

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
SECCIÓN DE QUIMICA**



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

**“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DOS SOLUCIONES INORGÁNICAS EN
DIFERENTES SUSTRATOS EN EL RENDIMIENTO DE CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis
sativus*) EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS (SIN SUELO)”**

TRABAJO DE GRADUACION

PRESENTADO POR:

**CARBALLO AYALA, YURI ESMERALDA
DÍAZ MARTÍNEZ, SALOMÓN ENRIQUE**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:
LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**DOCENTE DIRECTOR:
LICDA. IRMA LUCIA VIDES**

**ASESOR METODOLOGICO:
LICDA. LUISA DOÑO DE MORALES**

AGOSTO DEL 2013

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

FISCAL GENERAL

Lic. Francisco Cruz Letona

SECRETARIO GENERAL

Dra. Ana Leticia de Amaya

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

VICE DECANO

Lic. Carlos Alexander Díaz

SECRETARIO

Lic. Jorge Alberto Ortez Hernández

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

JEFE DE DEPARTAMENTO

Msc. José Enry García

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODOPODEROSO: por brindarnos sabiduría, inteligencia y fortaleza para culminar nuestros estudios y por guardarnos en nuestro caminar diario.

A NUESTRAS FAMILIAS: Por su apoyo incondicional en cada momento de nuestra carrera.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR: Por brindarnos la oportunidad de consolidar nuestra carrera de forma académica, humanística y cultural.

A NUESTRA ASESORAS: Licda. Irma Lucia Vides y Licda. Luisa Doño de Morales por su dedicación, comprensión y responsabilidad durante el desarrollo y ejecución de nuestro trabajo de grado.

A cada una de las personas que contribuyeron en nuestra formación académica y nos dedicaron tiempo, apoyo y confianza transmitiéndonos sus conocimientos para ser profesionales ejemplares en la sociedad, a nuestros amigos y compañeros por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo

Atentamente:

YURI ESMERALDA CARBALLO AYALA

SALOMON ENRIQUE DIAZ MARTINEZ

DEDICATORIA

A Dios por su misericordia y guardarme hasta este momento de mi vida, darme la salud, sabiduría y fortaleza para culminar mis proyectos, salir adelante pese a todas las dificultades que se me presentaron, a su hijo Jesús por llegar a mi vida justo en el momento idóneo.

Agradezco a toda mi familia, especialmente a mis padres Flora de Carballo y Carlos Carballo por ser un pilar para mi formación, por el sacrificio de todos estos años, por madrugar y anocheceer conmigo todo este tiempo, por su comprensión, amor y dedicación.

A mis hermanas Karla Carballo y Emilia Carballo por apoyarme y animarme a culminar mis metas.

A mis asesores de tesis, Licda. Irma L. Vides y Licda. Luisa Doño de Morales por su comprensión, paciencia y dedicación en el desarrollo de esta investigación.

A mi compañero Salomón Díaz, por tenerme paciencia, ayudarme, compartir sus conocimientos, motivarme y caminar conmigo todos estos años.

A mi amigos/as y mi compañeros/as Patricia Herrera, Virginia Salgado, Marina Ramírez, Reina Orellana, Rocío Jovel, Mariela Zayas, William Hernández, Aníbal Franco, Omar Sosa, Luis Villatoro, Herberth Castillo y mi primo Johnny Díaz por su apoyo incondicional, motivarme y estar conmigo en momentos difíciles.

A todos los docentes que me colaboraron y ayudaron en mi formación académica, especialmente al Lic. Salvador Bustamante (Q.D.D.G).

YURI CARBALLO

DEDICATORIA

A mi Bendito Dios Omnipotente que engrandeció hasta los cielos su misericordia para conmigo al realizar el milagro de guardarme cada uno de mis días durante estos seis años de estudios proveyendo lo necesario y socorriendo mi vida en cada situación que para mí era difícil de sobrellevar, por darme de su luz y darles motivos para vivir a mi existencia, por llenarme de sabiduría y entendimiento. Por esto, y por tus infinitas bondades te agradezco Padre Eterno.

A mi madre Juana Martínez de Díaz, por su enorme sacrificio que hizo durante largas noches de desvelo dándome aliento para continuar, consejos interminables para verme triunfar. Gracias madre por tantas oraciones que no fueron en vano, pues muchas de mis dificultades fueron vencidas por ellas y si Dios me llamo a su Obra, indudablemente fue porque Dios te escuchó.

A mi padre Francisco Antonio Díaz (Q.D.D.G). Nunca olvidare tus consejos. Un día te veré primero Dios.

A mis hermanos, a quienes aprecio mucho y les agradezco por todo el esfuerzo que hicieron para hacerme triunfar en esta carrera, esto es por ustedes. Gracias Arcides, Amílcar, Adis, Antonio, Telma, Dina, Alfonso, Gude, Arquímedes, Xiomara y Enoc por su incondicional apoyo. Creo que no se me quedo ninguno!!!! Moucho!!

A mi compañera de tesis Yuri, por toda la paciencia, dedicación y ayuda que compartió conmigo y por todos los días tensos que hizo amenos con su jovialidad. Dios tiene algo para ti.

A cada uno de mis enseñadores que compartieron sus conocimientos y formaron mi carácter profesional.

A mis amigos,

Gracias Ethel por estar conmigo en todo momento, te aprecio mucho. A Inmar, Ricardo, Saúl, Diego, Daniel, Henry, Douglas, Virginia, Marina, Hilda, Blanca, Oto, Nelson, Jorge, Gerson, gracias por su amistad. A mis hermanos en Cristo por todas sus oraciones Dios les bendiga. A don Guillermo por todos sus consejos y por darme ánimos a seguir.

SALOMÓN ENRIQUE DÍAZ MARTÍNEZ

INDICE

Resumen	i	
Introducción.....	ii	
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		
1.1 Situación problemática.....	3	
1.2 Antecedentes del fenómeno	4	
1.3 Justificación	5	
1.4 Objetivos de la investigación	7	
CAPITULO II MARCO TEÓRICO		8
2.1 Situación actual del suelo	8	
2.2 Cultivos sin suelo, una alternativa al deterioro de este	9	
2.3 Pepino cultivado en un sistema sin suelo	10	
2.4 Inicio del cultivo	13	
2.4.1 Características de la semilla del pepino	13	
2.5 Recipientes o contenedores	14	
2.6 Sustratos	15	
2.6.1 Principales sustratos, características y propiedades	15	
2.6.1.1 Características.....	17	
2.6.2 Propiedades físicas	17	
2.6.2.1 Porosidad total	18	
2.6.2.2 Capacidad de aireación	18	

2.6.2.3 Distribución del tamaño de partículas	18
2.6.2.4 Estructura estable	18
2.6.3 Propiedades Químicas	19
2.6.3.1 Capacidad de intercambio catiónico C.I.C	19
2.6.3.2 Disponibilidad de los nutrientes	19
2.6.3.3 Salinidad	19
2.6.3.4 Ph de sustratos	20
2.6.4 Propiedades Biológicas	20
2.7 Descripción de los sustratos utilizados en el cultivo de pepino	21
2.7.1 Piedra pómez	21
2.7.2 Aserrín	22
2.8 Nutrientes	22
2.8.1 Descripción de la solución nutritiva	22
2.8.2 Composición del nutriente hidropónico	23
2.9 Fuentes utilizadas para elaborar soluciones nutritivas	25
2.10 Deficiencias de nutrientes y toxicidad	26
2.11 pH de soluciones y nutrientes	30
2.12 Fórmula química de las soluciones nutritivas	31
2.13 Condiciones climatológicas para el cultivo del pepino	33
2.13.1 Factores que permiten reducir la temperatura	34
2.13.1.1 Sistemas de sombreo	34

2.14 Plagas y enfermedades que atacan el pepino-----	34
2.14.1 Plagas -----	35
2.14.2 Enfermedades -----	36
CAPITULO III SISTEMA DE HIPOTESIS -----	37
CAPITULO IV METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.-----	38
4.1 Tipo de investigación-----	38
4.2 Unidades de análisis.-----	39
4.3 Variables y su medición.-----	39
4.3.1 Definición de las variables-----	39
4.4 Indicadores y su medición -----	41
4.4.1 Instrumentos de medición-----	41
4.5 Técnicas empleadas-----	43
4.6 Diseño estadístico-----	44
CAPITULO V RESULTADOS -----	46
CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	54
6.1 Conclusiones-----	54
6.2 Recomendaciones-----	55
Bibliografía -----	56
Anexos -----	59

Índice de cuadros

Cuadro 2.1 Composición nutricional del pepino-----	12
Cuadro 2.2 Principales sustratos y su clasificación-----	16
Cuadro 2.3 Composición química de la piedra pómez -----	21
Cuadro 2.4. Fuentes para soluciones nutritivas-----	25
Cuadro 2.5 Exigencias de temperatura para distintas especies -----	34
Cuadro 2.6 Descripción de las plagas más comunes del pepino-----	35
Cuadro 2.7 Descripción de las enfermedades más comunes del pepino-----	36
Cuadro 4.1 Tratamientos, sustratos y solución nutriente-----	45
Cuadro 5.1 Información considerada en el análisis estadístico.-----	46
Cuadro 5.2. Análisis de varianza-----	46
Cuadro 5.2.1 Análisis de varianza-----	47
Cuadro 5.3.1 Análisis de prueba de Duncan-----	47
El cuadro 5.4.1 Análisis de varianza de un factor.-----	48
Cuadro 5.5.1 Valores de peso promedio de pepino corte 1-----	48
Cuadro 5.6.1 Resultado de la prueba de Duncan-----	50
Cuadro 5.7 Análisis de cortes totales-----	50
Cuadro 5.8 Análisis de Duncan-----	51
Cuadro 5.9 Peso promedio-----	52
Cuadro 5.10 Peso promedio de cortes totales por sustrato-----	53

Índice de figuras

Figura 1 Pepino en cortes -----	10
Figura 2 Semilla del pepino-----	14
Figura 3. Contenedores utilizados en hidroponía. -----	15
Figura 4 Composición del sustrato ideal-----	20
Figura 4. Sustrato preparado-----	21
Figura 5 Piedra Pómez-----	21
Figura 6 Aserrín -----	22
Figura 7 Soluciones nutritivas-----	23
Figura 8. Deficiencia de Nitrógeno -----	27
Figura 9. Deficiencia de Fosforo-----	27
Figura 10. Deficiencia de Potasio-----	27
Figura 11. Deficiencia de Hierro-----	28
Figura 12. Deficiencia de Boro-----	29
Figura 13. Deficiencia de Cobre-----	29

RESUMEN

Actualmente la adquisición y la demanda de alimentos aumentan considerablemente a través de los años, la escasez de zonas cultivables, pérdida de fertilidad de este y diversas prácticas agrícolas han deteriorado considerablemente los suelos imposibilitando producir alimentos de buena calidad.

El cultivo sin suelo, es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones nutrientes en vez de suelo agrícola, en lo que respecta a no contener suelo natural.

El presente estudio está dirigido a la evaluación de la aplicación de dos soluciones inorgánicas (Formula "A" recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación FAO, Formula "B" Recomendada por la Universidad de California) en diferentes sustratos: aserrín, piedra pómez y la mezcla de ellos, en el rendimiento del cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) en condiciones hidropónicas (sin suelo).

Se realizaron 5 cortes de pepinos, al efectuar el análisis estadístico en los seis tratamientos, los datos que se presentaron son los pesos promedios de pepinos por corte expresado en Kg.

Para la evaluación de los resultados en cada tratamiento se aplicó el diseño completamente al azar con seis tratamientos y dos observaciones (sustrato y soluciones). Utilizando el programa SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales), la variable medida fue la producción de pepino.

Los datos muestran que la solución "A" brinda mejores resultados que la solución "B".

El sustrato Piedra pómez proporciona mejores resultados para la producción de pepino en condiciones hidropónicas.

INTRODUCCION

La Hidroponía también denominada cultivo sin suelo, es una técnica que surge en respuesta a la demanda de alimentos en zonas donde no es posible el cultivo tradicional; consiste en utilizar soluciones inorgánicas como nutrientes y sustratos para el sostén de la planta.

