultados de la variable peso de frutos comerciales se detallan en el cuadro 20, expresados en gramos.

Se evidencia que el tratamiento 7, híbrido Daniela, consiguió el mejor resultado con 2 894,05 g; por el contrario, el tratamiento 10, híbrido Elpida presenta el menor valor 1 033,12 g.

El análisis de los promedios (cuadros 20A, 21A) determinó diferencias significativas entre los tratamientos, notándose seis grupos estadísticos según Tukey (cuadro 22A).

El coeficiente de variación es 28,83 % media general de 1 838,34 g.

**Cuadro 20. Comparación de medias, peso de frutos comerciales, g.
La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
7	Daniela	2 894,05 a
2	Rebeca	2 718,25 a b
6	Michelle	2 416,82 a b c
5	Lana	2 077,74 b c d
1	Jennifer	1 874,93 c d e
4	Titán	1 532,14 d e f
9	Heatwave	1 378,36 d e f
3	Sheila	1 239,86 e f
8	Dominique	1 218,13 e f
10	Elpida	1 033,12 f
Media general		1 838,34

4.1.1.7. Peso de frutos con deficiencia de calcio

Promediados los resultados en esta variable se especifican en el cuadro 21, expresados en gramos.

Tratamiento 10 que corresponde al híbrido Elpida se muestra con el mayor valor obtenido con 1 085,24 g, en tanto que el tratamiento 1, híbrido Jennifer consiguió el más bajo con 61,43 g.

Realizado el análisis de la varianza (cuadros 23A, 24A) y sometidas las medias a la prueba de Tukey al 5 % se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos consiguiendo seis grupos estadísticos (cuadro 25A).

El coeficiente de variación de 36,85 % y media general de 530,60 g.

Cuadro 21. Comparación de medias, peso de frutos con deficiencia de calcio, g. La Libertad, 2009.

Tratamientos	Híbridos	Medias
10	Elpida	1 085,24 a
3	Sheila	886,72 a b
4	Titán	741,52 b c
9	Heatwave	649,49 b c d
7	Daniela	597,87 c d
8	Dominique	564,16 c d
6	Michelle	367,33 d e
2	Rebeca	224,92 e f
5	Lana	127,37 e f
1	Jennifer	61,43 f
Media general		530,60

4.1.1.8. Lecturas spad

Para medir esta variable se utilizó un medidor de clorofila (SPAD), con el objetivo de conocer los porcentajes de N en la biomasa de las hojas del tomate. Sus resultados se muestran en el cuadro 22.

Se observa que el tratamiento 8 tiene el valor más alto, híbrido Dominique con 65,39 y el tratamiento 2, híbrido Rebeca el más bajo con 59,46.

El análisis de los resultados de las lecturas spad (cuadros 26A, 27A) ponen en evidencia que en este indicador no hay un efecto diferencial significativo entre los tratamientos según la prueba de Tukey al 5 % (cuadro 28A).

Coefficiente de variación es 4,83 % media general de 62,29.

**Cuadro 22. Comparación de medias, lecturas spad.
La Libertad, 2008.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
T8	Dominique	65,39 a
T5	Lana	63,59 a
T9	Heatwave	62,98 a
T6	Michelle	62,82 a
T7	Daniela	62,34 a
T10	Elpida	62,16 a
T4	Titán	61,97 a
T1	Jennifer	61,73 a
T3	Sheila	60,48 a
T2	Rebeca	59,46 a
Media general		62,29

4.1.1.9. Volumen radical

Los resultados de la variable volumen radical se especifican en el cuadro 23, expresados en mililitros.

El tratamiento 10, híbrido Elpida, presentó el mejor desarrollo radicular con 289,58 ml; por el contrario, el desarrollo más bajo es para el híbrido Dominique con 132,13 ml.

Tal como se observa en el análisis de la varianza (cuadros 29A, 30A) no existe diferencia significativa según Tukey al 5 % de probabilidad de error entre los tratamientos (cuadro 31A).

El coeficiente de variación es 28,09 % y la media general 211,18 ml.

**Cuadro 23. Comparación de medias, volumen radical, ml.
La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
T10	Elpida	289,58 a
T1	Jennifer	233,75 a
T7	Daniela	233,44 a
T3	Sheila	228,99 a
T9	Heatwave	222,29 a
T4	Titán	202,80 a
T2	Rebeca	202,79 a
T6	Michelle	197,92 a
T5	Lana	168,13 a
T8	Dominique	132,13 a
Media general		211,18

4.1.1.10. Rendimiento toneladas por hectárea

Los resultados de los rendimientos se muestran en el cuadro 24 y figura 4, expresados en toneladas por hectárea.

El mayor promedio lo consiguió el tratamiento 7, que corresponde al híbrido Daniela con 96,95 t/ha y el menor lo estableció el tratamiento 10, híbrido Elpida con 34,61 t/ha.

De acuerdo con el análisis de la varianza, para la variable rendimiento (cuadros 32A, 33A) y efectuada la prueba de Tukey se encontró diferencias significativas entre los tratamientos al 5 % registrándose seis grupos estadísticos (cuadro 34A).

Coefficiente de variación es 28,83 % la media general de 61,58 t/ha.

**Cuadro 24. Comparación de medias, rendimiento.
Toneladas por hectárea, t/ha. La Libertad, 2009.**

Tratamientos	Híbridos	Medias
7	Daniela	96,95 a
2	Rebeca	91,06 a b
6	Michelle	80,96 a b c
5	Lana	69,61 b c d
1	Jennifer	62,81 c d e
4	Titán	51,33 d e f
9	Heatwave	46,18 d e f
3	Sheila	41,54 e f
8	Dominique	40,81 e f
10	Elpida	34,61 f
Media general		61,58

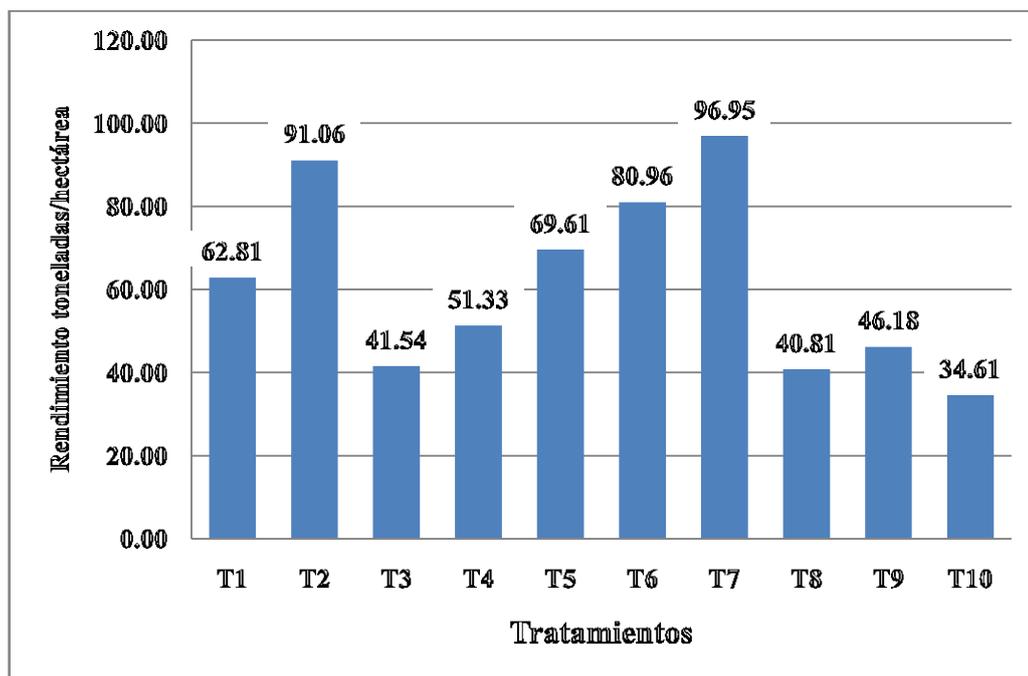


Figura 4. Rendimiento toneladas por hectárea, t/ha. La Libertad, 2009.

