

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EVALUACION DE SUSTRATOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE PLANTAS
DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* L.) BAJO INVERNADERO, PARA LA PRODUCCIÓN
DE SEMILLA, EN SALAMA, BAJA VERAPAZ**

JOSE LUIS CANO LOPEZ

Vo. Bo. Ing. Agr. FRANCISCO VASQUEZ

GUATEMALA, MAYO DE 2004.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EVALUACION DE SUSTRATOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE PLANTAS
DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* L.) BAJO INVERNADERO, PARA LA PRODUCCIÓN
DE SEMILLA, EN SALAMA, BAJA VERAPAZ**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

JOSE LUIS CANO LOPEZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, MAYO DE 2004.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO	Br. LUIS ANTONIO RAGUAY PIRIQUE
VOCAL QUINTO	Br. JUAN MANUEL COREA OCHOA
SECRETARIO	Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES

Guatemala, mayo de 2004.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DE SUSTRATOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE PLANTAS
DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* L.) BAJO INVERNADERO, PARA LA PRODUCCIÓN
DE SEMILLA, EN SALAMA, BAJA VERAPAZ**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

En espera que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

José Luis Cano López

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Por iluminarme y permitirme llegar a tan anhelado paso en mi vida. Gracias señor.
- MIS ABUELOS** Mariano López (Q.E.P.D.)
Jacinta López (Q.E.P.D.)
Facundo Cano (Q.E.P.D.)
Herminia Figueroa (Q.E.P.D.)
Como un recuerdo a sus memorias
- MIS PADRES** Joaquín Cano Figueroa
María del Socorro López
Por su apoyo y ejemplo ilimitado. Este logro con mucho cariño para ustedes.
- MI ESPOSA** Aura Verónica Pineda Turcios de Cano
Por tu comprensión e incondicional apoyo en la realización de ésta meta. Con amor para ti.
- MIS HIJITOS** Fatima de María Cano Pineda (Angel de Dios Q.E.P.D.)
José Luis Cano Pineda
Allan Yahir Cano Pineda
Senderos que iluminan mi vida; esto es una muestra de mi amor hacia ustedes.
- MIS HERMANOS** Ileana, Joaquín, Marcotulio, Oswaldo y María Nieves.
Por haber compartido momentos agradables e inolvidables. Con especial cariño.
- MI FAMILIA EN GENERAL** Gracias por compartir conmigo este momento tan especial.
- MIS SUEGROS** Fermín Pineda y Rebeca Turcios
Por su valiosa colaboración. Con mucho cariño.
- MIS AMIGOS** Aura Marina Arriola, Salvador Rodríguez, Leonel Alvarez, Marlon Dávila, Carlos Castañeda, Edvin Castañeda, Rigoberto Carrillo.
Gracias por su sincera amistad.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala; para que cada vez hagamos de ti una patria mejor.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por haberme Brindado los conocimientos superiores.

La empresa Horticultura de Salamá S.A., por haberme dado la oportunidad de realizar tan Valioso trabajo.

AGRADECIMIENTO

A:

El Ing. Agr. Francisco Vásquez, quién con su orientación fue posible realizar el presente documento.

El Ing. Agr. Pedro Pelaez, quién puso su granito de arena para llegar a la meta.

El Ing. Agr. Marlon Dávila, quién contribuyó grandemente en la culminación del presente documento.

La empresa Horticultura de Salamá S.A. por haber brindado los recursos necesarios para la realización de la presente investigación.

El Ing. Agr. Joel Calderón, Ing. Agr. Edgar García y a todas aquellas personas que participaron directa o indirectamente en la elaboración del presente documento.

INDICE

	Página
RESUMEN	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1 La sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	4
3.1.1.1 Origen y distribución	4
3.1.1.2 Clasificación taxonómica	4
3.1.1.3 Características botánicas	4
3.1.1.4 Ecología de la sandía	6
3.1.1.5 Contenido alimenticio y medicinal	7
3.1.1.6 Cultivares de sandía	7
3.1.1.7 Técnicas de cultivo	12
3.1.2 Cultivos de invernadero	12
3.1.2.1 Muestreo de suelos para cultivos de invernadero	13
3.1.2.2 Niveles de nutrientes para cultivos en invernadero	13
3.1.2.3 Sales solubles en suelos de invernadero	14
3.1.3 Sustratos de cultivo	15
3.1.3.1 Que es un sustrato	15
3.1.3.2 Propiedades de los sustratos de cultivo	15
3.1.3.3 Características del sustrato ideal	18
3.1.3.4 Tipos de sustratos	19
3.1.3.5 Sustratos que se utilizan en invernaderos	20
3.1.4 Producción de semillas de hortalizas	23
3.1.4.1 La semilla	23
3.1.4.2 Obtención de semilla	24
3.1.4.3 Híbridos	25
3.1.4.4 Clases de semillas	26
3.1.4.5 La producción de semillas de cucurbitáceas	27

3.1.5 Tasa Marginal de Retorno	27
3.1.5.1 Análisis Marginal	27
3.1.5.2 Presupuesto Parcial	28
3.1.5.3 Análisis de Dominancia	28
3.1.5.4 Tasa Marginal de Retorno (TMR)	29
3.2 MARCO REFERENCIAL	30
3.2.1 Ubicación	30
3.2.2 Zona de vida	30
3.2.3 Clima	30
3.2.4 Geología	30
3.2.5 Descripción del material utilizado	30
4. OBJETIVOS	31
4.1 General	31
4.2 Específicos	31
5. HIPÓTESIS	32
6. METODOLOGÍA	33
6.1 Tratamientos	33
6.2 Unidad experimental	34
6.3 Diseño experimental	34
6.4 Modelo estadístico	35
6.5 Manejo del cultivo	35
6.5.1 Descripción del área de trabajo	35
6.5.2 Desinfestación del suelo	36
6.5.3 Esterilización de los sustratos	36
6.5.4 Semillero	36
6.5.5 Transplante	36
6.5.6 Tutorio	36
6.5.7 Riego	37
6.5.8 Fertilización	37
6.5.9 Control fitosanitario	37
6.5.10 Cosecha	37
6.6 Variables de respuesta	37
6.6.1 Número de semillas de doce frutos	37

6.6.2	Peso de semillas de doce frutos	37
6.6.3	Porcentaje de germinación	37
6.6.4	Presencia de patógenos en las semillas	38
6.7	Análisis de la información	38
6.7.1	Análisis estadístico	38
6.7.2	Análisis económico	38
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
7.1	Número y peso de semillas de doce frutos	39
7.2	Porcentaje de germinación	42
7.3	Presencia de patógenos	44
7.4	Análisis económico	45
8.	CONCLUSIONES	50
9.	RECOMENDACIONES	51
10.	BIBLIOGRAFIA	52
11.	ANEXO	53

INDICE DE CUADROS

	DESCRIPCION	Página
1	Características de diferentes cultivares de sandía adaptados y adaptables a zonas tropicales y subtropicales.	8
2	Pruebas standard para nutrientes de suelos con densidad de 0.82 – 1.2 g por cc.	14
3	Propiedades de las turbas.	22
4	Superficie cultivada de cucurbitáceas para producción de semilla, en California.	27
5	Descripción de los tratamientos evaluados para la reproducción de plantas de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).	33
6	Distribución de los tratamientos en el campo, en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.	35
7	Resultados promedio para la variable número de semillas de doce frutos de sandía.	39
8	Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable número de semillas de doce frutos de sandía.	40
9	Resultados promedio para la variable peso de semillas de doce frutos de sandía.	40
10	Análisis de Varianza (ANDEVA) para la variable peso de semillas de doce frutos de sandía.	41

11	Promedio de los resultados obtenidos de la variable porcentaje de germinación en los distintos tratamientos.	43
12	Resultados del análisis de sanidad practicado a las semillas de sandía.	45
13	Descripción de los costos que varían por cada tratamiento en el cultivo de la sandía bajo condiciones de invernadero.	46
14	Presupuesto parcial y cálculo del Beneficio Neto por tratamiento, en el cultivo de la sandía bajo condiciones de invernadero.	47
15	Análisis de dominancia para cada tratamiento evaluado.	48
16	Tasa Marginal de Retorno para las condiciones No Dominadas, en el cultivo de la sandía.	49
17 A	Número de semillas obtenidas por cada unidad experimental.	54
18 A	Peso de semillas en gramos obtenidos por cada unidad experimental.	55
19 A	Porcentaje de germinación de semillas de sandía obtenido por cada unidad experimental.	56
20 A	Prueba de Tukey para el porcentaje de germinación de las semillas de sandía.	57
21 A	Costos de producción para el cultivo de la sandía.	57

INDICE DE FIGURAS

	DESCRIPCION	Página
1 A	Croquis del área donde fue realizado el estudio.	53
2	Unidad experimental utilizada en el experimento, consistente en 12 bolsas de polietileno de 32.5 x 32.5 cm.	34
3	Número de semillas de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) para los diferentes sustratos.	41
4	Peso de semillas de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) para los diferentes sustratos.	42
5	Porcentaje de germinación de semillas de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) por cada sustrato evaluado.	44

EVALUACION DE SUSTRATOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE PLANTAS DE SANDIA (*Citrullus lanatus L.*) BAJO INVERNADERO, PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA, EN SALAMA, BAJA VERAPAZ.