La composición de las soluciones nutrientes es desconocida muchas veces por la población limitando la aplicación de esta técnica.

Considerando la poca información con que cuenta la población salvadoreña en especial la zona oriental sobre el cultivo sin suelo, se presenta un estudio dirigido a dar a conocer los principales componentes de las fórmulas nutrientes a aplicar como son el Fosfato de Amonio, Sulfato de Calcio y Potasio sin desestimar los que la planta absorbe en menor cantidad: el Boro, Zinc, Manganeso, Magnesio y Hierro en sus respectivas sales.

Se evalúan fórmulas nutrientes que no incluyen algunos de los componentes menores para observar las diferencias de resultados en cada uno de los cultivos, es por ello que por comparación entre fórmulas se determinará la más adecuada para la producción de pepino; se aplica la fórmula nutriente recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la recomendada por la Universidad de California.

Cada uno de los sustratos que participan en un cultivo sin suelo son preparados con especial cuidado además de la fórmula nutriente también se analizará la relación que existe entre la producción del fruto y el tipo de sustrato utilizado: la piedra pómez, aserrín y la mezcla de ellos.

En la metodología utilizada para la elección de la mejor fórmula nutriente en el cultivo de pepino, se toma en cuenta algunos factores como: la temperatura, pH de solución y cantidad de solución aplicada a la planta, los cuales son importantes en el desarrollo del cultivo.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA

Actualmente la actividad humana provoca severos daños en el medio ambiente, debido a la necesidad de producir alimentos. Los suelos son víctimas de la contaminación, de erosión, uso de pesticidas, plaguicidas y quema de basura o de prácticas agrícolas.

En la actualidad la adquisición de hortalizas resulta de alto costo por diferentes causas, entre ellas a la importación, además los hábitos de la población están dirigidos a su compra y no al cultivo, unido al desconocimiento de las técnicas apropiadas para este, y otras condiciones que se presentan tales como:

- Poca disponibilidad del suelo para el cultivo de hortalizas.
- Las condiciones climatológicas de la zona que no son controladas, tales como altas temperaturas y escasas de lluvias.
- Poca asesoría para el cultivo y la carencia de una educación permanente hacia el cultivo

Como estudiantes de Química se presenta una propuesta de solución a este problema al preparar y aplicar dos soluciones de nutrientes inorgánicos a diferentes sustratos como el aserrín, piedra pómez y la mezcla de ambos para la producción de pepino (*Cucumis sativus*) empleando a técnica del cultivo sin suelo (Hidroponía); la solución recomendada por la Organización de la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la solución recomendada por la Universidad de California.

1.2 ANTECEDENTES DEL FENOMENO

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

Cabe mencionar que el Cultivo Hidropónico en un principio era solamente en agua, a la cual se le agregaba los elementos nutrientes, pero al pasar del tiempo se modificó el método.

El siguiente gran desarrollo en el cultivo hidropónico se produjo en el siglo XVII en Europa, donde los invernaderos comenzaron a ser usado para cultivar plantas y hortalizas. Durante este tiempo, el naturalista británico John Woodward comenzó a experimentar con el "cultivo sin suelo" de la planta Menta (*Mentha piperita*). A mediados del siglo XIX, las técnicas de laboratorio necesarias para cultivar plantas en hidropónicos se desarrollaron en Alemania.

Los cultivos hidropónicos tal y como los conocemos en la actualidad, fueron impulsados en 1930 por Gericke de la Universidad de California, introduciendo el sistema de cultivo sin suelo de forma comercial para la producción de tomates, desarrollando los cultivos en bolsas de arena.

La hidroponía en El Salvador se inicia a principios de los años 90', cuando personal del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) implementa el proyecto con el fin de brindarles una herramienta de trabajo a las personas de escasos recursos. También se desarrollaron proyectos de Huertos Caseros Hidroponía Familiar publicados como Guía Popular desarrollados por la Unidad Ecológica Salvadoreña en el año 2005, esta publicación se elaboró en el marco del proyecto "Fortalecimiento de la economía popular mediante cultivos hidropónicos", realizados en un encuentro colectivo de mujeres de la Intercomunal de Cara sucia, San Marcos Lempa.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

El cultivo sin suelo es una alternativa al problema de escasez de zonas cultivables el cual se da por la erosión de suelos, deforestación y pérdida de fertilidad de este aunado a las prácticas agrícolas tales como quemas, uso excesivo de insecticidas, herbicidas y otros.

Este cultivo presenta un amplio rango de ventajas sobre el cultivo tradicional, las cuales se enumeran a continuación:

- a) Se obtiene una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo por tanto el desarrollo del cultivo.
- b) La nutrición del cultivo está mucho más controlada que en los sistemas de cultivo en suelo, puesto que no existen interacciones. Se aplica una solución nutritiva a un sustrato totalmente inerte, esto es, sin actividad química.
- c) Se pueden emplear sustratos distintos a los comercialmente conocidos y procedentes de residuos, como la piedra pómez, la fibra de coco, ladrillo triturado, fibra de madera, y otros, con muchas posibilidades por explotar a nivel local.
- d) Generalmente se suprime el trabajo de eliminación de malas hierbas.
- e) Se puede conseguir un mayor potencial productivo, en menor tiempo comparado con el cultivo tradicional.
- f) Las soluciones nutrientes son de fácil adquisición o preparación en los casos que no se encuentren preparadas.

Se elige el cultivo de pepino porque en cada 100 g de fruto se encuentra un 96% de agua, que ayuda al balance hídrico del cuerpo, vitamina A y C que actúan en el fortalecimiento óseo y como antioxidantes respectivamente, fibra y sales minerales de Potasio, Calcio, Fósforo, y Hierro, los cuales producen en total 13 Kcal de energía.

El cultivo del pepino es importante ya que tiene un alto índice de consumo en nuestra población, sirve de alimento en fresco como industrializado, representando una alternativa de producción para el agricultor salvadoreño, para mercado interno, como con fines de exportación.

El anuario de estadísticas agropecuarias nos reporta que en 1998-99 se importaron 437,125 kilogramos con un valor de \$73,398.17, significa que existe una demanda interna insatisfecha, creándose la necesidad de incrementar el área cultivada, mejorar la productividad así como la calidad del producto. El adecuado manejo de todos los factores que influyen en el desarrollo del cultivo es trascendental para consolidar el cultivo de pepino como un rubro de exportación.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo general

Aplicar dos soluciones de nutrientes inorgánicos a diferentes sustratos para la producción de pepino (*Cucumis sativus*), empleando la técnica del cultivo sin suelo

Objetivos específicos

- Preparar la solución de nutrientes inorgánicos recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y por la Universidad de California.
- Evaluar la influencia en el cultivo al utilizar piedra pómez, aserrín de madera y la mezcla de ellos como sustrato.
- Medir el rendimiento del cultivo tomando en cuenta cada una de las condiciones en las que se llevó a cabo.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Situación actual del suelo

Cada vez resulta más evidente que diversas actividades del hombre han derivado en una situación donde la tasa de pérdida de suelo supera por mucho al de su formación, desestabilizando peligrosamente su equilibrio natural. ^[1]

Algunos de los procesos que influyen en mayor o menor grado en el deterioro de los suelos son:

- a. Deforestación: es el desmonte de terrenos con el fin de utilizarlos para cultivos, explotaciones madereras o zonas de pastoreo para ganado.
- b. Erosión: proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo por los agentes del intemperismo. La erosión causada por el agua se llama erosión hídrica y la causada por el viento erosión eólica.
- c. Salinización: deterioro de los suelos por el incremento en el nivel de sales solubles que reduce su capacidad productiva.
- d. Degradación física: se produce como consecuencia de procesos como el encostramiento, la reducción de permeabilidad, la compactación, la cementación y la degradación de la estructura.
- e. Degradación biológica: Consiste en el aumento de la velocidad de mineralización de la materia orgánica, como consecuencia del continuo paso del arado que aumenta la intemperización y afecta la estructura de ésta.
- f. Degradación química: es la pérdida de nutrientes por lixiviación.
- g. Asentamientos humanos: la expansión urbana puede conducir al más fuerte cambio de uso del suelo; la sustitución de la cobertura vegetal por la cubierta asfáltica reduce la filtración de agua, afectando la cubierta vegetal aledaña y, con ello, acelera el proceso de degradación del suelo. ^[1]

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA detalla que el 87% de la superficie de la corteza terrestre salvadoreña es de origen volcánico, muy rico en Calcio, Magnesio y Silicio.

Sobre ella se desarrolla una agricultura intensiva, y es donde se encuentran las plantaciones de café y de caña de azúcar. Estos nutrientes se encuentran en menor cantidad a medida pasa el tiempo ya que cada año la tierra recibe maltratos en la forma de cultivar.^[2]

2.2 Cultivos sin suelo, una alternativa al deterioro de este.

Por cultivo sin suelo, se entiende cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, pudiéndose cultivar en una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutriente.

Esta forma de cultivar plantas se conoce en el medio agrícola como Hidroponía, pero en palabras más sencillas y ajustándola a las condiciones sociales en las que se ha venido desarrollando en América Latina, se define como una manera fácil de cultivar hortalizas y otras plantas útiles a las personas, utilizando espacios pequeños en zonas urbanas o rurales, sin que el cultivador deba tener grandes extensiones de terreno, de suelos fértiles o de conocimientos agronómicos. Por las razones anteriores también es conocida como “Cultivo Sin Suelo”.^[3]

Esta forma de hacer agricultura es muy apropiada para las actuales condiciones sociales y económicas de los grandes núcleos urbanos que se están formando en todo el mundo en desarrollo por el proceso acelerado de urbanización que resulta del abandono del campo, por las difíciles condiciones y la falta de garantías que hay en él para que los agricultores y sus familias alcancen una existencia digna.

La necesidad de suministrar verduras frescas a los soldados americanos durante la segunda guerra mundial, en las islas del Pacífico, por la imposibilidad de cultivar en sus suelos rocosos, hace que en 1945 se produzca un cierto desarrollo de las técnicas de cultivo sin suelo.^[4]

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) impulsó los cultivos sin suelo para satisfacer las necesidades alimentarias de los más pobres de las ciudades y ofrecerles una alternativa de actividad económica. La hidroponía, después de nacer en cuna de oro, optó por los pobres.

Después de cosechar notables éxitos en Chile, Venezuela y Colombia, entre otros países, los cultivos hidropónicos llegaron a Nicaragua en 1993 de la mano de César Marulanda, un técnico del PNUD que desde hace más de diez años se ha dedicado a ellos en su Colombia natal, y en otros países latinoamericanos.

Desafortunadamente entre la población de la mayoría de los países latinoamericanos, los vegetales son los más ignorados y los que reciben menos atención, sin embargo son de suma importancia en la dieta de las personas.^[5]

2.3 Pepino cultivado en un sistema sin suelo

Las hortalizas proporcionan al cuerpo vitaminas, minerales y fibras añadiendo volumen a la dieta.

Algunas sustancias presentes en las hortalizas han demostrado ser capaces de prevenir enfermedades, pues son fuente de elementos anti oxidantes, que impiden daños a las células humanas.^[3]



Figura 1. Pepino en cortes

El pepino es una de las hortalizas más ricas en agua (ver figura 1), por lo que proporciona muy pocas calorías (12 kcal por 100 gramos de alimento). Aporta pequeñas cantidades de provitamina A (beta-carotenos), luteína (caroteno sin actividad pro vitamínica A), y proporciones aún menores de otras vitaminas del grupo B, como Folatos, Niacina, Tiamina y Riboflavina, contiene en cambio, cantidades apreciables de vitamina C (100 gramos de pepino cubren más de un 15% de las ingestas diarias recomendadas de la vitamina).