4.1.2. CUANTIFICACIÓN QUÍMICA DE TEJIDO FOLIAR

Para estudiar la composición de las hojas se realizaron muestreos foliares a la primera cosecha en todas las plantas de las parcelas en estudio, cuyos resultados están descritos en los cuadros 1A, 2A, 3A y 4A.

El cuadro 25, muestra los rangos obtenidos de cada uno de los nutrientes en todas las parcelas, al igual que los rangos de suficiencia utilizados en INIAP para compararlos y determinar si los niveles de nutrimentos eran aceptables.

Los rangos obtenidos en los diferentes híbridos en los elementos mayores van de aceptables a excesivos, excepto en el azufre que osciló entre deficiente a aceptable. En los elementos menores el cobre, hierro y boro indican niveles excesivos en todos los híbridos; zinc y manganeso valores aceptables.

Cuadro 25. Rangos de suficiencia utilizados por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, y rangos obtenidos en el ensayo de tomate hidropónico realizado en La Libertad, Santa Elena, 2009

Ensayo tomate hidropónico en La Libertad, Santa Elena, 2009

Híbridos	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Jennifer	5,50 – 6,90	0,44 – 0,57	2,50 – 3,20	1,77 – 2,70	0,40 – 0,51	0,18 – 0,23	24 – 40	41 – 52	359 – 465	106 – 186	95 – 112
Rebeca	5,60 – 7,30	0,43 – 0,52	2,96 – 3,96	1,56 – 2,46	0,34 – 0,54	0,19 – 0,69	23 – 46	36 – 65	295 – 431	113 – 135	86 – 92
Sheila	5,50 – 5,80	0,44 – 0,50	3,15 – 3,75	2,37 – 2,47	0,51 – 0,55	0,34 – 0,60	37 – 44	41 – 54	250 – 437	139 – 164	72 – 93
Titán	4,90 – 6,60	0,40 – 0,52	2,46 – 3,12	1,83 – 2,48	0,39 – 0,53	0,19 – 0,23	24 – 35	39 – 60	278 – 538	87 – 176	84 – 94
Lana	5,60 – 6,00	0,36 – 0,56	2,99 – 3,43	1,90 – 2,45	0,45 – 0,54	0,12 – 0,50	24 – 46	39 – 50	265 – 398	129 – 203	95 – 116
Michelle	5,60 – 6,70	0,50 – 0,75	3,08 – 5,33	1,67 – 3,27	0,40 – 0,54	0,19 – 0,69	23 – 44	9 – 54	335 – 434	72 – 183	91 – 99
Daniela	5,50 – 6,60	0,43 – 0,50	2,70 – 4,16	1,76 – 2,62	0,36 – 0,54	0,19 – 0,68	23 – 39	38 – 64	353 – 583	112 – 139	79 – 95
Dominique	4,50 – 6,60	0,48 – 0,52	2,78 – 3,07	2,06 – 2,31	0,44 – 0,46	0,19 – 0,22	24 – 33	35 – 48	334 – 562	116 – 163	82 – 84
Heatwave	4,50 – 6,50	0,42 – 0,54	2,37 – 2,82	2,48 – 4,01	0,46 – 0,58	0,24 – 0,80	32 – 44	48 – 64	386 – 536	193 – 249	74 – 132
Elpida	4,60 – 6,50	0,37 – 0,43	2,39 – 3,66	1,74 – 3,70	0,41 – 0,71	0,17 – 0,37	21 – 217	31 – 48	237 – 613	94 – 147	84 – 112

Utilizados por el Laboratorio de Suelos y Aguas INIAP Boliche, 2005

Cultivo	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Tomate	4,00 – 6,00	0,25 – 0,75	2,90 – 5,00	1,00 – 3,00	0,40 – 0,60	0,40 – 1,20	20 – 50	5 – 20	40 – 200	40 – 250	25 – 60

4.1.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

La metodología del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988), en el análisis económico de trabajos investigativos similares al realizado, considera los siguientes aspectos:

- El presupuesto parcial (rendimiento bruto, rendimiento ajustado que en el ensayo es 2% menos que el rendimiento medio, beneficio bruto, costos variables, los beneficios netos)
- El análisis de dominancia (incluye los costos que varían y beneficios netos)
- El análisis marginal (costos que varían, costos marginales, beneficios netos, beneficios netos marginales, tasa de retorno marginal)
- La tasa de retorno mínima aceptable se considera 100% para el presente estudio.

En el análisis económico el costo por jornal \$ 8, el rendimiento fue expresado en cajas de 23 kilos y el costo de la caja valorado en \$ 0,25. También se establecieron diversos precios de venta (alto, medio y bajo) para determinar un valor promedio que fue de \$ 9 la caja de tomate.

En el cuadro 26 se detalla el presupuesto parcial que muestra el comportamiento económico de los tratamientos expresado en dólares. El tratamiento con mayor beneficio bruto y neto fue el tratamiento 7 con \$ 33 957,13 y \$ 31 747,13 respectivamente; mientras que el menor, el tratamiento 10 con \$ 12 122,02 y \$ 10 592,02.

El mismo cuadro muestra el rendimiento ajustado, que es el rendimiento bruto reducido en un 2 %, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y lo que el agricultor podría lograr con ese mismo tratamiento en condiciones normales.

Los únicos costos que varían en el ensayo son los costos de semilla ya que todos los tratamientos recibieron el mismo procedimiento en cuanto a utilización de fertilizantes presentes en la solución nutritiva u otros elementos que necesitaron los híbridos en el transcurso de su ciclo vegetativo.

En el cuadro 27 el análisis de dominancia ordena los tratamientos de menor a mayor de acuerdo a los totales de los costos que varían. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. Todos los tratamientos dominados se eliminan y no se tienen en cuenta en el análisis subsiguiente. Este análisis solo se hizo para los tratamientos que comprendían los híbridos Heatwave, Rebeca y Daniela, ya que fueron los únicos que no son dominados.

La tasa de retorno marginal se calcula, tomando el beneficio neto marginal (es decir, el aumento en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresada en un porcentaje. El cuadro 28 muestra el análisis marginal indicando que la tasa de retorno marginal para el tratamiento 9 respecto al 2 es 2 993 % y 504 % para el tratamiento 7 con relación al tratamiento 2; significa que por cada dólar que se invierte al pasar del tratamiento 9 al 2 hay un retorno de \$ 29,93; y de \$ 5,04 en el segundo caso.