EVALUATION OF SUBSTRATES EFFECT ON DEVELOPMENT WATERMELON PLANTS (*Citrullus lanatus L.*) UNDER GREENHOUSE FOR SEEDS PRODUCTION, IN SALAMA, BAJA VERAPAZ.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de desarrollar tecnología para producir semilla de sandía libre de patógenos, utilizando para ello los siguientes sustratos: Turba negra desinfectada y sin desinfectar, piedra pómez, arena de río y arena volcánica; con la finalidad de buscar alternativas más viables y económicas, así mismo para aportar más información sobre la producción de semilla de sandía bajo invernadero, ya que en Guatemala se cuentan con pocos conocimientos al respecto.

La investigación se realizó en la empresa Horticultura de Salamá S.A., que se encuentra ubicada en el municipio de Salamá, Baja Verapaz. Se utilizó el diseño completamente al azar once tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta evaluadas fueron: número y peso de semillas de doce frutos, porcentaje de germinación y presencia de patógenos en la semilla.

Los resultados indican que los sustratos turba negra desinfectada mas piedra pómez mas arena de río mas arena volcánica en sus diferentes combinaciones no presentaron diferencias significativas en las variables número y peso de semillas de doce frutos, asi mismo los sustratos

turba negra mas piedra pómez mas arena de río en sus diferentes combinaciones no presentaron diferencias significativas en la prueba de viabilidad, reportándose valores entre el 90 y 96%. El análisis de sanidad reveló la presencia de los hongos ***Fusarium***, ***Cercospora***, ***Poma***, ***Aspergillus*** y ***Rhizopus*** en la mayoría de los tratamientos evaluados, sin embargo el porcentaje mas alto de ***Fusarium*** fue de 21.66% reportado en el sustrato turba negra por lo que se infiere que es el causante de la baja viabilidad de la semilla.

Económicamente puede utilizarse el sustrato turba negra 25% + piedra pómez 75%, como sustrato para producir semilla de sandía, ya que posee una Tasa Marginal de Retorno de 1,614%.

1. INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus* L.) es una planta oriunda del centro y sur de Africa. Pertenece a la familia Cucurbitaceae, es una planta herbácea de ciclo anual. Se encuentra distribuida en las zonas tropicales, en toda América y en otras regiones del mundo donde las condiciones climáticas hacen favorable su cultivo.

En Guatemala el cultivo de la sandía se ha ido ampliando a gran escala, siendo una de las limitantes en la producción, la época lluviosa, dichas limitantes son determinadas por la distribución de las precipitaciones y la retención de humedad en el suelo, ya que afectan la calidad del fruto en función del peso y la concentración de sólidos solubles.

Tradicionalmente la sandía se siembra directamente en el campo de cultivo. Sin embargo, el alto costo de la semilla y un ciclo vegetativo que se ajusta con dificultad por su duración, a una época de siembra restringida por las condiciones climáticas, hacen cada vez común la utilización del sistema de transplante, ya que de esta manera, el tiempo de cosecha es mas corto que el de las plantas sembradas directamente en el campo.

Es por ello, que la producción de semilla de sandía bajo condiciones de invernadero es de vital importancia, para obtener buenos rendimientos, lo cual está supeditado a la utilización de un sustrato ideal, el que le de esas características con el fin de no tener mayor problema en cada fase fenológica del cultivo desde su siembra hasta la cosecha.

Actualmente existe poca información relacionada con la evaluación de sustratos para la producción de plántulas, lo cual en un momento determinado puede ser un estudio muy valioso para personas individuales y/o empresas que se dediquen a la reproducción de cultivos bajo condiciones de invernadero.

La presente investigación se llevó a cabo en la empresa Horticultura de Salamá S.A., ubicada a dos kilómetros de la cabecera municipal de Salamá, Baja Verapaz; en la que evaluaron cuatro sustratos: turba negra, piedra pómez, arena de río y arena volcánica, para determinar la mejor respuesta del cultivo de sandía para la obtención de semilla.

Para ello se desinfectaron los sustratos, seguidamente se elaboró un semillero para la producción de plántulas, las cuales, cuando alcanzaron de 12 – 15 centímetros de altura fueron transplantadas a las bolsas de polietileno que contenía los sustratos a evaluar. Las variables de respuesta evaluadas fueron: porcentaje de germinación, rendimiento de semillas, peso de semillas y presencia de patógenos.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. En el estudio se evaluaron once tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento, con el objetivo de determinar cual o cuales de las mezclas de los sustratos presentaron los mejores resultados en el crecimiento de la planta durante su ciclo, bajo condiciones de invernadero.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que la semilla de los frutos obtenidos de las plántulas reproducidas en el sustrato turba negra 100% sin desinfectar (**Testigo 2**) presentaron un 57% de germinación, debido a que en un 75% las mismas presentaba deformaciones, un tamaño pequeño y alta presencia de **Fusarium, Cercospora, Phoma, Aspergillus, Rhizopus** y bacterias; mientras que los restantes sustratos y sus combinaciones presentaron una germinación entre el 90 y 96%. Así mismo, no se presentaron diferencias significativas en las variables rendimiento y peso de semillas, en los diferentes sustratos y combinaciones evaluados. De acuerdo a los análisis de sanidad practicados a las semillas de sandía obtenidas se detectó la presencia de **Fusarium, Cercospora, Phoma, Aspergillus, Rhizopus** y bacterias.

Económicamente y con fines de obtener un material de excelente calidad se recomienda utilizar el sustrato turba negra 25% + piedra pómez 75% ya que con el mismo se obtuvo una tasa Marginal de Retorno de 1,614 %.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La producción de semilla de sandía (*Citrullus lanatus*), en la empresa Horticultura de Salamá, S.A., se hace utilizando como sustrato turba negra colectada en la región de Las Verapaces, la misma se somete a un tratamiento térmico utilizando una caldera de vapor a 96 °C durante 1.5 horas.

Este sustrato tiene un costo muy elevado y se han presentado problemas tales como pudriciones de raíces, y mal formaciones de plantas. Se ha tenido un 20% de pérdidas aproximadamente en la producción de semilla¹, lo cual repercute en las producciones estimadas de la Empresa y tiene un efecto negativo en la rentabilidad de la actividad.

Ante esta problemática y para sustituir este sustrato se evaluaron otros que técnica y económicamente fueran de beneficio para la empresa, ya que la semilla que se exporta a los Estados Unidos, debe reunir cierto grado de calidad.

Es importante señalar que la empresa Horticultura de Salamá está dejando de percibir ingresos por la pérdida de plantas que al final no producirán semilla de calidad para su exportación.

¹ Información verbal con el Ing. Agr. Joel Calderón. Gerente de la empresa Horticultura de Salamá S.A.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 La sandía (*Citrullus lanatus*)

3.1.1.1 Origen y distribución

La sandía es una especie originaria del Africa tropical, conocida desde hace mucho tiempo en el área mediterránea. Actualmente, las zonas en las que se cultiva en mayores cantidades se encuentran en las regiones cálidas de Europa y América (7).

Se consume como fruta fresca por su elevado porcentaje de agua. Las semillas contienen un aceite que resulta apto para su utilización en la cocina y el exocarpio puede emplearse como alimento de algunos animales (6).

Se encuentra distribuida en las zonas tropicales, en toda América y en otras regiones del mundo donde las condiciones climáticas hacen factible este cultivo. En Australia por ejemplo, la sandía representa una de las cucurbitáceas más importante en cuanto a cultivo y consumo, estando distribuida, básicamente en las zonas litorales (18).

3.1.1.2 Clasificación taxonómica

División:	Embriophyta
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Cucurbitales
Familia:	Cucurbitaceae
Género:	<i>Citrullus</i>
Especie:	<i>C. lanatus</i> (18).

3.1.1.3 Características botánicas

Es una planta herbácea y su sistema radicular, tallo, hojas, flores, frutos y semillas, presentan las siguientes características (18) .

a. Sistema radical

Las raíces de la sandía son muy ramificadas, con posibilidades de desarrollarse en profundidad y diámetro de acuerdo con el tipo de suelo y otros factores. En suelos profundos, con buena textura y grado de fertilidad puede alcanzar hasta 0.80 m ó más de profundidad y 2 m ó más de diámetro, llegando a formar un diámetro radical de aproximadamente 4 metros. Sin embargo, en suelos de poca profundidad, las raíces se sitúan, mayormente en la capa superficial (18).