Contiene igualmente minerales en pequeña cantidad, siendo el más abundante el potasio. A este alimento se le han atribuido efectos beneficiosos para la piel. En concreto, se ha usado de forma tópica en el caso de algunos problemas cutáneos como dermatitis, quemaduras e hinchazón de ojos. Los posibles efectos beneficiosos del pepino a este nivel se han relacionado con la presencia de vitamina C. (Ver cuadro 1)

En su composición también presenta una pequeña proporción de beta-sitosterol, compuesto con actividad antiinflamatoria, hipoglucémica y moduladora de la respuesta inmunitaria, entre otras, que puede resultar beneficioso en el tratamiento de ciertas enfermedades como la artritis reumatoide, diabetes, cáncer e hiperplasia benigna de próstata. ^[5]

Cuadro 2.1 Composición nutricional del pepino

COMPOSICION		
	Cantidad por 100 grs por porción comestible	Ingestas Recomendadas
Agua (g)	96.7	-
Energía (kcal)	12	3000 – 2300
Proteínas (g)	0.7	54 – 41
Hidratos de carbono (g)	1.9	450 - 350 (a)
Lípidos (g)	0.2	90 - 80 (a)
Fibra		
Fibra total (g)	0.54	> 30 (a)
Soluble (g)	150	12 (a)
Insoluble (g)	390	18 (a)
Vitaminas		
Vitamina A (Eq. Retinol) (µg)	62	1000 – 800
Carotenos totales (µg)	372	-
Beta-caroteno (µg)	372	-
Vitamina E (mg)	Trazas	10 – 8
Vitamina B1 (mg)	0.03	1.2 - 1.1
Vitamina B2 (mg)	0.03	1.3 - 1.2
Niacina (mg)	0.5	16 – 15
Vitamina B6 (mg)	0.04	1.5 - 1.3
Folatos (µg)	16	400
Vitamina C (mg)	10	60

Minerales		
Calcio (mg) ¹	17	1000 – 1200
Hierro (mg) ¹	0.3	10 – 15
Magnesio (mg) ¹	17	400 – 350
Zinc (mg) ¹	0.16	15 – 12
Selenio (µg) ³	0.8	70 – 55
Sodio (mg) ¹	13	-
Potasio (mg) ¹	140	-
Carotenos sin actividad provitamínica A		
Luteína (µg) ²	16	-
Esteroles		
Beta-sitosterol (mg) ³	14	-

Ingesta Recomendada: Recomendaciones de energía y nutrientes para hombre-mujer de 20 a 39 años. ^[6]

2.4 Inicio del cultivo

En general para obtener las plántulas para un cultivo hidropónico, no se requiere de condiciones diferentes que para un cultivo tradicional en tierra, porque la nueva raíz se abre camino hacia abajo (geotropismo positivo). Se pueden obtener desde un almácigo, o sembrarlas directamente en su disposición final. ^[7]

2.4.1 Características de la semilla del pepino

La semilla es, en potencia, una planta completa que está esperando los estímulos necesarios para iniciar una vida activa. La germinación se produce cuando absorbe suficiente agua para que la corteza exterior se abra y el embrión que está dentro empiece su desarrollo. La luz puede estimular o inhibir la germinación de acuerdo a la variedad de planta. Las semillas respiran durante la germinación, por lo tanto si

no existe aire en abundancia se asfixia, por eso hay que tener cuidado con la cantidad de agua que se suministra y con el tipo de medio con el cual se siembra.^[7]

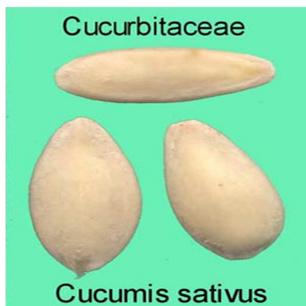


Figura 2. Semilla del pepino

La semilla del pepino es ovalada de color blanca amarillenta (Ver figura 2), está protegida por una cubierta dura, su tamaño es de 8 a 10 mm de longitud con grosor de 3 a 5 mm. El período de germinación varía de 3 a 4 días en condiciones favorables.^[2]

Los productores prefieren sembrar el híbrido de semilla Tropicuke II por su resistencia a plagas y enfermedades, sus frutos llegan a medir de 21 a 27 centímetros de largo, peso promedio de 0.80 libra por fruto, inicio de cosecha a los 45 a 50 días, color verde intenso y frutos uniformes.

Con el Tropicuke II el productor puede obtener un rendimiento promedio de 76 toneladas por hectárea en cultivos tradicionales, siempre y cuando el cultivo reciba el manejo adecuado. Este híbrido es el que tiene más aceptación por el mercado nacional.^[8]

2.5 Recipientes o contenedores.

La maceta es un contenedor, normalmente con forma de cono truncado (*ver figura 3*) con un agujero en el fondo para el drenaje, utilizado para cultivar plantas tanto de exterior como de interior, tradicionalmente se fabrica en barro cocido, pero también existen de diferentes materiales, como fibra de vidrio, plástico, madera, piedra, cemento, e incluso materiales biodegradables, el tamaño de la maceta debe ser 28 cm de alto por 28 cm de ancho para que la raíz del pepino se adapte correctamente.



Figura 3. Contenedores utilizados en hidroponía.

No es necesario contar con recipientes de gran profundidad, en general la profundidad mínima requerida de un recipiente es de 12 cm y en adelante se toma en cuenta el tipo de cultivo, para el pepino la profundidad mínima es de 22 cm y la máxima de 30 cm. ^[9]

2.6 Sustratos

Actualmente, el término sustrato en la agricultura se aplica a todo material sólido: natural, de síntesis, mineral y orgánico distinto del suelo, que colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o de mezcla, permite el desarrollo del sistema radicular y al crecimiento del cultivo y que puede intervenir o no en la nutrición de la planta. ^[10]

2.6.1 Principales Sustratos, Características y Propiedades

Se pueden clasificar los distintos sustratos utilizados en los sistemas de cultivo sin suelo en:

a) Sustratos orgánicos, que al mismo tiempo se pueden subdividir en:

- De origen natural, entre los que se encuentran las plantas descompuestas.
- Subproductos de la actividad agrícola: la fibra de coco, aserrín, paja de cereales como trigo o arroz, residuos de la industria del corcho, entre otros.

- Productos de síntesis, entre los que encontramos: polímeros no biodegradables, como la espuma de poliuretano y el poliestireno expandido.

b) Sustratos inorgánicos, que podemos subdividir en:

- De origen natural, que no requieren de un proceso de manufacturación, entre los que encontramos: la arena, las gravas y las tierras de origen volcánico como la piedra pómez.
- Aquellos que pasan por un proceso de manufacturación, como son: la lana de roca, la fibra de vidrio, arcilla y ladrillo molido. (Ver cuadro 2.2)

La elección de un determinado material va a depender por orden de prioridad: de la disponibilidad del mismo, de las condiciones climáticas, de sus propiedades, del costo, de la experiencia de manejo, homogeneidad, de la dedicación al sistema y de las posibilidades de instalación.

Cuadro 2.2 Principales sustratos y su clasificación

Sustratos y su clasificación			
Sustratos orgánicos		Sustratos inorgánicos	
Naturales	Subproductos	Naturales	Manufacturados
Plantas descompuestas	Fibra de coco	Arenas	Polímeros
	Aserrín	Gravas	Fibra de vidrio
	Cascarilla de arroz	Piedra pómez	

2.6.1.1 Características

- Durabilidad
- No debe descomponerse con facilidad
- No debe contener elementos nutritivos
- No debe contener organismos perjudiciales (hongos, bacterias)
- No debe contener residuos industriales o humanos
- Debe retener la humedad
- Debe tener un buen drenaje
- Debe ser abundante, fácil de conseguir y transportar
- Debe ser de bajo costo
- Debe permitir la aireación de las raíces
- Impacto Ambiental mínimo

2.6.2 Propiedades Físicas

Desde los inicios de la hidroponía, los sustratos eran considerados como materiales de gran importancia, pero estos debían de reunir una mezcla de características favorables para este cultivo. Sin embargo, no siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello es que se recurre a realizar mezclas de los mismos, buscando que unos aporten lo que les falta a otros. ^[11]

Las propiedades físicas de un sustrato son más importantes que las químicas, puesto que las segundas se pueden modificar mediante el manejo de las soluciones nutritivas, siendo las primeras más difíciles de modificar.

Un buen sustrato presenta un comportamiento similar al de una esponja, es decir, una elevada porosidad, gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, drenaje rápido, buena aireación, distribución del tamaño de partículas, baja densidad aparente y estabilidad. ^[4]

2.6.2.1 Porosidad total

Es el volumen total del sustrato de cultivo no ocupado por partículas orgánicas o minerales. El valor óptimo de porosidad es superior al 85%, razón por la cual podemos cultivar con volúmenes reducidos de sustrato, dejando un gran volumen disponible al aire y a la solución nutritiva. El total de poros se mide en microporos, que son los encargados de retener el agua, y los macroporos que permiten la correcta aireación y drenaje del sustrato. ^[12]

2.6.2.2 Capacidad de aireación

Es la proporción de volumen de sustrato de cultivo que contiene aire. ^[4]

2.6.2.3 Distribución del tamaño de las partículas

Hemos visto como el tamaño de los poros determina la capacidad de un sustrato en retener el agua y el aire. La porosidad aumenta en la medida que lo hace el tamaño medio de las partículas. Las partículas pequeñas hacen disminuir la porosidad y aumentar la cantidad de agua retenida.

En un sustrato, es también importante la distribución del tamaño de sus partículas. El material más adecuado es el de textura media a gruesa, con distribución de tamaño de los poros entre 30 y 300 micras, que retiene suficiente agua fácilmente disponible y posee un adecuado contenido de aire.

2.6.2.4 Estructura estable

La compactación y descomposición del sustrato puede causar una reducción en el espacio poroso y en la capacidad de aireación a lo largo del cultivo. Es por ello que la estabilidad de las propiedades físicas es de vital importancia en cultivos de larga

duración. Los sustratos más inadecuados son aquellos que se desmoronan fácilmente con la acción del agua. ^[12]

2.6.3 Propiedades Químicas

2.6.3.1 Capacidad de intercambio catiónico. C.I.C.

Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico. Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta. ^[14]

2.6.3.2 Disponibilidad de los nutrientes

La mayor parte de los sustratos inertes existentes poseen un contenido de nutrientes inicial casi nulo, aunque en algunos sustratos orgánicos tienen en muy mínima cantidad algunos nutrientes. Como ejemplo tenemos la fibra de coco que inicialmente puede ser rica en Potasio. ^[11]

2.6.3.3 Salinidad

Hace referencia a la concentración de sales existente en el sustrato cuando es suministrado. En aquellos que son inertes la salinidad es prácticamente nula, en sustratos orgánicos puede tener valores elevados. La podremos determinar a través de un análisis del extracto saturado, para aprovechar dichas sales, si son apropiadas, o proceder al lavado del sustrato empleando agua de riego, el cual se emplea en todos los sustratos antes de utilizarlos.

Un sustrato ideal debe contener en su composición mayor cantidad de material sólido, en segundo lugar agua y por último el aire. (*Ver figura 4*)



Figura 4 Composición del sustrato ideal

2.6.3.4 pH de los sustratos

El pH influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Con un pH inferior a 5 pueden presentarse deficiencias de Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio y con valores superiores a 6.5 disminuye la asimilabilidad de Hierro, Fósforo, Manganeso, Boro, Zinc, y Cobre.

Los materiales orgánicos presentan mayor capacidad tampón que los inorgánicos y por lo tanto, mayor capacidad para mantener constante el pH. En general, cuando un sustrato se encuentra fuera de los rangos de pH aconsejados, lo debemos corregir a valores adecuados.

El nivel óptimo aconsejado para el manejo de cultivo sin suelo de hortalizas en la disolución del sustrato se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 6,8, que es el rango en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes.

2.6.4 Propiedades Biológicas

La propiedad biológica más importante es la baja velocidad de descomposición por degradación biológica. En aquellos casos en los que opte por la elección de sustrato orgánico y se pretenda una larga duración de cultivo, se debe elegir y tomar las medidas oportunas para evitar una rápida degradación; además debe estar libre de semillas de malas hierbas y de patógenos, sobre todo en los sustratos naturales y

de origen orgánico. Estos sustratos han de estar también exentos de sustancias tóxicas. ^[4]

2.7 Descripción de los sustratos utilizados en el cultivo de pepino.

2.7.1 Piedra pómez.

Es un material disponible en nuestro país de origen volcánico. Posee baja retención de agua pero alta aireación, posee una buena estabilidad física y durabilidad (ver figura 6). Desde el punto de vista biológico es completamente libre de microorganismos.