Cuadro 26. Presupuesto parcial de los diferentes tratamientos del ensayo tomate hidropónico, La Libertad, Santa Elena, 2009

Rubros	Tratamientos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rendimiento bruto (t/ha)	62,81	91,06	41,54	51,33	69,60	80,96	96,95	40,81	46,18	34,61
Rendimiento ajustado al 2 % (t/ha)	61,55	89,24	40,70	50,30	68,21	79,34	95,01	39,99	45,25	33,92
Beneficio bruto (\$/ha)*	21 999,37	31 894,41	14 547,78	17 977,32	24 379,02	28 357,60	33 957,13	14 292,84	16 172,90	12 122,02
Costos que varían (\$)**	2 541,50	1 868,30	2 439,50	2 476,90	2 514,30	2 575,50	2 210,00	2 380,00	1 360,00	1 530,00
Beneficio neto (\$/ha)	19 457,87	30 026,11	12 108,28	15 500,42	21 864,72	25 782,10	31 747,13	11 912,84	14 812,90	10 592,02

* El precio promedio de venta es \$ 9,00 la caja de 23 kg o \$ 391,30 la tonelada. En el presupuesto parcial hay que considerar los costos de cosecha que en este caso son \$ 0,75 por caja o \$ 32,60 la tonelada.

** Los únicos costos que varían en el ensayo son los correspondientes al valor de la semilla de los cultivares.

**Cuadro 27. Análisis de dominancia del ensayo de tomate hidropónico,
La Libertad, Santa Elena, 2009. Dólares**

Tratamientos	Híbridos	Costos que varían	Beneficios netos (\$/ha)
9	Heatwave	1 360,00	14 812,90
10	Elpida	1 530,00	10 592,02 D
2	Rebeca	1 868,30	30 026,11
7	Daniela	2 210,00	31 747,13
8	Dominique	2 380,00	11 912,84 D
3	Sheila	2 439,50	12 108,28 D
4	Titán	2 476,90	15 500,42 D
5	Lana	2 514,30	21 864,72 D
1	Jennifer	2 541,50	19 457,87 D
6	Michelle	2 575,50	25 782,10 D

**Cuadro 28. Análisis marginal del ensayo de tomate hidropónico,
La Libertad, Santa Elena, 2009. Dólares**

Tratamientos	Costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal (%)
9	1 360,00		14 812,90		
		508		15 213,21	2 993
2	1 868,30		30 026,11		
		342		1 721,02	504
7	2 210,00		31 747,13		

4.2. DISCUSIÓN

El ensayo se realizó entre los meses de octubre del 2008 a marzo del 2009 con temperaturas variables; en los meses de octubre y noviembre se mantuvieron en un promedio de 27 °C, entre los límites adecuados para el desarrollo del cultivo; mientras que en los meses posteriores hubo incidencia de elevadas temperaturas superiores a los 30 °C y lluvias esporádicas que afectaron el rendimiento y normal desarrollo del cultivo, confirmando lo que destaca INFOAGRO (2002, en línea) al expresar que temperaturas superiores a los 30 – 35 °C afectan a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular.

La aplicación del bioestimulante Jisamar en todos los tratamientos, no incidió de manera positiva en las variables número de frutos, peso, diámetro ecuatorial y polar, para que los híbridos consigan un buen rendimiento, lo que se contrapone a lo expresado por MINEIRO BON AD. (s.f., en línea), que indica que los bioestimulantes ejercen un efecto positivo en los indicadores: altura de planta, masa fresca de la raíz, diámetro del fruto y también la masa fresca del fruto. De igual forma, los híbridos no alcanzaron los promedios mencionados por las casas comerciales.

En varios híbridos hubo un considerable número de frutos con deficiencia de calcio, siendo el híbrido Elpida el más afectado, probablemente debido a las elevadas temperaturas por una parte y al estrés hídrico que soportaron las plantas por la lámina de riego utilizada en el ensayo; esto corrobora el planteamiento de LAZCANO I. (2002, en línea), afirmando que cuando existe alta temperatura del aire y del suelo, incrementa la evapotranspiración y promueve un vigoroso crecimiento de la planta y el fruto y una mayor demanda de nutrientes. Lo anteriormente dicho provoca la acumulación de Ca en las hojas, pero puede al mismo tiempo ocasionar deficiencia de este nutriente en los frutos, debido a que la

movilidad del Ca dentro de la planta es baja y el crecimiento del fruto es muy intenso.

Los rangos de nitrógeno y potasio foliar, va de 4,50 a 7,30 % y 2,37 a 4,16 %, respectivamente; que se contrapone a lo expuesto por SANDOVAL VILLA M. (s.f., en línea), que indica un rango entre 2,50 a 3,50 % N y 3,50 a 4,00 % K en cultivo a campo abierto y 3,50 a 4,00 % N y 2,50 a 3,50 % K en tomate de invernadero. No obstante, los rangos de suficiencia utilizados por INIAP , que van de 4,00 a 6,00 % en el caso del N y 2,90 a 5,00 % en el K, con los cuales fueron comparados los resultados del ensayo, oscilan en niveles de aceptables a ligeramente excesivos para el primer caso y porcentajes de deficientes a aceptables, en el segundo.

Las lecturas de clorofila obtenidas muestran una relación directa con la concentración de nitrógeno en las hojas, confirmando lo expuesto por INFOAGRO (2002, en línea), que señala que el contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno presente en la hoja. Los resultados no son similares a los obtenidos por RODRÍGUEZ MENDOZA M. *et al.* (1998, en línea) cuyos valores máximos medios fueron de 53,50 mientras que en el ensayo alcanzaron los 62,29.

Los rendimientos alcanzados por los híbridos de tomate llevados a dos guías son más bajos que los descritos por RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al* (2004) en investigaciones efectuadas por la Universidad Nacional Agraria La Molina en tomate bajo sistema hidropónico; pero, por encima de la producción obtenida por el mismo cultivo en el suelo, destacando en esta variable el híbrido Daniela con una producción de 96,95 t/ha seguido por Rebeca con 91,06 t/ha, mientras que los promedios más bajos fueron para el híbrido Elpida 34,61 t/ha.

El análisis marginal determina que el tratamiento 9 obtuvo el menor beneficio neto con \$ 14 812,90, el tratamiento 2 con \$ 30 026,11 y el tratamiento que

consiguió el mayor beneficio neto fue el 7 con \$ 31 747,13 considerándolo como el tratamiento más recomendable en este ensayo.

Los resultados obtenidos en el ensayo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empleando sistema hidropónico con sustrato aplicando bioestimulante Jisamar bajo las condiciones del cantón La Libertad, demostraron diferencias significativas entre los híbridos en las variables agronómicas analizadas, lo que permite rechazar la hipótesis planteada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A la vista de los resultados obtenidos, tanto de producción como características agronómicas y químicas, las conclusiones más importantes del presente ensayo se las destaca a continuación:

- Existieron diferencias significativas en la variable rendimiento, sobresaliendo los híbridos Daniela, Rebeca y Michelle estadísticamente iguales con 96,95, 91,06 y 80,96 t/ha, respectivamente, mostrando mejor adaptabilidad que los demás híbridos a las condiciones de cultivo hidropónico sembrados en sustrato de cascarilla de arroz más arena.
- La utilización del sustrato en porcentaje de cascarilla de arroz 85 % y arena de río 15 %, favoreció que todos los híbridos obtuvieran un desarrollo homogéneo de las raíces como expresan los análisis estadísticos. Sin embargo, es posible que haya incidido en el bajo rendimiento, las elevadas temperaturas imperantes durante el desarrollo del ensayo, no resultando suficiente las láminas de riego programadas, provocando estrés hídrico; teniendo en consideración que se necesita un correcto aprovechamiento de los nutrientes aportados en la solución nutritiva.
- En general, si bien las variables agronómicas presentaron diferencias significativas entre los híbridos estudiados, éstas están por debajo de los datos presentados por diferentes autores, de tal forma que incidieron en los bajos rendimientos, que en el mejor de los casos alcanzó apenas 96,95 t/ha, en comparación con lo que cita la bibliografía para cultivos hidropónicos, es decir, entre 150 y 200 t/ha.
- La mayor cantidad de frutos afectados por deficiencia de calcio se presentaron en el híbrido Elpida; probablemente debido a que es un híbrido de crecimiento vigoroso, esto unido a las altas temperaturas

presentes durante el desarrollo del cultivo y a la lámina de riego utilizada pudieron incidir en la presencia de esta deficiencia.