En su mayor parte las raíces se distribuyen a una profundidad comprendida entre 40-50 cm, la capacidad de extracción de las raicillas de las semillas germinadas de la sandía es de 10.1 atmósferas, lo que da a la planta su gran resistencia a la sequía (18).

b. Tallos

Durante los primeros 25-30 días después de la germinación, el tallo es erecto y posee generalmente de 3-5 hojas verdaderas. Luego se hace decumbente o rastrero. La longitud del tallo puede ser de 2-4 m o más, con 5 aristas, cubierto de bellos blanquecinos y con cirros abundantes. Al igual que el melón, del tallo principal se forman ramas de primera clase, sobre estas de segunda clase, las cuales adquieren tal desarrollo que llegan a igualarlo (18).

c. Hoja

Peciolada, pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal. El haz es suave al tacto y el envés muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano (5).

d. Flores

La sandía es una planta monoica con flores masculinas y femeninas, que se forman en las axilas de las hojas y tienen un color generalmente amarillento. La mayoría de las flores se forman en las ramificaciones de segunda clase, apareciendo primero las masculinas (18).

En las flores hermafroditas y femeninas se observa una estructura similar en lo que concierne a la corola, caracterizándose las hermafroditas por poseer estambres normales que

recubren el estigma, el cual es corto, constituido por tres partes, cada una de las cuales corresponde a un lóculo del ovario por lo que este resulta ser trilobular (13).

e. Fruto

El fruto de la sandía consiste en una baya, con formas variadas (redondeados, oblongos, ovalados, cilíndricos, etc.), con corteza verde y pulpa azucarada de coloración amarilla, roja o anaranjada. La pulpa está formada de células parenquimatosas de la cáscara bien desarrollada y de la placenta incrementada, llena de agua y azúcares. Una vez que las células del tejido parenquimatoso alcanzan determinado tamaño, sus paredes se rompen con facilidad provocando la separación celular, debido al aumento de pectina soluble lo que indica el inicio de la vejez del fruto y su desprendimiento (18).

f. Semillas

Son generalmente de forma elipsoidal siendo más finas del lado del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado (castaño oscuro o claro, negro, blanco, etc.). El peso absoluto varía de 60 - 140 g (18).

La madurez fisiológica de las semillas se obtiene a los 10-15 días después de la maduración de la parte comestible del fruto (pulpa). El sacarlas antes o después de este tiempo disminuye su facultad germinativa (18).

3.1.1.4 Ecología de la sandía

Se trata de una especie muy sensible a las heladas, que vegeta bien en áreas de clima cálido con medias térmicas en torno a 20 °C. Para germinar necesita temperaturas superiores a 15 °C. Aunque puede cultivarse en secanos no demasiado rigurosos, para que una moderna explotación resulte rentable suele precisarse que el cultivo disponga de agua suficiente, al menos durante el período comprendido entre la formación de sus frutos y su maduración (6).

La sandía es un cultivo de zonas calientes, con mucho sol y suelo fértil. Su sistema radicular es bastante desarrollado, profundo y lateral, lo que confiere una gran resistencia a la sequía. El riego puede ser dañino cuando los frutos están formados, por el riesgo de agrietamiento y la disminución en la cantidad de azúcares (10).

La sandía prefiere suelos francos, ricos en materia orgánica, con un pH de 5.5 a 6.5. Se puede adaptar en otras condiciones, siempre que el suelo esté suelto y drenado adecuadamente (10).

3.1.1.5 Contenido alimenticio y medicinal

El principal contenido alimenticio de la sandía lo constituyen los azúcares, que al mismo tiempo, son responsables de la buena calidad organoléptica. La mayoría de las variedades poseen en promedio alrededor de 8% de azúcares, pero pueden alcanzar 14%. De esta cantidad de azúcares la mayor parte es fructosa, lo que le confiere un sabor muy dulce a los frutos. Las cantidades de ácidos orgánicos y vitaminas son bajas (18).

En el norte de Africa consumen la semilla de sandía, las cuales son ricas en proteínas y lípidos (18).

En el aspecto medicinal cumple un rol diurético y sirve para corregir irritaciones de la piel. Las semillas pueden servir como vermífugo (18).

3.1.1.6 Cultivares de sandía

Los cultivares que actualmente están en el mercado mundial se clasifican de acuerdo a la forma del fruto, su color y su ciclo, en el **cuadro 1** se reportan los cultivares más utilizados.

Cuadro 1. Características de diferentes cultivares de sandía adaptados y adaptables a zonas tropicales y subtropicales.

Cultivares	País productor	Ciclo vegetativo (días)	Características del fruto	Observaciones
Charleston Gray 133	USA	85	Frutos con peso de 9.5-14 kg, de forma oblonga, los extremos redondos, con 18-20 cm, de diámetro y 40-60 cm de longitud, la cáscara puede tener de 1.5-3 cm.	Es tolerante a Antracnosis y Fusarium sp.
Jubilee	USA	95	Frutos con peso de 12-14 kg, de forma alargada con extremos bien redondos, corteza dura verde claro, con rayas bien marcadas verde oscuro	Tolerante a Fusarium sp y a la raza I de la Antracnosis .
Congo	USA	90	Frutos con peso de 14 kg de forma oblonga bloqueada, corteza dura de color verde algo oscura con rayas verde oscuro y pulpa firme	Es tolerante a la Antracnosis .
Dixie Quenn Wr	USA	85	Frutos con peso de 9-18 kg de forma ovalada, corteza verde claro con rayas verdes más oscuras y pulpa rojo intenso y quebradiza	Tolerante a la marchites bacteriana.
Klondique Stripped	USA	85	Frutos con peso de 9-12 kg, de forma oblonga bloqueada, corteza delgada, verde claro con rayas verde oscuro y	Se presta bien para el transporte.

			pulpa quebradiza, rojo de alto contenido de azúcar y buena calidad	
Peacock Improved	USA	90	Frutos de aproximadamente 12 kg de forma oblonga o redonda a blanqueada, o corteza dura, de color verde oscuro y medio gruesa y pulpa rojo anaranjado oscuro, dulce	Se presta bien al transporte.
Peasock WR 60	USA	85	Frutos con peso de 9-12 kg de forma bloqueada, corteza de coloración verde medio oscuro y pulpa rojo intenso	Tolerante al <i>Fusarium</i> sp y se presta bien al transporte.
Florida Giant	USA	95	Fruto con peso de 18 kg, de forma casi redonda, corteza dura, lisa, de color verde oscuro y pulpa firme	
Dixielee	USA	90	Frutos con peso de 8.5-14 kg, forma de redonda a oblonga, corteza dura, lisa, grosor de 1.5 cm color verde claro con rayas verdes y angostas	
Sunshade	USA	85	Son del tipo Charleston Gray, frutos con peso de 8 kg de forma oblonga, corteza dura de coloración verde muy claro con venas verdes y pulpa rojo	Resistente a <i>Fusarium</i> sp.
Chilean Black Seeded	USA	95	Frutos con peso de 8.5-14 kg de forma casi redonda, corteza verde oscuro con rayas finas y pulpa quebradiza de color rojo intenso y dulce	El tamaño le favorece tanto para el transporte como para su popularidad en el mercado.

Sugar Baby	USA	80	Frutos con peso de 3.5 kg de forma redonda a algo ovalada, corteza dura muy oscura con rayas leves de verde mas oscuro y pulpa brillante, dulces y textura fina	Se presta para el transporte y es muy popular en los mercados.
Melancia Omaru Yamato	BRASIL	105	Frutos con peso de 7 kg de forma redondeada, corteza de coloración verde clara, con venas verde oscuro y pulpa firme rojo intenso	Posee buenas cualidades de transporte.
Picnic	USA	95	Frutos con peso de 9 kg aproximadamente de forma oblonga, corte medianamente dura y de coloración oscura y pulpa firme de coloración anaranjada rojiza y muy dulce	Es resistente al <i>Fusarium</i> sp y poseen textura refinada.
Maarmor	Bulgaria		Frutos con peso promedio de 5 kg corteza de color verde claro con franjas longitudinales verde oscura e irregulares y la pulpa es rosada muy jugosa y de excelente calidad gustativa. Contiene aproximadamente 9 % de azucares	Es resistente al <i>Mildiu</i> y su peso ofrece buenas perspectivas para el mercado. Se ha adaptado excelente-mente a la condiciones tropicales Cubanas.
Ton Watson	USA	85	Frutos con peso de 15 a 16 kg, de forma cilíndrica, con una longitud de 45-60 cm, corteza de color verde oscuro con grosor de 1.5-2 cm.pulpa rojo intensa y compacta de	

			buena palatabilidad	
Blue Belle	USA	75	Frutos con peso de 4.5 kg redondeados, corteza firme verde oscuro y pulpa anaranjado rojiza y dulce	Es similar a la Sugar Baby, pero mucho más uniforme con mejor calidad, textura y sabor más dulce. Es más tolerante a la raza I de <i>Fusarium</i> sp.
Mirage	USA	85	Frutos con peso de 11 kg forma oblonga de corteza firme y color verde claro con rayas oscuras y pulpa bien rojiza, dulces de buena calidad	Es tolerante a <i>Fusarium</i> sp.
Tatum	USA	95	Frutos con peso de 8 kg y forma casi redondeada, corteza dura medianamente verde y rayas oscuras, pulpa rojiza dulce y de buena calidad	Es de sabor excelente y se presta bien al transporte.
Sweet Baby	USA	73	Frutos con peso de 5-7 kg redondeado ovalado, color verde oscuro de corteza rojiza brillante, dimensiones de 23 x 22 cm.	Plantas resistentes o tolerantes a <i>Fusarium</i> sp.
Dixie Queen	USA	87	Frutos con peso de 13 kg o más, de forma ovalada, color verde claro, corteza rojiza con dimensiones de 22 x 24 cm.	