Está compuesto de sílice, alúmina y óxidos de Hierro. También contiene Calcio, Magnesio, Fósforo y algunos oligoelementos (ver cuadro 2.3). Las granulometrías son muy variables al igual que sus propiedades físicas. El pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido con tendencias a la neutralidad. La capacidad de intercambio catiónico es tan baja que debe considerarse como nula. Destaca su buena aireación, la inercia química y la estabilidad de su estructura. Tiene una baja capacidad de retención de agua, el material es poco homogéneo. ^[10]

Cuadro 2.3 Composición química de la piedra pómez ^[14]

Compuesto	Porcentaje
SiO ₂	71%
Al ₂ O ₃	12.8%
Fe ₂ O ₃	1.75%
CaO	1.36%
Na ₂ O	3.83%
K ₂ O	3.23%
H ₂ O	3.88%

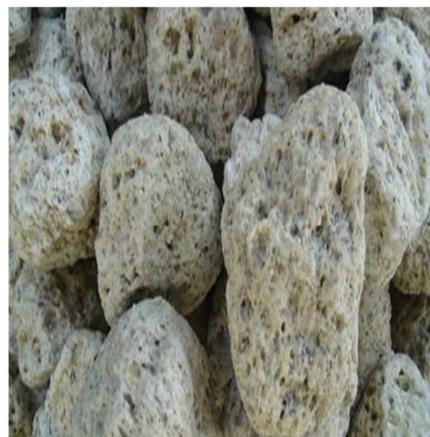


Figura 5 Piedra Pómez

2.7.2 Aserrín

El aserrín en nuestro país abunda y es muy barato, sobre todo aserrín de pino, laurel y caoba. Entre ellos se seleccionó el de laurel por la disponibilidad. (Ver figura 6)

Este sustrato tiene una retención de humedad de un 54% lo que es ideal para climas templados y secos. Normalmente la vida útil de este sustrato es de cuatro ciclos de cultivo, que se desarrollan a lo largo de algo más de dos años, al término de los cuales es desechado.^[15]



Figura 6 Aserrín

El aserrín es un sustrato ligno-celulósico que se obtiene de serrerías y carpinterías que posteriormente se someten a un proceso de esterilización con agua caliente.

El producto final no contiene resinas ni otros compuestos Fitotóxicos (compuestos que matan o inhiben el crecimiento de la planta) y constituye un producto orgánico, estable y esterilizado que, tras su utilización como medio de cultivo, puede utilizarse como enmienda orgánica de suelo.

2.8 Nutrientes

2.8.1 Descripción de la solución Nutriente

Los nutrientes para las plantas cultivadas en hidroponía que son suministrados en forma de soluciones de compuestos inorgánicos concentradas, pueden ser preparadas por los mismos cultivadores cuando ya han adquirido experiencia en el manejo de los cultivos y tienen áreas individuales o colectivas lo suficientemente grandes como para que justifiquen hacer una inversión en materias primas y equipo para su preparación. Si no es así, es preferible comprar las soluciones concentradas en el comercio, y proceder a diluirlas en un poco de agua y aplicarlas al cultivo.



Figura 7. Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas (ver figura 8), contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas. Los componentes de esta solución nutritiva se caracterizan por su alta solubilidad, por, tanto se eligen las formas hidratadas de estas sales. ^[3]

2.8.2 Composición del nutriente hidropónico:

Además de los elementos que los vegetales obtienen del aire y del agua (Carbono, Hidrógeno y Oxígeno), éstos consumen los elementos que se pueden ver en la siguiente clasificación:

- **Elementos mayores o macro elementos:** Se llaman mayores porque las plantas los consumen en cantidades grandes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio.
- **Elementos Secundarios:** Se llaman así porque las plantas los consumen en cantidades más pequeñas que los elementos mayores, pero son muy importantes en la conformación de las diferentes partes de los vegetales. Calcio, Azufre y Magnesio.
- **Elementos menores o micro elementos:** **Cobre, Boro, Hierro, Manganeso, Zinc y Molibdeno.** Las plantas los necesitan en cantidades muy pequeñas pero sin ellos, no habría asimilación de los otros elementos.

Si los elementos menores no existieran en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero no llegarían a producir o los frutos recolectados serían de mala calidad (mal color, consistencia y/o sabor).^[7]

Para hacer más fácil el aprendizaje y la práctica de la aplicación de los nutrientes hidropónicos, se han agrupado los elementos nutritivos sólo en dos grupos teniendo en cuenta la compatibilidad que hay entre ellos.^[3]

En los cultivos sin suelo todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales en agua para preparar la solución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores:

1- La proporción relativa de iones se deben añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente; por ejemplo, la sal de nitrato potásico KNO_3 proporcionará un ión de potasio K^+ y otro ión de nitrato NO_3^- , así como la sal de nitrato cálcico $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nos dará un ión cálcico Ca^{2+} y dos iones de Nitrato.^[15]

2- Solubilidad de las sales.

Las diferentes sales fertilizantes que se usan para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, es decir, la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando la disolvemos en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de esta se disolverá en el agua. En los cultivos sin suelo las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas.^[14]

Por ejemplo el Calcio puede ser suministrado por el nitrato cálcico o por el sulfato cálcico; este último es más barato, pero su solubilidad es muy baja; por tanto, el nitrato cálcico deberá ser el que se use para suministrar la totalidad de las necesidades de Calcio.

El costo de una sal en particular deberá considerarse según se utilice, como grado técnico, o calidad reactiva.^[16]

2.9 FUENTES UTILIZADAS PARA ELABORAR SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cuadro 2.4. Fuentes para soluciones nutritivas

ELEMENTO	FUENTE	FORMULA	OBSERVACIONES
Nitrógeno	Amoniaco	NH_4OH	Una sal altamente soluble y pura
	Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	
	Ácido Nítrico	HNO_3	
	Nitrato de Amonio	NH_4NO_3	Altamente soluble muy pura
	Nitrato de Potasio	KNO_3	
	Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	
Fósforo	Fosfato Monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	
	Fosfato diamónico	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	
	Fosfato Monopotásico	KH_2PO_4	Muy bueno para corregir las deficiencias de P y K
Potasio	Cloruro de Potasio	KCl	Deberá utilizarse solamente en caso de deficiencias en K, y cuando no esté presente el cloruro sódico en la solución Tiene una solubilidad muy baja, pero se disuelve en agua caliente
	Nitrato de Potasio		
	Sulfato de Potasio	KNO_3 K_2SO_4	
	Hidróxido de Potasio	KOH	
Calcio	Sulfato de Calcio	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Muy insoluble, no puede ser utilizado en las soluciones nutritivas.
	Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	

Magnesio	Nitrato de Magnesio Sulfato de Magnesio	$Mg(NO_3)_2$ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Excelente, barato, altamente soluble, sal pura
Azufre	Sulfato de Amonio	$(NH_4)_2SO_4$	
Hierro	Quelato de Hierro	Terasol-Fe	La mejor fuente de Hierro
Manganeso	Sulfato de Manganeso	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	
Cobre	Sulfato de Cobre Nitrato de Cobre	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ $Cu(NO_3)_2$	
Zinc	Sulfato de Zinc	$ZnSO_4$	
Boro	Ácido bórico	H_3BO_3	La mejor fuente de boro, se disuelve en agua caliente
Molibdeno	Molibdato de amonio	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	

[16] FUENTE: Walco, La solución nutritiva

2.10 Deficiencias de nutrientes

La deficiencia de nutrientes puede ser compleja de predecir, porque factores como temperatura, humedad, tiempo de luz del día, enfermedades, etc. pueden modificar el requerimiento de la planta para cierto elemento químico.

Estas deficiencias pueden enmascarse por la intervención de varios factores, por lo que deben corregirse previamente. [18]

1. Nitrógeno (N)

Deficiencia: Las hojas viejas se presentan amarillas y el fruto es pequeño (*ver figura 9*).

Exceso: La planta tiene un color verde oscuro con abundante follaje pero un crecimiento pequeño de la raíz con caída de las flores y baja producción de fruto.



Figura 8. Deficiencia de Nitrógeno

2. Fósforo (P)

Deficiencia: El crecimiento es lento y la fruta tarda en madurar, se presenta una coloración violeta en el envés de las hojas nuevas (*ver figura 10*).

Exceso: No hay ningún síntoma.



Figura 9. Deficiencia de Fosforo

3. Potasio (K)

Deficiencia: Las hojas viejas son amarillentas con puntos muertos, la maduración del fruto es dispareja.

(*Ver figura 11*).

Exceso: No se absorbe en las planta cuando hay exceso de este elemento pero los niveles altos genera deficiencia de Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Hierro (Fe).



Figura 10. Deficiencia de Potasio

4. Azufre (S)

Deficiencia: La deficiencia de Azufre (S) es muy rara pero presenta amarillamiento de venas en hojas jóvenes y tallos violáceos.

Exceso: Las venas internas se ponen amarillas o las hojas se queman.

5. Magnesio (Mg)

Deficiencia: Amarillamiento interno de las hojas viejas.

Exceso: No hay síntomas visuales.

6. Calcio (Ca)

Deficiencia: Fruta descompuesta, amarillamiento de los márgenes de las plantas más jóvenes. La parte baja genera tonos púrpuras, hojas curvadas y la punta más alta aparece muerta.

Exceso: No hay síntomas visuales.

6. Hierro (Fe)

Deficiencia: Amarillamiento interna de las venas en hojas jóvenes, amarillamiento de los márgenes de las hojas extendiéndose a centro de las hojas. Desprendimiento de flores. Cuando el pH es alto genera deficiencia de Hierro. (Ver figura 12)

Exceso: No es problema.



Figura 11. Deficiencia de Hierro

7. Cloro (Cl)

Deficiencia: Hojas marchitas con amarillamiento color bronce. Crecimiento de raíz detenido.

Exceso: Punta de la hojas quemadas o amarillentas, caída de hojas y crecimiento detenido.

8. Manganeso (Mn)

Deficiencia: Amarillamiento interno de las hojas viejas, hay presencia de hojas color verde pálido, desprendimiento de hojas y pocas flores y frutos.

Exceso: Amarillamiento y crecimiento detenido.

9. Boro (B)

Deficiencia: Puntos muertos, amarillamiento intervenal de hojas superiores, hojas frágiles, esta deficiencia genera deficiencia de Calcio. (Ver figura 13)

Exceso: Amarillamiento de la punta de la hoja que cambia a tonos cafés.



Figura 12. Deficiencia de Boro

10. Zinc (Zn)

Deficiencias: Puntos cafés, hojas pequeñas y algunas veces largas y angostas.

Exceso: Comúnmente acompañado con deficiencia de Hierro (Fe) presenta amarillamiento en las hojas.

11. Cobre (Cu)

Deficiencias: Hojas jóvenes verdes oscuras y con formas extrañas, enroscadas en tubos, pocas o ninguna flor. (Ver figura 15)

Exceso: Crecimiento reducido con síntomas de deficiencia de Hierro (Fe).



Figura 13. Deficiencia de Cobre

12. Molibdeno (Mo)

Deficiencias: Amarillamiento de la venas en hojas viejas y márgenes de las hojas curvadas hacia arriba.

Exceso: Las hojas toman un color amarillo dorado.

Cuando se detecta una deficiencia se debe de cambiar la concentración de la solución de nutrientes. ^[19]

2.11 pH de soluciones nutritivas

El pH de una solución nutritiva marca el carácter ácido o básico, e influye sobre la solubilidad de los iones. En general, las aguas utilizadas tienen un pH básico, es decir un valor superior a 7. En estas condiciones pueden observarse insolubilidades y precipitaciones de sales evitando la buena nutrición.