- Los rangos de nutrientes obtenidos en el ensayo fueron comparados con los rangos de suficiencia manejados por INIAP, indicando que los excesos versus las deficiencias ocupan un papel preponderante, sobre todo en los elementos menores, lo que indica que se debe trabajar más en el manejo adecuado de los micronutrientes.
- Aunque el híbrido Rebeca muestra una mayor tasa de retorno marginal, la presentación del fruto Daniela es mejor ya que conservó sus características de fruto redondo, no así Rebeca que en las primeras cosechas mantenía su forma característica, para luego presentar frutos de forma oblonga, confirmados con los datos de diámetro polar y ecuatorial.

Realizadas las respectivas conclusiones sobre el ensayo de tomate hidropónico se recomienda:

- Ejecutar una réplica del presente trabajo en condiciones ambientales más benignas para evaluar las respuestas que obtengan los híbridos de tomate en otra época de siembra.
- Utilizar otro tipo de sustrato orgánico más accesible a nuestra medio por cuanto la Provincia de Santa Elena no es un sector arrocerero.
- Implementar experimentos bajo cubierta para tener un mejor control en la temperatura del cultivo.
- Probar diversas láminas de riego que permita tener una idea cabal de los requerimientos hídricos que necesitaría el cultivo de tomate respecto a condiciones de elevada temperatura en hidroponía.

- Priorizar el híbrido Daniela en futuros experimentos bajo sistema hidropónico.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN VERA AL. 2008. Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas. en línea. Consultado 4 ago. 2008. Disponible en http://www.infoagro.com/riegos/hidroponicos_hortalizas_extratempnras.htm

BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA. 1998. Barcelona, Idea Books. p. 637.

CALDERÓN SÁENZ F. 2002. La cascarilla de arroz "caolinizada": una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos. en línea. Consultado 22 jun. 2008. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm

CALDERÓN SÁENZ F. 2005. Requerimientos nutricionales de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en la sabana de Bogotá. en línea. Consultado 22 jun. 2008. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos_Nutricionales.htm

CORPEÑO B. 2004. Manual del Cultivo de Tomate. en línea. Consultado 17 jun. 2008. Disponible en http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate_WEB.pdf

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. en línea. Consultado 15 mayo 2008. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf

DURÁN JM., MARTÍNEZ E. y NAVAS LM. 2000. Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía. en línea. Consultado 4 ago. 2008. Disponible en <http://www.mercoopsur.com.ar/agropecuarias/notas/loscultivossinsuelo.htm>

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA. 2001. Producción Agrícola 2. 2 ed. Bogotá, Terranova. 598 p.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS XALAPA. 2007. Curso: Hortalizas en sistemas hidropónicos. en línea. Consultado 6 ago. 2008. Disponible en <http://xalapamx.com/2008/curso-hortalizas-en-sistemas-hidroponicos/>

FECYT. 2003. Cultivos hidropónicos: Sustratos. Características y propiedades. en línea. Consultado 3 ago. 2008. Disponible en http://www.fecyt.es/especiales/cultivos_hidroponicos/6.htm

FIGUEROA JP. 2007. Bioestimulantes: bienvenidos al fruto-culturismo. en línea. Consultado 22 jun. 2008. Disponible en <http://www.redagricola.com/content/view/29/1/>

FILIPPETTI VH. 2008. Cultivos hidropónicos: información básica sobre hidroponía. en línea. Consultado 15 mayo 2008. Disponible en http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info_hidrop.html

FORTUNECITY. 1999. Algunas ventajas del cultivo hidropónico. en línea. Consultado 15 mayo 2008. Disponible en http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/hidroponia/ventajas_y_desventajas.htm

HORTICOM. 2009. Compendio de horticultura: Soluciones nutritivas. en línea. Consultado 20 enero 2010. Disponible en <http://www.horticom.com/tematicas/cultivosinsuelo/pdf/capitulo3.pdf>

INFOAGRO. 2002. El cultivo del tomate. en línea. Consultado 13 mayo 2008. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>

INFOAGRO. 2002. Instrumentos de medida. en línea. Consultado 10 diciembre 2009. Disponible en http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=8501

INFOJARDÍN. 2002. Tomate: enfermedades de los tomates. en línea. Consultado 15 septiembre 2008. Disponible en <http://articulos.infojardin.com/huerto/Fichas/tomate-enfermedades.htm>

LARA HERRERA A. 1998. Soluciones nutritivas para cuatro etapas fenológicas del jitomate. Tesis Doctor en Ciencias. Texcoco, MX. Colegio de Postgraduados. 137 p.

LAZCANO IGNACIO. 2002. Deficiencia de calcio en tomate. Boletín informativo 39. en línea. Consultado 20 mayo 2010. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/1FEDD99571A87B2105256A15005A3D39/\\$file/Deficiencia+Ca+en+Tomate.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/1FEDD99571A87B2105256A15005A3D39/$file/Deficiencia+Ca+en+Tomate.pdf)

LIRA SALDÍVAR RH. 2000. Fisiología vegetal. 1 ed. reimp. México D.F., Editorial Trillas. 237 p.

MACEDA A. y GONZÁLEZ I. 2008. Hormonas vegetales. en línea. Consultado 24 jun. 2008. Disponible en http://www.alaquairum.net/hormonas_vegetales.htm

MARRASSI MA. 2008. Hipertextos del Área de la Biología: hormonas vegetales. en línea. Consultado 24 jun. 2008. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm>

MARULANDA TABARES CH. 2003. Hidroponía familiar: Cultivo de esperanzas con rendimientos de paz. en línea. Consultado 4 ago. 2008. Disponible en http://www.pnud.org.co/img_upload/9056f18133669868e1cc381983d50faa/Hidroponia2004.pdf

MINEIRO BON AD. s.f. Influencia de algunos bioestimulantes en el crecimiento y productividad del tomate. en línea. Consultado 4 ago. 2008. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos15/productividad-tomate/productividad-tomate.shtml>

MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS AR. 1994. Transcripción de la cartilla instructiva sobre el cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum*). en línea. Consultado 15 mayo 2008. Disponible en http://www.agro.misiones.gov.ar/biblioteca/Tomate_desarrollo.htm

MONTES A. 1993. Cultivo de hortalizas: guía práctica. 1 ed. Tegucigalpa, Sección de Comunicación del Programa de Desarrollo Rural. 81 p.

NUEZ F. 2001. El cultivo del tomate. 1 ed. reimp. Madrid, Mundi-Prensa. 793 p.

PÉREZ GRAJALES M. y CASTRO BRINDIS R. 1999. Universidad Autónoma Chapingo. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Departamento de Fitotecnia. Texcoco, MX. 58 p. (Boletín de divulgación N° 3)

PROMSA. 2001. Estudio del potencial agroindustrial y exportador de la Península de Santa Elena y de los recursos necesarios para su implantación (disco compacto). 1 disco.