Fuente: Valdez, V.S. Cultivares de hortalizas en trópicos y subtrópicos.

Las épocas de siembra pueden ser del 25 de febrero al 20 de marzo, para iniciar la cosecha en mayo y del 15 de agosto al 5 de septiembre para iniciar la cosecha en noviembre (3).

La sandía es un cultivo de clima cálido, lo cual indica que bajo condiciones normales no puede sobrevivir a temperaturas de 0 °C o menores. Las semillas germinan a un rango óptimo de 21 a 35 °C. La temperatura óptima ambiental para el desarrollo de la planta varía de 21 a 29 °C, temperaturas menores de 10 °C y mayores de 35 °C detiene su crecimiento (3).

3.1.1.7 Técnicas de cultivo

La sandía se cultiva al aire libre o en invernadero. Las fechas de siembra y recolección dependen del ciclo del cultivar que se haya elegido. Requiere las labores convencionales de preparación del terreno, que faciliten el drenaje y dejen mullida la capa superficial. Estas operaciones terminan con la formación de mesetas de cultivo de 2 o 3 m de anchura (6).

Las recomendaciones relativas al abonado, son para los cultivos de secano, entre 40 y 80 kg/ha de N, de 40 a 80 kg/ha de P_2O_5 y entre 80 y 160 kg/ha de K_2O_5 (15).

En regadío pueden doblarse las cantidades aplicadas en secano, mientras que en el cultivo en invernadero serían recomendables entre 180 y 300 kg/ha de N, entre 120 y 220 kg/ha de P_2O_5 y entre 200 y 400 kg/ha de K_2O_5 (6).

3.1.2 Cultivos de invernadero

La producción de cultivos en invernaderos requiere un programa intensivo de fertilización para maximizar desarrollo y calidad en un período lo más corto posible. Un programa de fertilizantes usando análisis químico de suelo es básico para asegurar que los nutrientes esenciales no estén limitando el desarrollo y contrariamente, no estén en exceso para crear condiciones de toxicidad y deslabone en el suelo (4).

3.1.2.1 Muestreo de suelos para cultivos de invernadero

Para asegurar la veracidad del análisis, es importante que las muestras sean representativas del área o las condiciones cuestionables y deben hacerse a tiempo (4).

a. Cuando tomar muestras

- a. **Suelo mezclado en pilas:** Antes de añadir fertilizantes.
- b. **Suelos para macetas o camas:** Antes de sembrar.
- c. **Suelos de cultivos en eras:** Inicialmente y luego cada 3 meses.
- d. **Suelos para vegetales:** Antes de fertilización previa a la siembra.
- e. **Suelos en áreas de problemas:** Tan rápido como se reconozca. También muestreo de áreas adyacentes de “buen suelo”, para comparar (4).

b. Como tomar muestras

- a. **Plantas en macetas:** Tome muestra del suelo de la parte superior al fondo de varias macetas.
- b. **Plantas en camas:** Tome muestra a la profundidad del recipiente.
- c. **Camas o eras en el suelo:** Muestra a 8 pulgadas (20 cm) o a la profundidad de la banca.
- d. **Suelo de trasplante o de compost:** Muestra a 12 pulgadas (30 cm) en varios lugares.

3.1.2.2 Niveles de nutrientes para cultivos en invernadero

La siguiente tabla muestra los niveles de nutrientes considerando deficiente, óptimo o excesivo (tóxico) para nitrógeno en forma de nitrato, fósforo y potasio, niveles de deficiencia de calcio y magnesio, niveles excesivos de hierro, manganeso, sulfatos, cloruros y sodio. Los valores de nutrientes están en partes por millón (ppm) del suelo y valores sugeridos para suelos con densidades de 50 a 75 libras por pie cúbico (0.8 a 1.2 g por cc).

Cuadro 2. Pruebas standard para nutrientes de suelos con densidad de 0.8-1.2 g/cc (4).

Nutriente	Deficiente (ppm en suelo)	Optimo	Excesivo (ppm en suelo)
Nitrógeno nitrato (NO ₃)	Bajo 8	20-40	Mayor de 100
Fósforo (P)	Bajo 6	20-60	Mayor de 200
Potasio (K)	Bajo 60	180-300	Mayor de 500
Calcio (Ca)	Bajo 500	-----	-----
Magnesio (Mg)	Bajo 6	-----	-----
Hierro (Fe)	-----	-----	100
Manganeso (Mn)	-----	-----	50
Sulfatos (SO ₄)	-----	-----	1,800
Cloruros (Cl)	-----	-----	200
Sodio (Na)	-----	-----	100

3.1.2.3 Sales solubles en suelos de invernadero

Un problema de suelos de invernadero para producción son las sales solubles que resultan cuando se añade mucho fertilizante. Investigadores de la Universidad del Estado de Pensilvania reportaron que aproximadamente el 20% de las 300 muestras analizadas tuvieron cantidades excesivas de sales solubles acumuladas. Otros investigadores en Nueva York y Ohio habían reportado problemas similares y un inventario en Michigan indicó que el 65% de 73 muestras de suelos de invernaderos, contenían exceso de sales solubles acumuladas y un adicional 8% contenía niveles iniciales de sales (4).

Los niveles de sales solubles del suelo aumentan rápidamente con la adición de fertilizantes, especialmente aquellos que contienen sodio, cloruro y sulfatos. Aplicaciones de materiales fertilizantes a suelos de invernaderos generalmente exceden los 3.360 kg/ha. El agua de riego también contribuye a las sales. Raramente se presentan nitratos tan altos si se tiene un drenaje adecuado.

3.1.3 Sustratos de cultivo

3.1.3.1 Qué es un sustrato

Un sustrato es todo material sólido o líquido distinto del suelo, natural, de síntesis residual, mineral u orgánica, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla; permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (16).

3.1.3.2 Propiedades de los sustratos de cultivo

a. Propiedades físicas

Porosidad: Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta (16).

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se establece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado. (16)

Densidad: La densidad de un sustrato se puede referir bien al del material sólido que le compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componente sólidos más el espacio poroso, y se denomina densidad aparente (16).

La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo.

Estructura: Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen o consistencia cuando pasan de secas a mojadas (16).

Granulometría: El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme mayor la granulometría (16).

b. Propiedades Químicas

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser recibida a reacciones de diferente naturaleza:

Químicas: Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar (16):

- Efectos fitotóxicos por liberación de iones H^+ y OH^- .
- Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
- Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

Físico-químicas: Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso 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.

Bioquímicas: Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO_2 y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

Normalmente se prefieren sustratos inertes frente a los químicamente activos. La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si estos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartarlo, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar, y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa. Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida (16).

c. Propiedades Biológicas

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido (16).

Las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en (16):

- **Velocidad de descomposición**

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determinan la velocidad de descomposición.

- **Efectos de los productos de descomposición**

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales son afectadas por su acción.

- **Actividad reguladora de crecimiento**

Es conocida la actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

3.1.3.3 Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.) especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc (16).

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo (16):

a. Propiedades físicas

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).

b. Propiedades químicas

- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

c. Otras propiedades

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

3.1.3.4 Tipos de sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación etc. (16).

a. Según sus propiedades

Sustratos químicamente inertes: arena granítica o silicea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida (16).

Sustratos químicamente activos: turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos (16).

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal (16).

b. Según el origen de los materiales

Materiales orgánicos de origen natural: Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas) (16).

De síntesis: Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido etc.) (16).

Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas: La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales) (16).

Materiales inorgánicos o minerales de origen natural: Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica) (16).

Transformados o tratados: A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, mas o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida) (16).

Residuos y subproductos industriales: Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles de carbón) (16).

3.1.3.5 Sustratos que se utilizan en invernaderos

a. *Sustratos naturales*

Agua: Es común su empleo como portador de nutrientes, aunque también se puede emplear como sustrato (16).