La mayor parte de las plantas se desarrollan bien en soluciones nutritivas con pH comprendidos entre 5 y 7, en los cultivos hidropónicos generalmente se trabaja con pH de 5,5 a 5,8, puesto que en dicho rango de pH, los iones, especialmente las de Fósforo y micro elementos se observa mayor solubilidad de las sales en la solución.

El pH actúa manteniendo los iones solubles y por tanto, mejorando su absorción. Con un pH superior a 7,5 puede verse afectada la absorción de Fósforo, de Hierro y de Manganeso, la corrección del pH puede evitar los estados carenciales.

El valor de pH a utilizar en la solución nutritiva debe permitir una buena asimilación de los nutrientes, evitando posibles fitotoxicidades y precipitados. Por encima de pH 7 la mitad del Hierro se encuentra formando $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en forma de quelato. A un valor de 6,5, el Hierro se encuentra disuelto. El Manganeso también ve reducida su solubilidad con niveles de pH altos.

Con valores de pH mayor que 6.5 la disponibilidad del Fósforo y del Calcio puede decrecer. En el rango de pH de 5,5 a 6,5 la totalidad de los nutrientes está en forma asimilable. Con valores mayores de 6,5 se pueden producir precipitados y menor

que 5 puede deteriorarse el sistema radicular de la planta, particularmente en sistemas de cultivo sin suelo en los que se emplean sustratos con bajo poder buffer.

En el agua de riego el pH suele ser básico y para disminuir su valor generalmente se hace uso de ácidos, como el ácido fosfórico o el ácido nítrico, encargados de neutralizar al ión bicarbonato. ^[4]

2.12 Formula química de las soluciones nutritivas

A continuación se presentan las soluciones nutritivas empleadas en esta investigación. Con regularidad se usan soluciones de aplicación general, que luego, a través de la experiencia y la práctica, se van especializando para un cultivo, una etapa del cultivo y/o variedad.

Una de las fórmulas se basa en el uso de sales inorgánicas de alta pureza y alta solubilidad en agua. Su base es la fórmula desarrollada por el Dr. Felipe Calderón analista, microbiólogo y agrónomo de nacionalidad Colombiana. ^[18]

La fórmula ha sido adoptada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Otra fórmula química de solución nutritiva es la desarrollada por la Universidad de California.

A continuación se describen los componentes de cada una de ellas.

SOLUCIÓN NUTRITIVA DE FAO ^[7]

Solución A

Fórmula para preparar 10 litros de sol. “A”

Fosfato de Amonio	492 g
Nitrato de Calcio	2.100 kg
Nitrato de Potasio	1.100 kg

Solución B

Fórmula para preparar 4 litros de solución b

Sulfato de Magnesio	492 g
Sulfato de Cobre	0.48 g
Sulfato de Manganeso	2.5 g
Sulfato de Zinc	1.2 g
Ácido Bórico	6.2 g
Molibdato de Amonio	0.02 g
Nitrato de Magnesio	246 g
Quelato de Hierro	8.5 g

SOLUCION NUTRIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA. [7]

Fórmula para preparar 200 litros de solución.

Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	90 gramos
Nitrato de potasio	KNO_3	90 gramos
Fosfato acido de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	20 gramos
Sulfato de magnesio	MgSO_4	30 gramos

Deben disolverse primero las sales de fosfato y luego agregarle lo siguiente:

1. Hierro en forma de tartrato de Hierro o sulfato de Hierro.
2. Magnesio en forma de cloruro de Magnesio

3. Boro en forma de Ácido Bórico

4. Zinc en forma de sulfato de Zinc.

2.13 Condiciones climatológicas para el cultivo del pepino.

El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado en gran parte por la temperatura ambiental del entorno del cultivo, la cual debe estar dentro de unos límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo y morir.

La temperatura es el parámetro físico más importante a tener en cuenta, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20°C, por lo cual es necesario conocer los siguientes conceptos:

- Temperatura mínima letal: Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.⁸
- Temperatura máxima y mínima biológica: Indican valores máximos o mínimos respectivamente rango en el cual no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración y fructificación.
- Temperaturas nocturnas y diurnas: Indican los valores para un correcto desarrollo de la planta, según su fotoperiodo.
- Temperatura máxima letal: Aquella temperatura en la cual se producen daños en la planta.

Cuadro 2.5 Exigencias de temperatura para distintas especies

Temperatura para distintas especies			
	Tomate	Pepino	Sandia
T° mínima letal	0-2	-1-0	0
T mínima biológica	10-12	10-12	11-13
T optima	13-16	18-20	17-20
T máxima biológica	21-27	20-28	23-28
T máxima letal	33-38	31-38	33-37

Fuente: INFOAGRO

2.13.1 Factores que permiten reducir la temperatura

- La reducción de la radiación solar por medio del sombreo.
- La ventilación del espacio físico donde se encuentra el cultivo.

2.13.1.1 Sistemas de sombreo

La reducción de temperatura se basa en disminuir el porcentaje de radiación fotoactiva, para esto se utilizan mallas de sombreo.

Las mallas pueden ser de polietileno, polipropileno, poliéster o de derivados acrílicos. Las mallas se clasifican en función de su porcentaje de transmisión, reflexión, y porosidad. En ensayos realizado se ha comprobado que en invernaderos sin sombreo se alcanzan temperaturas medias máximas de 46.6°C y al colocar la malla de sombreo negra se consigue reducir la temperatura a los 40.8°C. ^[19]

2.14 Plagas y enfermedades que atacan el pepino

El pepino es atacado por diferentes plagas y enfermedades (fungosas y bacterianas), las cuales aparecen cuando las condiciones ambientales son propicias

para su desarrollo y generalmente cuando existen cambios de estados (de estado vegetativo a floración) en el cultivo. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de las plagas. ^[14]

2.14.1 Plagas

La mosca blanca destaca como la que más afecta al pepino, es un hospedero preferente, es decir, que si hay varios cultivos susceptibles a esta, se encontrará las mayores poblaciones en el cultivo de pepino, de hecho dentro de los invernaderos se siembra pepino en medio de siembras de tomate para hacer una alerta temprana de la presencia de moscas en el cultivo. ^[22]

Luego aparecen otras plagas menos importantes (ver cuadro 2.7) ya que solo atacan al pepino en uno de los periodos de su ciclo de vida.

Cuadro 2.6 Descripción de las plagas más comunes del pepino

Plagas del pepino		
Nombre común	Nombre científico	Daño que ocasiona
Gallina ciega, Gusano alambre, Sinfilido y Nematodos	Phytophaga sp, Aeolus sp. y otras especies, Scutigerella immaculata, nematodos varias	Se alimenta del bulbo, raíces y pelos absorbentes
Trips	Thrips tabaci	Se alimenta del follaje y están en las axilas por lo general
Minador	Liriomyza sp.	Túneles en el Follaje
Diabrotica	Diabrotica Balteata	Daño mecánico al follaje, raíces y flores. Transmisión de Enfermedades

Métodos preventivos de plagas.

- Desinfección de estructuras y suelo previa a la plantación.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- Evitar los excesos de nitrógeno.
- Vigilancia de los cultivos durante las primeras fases del desarrollo.

2.14.2 Enfermedades

Las enfermedades presentes en el pepino son causadas por hongos y bacterias y se manifiestan con menos peligrosidad que las plagas.

Cuadro 2.7 Descripción de las enfermedades más comunes del pepino

Enfermedades que atacan al pepino		
Nombre común	Nombre científico	Daño que ocasiona
Mildeu	Pseudoperonospora	Perfora las hojas
Lanoso	spp.	
Mildeu Polvoso	Sphaerotheca fuligineae y Erysiphe cichoracearum	No es tan agresiva, daña solamente las hojas viejas
Mancha Angular	Pseudomonas Syringae	Causa lesiones en el punto angular de la hoja

Métodos preventivos de enfermedades

- Eliminación de malas hierbas, restos de cultivo y plantas infectadas.
- Utilizar cubiertas plásticas en el invernadero que absorban la luz ultravioleta.
- Emplear marcos de plantación adecuados que permitan la aireación. ^[23]

CAPITULO III. HIPÓTESIS

- **H₁**: La solución nutritiva recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) es más efectiva para la producción de pepino que la solución nutritiva recomendada por la Universidad de California
- **H₀**: La solución nutritiva recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) no es más efectiva para la producción de pepino que la solución nutritiva recomendada por la Universidad de California.

- **H₂**: Las plantas de pepino tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo utilizando sustratos inorgánicos como la piedra pómez.
- **H₀**: Las plantas pepino no tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo utilizando sustratos inorgánicos como la piedra pómez.

- **H₃**: Las plantas pepino tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo utilizando sustratos orgánicos como el aserrín.
- **H₀**: Las plantas pepino no tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo utilizando sustratos orgánicos como el aserrín.

- **H₄**: Las plantas pepino tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo utilizando mezclas de sustratos como la piedra pómez y aserrín.
- **H₀**: Las plantas pepino no tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo utilizando mezclas de sustratos como la piedra pómez y aserrín.

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es Descriptivo

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Dankhe, 1986).²¹

Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga.²⁵

- La primera parte consiste en preparar dos soluciones nutritivas, la solución recomendada por la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO) y la solución recomendada por la Universidad de California, ambas deben contener los elementos necesarios para el correcto desarrollo de las plantas en forma sales compuestas por nitratos, fosfatos, cationes metálicos y sales de amonio.
- La segunda parte consiste en aplicar las dos soluciones de nutrientes inorgánicos a diferentes sustratos: aserrín, piedra pómez y la mezcla de ambos para la producción de pepino (*Cucumis sativus*), empleando a técnica del cultivo sin suelo.
- La tercera consiste en evaluar la influencia en el cultivo al utilizar piedra pómez, aserrín de madera y la mezcla de ellos como sustrato, asimismo evaluar la influencia en el cultivo al utilizar la formula recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la fórmula recomendada por la Universidad de California

- La cuarta consiste en medir el rendimiento del cultivo tomando en cuenta cada una de las condiciones en las que se llevó a cabo utilizando el método estadístico Arreglo factoriales en diseños completamente al azar (Arreglo con dos factores).

4.2 Unidades de análisis.

Las plantas de pepino (*Cucumis sativus*).

4.3 Variables y su medición.

4.3.1 Definición de las variables

HIPÓTESIS N° 1

Variable Independiente:

H₁: Solución nutritiva recomendada por la organización para la agricultura y la alimentación (FAO).

Definición: Es una disolución de sales y de ácidos que tratan de imitar a los nutrientes que se encuentran en el suelo y que, por lo tanto, debe de contener la totalidad de los nutrientes.

Variable Dependiente:

H₁: Producción de pepino.

Definición: Es la cantidad de pepinos expresados en Kg por planta destinados a la alimentación humana.

HIPÓTESIS N° 2

Variable Independiente:

H₂: sustratos inorgánicos como la piedra pómez

Definición: Es un material disponible en nuestro país, su origen es volcánico. Posee una retención de agua de un 38%, posee una buena estabilidad física y durabilidad, desde el punto de vista biológico es completamente libre de microorganismos.

Variable Dependiente:

H₂: Producción de pepino.

Definición: Es la cantidad de pepinos expresados en Kg por planta destinados a la alimentación humana.

HIPÓTESIS N³

Variable Independiente:

H₃: Sustratos orgánicos como el aserrín.

Definición: El aserrín es un sustrato a base de laurel tiene una retención de humedad de un 54% lo que es ideal para climas templados y secos.

Variable Dependiente:

H₃: Producción de pepinos.

Definición: Es la cantidad de pepinos expresados en Kg por planta destinados a la alimentación humana.

.HIPOTESIS N⁴

Variable Independiente:

H₄: Mezclas de sustratos como aserrín y piedra pómez.

Definición: Es la mezcla de 50% aserrín y un 50% de piedra pómez.

Variable Dependiente:

H₄: Producción de pepino. **Definición:** Es la cantidad de pepinos expresados en Kg por planta destinados a la alimentación humana.