RECURSOS DE HIDROPONÍA EN ESPAÑOL. 2007. Que es hidroponía. en línea. Consultado 17 mayo 2008. Disponible en http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Que_es_hidroponia.htm

RESH HM. 2003. Cultivo de fresa en sistema de columnas. en línea. Consultado 6 ago. 2008. Disponible en http://groups.msn.com/hidroponia/modosdecultivo.msnw?action=get_message&mview=0&ID_Message=10727&LastModified=4675530497498790782

RODRÍGUEZ DELFÍN A. *et al.* 2004. Manual práctico de hidroponía. 4 ed. Lima, Mekanobooks. 99 p.

RODRÍGUEZ MENDOZA M. *et al.* 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Universidad Autónoma Chapingo. MX. en línea. Consultado 10 diciembre 2009. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/573/57316204.pdf>

RODRÍGUEZ R., TABARES JM. y MEDINA JA. 2001. Cultivo moderno del tomate. 2 ed. rev. Madrid, Mundi-Prensa. 255 p.

SALISBURY FB. y ROSS CW. 1992. Fisiología de las plantas. Madrid, Paraninfo. 974 p.

SAMPERIO RUÍZ G. 1999. Hidroponía básica: el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. 1 ed. México, Diana. 153 p.

SANDOVAL VILLA M. s.f. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Nutrición del tomate. Programa de Edafología, Área de nutrición vegetal. MX. en línea. Consultado 10 diciembre 2009. Disponible en http://www.corregidora.gob.mx/Sedesu/ponencias/Nutricion_Tomate.pps

UGÁS R. *et al.* 2000. Hortalizas: datos básicos. 3 ed. Lima, Perú. p. 105 - 137

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA UNALM PE. 2005. Qué es hidroponía. en línea. Consultado 19 mayo 2008. Disponible en

http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/que_es_hidropon%EDa.htm

URRESTARAZU GAVILÁN M. 2000. Manual de cultivo sin suelo: los sustratos en los cultivos sin suelo. 2 ed. rev. Madrid, Mundi-Prensa. 635 p.

ANEXOS

ANEXOS

- Cuadro 1A. Reporte de análisis foliares
- Cuadro 2A. Reporte de análisis foliares
- Cuadro 3A. Reporte de análisis foliares
- Cuadro 4A. Reporte de análisis foliares
- Cuadro 5A. Altura al primer racimo, cm. La Libertad, 2009
- Cuadro 6A. Análisis de varianza, altura al primer racimo
- Cuadro 7A. Comparación de medias
- Cuadro 8A. Diámetro polar, cm. La Libertad, 2009
- Cuadro 9A. Análisis de varianza, diámetro polar
- Cuadro 10A. Comparación de medias
- Cuadro 11A. Diámetro ecuatorial, cm. La Libertad, 2009
- Cuadro 12A. Análisis de varianza, diámetro ecuatorial
- Cuadro 13A. Comparación de medias
- Cuadro 14A. Número de frutos comerciales. La Libertad, 2009
- Cuadro 15A. Análisis de varianza, número de frutos comerciales
- Cuadro 16A. Comparación de medias
- Cuadro 17A. Número de frutos con deficiencia de calcio. La Libertad, 2009
- Cuadro 18A. Análisis de varianza, número de frutos con deficiencia de calcio
- Cuadro 19A. Comparación de medias
- Cuadro 20A. Peso de frutos comerciales, g. La Libertad, 2009
- Cuadro 21A. Análisis de varianza, peso de frutos comerciales
- Cuadro 22A. Comparación de medias
- Cuadro 23A. Peso de frutos con deficiencia de calcio, g. La Libertad, 2009
- Cuadro 24A. Análisis de varianza, peso de frutos con deficiencia de calcio
- Cuadro 25A. Comparación de medias
- Cuadro 26A. Lecturas spad. La Libertad, 2009
- Cuadro 27A. Análisis de varianza, lecturas spad
- Cuadro 28A. Comparación de medias
- Cuadro 29A. Volumen radical, ml. La Libertad, 2009

- Cuadro 30A. Análisis de varianza, volumen radical
Cuadro 31A. Comparación de medias
Cuadro 32A. Rendimiento toneladas/hectárea, t/ha. La Libertad, 2009
Cuadro 33A. Análisis de varianza, rendimiento toneladas/hectárea
Cuadro 34A. Comparación de medias

- Figura 1A. Cascarilla de arroz en tanque de 200 L
Figura 2A. Cascarilla en fermentación una vez llenado el tanque con agua
Figura 3A. Cascarilla luego de cumplir fase de fermentación expuesta al sol
Figura 4A. Llenado de fundas con cascarilla y arena
Figura 5A. Componentes para preparar Solución A
Figura 6A. Componentes para preparar Solución B
Figura 7A. Soluciones nutritivas A y B ya preparadas
Figura 8A. Híbridos utilizados en el ensayo
Figura 9A. Siembra
Figura 10A. Semillero
Figura 11A. Trasplante
Figura 12A. Distribución de los tratamientos en el sitio del ensayo
Figura 13A. Híbridos a las dos semanas al trasplante
Figura 14A. Inicio de floración
Figura 15A. Inicio de fructificación, plantas con un mes al trasplante
Figura 16A. Estructura para entutorado
Figura 17A. Amarre
Figura 18A. Híbridos en fructificación
Figura 19A. Racimo
Figura 20A. Maduración de frutos
Figura 21A. Cosecha
Figura 22A. Calibración del fruto
Figura 23A. Peso de frutos
Figura 24A. Volumen radical
Figura 25A. Frutos de híbridos usados en el ensayo

Cuadro 1A. Reporte de análisis foliares

	ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119
---	---

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: DMSA - UPSE-SR. COLÓN REYES
Dirección	: PIC-2006-2-010
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: UPSE
Provincia	: PENINSULA DE SANTA ELENA
Cantón	: SANTA ELENA
Parroquia	:
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo	: TOMATE
N° de Reporte	:
Fecha de Muestreo	: 10/01/2009
Fecha de Ingreso	: 12/01/2009
Fecha de Salida	: 23/03/2009