Gravas: Suelen utilizarse las que poseen un diámetro entre 5 y 15 mm. Destacan las gravas de cuarzo, la piedra pómez y las que contienen menos de un 10% en carbonato cálcico. Su densidad aparente es de 1.500 - 1.800 kg/m. Poseen una buena estabilidad estructural, su capacidad de retención del agua es baja si bien su porosidad es elevada. Su uso como sustrato puede durar varios años. Algunos tipos de gravas, como las de piedra pómez o de arena de río, deben lavarse antes de utilizarse. Existen algunas gravas sintéticas como la herculita, obtenida por tratamiento térmico de pizarras (16).

Arenas: Las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava. Su capacidad de retención del agua es baja media, su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación, su capacidad de intercambio catiónico es nula. Es relativamente frecuente que su contenido en caliza alcance el 8-10%. Algunos tipos de arena deben lavarse previamente. Su pH varía entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada. Es bastante frecuente su mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores (16).

Tierra volcánica: Son materiales de origen volcánico que se utilizan sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, proceso o manipulación. Están compuestos de sílice, alúmina y óxidos de hierro. También contiene calcio, magnesio y fósforo y algunos oligoelementos. 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 C.I.C. es tan baja que debe considerarse como nulo. 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 y de difícil manejo (16).

Turbas: Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras: Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica. Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles. Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.5 - 8.5 (16).

Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros.

Cuadro 3. Propiedades de las turbas (4).

Propiedades	Turbas rubias	Turbas negras
Densidad aparente (g/cm ³)	0.06 – 0.1	0.3 – 0.5
Densidad real (g/cm ³)	1.35	1.65 – 1.85
Espacio poroso (%)	94 o más	80 – 84
Capacidad de absorción de agua (g/100 g m.s.)	1.049	287
Aire (% volumen)	29	7.6
Agua fácilmente disponible (% volumen)	33.5	24
Agua de reserva (% volumen)	6.5	4.7
Agua difícilmente disponible (% volumen)	25.3	47.7
C.I.C. (meq/100 g)	110 - 130	250 o más

Corteza de pino: Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Al ser material de origen natural posee una gran variabilidad, las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas. Las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y de fitotoxicidad. Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas, y se recomienda que el 20-40% de dichas partículas sean con un tamaño inferior a los 0.8 mm, es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g/cm³ (16).

Fibra de coco: Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido y una densidad aparente de 200 kg/m³. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee (16).

Subproductos de la madera: Subproductos de la madera utilizados ampliamente como enmiendas del suelo incluyen aserrín, astillas, corteza y fibra. Se utilizan en invernaderos, viveros y jardines, para flores y para vegetales y en áreas de suelos críticos tales como lugares de construcción donde se debe proteger la superficie, mientras la vegetación se establece. Su uso es

principalmente como cubierta superficial para conservar la humedad, la incorporación en los suelos densos aumentan la capa laborable (16).

Cuando se utilizan subproductos de madera dura, cerca de 25 libras de nitrógeno (N) por tonelada deben ser añadidos para reducir los peligros de deficiencias en las plantas, debido al uso del nitrógeno por los microbios mientras se descompone la madera. Los subproductos de madera de coníferas se descomponen tan lentamente, que; la depresión del nitrógeno disponible no es seria (16).

3.1.4 Producción de semillas de hortalizas

La mayor parte de las semillas de hortalizas son producidas por empresas comerciales grandes, que producen ellas mismas las semillas, o hacen contratos con agricultores particulares para la producción de ellas. La compañía preserva la pureza genética, especificando la variedad en particular que deberá sembrar un contratista individual, por medio de la supervisión de los campos durante la producción y mediante el mantenimiento de campos de prueba (9).

La semilla original de la variedad, generalmente es mantenida por la compañía de semillas. La responsabilidad de mantener de esas semillas al máximo nivel posible, está a cargo del personal bien entrenado. Las semillas que la compañía proporciona a los agricultores contratistas, es conocida como semilla básica. Las semillas cosechadas de los campos de los contratistas son las que van al mercado y son los que la compañía vende comercialmente (9).

3.1.4.1 La Semilla

La siembra de buenas semillas es condición importante para la producción de hortalizas de calidad, es necesario seleccionarla cuidadosamente, escogiendo las variedades más convenientes, no solo desde el punto de vista de la demanda que los productores tengan en el mercado, si no también, las que mejor se adapten a las condiciones agronómicas y ambientales de la región donde vaya a cultivarse. Es conveniente que el agricultor al seleccionar un variedad es bueno que las semillas reúnan los siguientes requisitos: adaptabilidad, pureza, calidad, resistencia, y capacidad de rendimiento (13).

Una buena semilla para la siembra debe reunir las siguientes cualidades:

a. Poder de germinación

Las semillas deben ofrecer un buen porcentaje de germinación para asegurar una población adecuada de plantas. Las semillas que no germinan carecen de valor, como también son carentes de valor aquellas que germinan, pero que producen plantas débiles. Por tanto, es importante hacer pruebas de germinación para determinar la viabilidad de las semillas y determinar que porcentaje de semillas puede germinar (13).

b. Tamaño y desarrollo

Las semillas que se utilicen para la siembra deben poseer un tamaño adecuado y uniforme que garanticen la obtención de plantas robustas y de uniformidad de siembra. Semillas pequeñas, arrugadas o encogidas poseen suficientes reservas nutritivas para proporcionar un buen desarrollo inicial de las plantas. Con la utilización de semillas de tamaño uniforme, debidamente seleccionadas, el agricultor obtendrá las siguientes ventajas: 1. siembra uniforme, 2. germinación uniforme, 3. desarrollo homogéneo, 4. plantas sanas y robustas, 5. mayores rendimientos y buena calidad (13).

c. Libre de enfermedades

Es un hecho que las semillas llevan los patógenos que ocasionan las enfermedades. Estas enfermedades representan pérdidas muy grandes para el agricultor. Por ese motivo deben utilizarse para siembra únicamente semillas desinfestadas (13).

3.1.4.2 Obtención de semilla

Para la obtención de semilla nunca deben seleccionarse los frutos de mayor volumen. La semilla debe proceder del primer fruto originado en la planta, sea o no voluminoso, por ser el que contiene una mayor concentración de reservas (11).

Extraída la semilla de la pulpa, se seca a la sombra y se conserva en recipiente permeable en sitio oscuro, la que según la especie mantendrá sus facultades germinativas durante 4-5 años (11).

3.1.4.3 Híbridos

a. Definición

Un híbrido es el resultado de la polinización de dos diferentes miembros de una misma especie (polinización cruzada de dos generaciones). A las semillas de esta polinización cruzada se les llaman híbridos F1 (17).

b. Ventajas de los híbridos

Existen 3 razones:

- 1. Por su vigor híbrido.** Tomando el ejemplo del maíz, existe un doble o más incrementados al momento de comparar el crecimiento de un F1 con relación al crecimiento de los progenitores. Las mazorcas son más largas, más pesadas, cargan más semilla, las plantas producen más hojas, tienen más follaje y tallos más fuertes. Este crecimiento en el tamaño de la planta, rendimiento y salud es conocido como vigor híbrido.
- 2. Por su uniformidad.** Cada planta en una descendencia F1 son idénticas una con otra. Esta uniformidad tiene la ventaja que cuando se va a cosechar, se puede hacer al mismo tiempo.
- 3. Por la disponibilidad de ciertas combinaciones genéticas que solo están presentes en un F1 comercial (17).**

Las plantas producidas de estas semillas (F1), incorporan las mejores características de ambos progenitores, y en su naturaleza, exhiben vigor híbrido (heterosis), uniformidad y desarrollo en la resistencia de plagas y enfermedades. Los híbridos F1 son usados en muchas áreas de la horticultura (8).

c. Producción de híbridos

La clave para producir híbridos F1, está en el control de la polinización. Para producir un híbrido F1, se necesita desarrollar por lo menos 2 líneas puras, una para ser progenitor masculino y la otra para ser la progenitora femenina (17).

Cuando un híbrido es creado, este ha sido el resultado del cruzamiento entre dos líneas de progenitores. Para evitar una mezcla de polen, uno de los progenitores es designado como el progenitor femenino y el otro como masculino. Los sacos polínicos de las anteras de las plantas femeninas son removidas y estas reciben solo polen de las plantas masculinas. A esta remoción de anteras se le conoce como emasculación (8).

3.1.4.4 Clases de semilla

La **semilla original** es la semilla obtenida para formar una nueva variedad, la cual, después de varios estudios está lista para ser introducida a la producción comercial. Esta semilla habrá de pasar por varias generaciones antes de llegar al agricultor y por tanto, cualquier defecto que pudiere tener de origen genético se habrá de multiplicar muchas veces. Por estas razones y porque ordinariamente se dispone de una cantidad muy pequeña para iniciar su reproducción, la semilla original es sumamente costosa (1).