4.4 INDICADORES Y SU MEDICIÓN (U OBSERVACION).

Variable independiente: H₁ : Solución nutritiva recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).	Variable dependiente: H₁ : Producción de pepino.
INDICADORES	INDICADORES
- Crecimiento del pepino.	- Peso de fruto por planta.

Variable independiente: H₂ : Sustratos inorgánicos como la piedra pómez.	Variable dependiente: H₂ : Producción de pepino.
INDICADORES	INDICADORES
- Crecimiento del pepino.	- Peso de fruto por planta.

Variable independiente: H₃ : Sustratos orgánicos como el aserrín.	Variable dependiente: H₃ : Producción de pepino.
INDICADORES	INDICADORES
- Crecimiento del pepino.	- Peso de fruto por planta.

Variable independiente: H₄ : Mezcla de sustratos como aserrín y piedra pómez.	Variable dependiente: H₄ : Producción de pepino.
INDICADORES	INDICADORES
- Crecimiento del pepino.	- Peso de fruto por planta.

4.4.1 Instrumentos de medición

- Balanza: Es una palanca de primer género de brazos iguales que, mediante el establecimiento de una situación de equilibrio entre los pesos de dos cuerpos, permite medir masas.
- Frasco volumétrico: La mayoría están constituidos por vidrio para permitir la visualización del líquido que se desea medir. Aunque en algunos casos se utilizan de plástico transparente, ya sea por su bajo precio, o para evitar una reacción entre el líquido y el vidrio.
- Probeta: Es un instrumento de laboratorio que se utiliza, sobre todo en análisis químicos, para contener o medir volúmenes de líquidos de una forma aproximada.
- Beaker: Recipiente de vidrio transparente con forma cilíndrica y boca ancha, sirve para medir volumen de líquidos y también para calentar
- pH Metro: Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.
- Termómetro: Es un instrumento de medición de temperatura.

4.5 Técnicas empleadas

El método utilizado es la Hidroponía (cultivo sin suelo) aplicado a un cultivo de pepino, este experimento se llevó a cabo en el departamento de Ciencias Agronómicas de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, en una porción de 10m² del invernadero ubicado en dicho lugar, previamente ambientado y adecuado a los cuidados que requieren las plantas como: la poda de hierbas, colocación de tarimas de madera para sostener las macetas, así como malla sintética para mantener protegido el cultivo. (Ver anexo 1)

La siembra de la semilla se hizo de manera directa, colocadas en macetas con su respectivo sustrato; estas ordenadas en seis tratamientos, compuestas por cuatro macetas cada uno, éstas provistas de testigos. (Ver anexo 1)

Asimismo se prepararon las dos respectivas fórmulas a evaluar, la primera denominada solución “A” recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la solución denominada “B” recomendada por la Universidad de California. (Ver anexo 1)

Se prepararon los tres sustratos, el primero compuesto en un 100% aserrín de madera, el segundo 100% piedra pómez y el tercero una mezcla de 50% aserrín y 50% piedra pómez; el tipo de semilla utilizado es Tropicuke II y los riegos se efectuaran durante 70 días hasta que la planta termina de dar su cosecha, luego se harán los respectivos cortes de fruto, obteniendo su rendimiento.

Se realizaron las recolecciones de pepino a las seis semanas de iniciado el cultivo, la descripción del procedimiento se encuentra en el anexo 2.

4.6 Diseño estadístico.

Con la información obtenida a través de la entrevista proporcionada por el Ing. Ismael Guevara ⁽²⁰⁾, el diseño experimental es el siguiente:

Arreglo factoriales en diseños completamente al azar (Arreglo con dos factores).

Para la evaluación de los resultados en cada tratamiento se aplicó el diseño completamente al azar con seis tratamientos y dos observaciones (sustrato y soluciones). Utilizando el programa SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales), desarrollado en la Universidad de Chicago, la variable medida fue producción de pepino.

Con la colaboración del Ing. José Ismael Guevara se utilizaron las siguientes pruebas y elementos estadísticos:

Análisis de un factor (ANOVA): Es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas.²⁵

Elementos para interpretar un análisis de varianza unidireccional realizado en un paquete estadístico: Fuente de variación, sumas de cuadrados, grados de libertad, medias cuadráticas, razón "F" y significancia de "F".²⁶

Razón F: variabilidad debida a las variables independientes/ variabilidad debida a las otras variables (error)²⁷

Nivel de significancia: Es un nivel de probabilidad de rechazar o no la hipótesis nula y que fija de manera a priori el investigador, en este caso, con un nivel de confianza de 95%.²⁵

Prueba de Duncan: Es una de las principales estadísticas para contrastes a posteriori en el análisis de varianza unidireccional, realizado con el paquete estadístico más conocido en américa latina: SPSS.

Nivel de confianza que se utilizó fue de 0.05, es utilizado para comparar todos los pares de medias aritméticas.²⁶

Factor 1: Soluciones nutritivas

- Solución recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Solución recomendada por la Universidad de California EE.UU.

Factor 2: Sustratos

- Aserrín de madera
- Piedra pómez
- Mezcla Aserrín/ piedra pómez

TRATAMIENTOS: SUSTRATOS + SOLUCION NUTRIENTE

Resumidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.1

Tratamiento	Solución	Sustrato
1	A	Aserrín
2	B	Aserrín
3	A	Piedra pómez
4	B	Piedra pómez
5	A	Aserrín/Piedra pómez
6	B	Aserrín/Piedra pómez

CAPITULO V

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Cuadro 5.1

Peso promedio de pepino total por solución

solución	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
"A"	.331	.020	.290	.372
"B"	.227	.020	.187	.268

En el cuadro 5.1 los datos muestran que por comparación del valor de sus respectivas medias, la solución "A" es más efectiva que la solución "B", con un intervalo de confianza de un 95%

Cuadro 5.2

Información considerada en el análisis estadístico para los sustratos y soluciones.

Factores		N° de Observaciones
Sustratos	Aserrín	8
	Piedra pómez	8
	Aserrín/ piedra pómez	8
TOTAL	3	24
Solución	"A"	12
	"B"	12
TOTAL	2	24

En el cuadro 5.2.1 se muestra el análisis de varianza para el diseño estadístico con un nivel de significancia del 5% (ANOVA)

Cuadro 5.2.1

Análisis de varianza relacionada al peso promedio de pepino para corte 1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	.644 ^a	5	.129	6.079	.002
Intersección	1.363	1	1.363	64.297	.000
Sustrato	.540	2	.270	12.728	.000
Solución	.054	1	.054	2.554	.127
sustrato *	.051	2	.025	1.193	.326
Solución					
Error	.382	18	.021		
Total	2.389	24			
Total corregida	1.026	23			

a. R cuadrado = .628 (R cuadrado corregida = .525)

Análisis de prueba de Duncan

En el cuadro 5.3.1 se muestra el resultado del análisis utilizando la prueba de Duncan, fundamentado en la comparación de medias

Cuadro 5.3.1 Peso promedio de pepinos por corte 1 Análisis de prueba de Duncan

Sustrato	N	Subconjunto	
		1	2
Aserrín	8	.0262	
Piedra Pómez	8		.3438
Mezcla Aserrín/ Piedra pómez	8		.3450
Sig.		1.000	.986

(Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .021.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000

b. Alfa = 0.05.)

*Observamos los valores de los sustratos enmarcados en la página 47

El cuadro 5.4.1 es un análisis de varianza

Cuadro 5.4.1

Peso promedio de pepino corte 1 en Kg). Análisis de Varianza

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos (tratamientos)	.644	5	.129	6.079	.002
Intra-grupos (tratamientos)	.382	18	.021		
Total	1.026	23			

Cuadro 5.5.1

Valores de peso promedio de pepino corte 1

Tratamiento	Solución	Sustrato	peso pepino Kg
1	A	Aserrín	0.052
2	B	Aserrín	0.000
3	A	Piedra pómez	0.350
4	B	Piedra pómez	0.340
5	A	Aserrín/Piedra pómez	0.455
6	B	Aserrín/Piedra pómez	0.232

Grafico

1

Peso promedio de pepino corte 1

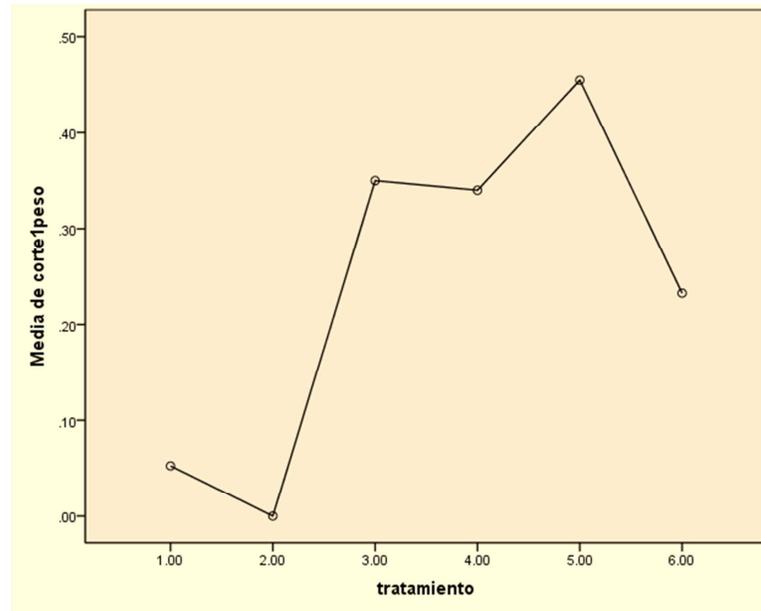


Grafico 1. En el grafico se muestran los valores del corte 1 de acuerdo a su respectivo tratamiento.

Observando que los tratamientos 3, 4, y 5 obtuvieron el mejor rendimiento en cuanto a producción, mientras los tratamientos 6 y 1 obtuvieron valores menores a los primeros, y el de menor producción es el tratamiento 2. (El análisis estadístico de los siguientes cortes de pepino se encuentra en anexo 3)

Cuadro 5.6.1

Resultado de la prueba de Duncan para valores del cuadro 5.5.1

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T2	4	.0000		
T1.	4	.0525	.0525	
T6.	4		.2325	.2325
T4.	4			.3400
T3.	4			.3500
T5.	4			.4550
Sig.		.616	.097	.061

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANÁLISIS DE CORTES TOTALES

Cuadro 5.7

Análisis de Varianza relacionada al peso promedio de pepino para cortes totales.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	.365 ^a	5	.073	12.455	.000
Intersección	2.338	1	2.338	398.604	.000
Sustrato	.199	2	.100	16.991	.000
Solución	.081	1	.081	13.741	.001
sustrato * solución	.085	2	.043	7.275	.003
Error	.141	24	.006		
Total	2.844	24			
Total corregida	.506	23			

En el cuadro 5.8 se muestra el resultado del análisis utilizando la prueba de Duncan se comprueba que las plantas de pepino tienen una mayor producción en un cultivo de pepino utilizando sustrato inorgánico como la piedra pómez y la mezcla de piedra pómez y aserrín.

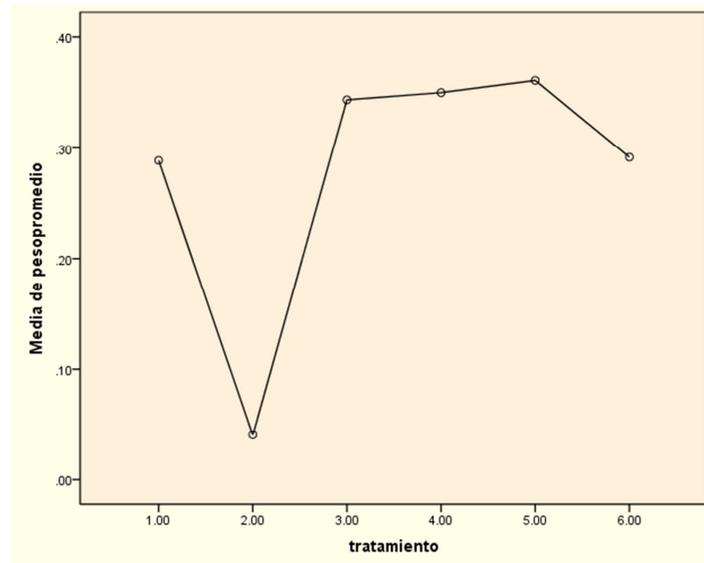
Cuadro 5.8
Análisis de Duncan

Sustrato	Subconjunto	
	N1	2
ASERRÍN	8	.1645
MEZCLA ASERRIN/ PIEDRA POMEZ	8	.3263
PIEDRA POMEZ	8	.3468
Sig.	1.000	.555

GRAFICO 6.