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
2042	P1T6R1M.Michele		5,6 A	0,75 A	5,33 E	3,27 E	0,50 A	0,28 D		30 A	9 A	352 E	72 A	91 E		
2043	P2T1R2M.Jennifer		6,1 E	0,57 A	2,60 D	2,70 A	0,51 A	0,23 D		39 A	52 E	426 E	155 A	95 E		
2044	P3T10R1M.Elpidia		5,9 A	0,40 A	3,02 A	2,73 A	0,58 A	0,24 D		30 A	31 E	237 E	147 A	85 E		
2045	P4T4R4M.Titan		5,9 A	0,40 A	2,46 D	1,85 A	0,46 A	0,20 D		24 A	42 E	487 E	87 A	84 E		
2046	P5T4R3M.Titan		5,6 A	0,48 A	2,66 D	2,48 A	0,53 A	0,23 D		35 A	60 E	538 E	140 A	94 E		
2047	P6T9R4M.Meatwave		6,3 E	0,46 A	2,37 D	3,00 A	0,50 A	0,24 D		38 A	57 E	500 E	225 A	132 E		
2048	P7T7R3M.Daniela		6,6 E	0,43 A	2,70 D	1,76 A	0,37 D	0,19 D		29 A	50 E	353 E	115 A	85 E		
2049	P8T8R1M.Dominique		5,7 A	0,51 A	2,78 D	2,06 A	0,45 A	0,19 D		24 A	48 E	562 E	116 A	84 E		
2050	P9T10R4M.Elpidia		6,5 E	0,39 A	2,39 D	1,74 A	0,41 A	0,17 D		21 A	36 E	303 E	94 A	91 E		
2051	P10T6R3M.Michelle		6,7 E	0,55 A	3,08 A	1,67 A	0,40 A	0,19 D		23 A	46 E	349 E	183 A	99 E		
2052	P11T1R4M.Jennifer		6,9 E	0,44 A	2,50 D	1,77 A	0,40 A	0,18 D		24 A	50 E	453 E	106 A	88 E		
2053	P12T9R3M.Meatwave		6,5 E	0,54 A	2,70 D	2,48 A	0,46 A	0,25 D		32 A	48 E	386 E	193 A	116 E		
2054	P13T2R3M.Rebeca		7,3 E	0,43 A	2,96 A	1,56 A	0,34 D	0,21 D		27 A	42 E	431 E	126 A	92 E		

INTERPRETACION
D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo



RESPONSABLE DEPARTAMENTO

RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 2A. Reporte de análisis foliares

	ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119
---	---

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	DMSA - UPSE-SR. COLÓN REYES
Dirección :	PIC-2006-2-010
Ciudad :	
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	UPSE
Provincia :	PENINSULA DE SANTA ELENA
Cantón :	SANTA ELENA
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo :	TOMATE
N° de Reporte :	
Fecha de Muestreo :	10/01/2009
Fecha de Ingreso :	12/01/2009
Fecha de Salida :	23/03/2009

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
2055	P 14 T 5 R 3 M. Lana		6,0 A	0,42 A	2,99 A	2,29 A	0,50 A	0,27 D		24 A	49 E	398 E	203 A	108 E		
2056	P 15 T 9 R 2 M. Meatware		6,4 E	0,51 A	2,40 D	3,07 E	0,50 A	0,29 D		39 A	64 E	407 E	224 A	132 E		
2057	P 16 T 8 R 3 M. Dominique		6,6 E	0,48 A	2,80 D	2,31 A	0,46 A	0,21 D		30 A	43 E	334 E	149 A	82 E		
2058	P 17 T 5 R 4 M. Lana		5,7 A	0,56 A	3,05 A	2,45 A	0,54 A	0,12 D		32 A	39 E	337 E	150 A	116 E		
2059	P 18 T 8 R 4 M. Dominique		6,1 E	0,52 A	3,07 A	2,09 A	0,44 A	0,22 D		29 A	44 E	389 E	150 A	82 E		
2060	P 19 T 4 R 2 M. Titan		6,6 E	0,52 A	3,12 A	1,84 A	0,43 A	0,21 D		32 A	44 E	343 E	176 A	84 E		
2061	P 20 T 1 R 3 M. Jennifer		6,4 E	0,44 A	3,20 A	2,25 A	0,48 A	0,19 D		27 A	42 E	465 E	157 A	87 E		
2062	P 21 T 2 R 2 M. Rebeca		5,6 A	0,52 A	3,64 A	1,92 A	0,43 A	0,19 D		23 A	36 E	337 E	113 A	86 E		
2063	P 22 T 5 R 2 M. Lana		5,6 A	0,36 A	3,43 A	1,90 A	0,45 A	0,17 D		36 A	50 E	373 E	177 A	98 E		
2064	P 23 T 8 R 2 M. Dominique		4,5 A	0,48 A	2,86 D	2,09 A	0,44 A	0,19 D		33 A	35 E	336 E	163 A	84 E		
2065	P 24 T 4 R 1 M. Titan		4,9 A	0,43 A	2,55 D	1,83 A	0,39 D	0,19 D		35 A	39 E	278 E	127 A	88 E		
2066	P 25 T 1 R 1 M. Jennifer		5,5 A	0,51 A	2,91 A	2,22 A	0,46 A	0,20 D		40 A	41 E	359 E	186 A	112 E		



RESPONSABLE DEPARTAMENTO

INTERPRETACION
D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo

RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 3A. Reporte de análisis foliares

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119
--	---

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	DMSA - UPSE-SR. COLÓN REYES
Dirección :	PIC-2006-2-010
Ciudad :	
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	UPSE
Provincia :	PENINSULA DE SANTA ELENA
Cantón :	SANTA ELENA
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo :	TOMATE
N° de Reporte :	
Fecha de Muestreo :	10/01/2009
Fecha de Ingreso :	12/01/2009
Fecha de Salida :	02/03/2009

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
2067	P 26 T 3 R 2 M. Sheila		5,6 A	0,45 A	3,15 A	2,37 A	0,52 A	0,34 D		41 A	41 E	387 E	161 A	86 E		
2068	P 27 T 12 R 1 M. Rebeca		5,7 A	0,52 A	3,96 A	2,46 A	0,54 A	0,69 A		46 A	65 E	354 E	135 A	90 E		
2069	P 28 T 4 R 4 M. Daniela		6,1 E	0,43 A	3,61 A	2,25 A	0,46 A	0,47 A		23 A	45 E	429 E	112 A	95 E		
2070	P 29 T 6 R 2 M. Michelle		6,6 E	0,52 A	4,06 A	2,47 A	0,54 A	0,66 A		37 A	43 E	434 E	124 A	91 E		
2071	P 30 T 2 R 4 M. Rebeca		6,4 E	0,48 A	3,71 A	1,82 A	0,42 A	0,50 A		39 A	46 E	295 E	113 A	90 E		
2072	P 31 T 3 R 3 M. Sheila		5,6 A	0,44 A	3,47 A	2,38 A	0,51 A	0,44 A		37 A	46 E	250 E	139 A	72 E		
2073	P 32 T 6 R 4 M. Michelle		5,6 A	0,50 A	3,43 A	2,75 A	0,52 A	0,69 A		44 A	54 E	335 E	145 A	91 E		

INTERPRETACION

D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo



RESPONSABLE DEPARTAMENTO

RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 4A. Reporte de análisis foliares

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119
--	---

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	DMSA - UPSE-SR. COLÓN REYES
Dirección :	PIC-2006-2-010
Ciudad :	
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	UPSE
Provincia :	PENINSULA DE SANTA ELENA
Cantón :	SANTA ELENA
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo :	TOMATE
N° de Reporte :	
Fecha de Muestreo :	10/01/2009
Fecha de Ingreso :	12/01/2009
Fecha de Salida :	02/03/2009

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
2074	P 33 T 9 R 1 M. Meatware		4,5 A	0,42 A	2,82 D	4,01 E	0,58 A	0,80 A		44 A	51 E	536 E	249 A	74 E		
2075	P 34 T 10 R 3 M. Elpida		4,9 A	0,37 A	3,00 A	2,58 A	0,50 A	0,37 D		44 A	38 E	285 E	113 A	84 E		
2076	P 35 T 3 R 1 M. Sheila		5,5 A	0,47 A	3,75 A	2,47 A	0,52 A	0,60 A		44 A	47 E	396 E	139 A	81 E		
2077	P 36 T 7 R 2 M. Daniela		5,5 A	0,50 A	4,16 A	2,44 A	0,54 A	0,48 A		39 A	38 E	390 E	134 A	79 E		
2078	P 37 T 3 R 4 M. Sheila		5,8 A	0,50 A	3,46 A	2,40 A	0,55 A	0,51 A		44 A	54 E	437 E	164 A	93 E		
2079	P 38 T 7 R 1 M. Daniela		5,6 A	0,44 A	3,04 A	2,62 A	0,36 D	0,68 A		37 A	64 F	583 F	139 A	94 E		
2080	P 39 T 5 R 1 M. Lana		5,7 A	0,49 A	3,36 A	2,26 A	0,48 A	0,50 A		46 A	46 E	265 E	129 A	95 E		
2081	P 40 T 10 R 2 M. Elpida		4,6 A	0,43 A	3,66 A	3,70 E	0,71 E	0,32 D		217 E	48 E	613 E	123 A	112 E		