La multiplicación de semilla original da una generación, en la que la semilla es ya más abundante, pero debe de tener todavía características de muy alta fidelidad genética, pureza, etc, a ésta se le llama **semilla básica**. Según los diferentes sistemas y organizaciones que existen para la producción de semilla, puede ser que la semilla básica se produzca todavía dentro de los campos experimentales. En todo caso, se trata aún de una semilla muy valiosa que debe ser manejada y vigilada por personal técnico especialmente capacitado. También en este estado de desarrollo cualquier error en la producción de la semilla que permita una mezcla genética o mecánica puede causar graves daños en las generaciones subsiguientes, ya que, según la planta de que se trata su multiplicación alcanzara y acaso supere, un nivel de mil veces o más antes de llegar al agricultor (1).

A partir de la semilla básica se obtiene la llamada **semilla registrada**, que es la que ordinariamente debe sembrar el productor de semilla comercial, para obtener de esa siembra la que se designa como semilla certificada, que es la que ordinariamente usa el agricultor (1).

En algunos países existe una clase más, llamada elite, que se coloca entre la semilla original y la básica. También hay variación considerable por cuanto el sistema de vigilancia oficial, que en algunos casos depende directamente de los gobiernos y en otra está determinada por las propias asociaciones productoras de semilla que desean garantizar la calidad de sus productos.

3.1.4.5 La producción de semilla de Cucurbitáceas

a. Areas de producción y épocas

California es el mayor productor mundial de semillas de especies cucurbitáceas, incluyendo sandía (*Citrullus lanatus*), varios tipos de melones (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativa*), y calabazas (*Cucurbita* sp). La mayoría de la producción se efectúa en la parte sur del valle de Sacramento, siendo los condados de Colusa, Sutter y Glenn los que producen el 80% de la producción total del estado (12).

En la parte sur del valle de Sacramento, las plantaciones empiezan en mayo y se extienden hasta inicio de julio para cosechar desde mediados de agosto hasta mediados de octubre.

Cuadro 4. Superficie cultivada de cucurbitáceas para producción de semilla, en California.

Año	Superficie (ha)	Valor total del cultivo (millones de \$)
1,995	19,600	20.9
1,994	18,000	19.9
1,993	24,100	30.7

Fuente: Departamento de Alimentación y Agricultura de California.

3.1.5 TASA MARGINAL DE RETORNO

3.1.5.1 Análisis Marginal

Este tipo de análisis se basa en el concepto de la utilidad que genera la última unidad producida, para esto es necesario saber el costo de la última unidad producida y el ingreso generado por ésta (14).

Este análisis se recomienda generalmente cuando se quieren hacer recomendaciones al agricultor y se utiliza cuando las fuentes de variación (alternativa de producción), en el experimento se enfocan hacia cantidades de insumos y/o mano de obra; por ejemplo distintas

cantidades de insecticidas, fungicidas, fertilizantes y densidades de población, etc., además se recomienda cuando son muchos los tratamientos. No obstante, el buen juicio agronómico y el análisis estadístico llevarán a una decisión respecto a las diferencias de rendimiento entre los tratamientos de un experimento (14).

Sí el investigador duda que existan diferencias reales de rendimiento, se comparan los costos variables totales de cada tratamiento y lógicamente se prefiere el de menor costo, si por el contrario se tiene certeza en que las diferencias observadas representan diferencias reales entre los tratamientos, deberá entonces efectuarse un análisis marginal completo (14).

3.1.5.2 Presupuesto Parcial

El presupuesto parcial se utiliza para ordenar datos experimentales tales como las medias de rendimiento de cada tratamiento, así como el precio del producto, el cual multiplicado por el rendimiento promedio dará el Beneficio Bruto. Además debe aparecer el Costo Variable, el cual está integrado por lo que se gasta en insumos o mano de obra y la suma de ambos será el costo variable total.

El presupuesto parcial finaliza sacando la diferencia entre el Beneficio Bruto y el Costo Variable Total, lo que dará el Beneficio Neto (14).

3.1.5.3 Análisis de Dominancia

Una vez obtenido el Beneficio Neto se procede a ordenar los tratamientos colocando los beneficios netos de mayor a menor con su respectivo costo variable, luego se procede a comparar cada una de las alternativas tomando como comparador el costo variable, procediendo a aceptar todas aquellas alternativas con un menor costo variable y eliminando, aquellas con un costo variable igual o mayor. La comparación dará como resultado obtener alternativas dominadas y no dominadas. Serán dominadas (**D**) las alternativas eliminadas por tener un costo variable igual o mayor y las no dominadas (**ND**) pasaran al análisis marginal para calcular la tasa marginal de retorno (14).

3.1.5.4 Tasa Marginal de Retorno (TMR)

Para calcular la TMR se procede a ordenar las alternativas no dominadas resultante del análisis de dominancia, tal y como se colocaron en el análisis anterior, o sea, de mayor a menor beneficio neto con su respectivo costo variable, luego se procede a calcular el incremento en Costo Variable (**CV**) y en Beneficio neto (**BN**), finalmente se procede a dividir el incremento en Beneficio Neto entre el incremento en Costo Variable y se multiplica por cien, así (14):

$$\text{TMR} = \frac{\Delta \text{BN}}{\Delta \text{CV}} \times 100$$

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Ubicación

El estudio se llevó a cabo en la Empresa Horticultura de Salamá, S.A. ubicada en el municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz, a una distancia de 147 kilómetros de la Ciudad Capital. Salamá queda aproximadamente a 61.4 kilómetros en línea recta al norte de la ciudad de Guatemala, a 143.29 kilómetros en línea recta al norte del Puerto de San José y a 187.79 kilómetros al sureste de Puerto Barrios (**Figura 1A**). El 67.5 % de Baja Verapaz está en la región fisiográfica denominada Tierras Altas Cristalinas.

3.2.2 Zona de vida

Según Cruz (2), Salamá se encuentra dentro del bosque seco subtropical, cuyas particulares muestran una elevación de 940 metros sobre el nivel del mar (msnm) y humedad relativa del 74.73%, con una temperatura media anual de 24 °C, y una precipitación pluvial media anual de 85 mm.

3.2.3 Clima

Se caracteriza por su época seca severa y por una estación lluviosa moderada, la precipitación pluvial en los meses de noviembre a abril son secos y los meses de mayo a octubre son húmedos. La temperatura diurna es alta y la temperatura nocturna es unos 10 o 20 grados más fría.

3.2.4 Geología

Salamá se caracteriza por tener una transformación geológica diversa, ya que posee varios y diferentes materiales: Rocas Igneas metamórficas, y rocas sedimentarias. Esta región posee suelos volcánicos profundos y poco profundos asentados sobre roca.

3.2.5 Descripción del material genético utilizado

El país productor de la variedad **Crimson Sweet**, es Estados Unidos, la cual se caracteriza por tener un ciclo vegetativo de 85-90 días. Es tolerante a *Fusarium* y a la raza I de *Antracnosis* sp, es de polinización abierta, la forma del fruto es redondo, con un peso de 8.5 a 10 kg, corteza dura con rayas verdes oscuras sobre un fondo verde brillante y pulpa roja de sabor muy dulce (18).

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Desarrollar tecnología de producción de semilla de sandía (*Citrullus lanatus* L.) libre de patógenos, en Salamá, Baja Verapaz.

4.2 ESPECIFICOS

1. Identificar el o los mejores sustratos de crecimiento a través del rendimiento y peso de las semillas de sandía.
2. Determinar el porcentaje de germinación de las semillas de sandía obtenida en cada sustrato evaluado.
3. Determinar la sanidad de las semillas de sandía.
4. Determinar cual de los tratamientos presenta la mayor Tasa Marginal de Retorno (TMR).

5. HIPOTESIS

Todos los sustratos a evaluar permitirán obtener similar rendimiento de semilla de sandía, y a su vez tendrán igual Tasa Marginal de Retorno (TMR).

6. METODOLOGÍA

6.1 Tratamientos

Se evaluaron cuatro sustratos y tres combinaciones de estos. Los sustratos evaluados fueron: turba negra, piedra pómez, arena de río y arena volcánica.

Las mezclas se prepararon en la Empresa Horticultura de Salamá, S.A., bajo condiciones de invernadero. Cada tratamiento fue identificado con un código, fecha de preparación, peso de la mezcla y proporción de la misma.

En el **Cuadro 5** se describen los diferentes sustratos y tratamientos utilizados en este estudio.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos evaluados para la reproducción de plantas de sandía (*Citrullus lanatus*) en Salamá, Baja Verapaz.

Tratamiento	% de Turba Negra Desinfestada	% de Piedra Pómez
1	100 (<i>Testigo 1</i>)	---
2	75	25
3	50	50
4	25	75
		% de Arena de Río
5	75	25
6	50	50
7	25	75
		% de Arena Volcánica
8	75	25
9	50	50
10	25	75
11	100 Turba sin Desinfectar (<i>Testigo 2</i>)	---

6.2 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo compuesta por 12 bolsas de polietileno (**Figura 2**). El tamaño de cada bolsa fue de 32.5 x 32.5 cm la cual contenía el sustrato o la mezcla de sustratos evaluados.