Peso promedio de cortes totales

Se muestran de manera gráfica los resultados del cuadro 5.9



Cuadro 5.9

Peso promedio de cortes totales por tratamiento.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	4	.0405	
1	4		.2885
6	4		.2915
3	4		.3435
4	4		.3500
5	4		.3610
Sig.		1.000	.192

En el cuadro 5.9 se observan los resultados de los respectivos tratamientos, de acuerdo a ellos los mejores resultados son T3, T4, y T5 estadísticamente se comportan de manera igual, aunque aritméticamente sean distintos. Los T1 y T6 tienen valores inferiores, mientras el T2 es el de menor rendimiento.

Cuadro 5.10

Peso promedio total por sustrato.

Sustrato	Solución	Media	Desviación típica	N
ASERRÍN	A	.2885	.13842	4
	B	.0405	.09056	4
	Total	.1645	.17101	8
PIEDRA POMEZ	A	.3435	.03282	4
	B	.3500	.01335	4
	Total	.3468	.02386	8
MEZCLA ASERRÍN/PIEDRA POMEZ	A	.3610	.06419	4
	B	.2915	.04955	4
	Total	.3263	.06530	8
Total	A	.3310	.08934	12
	B	.2273	.14969	12
	Total	.2792	.13210	24

En el cuadro 5.1 están descritos los valores de peso promedio de los cinco cortes de pepino, en cada sustrato con las respectivas soluciones, observando los valores de la media de la solución A mayores a las solución

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La solución nutritiva más efectiva en la producción de pepino, aplicando la técnica de cultivo sin suelo es la solución recomendada por la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO) denominada "Solución A"

Considerando las medias estadísticas promedio de cada uno de los sustratos, la Piedra Pómez con la mezcla Aserrín/Piedra Pómez tienen igual desempeño en el cultivo de pepino aplicando la técnica de cultivo sin suelo ya que no hay nivel de significancia estadístico entre ellos obteniendo una media estadística promedio de 0.3468 y 0.3263 respectivamente, poniendo de manifiesto de esta forma la superioridad sobre el sustrato aserrín que obtuvo una media estadística promedio de 0.1645.

Los resultados de las pruebas ANOVA y Duncan demostraron que las plantas de pepino tienen una mayor producción en un cultivo sin suelo, utilizando sustrato inorgánico como la piedra pómez y la mezcla de piedra pómez y aserrín.

De esta forma se obtiene una solución nutritiva y dos sustratos recomendables para la producción de pepino cumpliéndose así los objetivos de la investigación.

6.2 RECOMENDACIONES

- El pepino es de siembra directa.
- Elegir el lugar adecuado para llevar a cabo el cultivo, un espacio que esté libre de malezas y animales, y suficiente luz solar (como mínimo 6 horas al día), buena aireación y buen acceso al lugar.
- Utilizar las variedades de pepino más resistentes a plagas y situaciones adversas como son Tropicuke II, Centurión Y Diamante.
- El pepino es un fruto que se produce en todas las épocas del año pero en zonas cálidas como la nuestra se debe tomar en cuenta que en época seca la temperatura promedio supera los 35°C pudiendo llegar a la temperatura máxima letal del pepino (38°C) afectando su desarrollo floración y fructificación.
- Al utilizar piedra pómez como sustrato, éste no debe estar triturado completamente de lo contrario retiene más agua y disminuye la aireación y existe el riesgo de llegar a la asfixia radicular de la planta.
- Si la solución nutriente necesita prepararse, debe agregarse las cantidades exactas de cada uno de los elementos en sus sales correspondientes para evitar deficiencias o excesos de nutrientes en las plantas.
- Cuando se preparan grandes cantidades de solución nutriente debe almacenarse en contenedores plásticos y no de metal para evitar que exista interacción entre la solución y el material del contenedor.
- Utilizar mallas de sombreo para reducir la temperatura y la intensidad de los rayos ultravioletas dentro del invernadero.
- Realizar los riegos correspondientes de acuerdo a la necesidad de la planta; el último de ellos no debe hacerse de las 4:00 PM en adelante debido a que la planta absorbe poca cantidad de solución nutriente en esas horas y al permanecer esta en el sustrato se produce una alta retención de agua afectando el desarrollo radicular.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Alexander M.: Introducción a la Microbiología del Suelo, Libros y editoriales S.A., México, 1980.
- 2- López Zamora, Carlos Miguel. *Cultivo del pepino*. CENTA. 2003
- 3- Marulanda, Cesar Tabares. *Hidroponía familiar; cultivo de esperanzas con rendimientos de paz*. FUDESCO. PNUD. Marzo 2003
- 4- Aguilar Oliver, José. *Cultivo sin suelo de Hortalizas*. Fundación Caja Rural Valencia.
- 5- Agrimur.
http://www.proexport.es/frutasyhortalizas/ficha_producto.aspx?FrmId=40
- 6- Dietas.net. Tablas de composición nutricional de los alimentos. 2007
<http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/verduras-frescas/pepino.html>
- 7- Barros, Patricio. *Manual de hidroponía*. Julio 2000
- 8- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA. Ortiz Roxana. División de comunicaciones. 23 de Febrero de 2011
http://www.centa.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&catid=29:noticia-empresa&id=93:content-layouts&Itemid=57
- 9- Asesoría del Ing. Felipe Mejía sobre Soluciones Nutrientes para cultivos sin suelo. ENA. 2012
- 10- Gallegos, Daniel. Volumen óptimo de piedra pómez y tezontle como sustratos para la producción de Jitomate en hidroponía. España 1999

- 11- Hydroenvironment. Qué es un sustrato. México. 2008
http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31
- 12- Hydroenvironment. Tipos de sustratos para Hidroponía. México. 2008
http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1
- 13- INFOAGRO, Agrinova. Cursos Hidropónicos On Line. 2011
http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm
- 14- Izquierdo, Juan. *Hidroponía*. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile 2003
- 15- Raúl Nuño Moreno. Horticultura. Cap. 4, López Marcos. - *Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja California*. 2002
- 16- Llanos Peada, Pedro. La Solución Nutritiva, Nutrientes Comerciales, Formulas completas. Walco. Colombia, 2001
- 17- Calderón, Felipe. La solución nutritiva. Colombia, 2001
- 18- Información destinada al Desarrollo de Tecnologías de Agricultura Orgánica. Sistemas agronómicos. 2010
- 19- Información proporcionada por el Ing. Arnoldo Rivas. UES. Abril, 2013
- 20- Asesoría proporcionada por el Ing. Ismael Guevara. UES. Marzo 2013
- 21- Dankhe. Clasificación de los Estudios de Investigación 1986
- 22- Asistencia técnica agrícola 2008
<http://www.agro-tecnologia-tropical.com/index.html>
- 23- Infojardín 2002 <http://www.infojardin.com/>

- 24- http://es.wikipedia.org/wiki/Significaci%C3%B3n_estad%C3%ADstica
- 25- Hernández Sampieri Roberto, Collado Carlos. Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. Tercera Edición 2003
- 26- Hernández Sampieri Roberto, Collado Carlos. Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. Quinta Edición 2010
- 27- Bonilla, Gidalberto. Como hacer una tesis de graduación. UCA Editores 2000

ANEXOS

ANEXO 1

Sustratos utilizados

Aserrín



Piedra Pómez



Preparación de soluciones nutritivas



Llenado de contenedores



Siembra de plantas



Tutorado



Riego de plantas



ANEXO 2

Procedimiento:

Como primera actividad la porción de terreno delimitada en el invernadero ubicado en el Departamento de Ciencias Agronómicas de esta facultad, se acondicionó quitando la maleza, colocando la base de madera para sostener las macetas y evitar así que estuvieran en el suelo, asimismo se colocó la malla de material sintético para la protección de las plantas.

Se escogió dicho lugar tomando en cuenta que el cultivo debe estar ubicado en un área donde reciba como mínimo seis horas de luz solar, una fuente de agua potable y protegido de animales domésticos.

Se procedió a la esterilización de los sustratos aserrín y piedra pómez con agua a 100°C, dejando el sustrato por 72 horas a la exposición de la luz solar para su secado ya que debe estar 100% libre de humedad.

El experimento se ordenó en seis tratamientos, cada uno compuesto por cuatro plantas de pepino (cuatro macetas) las medidas de las macetas son de 28cm de alto por 28cm de ancho, dichos valores son específicos para este cultivo, para que las raíces puedan desarrollarse correctamente.

Posteriormente se hizo el llenado de las macetas, ocho macetas con el sustrato orgánico aserrín, ocho macetas con el sustrato inorgánico piedra pómez y ocho macetas con la mezcla de sustratos, aserrín y piedra pómez.

Las macetas se ordenaron a 30 cm entre cada maceta y a 90 cm entre tratamientos, luego se hizo el respectivo tutorado para cada tratamiento, con un soga de nylon a una altura de 2 metros sujeta firmemente al tutor.

Haciendo uso del laboratorio de Química de la FMO UES, se prepararon las respectivas soluciones a evaluar, la solución "A" denominada Solución

recomendada por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la solución "B" denominada Solución recomendada por la Universidad de California, distribuidas de la siguiente manera en los seis tratamientos:

T1= Aserrín/ Solución "A"

T2= Aserrín/ Solución "B"

T3= Piedra pómez/ Solución "A"

T4= Piedra pómez/ Solución "B"

T5= Mezcla Piedra pómez-Aserrín/ Solución "A"

T6= Mezcla Piedra pómez- Aserrín/ Solución "B"

Una vez asignada la solución con su respectivo sustrato se procede a la siembra de la semilla, la cual se hace de manera directa en la maceta.

Las soluciones se prepararon en un recipiente de plástico para evitar que algún elemento de la solución pueda reaccionar.

El volumen del riego se efectuó por metro cuadrado de planta, este varia de 2 a 3.5 litros, dependiendo del estado de desarrollo de las plantas y el clima imperante en la zona.

ANEXO 3

Análisis de varianza para el diseño estadístico con un nivel de significancia del 5%

Cuadro 5.2.2

Análisis de varianza relacionada al peso promedio de pepino para corte 2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	.382 ^a	5	.076	7.029	.001
Intersección	1.701	1	1.701	156.66	.000
				5	
sustrato	.086	2	.043	3.961	.038
solución	.100	1	.100	9.218	.007
sustrato *	.196	2	.098	9.004	.002
solución					
Error	.195	18	.011		
Total	2.279	24			
Total corregida	.577	23			

a. R cuadrado = .661 (R cuadrado corregida = .567)

Cuadro 5.3.2
Análisis Duncan

Sustrato	N	Subconjunto	
		1	2
Aserrín	8	.1900	
Mezcla piedra pómez/aserrín	8	.2725	.2725
Piedra pómez	8		.3363
Sig.		.131	.237

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .011.

Cuadro 5.3.2
Análisis Duncan

Sustrato	N	Subconjunto	
		1	2
Aserrín	8	.1900	
Mezcla piedra pómez/aserrín	8	.2725	.2725
Piedra pómez	8		.3363
Sig.		.131	.237

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.
Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .011.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000

b. Alfa = 0.05.

Cuadro 5.4.2

Peso promedio de pepino corte 2 en Kg.