INTERPRETACION

D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo



RESPONSABLE DEPARTAMENTO

RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 5A. Altura al primer racimo, cm. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	34,67	32,25	33,33	34,50	134,75	33,69
T2	34,00	32,13	32,25	33,50	131,88	32,97
T3	31,25	32,25	34,71	31,50	129,71	32,43
T4	30,83	30,25	30,86	30,00	121,94	30,49
T5	32,00	28,83	29,00	28,00	117,83	29,46
T6	33,83	35,13	34,86	38,43	142,24	35,56
T7	36,00	34,63	30,25	31,38	132,25	33,06
T8	30,00	33,33	33,40	31,00	127,73	31,93
T9	31,29	32,20	30,75	30,43	124,66	31,17
T10	35,40	40,67	39,25	34,00	149,32	37,33

Cuadro 6A. Análisis de varianza, altura al primer racimo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	196,492188	21,832466	6,7174	0,000
ERROR	30	97,503906	3,250130		
TOTAL	39	293,996094			

C.V. = 5,49 %

Cuadro 7A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
10	37,3300	a
6	35,5625	a b
1	33,6875	b c
7	33,0650	b c d
2	32,9700	b c d
3	32,4275	c d
8	31,9325	c d e
9	31,1675	c d e
4	30,4850	d e
5	29,4575	e

Cuadro 8A. Diámetro polar, cm. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	5,52	5,31	5,29	5,43	21,55	5,39
T2	5,17	5,34	5,17	5,12	20,81	5,20
T3	5,31	5,43	5,38	5,60	21,71	5,43
T4	5,61	5,40	5,32	5,12	21,44	5,36
T5	4,77	5,29	5,24	5,34	20,64	5,16
T6	5,35	5,32	5,65	5,53	21,86	5,46
T7	4,69	4,78	4,82	4,72	19,01	4,75
T8	4,84	5,14	4,85	5,03	19,87	4,97
T9	5,44	5,49	5,50	5,36	21,79	5,45
T10	5,36	5,36	5,41	5,38	21,51	5,38

Cuadro 9A. Análisis de varianza, diámetro polar

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	2,013672	0,223741	11,1830	0,000
ERROR	30	0,600220	0,020007		
TOTAL	39	2,613892			

C.V. = 2,69 %

Cuadro 10A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
6	5,4625	a
9	5,4475	a
3	5,4300	a
1	5,3875	a b
10	5,3775	a b
4	5,3625	a b c
2	5,2000	b c
5	5,1600	c d
8	4,9650	d
7	4,7525	e

Cuadro 11A. Diámetro ecuatorial, cm. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	6,61	6,40	6,21	6,64	25,86	6,46
T2	5,63	5,83	5,71	5,61	22,78	5,69
T3	5,89	6,13	5,87	6,17	24,06	6,02
T4	6,17	5,97	6,01	5,68	23,83	5,96
T5	5,85	6,44	6,34	6,27	24,89	6,22
T6	6,17	6,23	6,57	6,41	25,38	6,34
T7	5,63	5,78	5,91	5,64	22,97	5,74
T8	5,66	6,33	5,79	6,05	23,83	5,96
T9	6,82	6,62	6,62	6,46	26,53	6,63
T10	6,27	6,30	6,27	6,58	25,43	6,36

Cuadro 12A. Análisis de varianza, diámetro ecuatorial

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	3,525146	0,391683	10,6801	0,000
ERROR	30	1,100220	0,036674		
TOTAL	39	4,625366			

C.V. = 3,12 %

Cuadro 13A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
9	6,6300	a
1	6,4650	a b
10	6,3550	a b
6	6,3450	b
5	6,2250	b c
3	6,0150	c d
4	5,9575	c d e
8	5,9575	c d e
7	5,7400	d e
2	5,6950	e

Cuadro 14A. Número de frutos comerciales. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	15,88	14,25	21,86	10,75	62,73	15,68
T2	21,13	30,00	32,50	34,29	117,91	29,48
T3	16,38	9,00	14,43	7,50	47,30	11,83
T4	9,75	11,00	16,00	21,88	58,63	14,66
T5	9,71	26,43	22,75	19,14	78,04	19,51
T6	17,75	29,13	16,38	22,00	85,25	21,31
T7	37,13	34,50	30,00	38,25	139,88	34,97
T8	16,13	8,25	13,25	17,13	54,75	13,69
T9	11,88	9,63	11,25	9,63	42,38	10,59
T10	10,33	6,25	13,63	4,29	34,49	8,62

Cuadro 15A. Análisis de varianza, número de frutos comerciales

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	2595,660156	288,406677	12,1879	0,000
ERROR	30	709,901367	23,663380		
TOTAL	39	3305,561523			

C.V. = 26,97 %

Cuadro 16A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
7	34.9700	a
2	29.4800	a
6	21.3150	b
5	19.5075	b c
1	15.6850	b c d
4	14.6575	b c d e
8	13.6900	c d e
3	11.8275	d e
9	10.5975	d e
10	8.6250	e

Cuadro 17A. Número de frutos con deficiencia de calcio. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	1,33	1,50	1,00	0,00	3,83	0,96
T2	10,83	1,67	1,50	2,25	16,25	4,06
T3	21,75	19,00	18,71	13,88	73,34	18,33
T4	16,25	13,63	18,00	12,38	60,25	15,06
T5	3,00	1,20	2,83	2,00	9,03	2,26
T6	3,50	2,86	4,00	6,13	16,48	4,12
T7	10,29	10,63	18,86	6,50	46,27	11,57
T8	8,50	6,75	15,33	10,25	40,83	10,21
T9	7,50	4,75	11,00	8,50	31,75	7,94
T10	30,57	16,00	18,38	13,86	78,80	19,70

Cuadro 18A. Análisis de varianza, número de frutos con deficiencia de calcio

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	1616,780273	179,642258	12,4631	0,000
ERROR	30	432,419434	14,413981		
TOTAL	39	2049,199707			

C.V. = 40,30 %

Cuadro 19A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
10	19,7025	a
3	18,3350	a
4	15,0650	a b
7	11,5700	b c
8	10,2075	b c
9	7,9375	c d
6	4,1225	d e
2	4,0625	d e
5	2,2575	e
1	0,9575	e