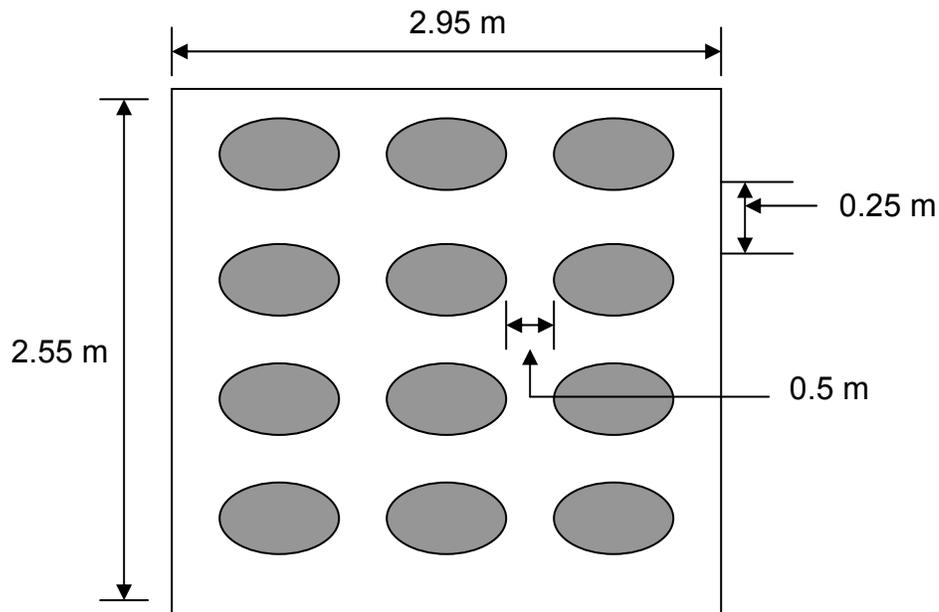


Figura 2. Unidad experimental utilizada en el experimento, consistente en 12 bolsas de polietileno de 32.5 x 32.5 cm.

6.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño Completamente al Azar con 11 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 44 unidades experimentales (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Distribución de los tratamientos en el campo, en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

T ₇ R ₄	T ₁₁ R ₁	T ₈ R ₃	T ₁ R ₄	T ₅ R ₂	T ₂ R ₂	T ₁ R ₁	T ₇ R ₂	T ₁₀ R ₁	T ₂ R ₃	T ₃ R ₁
T ₄ R ₁	T ₆ R ₄	T ₉ R ₃	T ₁₀ R ₃	T ₅ R ₁	T ₆ R ₁	T ₁₁ R ₄	T ₁ R ₃	T ₁₀ R ₂	T ₉ R ₁	T ₃ R ₄
T ₉ R ₂	T ₈ R ₁	T ₂ R ₄	T ₄ R ₄	T ₆ R ₃	T ₈ R ₄	T ₃ R ₃	T ₁₁ R ₂	T ₅ R ₄	T ₄ R ₃	T ₁₁ R ₃
T ₅ R ₃	T ₇ R ₁	T ₂ R ₁	T ₃ R ₂	T ₄ R ₂	T ₁ R ₂	T ₇ R ₃	T ₉ R ₄	T ₆ R ₂	T ₈ R ₂	T ₁₀ R ₄

6.4 Modelo Estadístico

Para interpretar los resultados del experimento, se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variables de respuesta de la ij-esima unidad experimental.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental en la ij-esima unidad experimental.

6.5 Manejo del cultivo

6.5.1 Descripción del área de trabajo

El invernadero donde se llevó a cabo la investigación es de madera, con un techo de cubierto por plástico y rodeado por una malla de 50 x 50 mesh, la cual evitaba el ingreso de

insectos pequeños tales como moscas blancas, áfidos y otros. Las dimensiones de la estructura son las siguientes: 33 m de largo x 25 m de ancho x 5.10 m de altura en la parte central y 1.8 m en la parte mas baja.

6.5.2 Desinfestación del suelo

Se desinfectó el área, dentro del invernadero, donde se ubicaron las unidades experimentales, aplicándose metamsodio a razón de 1000 cc de producto por 4 galones de agua, el cual abarcó un área aproximada 35 m², posteriormente se aplicó únicamente agua con la finalidad de una mejor penetración del producto.

6.5.3 Esterilización de los sustratos

Los sustratos se esterilizaron a una temperatura de 96 °C por espacio de 1.5 horas, utilizándose para ello una caldera de vapor.

6.5.4 Semillero

El semillero se realizó en bandejas de polipropileno, utilizando como sustrato peat moss para germinación de semillas. Las dimensiones de cada bandeja son de 54.5 x 28 cm, la cual contenía un total de 128 celdas de germinación. La siembra se realizó manualmente colocando una semilla por postura.

6.5.5 Transplante

Cuando las plántulas alcanzaron entre 12 – 15 cm de altura, se transplantaron a las bolsas que conformaban la unidad experimental, colocando una planta por bolsa. Las plántulas para ser transplantadas debieron de presentar las primeras 2 hojas verdaderas, vigorosas y libres de plagas y enfermedades.

6.5.6 Tutoreo

El tutoreo de las plantas se realizó colocando de 3 – 4 pitas (rafia negra) horizontales en cada unidad experimental. La primera pita se colocó a 0.5 m de la planta, la segunda pita a 0.3 metros de la primera, las pitas 3 y 4 a 0.3 m de las anteriores.

6.5.7 Riego

Se hicieron de 4 a 5 riegos por día, con un tiempo aproximado de 4 a 15 minutos por cada uno. Los goteros utilizados asperjaron 500 cc por hora por planta.

6.5.8 Fertilización

Se realizó a través del riego (fertirriego). La aplicación de fertilizantes se llevó a cabo de 2 - 3 veces por semana, durante todo el ciclo vegetativo de la planta.

6.5.9 Control fitosanitario

Se realizaron supervisiones a cada 2 o 3 días para detectar la presencia de plagas y/o enfermedades.

6.5.10 Cosecha

La cosecha se realizó a los 80 días después del transplante. En esta etapa se realizó la toma de datos para las variables evaluadas.

6.6 Variables de respuesta

6.6.1 Número de semillas de doce frutos

De cada unidad experimental se obtuvieron doce frutos aleatoriamente a los cuales se les extrajeron y contaron las semillas.

6.6.2. Peso de semilla de doce frutos

Las semillas obtenidas de los doce frutos se pesaron. Esta variable se expresa en gramos.

6.6.3 Porcentaje de germinación

Se realizó una prueba de germinación a la semilla de los frutos seleccionados en cada uno de los tratamientos evaluados. La evaluación se realizó en bandejas de polipropileno, utilizando como sustrato peat moss. Se utilizaron 100 semillas de cada tratamiento, colocando una por celda. Después de 8 – 10 días se evaluó la cantidad de semillas germinadas por tratamiento.

6.6.4 Presencia de patógenos en la semilla

A una muestra de 300 semillas por tratamiento se les realizó un análisis de sanidad para determinar la presencia de patógenos. Este análisis se realizó en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía de la USAC.

El análisis se hizo en medio Papa Dextrosa Agar (PDA). Los earlenmeyer que contenían el medio fueron llevados al autoclave donde estuvieron por espacio de 30 minutos a una temperatura de 125 °C y 1 atmósfera de presión. Al mismo tiempo fueron esterilizadas cajas de Petri. En la cámara de flujo laminar, se colocó el medio de cultivo (PDA) en las cajas de Petri. Posteriormente las semillas de cada tratamiento fueron colocadas en gasas las cual fueron introducidas en alcohol al 50% por espacio de 30 segundos, inmediatamente eran sacadas y colocadas en Hipoclorito al 1% durante 60 segundos y finalmente colocadas en agua estéril, esto, para fines de desinfección. En la cámara de flujo laminar, después de solidificarse los medios, se colocaron 10 semillas por cada caja de Petri, las mismas fueron identificadas con el número de tratamiento y llevadas a la incubadora en donde estuvieron por espacio de 7 días. Finalmente, con la ayuda de un estereoscopio y un microscopio se determinaron los géneros de hongos presentes en cada una de las cajas de Petri.

6.7 Análisis de la información

6.7.1 Análisis estadístico

A las variables: Número de semillas de doce frutos y su peso y porcentaje de germinación, se les realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) y aquellas en las que se encontraron diferencias significativas se les efectuó una prueba de medias de Tukey al 5%.

6.7.2 Análisis económico

Se realizó con la finalidad de determinar cual de los tratamientos obtuvo la mayor rentabilidad, siguiendo la metodología descrita por Samayoa (14), que consiste inicialmente en elaborar un Presupuesto Parcial y un Análisis de Dominancia, para finalmente estimar la Tasa Marginal de Retorno (TMR).