Análisis de varianza

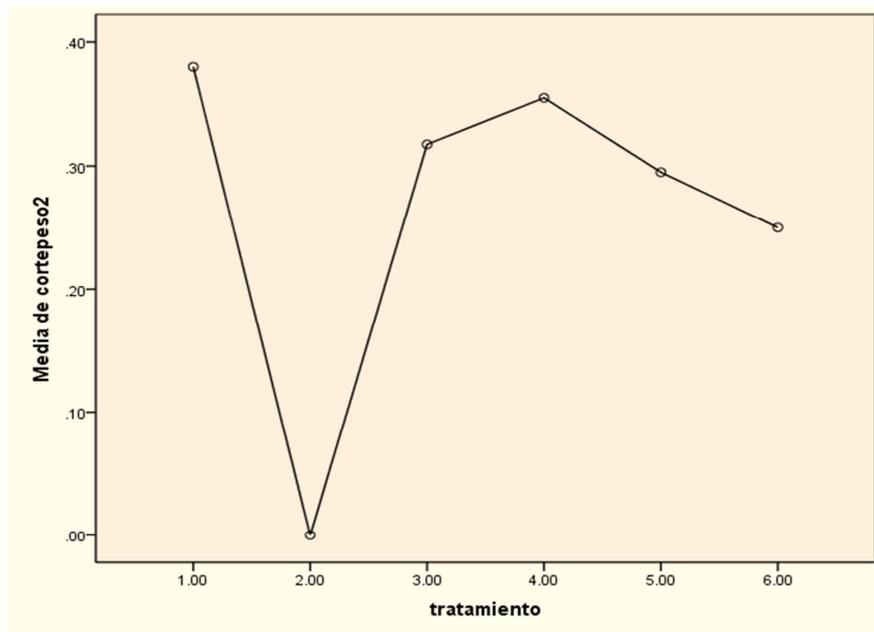
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos(tratamientos)	.382	5	.076	7.029	.001
Intra-grupos(tratamientos)	.195	18	.011		
Total	.577	23			

Cuadro 5.5.2

Valores de peso promedio de pepino corte 2

Tratamiento	Solución	Sustrato	peso pepino Kg
1	A	Aserrín	0.380
2	B	Aserrín	0.000
3	A	Piedra pómez	0.317
4	B	Piedra pómez	0.355
5	A	Aserrín/Piedra pómez	0.295
6	B	Aserrín/Piedra pómez	0.250

Grafico 2



Cuadro 5.6.2

Resultados para prueba de Duncan para valores de cuadro 5.5.2

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T2.	4	.0000	
T6.	4		.2500
T5.	4		.2950
T3.	4		.3175
T4.	4		.3550
T1.	4		.3800
Sig.		1.000	.128

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000.

Análisis de varianza para el diseño estadístico con un nivel de significancia del 5%

Cuadro 5.2.3

Análisis de varianza relacionada al peso promedio de pepino para corte 3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	.390 ^a	5	.078	4.106	.012
Intersección	1.777	1	1.777	93.449	.000
sustrato	.210	2	.105	5.533	.013
solución	.067	1	.067	3.535	.076
sustrato * solución	.113	2	.056	2.965	.077
Error	.342	18	.019		
Total	2.509	24			
Total corregida	.733	23			

a. R cuadrado = .533 (R cuadrado corregida = .403)

Cuadro 5.3.3
Análisis de Duncan

Sustrato	N	Subconjunto	
		1	2
Aserrín	8	.1400	
Piedra Pómez	8		.3300
Mezcla Aserrín/ piedra pómez	8		.3462
Sig.		1.000	.816

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .019.

Cuadro 5.4.3

Peso promedio de pepino corte 3 en Kg.

Análisis de varianza

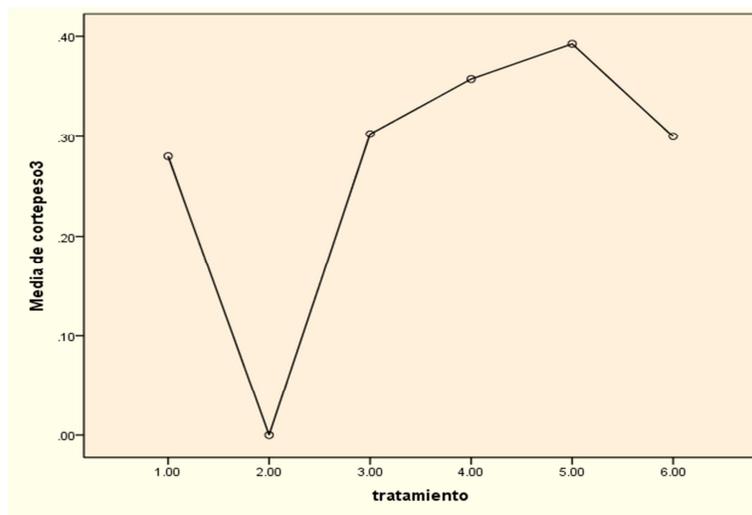
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos (tratamientos)	.390	5	.078	4.106	.012
Intra-grupos (tratamientos)	.342	18	.019		
Total	.733	23			

Cuadro 5.5.3

Valores de peso promedio de pepino corte 3

Tratamiento	Solución	Sustrato	peso pepino Kg
1	A	Aserrín	0.280
2	B	Aserrín	0.000
3	A	Piedra pómez	0.302
4	B	Piedra pómez	0.357
5	A	Aserrín/Piedra pómez	0.392
6	B	Aserrín/Piedra pómez	0.300

Grafico 3



Cuadro 5.6.3

Resultados para prueba de Duncan para valores de cuadro 5.5.3

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T2.	4	.0000	
T1.	4		.2800
T6.	4		.3000
T3.	4		.3025
T4.	4		.3575
T5.	4		.3925
Sig.		1.000	.312

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000.

Análisis de varianza para el diseño estadístico con un nivel de significancia del 5%

Cuadro 5.2.4

Análisis de varianza relacionada al peso promedio de pepino para corte 4

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	.411 ^a	5	.082	157.302	.000
Intersección sustrato solución sustrato * solución	1.995	1	1.995	3820.723	.000
	.172	2	.086	164.713	.000
	.082	1	.082	156.383	.000
	.157	2	.079	150.351	.000
Error	.009	18	.001		
Total	2.415	24			
Total corregida	.420	23			

a. R cuadrado = .978 (R cuadrado corregida = .971)

Cuadro 5.3.4

Análisis de Duncan

Sustrato	N	Subconjunto		
		1	2	3
Aserrín	8	.1725		
Mezcla aserrín/ piedra pómez	8		.3200	
Piedra pómez	8			.3725
Sig.		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000

b. Alfa = .05.

Cuadro 5.4.4

Peso promedio de pepino corte 4 en Kg.

Análisis de varianza

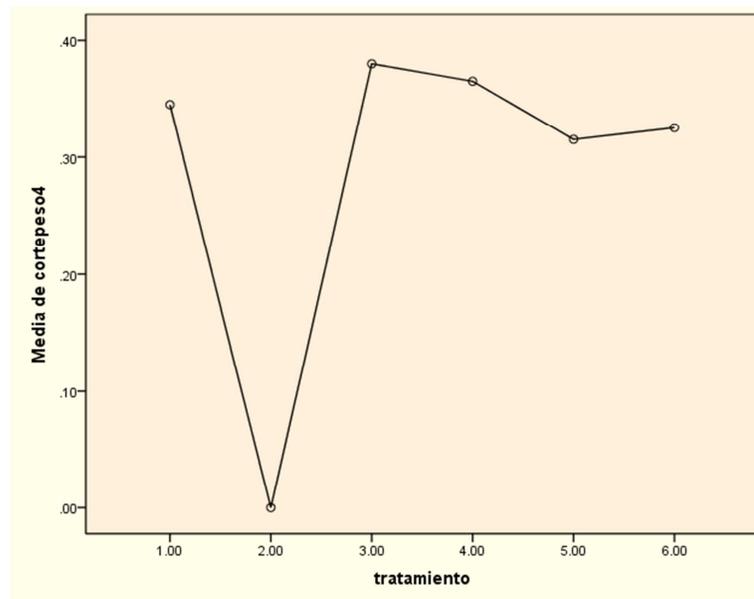
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos(tratamientos)	.411	5	.082	157.302	.000
Intra-grupos(tratamientos)	.009	18	.001		
Total	.420	23			

Cuadro 5.5.4

Valores de peso promedio de pepino corte 4

Tratamiento	Solución	Sustrato	peso pepino Kg
1	A	Aserrín	0.345
2	B	Aserrín	0.000
3	A	Piedra pómez	0.380
4	B	Piedra pómez	0.365
5	A	Aserrín/Piedra pómez	0.315
6	B	Aserrín/Piedra pómez	0.325

Grafico 4



Cuadro 5.6.4

Resultados para prueba de Duncan para valores de cuadro 5.5.4

tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T2.	4	.0000		
T5.	4		.3150	
T6.	4		.3250	
T1.	4		.3450	.3450
T4.	4			.3650
T3.	4			.3800
Sig.		1.000	.095	.054

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000.

Análisis de varianza para el diseño estadístico con un nivel de significancia del 5%

Cuadro 5.2.5

Análisis de varianza relacionada al peso promedio de pepino para corte 5

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	.086 ^a	5	.017	.456	.804
Intersección	2.627	1	2.627	69.966	.000
sustrato	.017	2	.008	.220	.805
solución	.031	1	.031	.821	.377
sustrato * solución	.038	2	.019	.510	.609
Error	.676	18	.038		
Total	3.388	24			
Total corregida	.761	23			

a. R cuadrado = .112 (R cuadrado corregida = -.134)

Cuadro 5.3.5

Análisis de Duncan

Sustrato	N	Subconjunto
		1
Aserrín	8	.2937
Mezcla Aserrín/ piedra pómez	8	.3488
Piedra pómez	8	.3500
Sig.		.590

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.
Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = .038.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8.000

b. Alfa = .05.

Cuadro 5.4.5

Peso promedio de pepino corte 5 en Kg.

Análisis de varianza

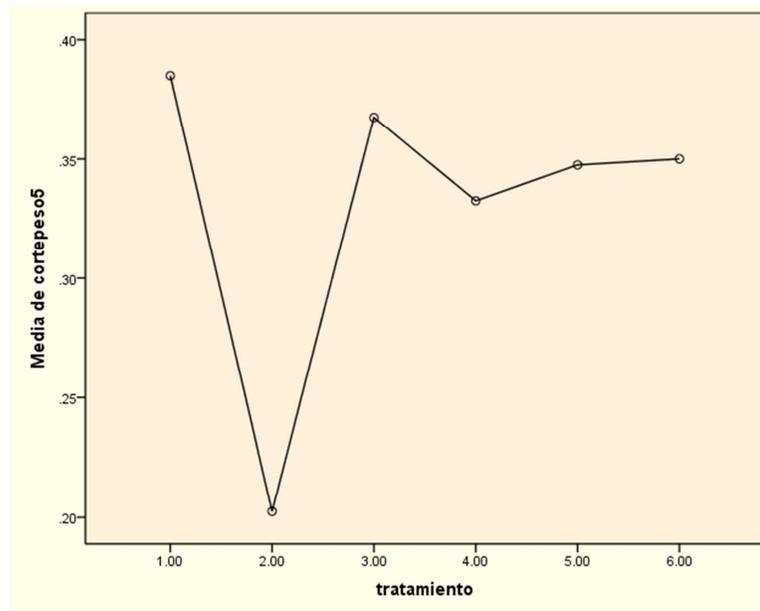
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos(tratamientos)	.086	5	.017	.456	.804
Intra-grupos(tratamientos)	.676	18	.038		
Total	.761	23			

Cuadro 5.5.5

Valores de peso promedio de pepino corte 5

Tratamiento	Solución	Sustrato	peso pepino Kg
1	A	Aserrín	0.385
2	B	Aserrín	0.200
3	A	Piedra pómez	0.367
4	B	Piedra pómez	0.332
5	A	Aserrín/Piedra pómez	0.347
6	B	Aserrín/Piedra pómez	0.350

Grafico 5



Cuadro 5.6.5

Resultados para prueba de Duncan para valores de cuadro 5.5.5

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
T2.	4		.2025
T4.	4		.3325
T5.	4		.3475
T6.	4		.3500
T3.	4		.3675
T1.	4		.3850
Sig.			.251

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000.