Cuadro 20A. Peso de frutos comerciales. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	1990,51	1669,79	2503,73	1335,69	7499,72	1874,93
T2	1685,86	3025,15	3072,34	3089,64	10872,99	2718,25
T3	1652,86	1061,43	1432,50	812,64	4959,43	1239,86
T4	1169,68	1188,76	1779,00	1991,14	6128,58	1532,14
T5	869,71	2984,57	2509,83	1946,84	8310,95	2077,74
T6	1761,10	3415,49	2007,90	2482,79	9667,28	2416,82
T7	2932,89	3011,56	2574,26	3057,48	11576,19	2894,05
T8	1347,24	839,95	1121,58	1563,75	4872,51	1218,13
T9	1718,29	1140,95	1496,30	1157,90	5513,44	1378,36
T10	1172,95	863,10	1556,78	539,64	4132,47	1033,12

Cuadro 21A. Análisis de varianza, peso de frutos comerciales

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	15914416,000	1768268,500000	6,2960	0,000
ERROR	30	8425664,000	280855,468750		
TOTAL	39	24340080,000			

C.V. = 28,83 %

Cuadro 22A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
7	2894,0474	a
2	2718,2473	a b
6	2416,8198	a b c
5	2077,7375	b c d
1	1874,9301	c d e
4	1532,1450	d e f
9	1378,3600	d e f
3	1239,8575	e f
8	1218,1300	e f
10	1033,1176	f

Cuadro 23A. Peso de frutos con deficiencia de calcio, g. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	122,18	70,75	52,80	0,00	245,73	61,43
T2	562,40	118,57	78,25	140,48	899,69	224,92
T3	1080,04	850,23	1034,04	582,58	3546,88	886,72
T4	719,58	657,65	939,36	649,50	2966,09	741,52
T5	104,80	85,54	170,23	148,90	509,47	127,37
T6	304,88	236,34	358,96	569,13	1469,31	367,33
T7	549,26	581,74	906,16	354,31	2391,46	597,87
T8	406,28	385,08	840,40	624,86	2256,62	564,16
T9	631,35	448,21	894,40	624,01	2597,98	649,49
T10	1512,20	892,96	1153,45	782,34	4340,96	1085,24

Cuadro 24A. Análisis de varianza, peso de frutos con deficiencia de calcio

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	4006121,000000	445124,562500	11,6420	0,000
ERROR	30	1147032,000000	38234,398438		
TOTAL	39	5153153,000000			

C.V. = 36,85 %

Cuadro 25A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
10	1085,2374	a
3	886,7225	a b
4	741,5225	b c
9	649,4925	b c d
7	597,8675	c d
8	564,1550	c d
6	367,3275	d e
2	224,9250	e f
5	127,3675	e f
1	61,4325	f

Cuadro 26A. Lecturas spad. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	66,16	62,93	63,73	54,10	246,92	61,73
T2	61,00	59,80	58,73	58,30	237,83	59,46
T3	56,63	60,36	61,42	63,50	241,90	60,48
T4	63,20	63,53	61,98	59,19	247,90	61,97
T5	60,54	65,70	63,53	64,60	254,37	63,59
T6	60,73	63,70	60,40	66,43	251,26	62,82
T7	65,80	63,14	58,64	61,79	249,36	62,34
T8	66,17	59,93	69,75	65,73	261,57	65,39
T9	60,28	60,36	64,91	66,38	251,92	62,98
T10	61,28	61,48	62,91	62,98	248,66	62,16

Cuadro 27A. Análisis de varianza, lecturas spad

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	95,359375	10,595486	1,1728	0,347
ERROR	30	271,031250	9,034375		
TOTAL	39	366,390625			

C.V. = 4,83 %

Cuadro 28A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
8	65,3950	a
5	63,5925	a
9	62,9825	a
6	62,8150	a
7	62,3425	a
10	62,1625	a
4	61,9750	a
1	61,7300	a
3	60,4775	a
2	59,4575	a

Cuadro 29A. Volumen radical, ml. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	225,00	235,00	190,00	285,00	935,00	233,75
T2	152,50	216,67	258,00	184,00	811,17	202,79
T3	227,14	256,67	217,14	215,00	915,95	228,99
T4	270,00	210,00	162,86	168,33	811,19	202,80
T5	170,00	260,00	242,50	0,00	672,50	168,13
T6	102,50	227,50	226,67	235,00	791,67	197,92
T7	221,25	246,25	223,75	242,50	933,75	233,44
T8	176,00	0,00	150,00	202,50	528,50	132,13
T9	182,50	210,00	241,67	255,00	889,17	222,29
T10	270,00	326,67	251,67	310,00	1158,33	289,58

Cuadro 30A. Análisis de varianza, volumen radical

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	64050,625000	7116,736328	2,0226	0,071
ERROR	30	105557,750000	3518,591553		
TOTAL	39	169608,375000			

C.V. = 28,09 %

Cuadro 31A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
10	289,5850	a
1	233,7500	a
7	233,4375	a
3	228,9875	a
9	222,2925	a
4	202,7975	a
2	202,7925	a
6	197,9175	a
5	168,1250	a
8	132,1250	a

Cuadro 32A. Rendimiento toneladas/hectárea, t/ha. La Libertad, 2009

Tratamientos	Repeticiones				Σ	\bar{x}
	I	II	III	IV		
T1	66,68	55,94	83,87	44,75	251,24	62,81
T2	56,48	101,34	102,92	103,50	364,24	91,06
T3	55,37	35,58	47,99	27,22	166,16	41,54
T4	39,18	39,82	59,60	66,70	205,30	51,33
T5	29,14	99,98	84,08	65,22	278,42	69,61
T6	59,00	114,42	67,26	83,17	323,85	80,96
T7	98,25	100,89	86,24	102,43	387,81	96,95
T8	45,13	28,14	37,57	52,39	163,23	40,81
T9	57,56	38,22	50,13	38,79	184,70	46,18
T10	39,29	28,91	52,15	18,08	138,43	34,61

Cuadro 33A. Análisis de varianza, rendimiento toneladas/hectárea

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
TRATAMIENTOS	9	17859,906250	1984,434082	6,2970	0,000
ERROR	30	9454,218750	315,140625		
TOTAL	39	27314,125000			

C.V. = 28,83 %

Cuadro 34A. Comparación de medias

Tratamientos	Medias	Nivel de significancia
7	96,9525	a
2	91,0600	a b
6	80,9625	a b c
5	69,6050	b c d
1	62,8100	c d e
4	51,3250	d e f
9	46,1750	d e f
3	41,5400	e f
8	40,8075	e f
10	34,6075	f



Figura 1A. Cascarilla de arroz en tanque de 200 L



Figura 2A. Cascarilla en fermentación una vez llenado el tanque con agua



Figura 3A. Cascarilla luego de cumplir fase de fermentación expuesta al sol



Figura 4A. Llenado de fundas con cascarilla y arena



Figura 5A. Componentes para preparar Solución A



Figura 6A. Componentes para preparar Solución B



Figura 7A. Soluciones nutritivas A y B ya preparadas



Figura 8A. Híbridos utilizados en el ensayo



Figura 9A. Siembra



Figura 10A. Semillero



Figura 11A. Trasplante



Figura 12A. Distribución de los tratamientos en el sitio del ensayo



Figura 13A. Híbridos a las dos semanas al trasplante



Figura 14A. Inicio de floración



Figura 15A. Inicio de fructificación, plantas con un mes al trasplante



Figura 16A. Estructura para entutorado



Figura 17A. Amarre



Figura 18A. Híbridos en fructificación



Figura 19A. Racimo



Figura 20A. Maduración de frutos



Figura 21A. Cosecha



Figura 22A. Calibración del fruto



Figura 23A. Peso de frutos



Figura 24A. Volumen radical



Figura 25A. Frutos de híbridos usados en el ensayo