7. RESULTADOS Y SU DISCUSION

7.1 Número y peso de semillas de doce frutos

De cada unidad experimental se tomaron doce frutos aleatoriamente con las características de madurez ideales (forma, color, sazón y un sonido hueco característico de madurez); a los mismo se les extrajeron y contaron las semillas, para posteriormente secarlas a la sombra y obtener el peso de las mismas. Los **Cuadros 7 y 9** presentan los promedios del número de semillas obtenida y el peso de la mismas, respectivamente. A estos resultados se les realizó un Análisis de varianza, encontrándose que no existieron diferencias estadísticas al 5% entre los mismos (**Cuadros 8 y 10**), por lo tanto podemos decir que no hubo efecto de los sustratos y de sus mezclas sobre el número y peso de las semillas de sandía.

Cabe mencionar que posiblemente no existieron diferencias entre los tratamientos para las variables: número y peso de semillas de los tratamientos, ya que la totalidad de frutos de cada una de las unidades experimentales presentaban uniformidad en cuanto a su forma, color, tamaño y madurez.

Cuadro 7. Resultados promedio para la variable número de semillas de doce frutos de sandía. Salamá B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	CLAVE	MEDIA
1	Turba negra 100% desinfectada <i>(Testigo 1)</i>	Tn (d)	1,092
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	Tn + Pp (a)	1,182
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	Tn + Pp (b)	1,119
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Tn + Pp (c)	1,193
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	Tn + Ar (a)	1,158
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	Tn + Ar (b)	1,122
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	Tn + Ar (c)	1,080
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	Tn + Av (a)	1,216
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	Tn + Av (b)	1,197
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Tn + Av (c)	1,114
11	Turba negra 100% sin desinfectar <i>(Testigo 2)</i>	Tn (sd)	1,183

Cuadro 8. Análisis de Varianza (ANDEVA) para la variable número de semillas de doce frutos sandía. Salamá B.V. 2003.

F.V.	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada
Tratamientos	10.00	87660.41	8766.04	0.02 NS	2.13
Total	43.00	12480871.91			
Error	33.00	12393211.50	375551.86		

C.V. = 53.24 %

NS = No Significativo.

Cuadro 9. Resultados promedio para la variable peso de semillas de doce frutos sandía. Salamá B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	CLAVE	MEDIA (g)
1	Turba negra 100% desinfectada (Testigo 1)	Tn (d)	286.31
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	Tn + Pp (a)	295.69
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	Tn + Pp (b)	317.44
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Tn + Pp (c)	325.31
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	Tn + Ar (a)	285.75
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	Tn + Ar (b)	318.19
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	Tn + Ar (c)	297.38
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	Tn + Av (a)	322.88
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	Tn + Av (b)	320.06
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Tn + Av (c)	278.63
11	Turba negra 100% sin desinfectar (Testigo 2)	Tn (sd)	280.31

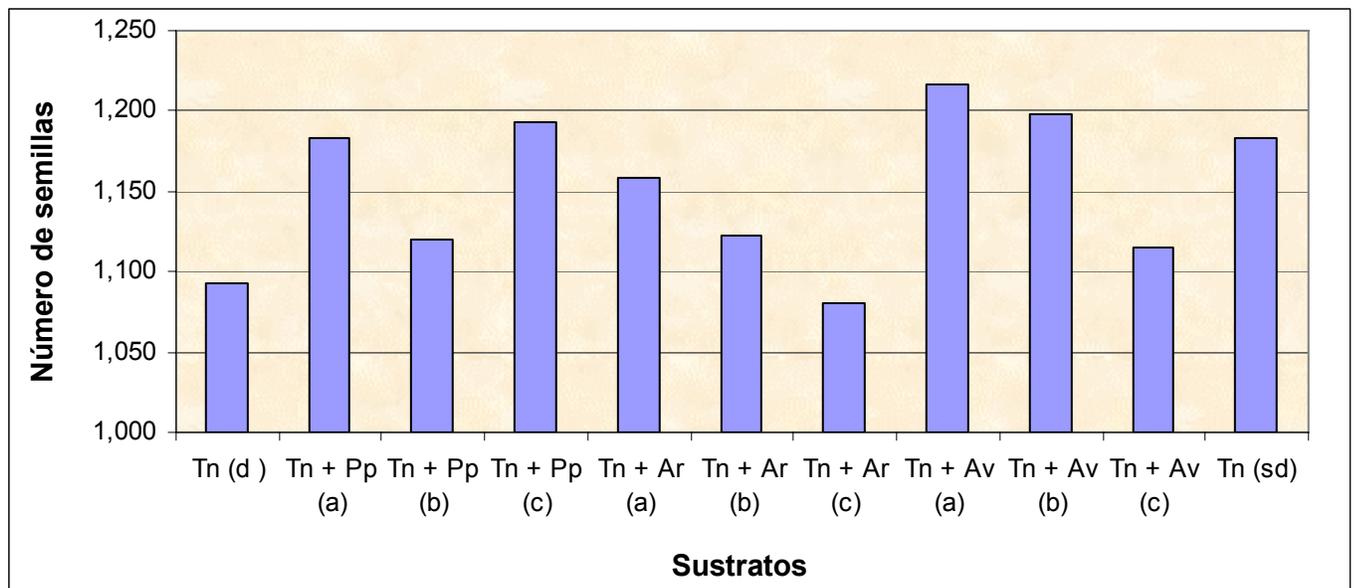
Cuadro 10. Análisis de Varianza (ANDEVA) para la variable peso de semillas de doce frutos de sandía. Salamá B.V. 2003.

F.V.	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada
Tratamientos	10.00	13563.1	1356.31	0.04 NS	2.13
Total	43.00	1061103.62			
Error	33.00	1047540.52	31743.65		

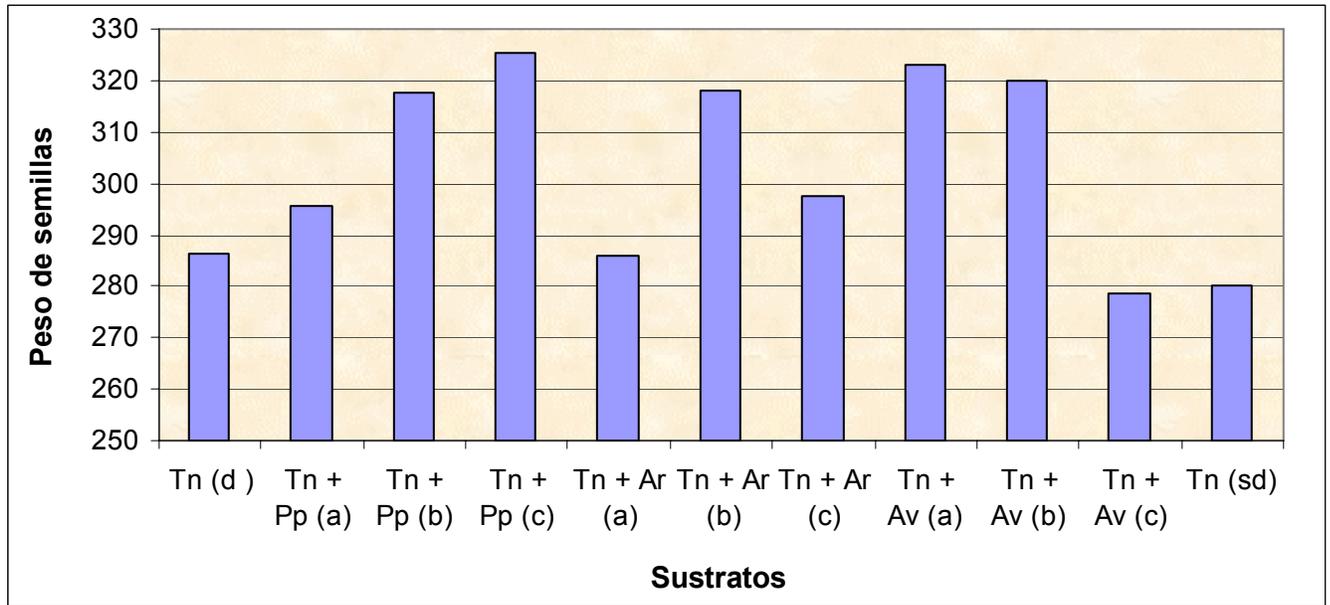
C.V. = 58.89 %

NS = No Significativo.

En las **Gráficas 3 y 4** se presentan gráficamente las variables número de semillas y peso de las mismas, observándose de que el sustrato turba negra 75% + arena volcánica 25% presentó el mas alto número de semillas con un promedio de 1,216.50, mientras que el sustrato turba negra 25% + piedra pómez 75% presentó el mas alto promedio de peso de las semillas (325.31 g). Así mismo, los sustratos turba negra 25% + arena de río 75% y turba negra 25% + arena volcánica 75% presentaron el mas bajo número y peso de semilla (1,080 y 278.63 g),respectivamente.



Gráfica 3. Número de semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) para los diferentes sustratos. Salamá B.V. 2003.



Gráfica 4. Peso de semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) para los diferentes sustratos. Salamá B.V. 2003.

7.2 Porcentaje de germinación

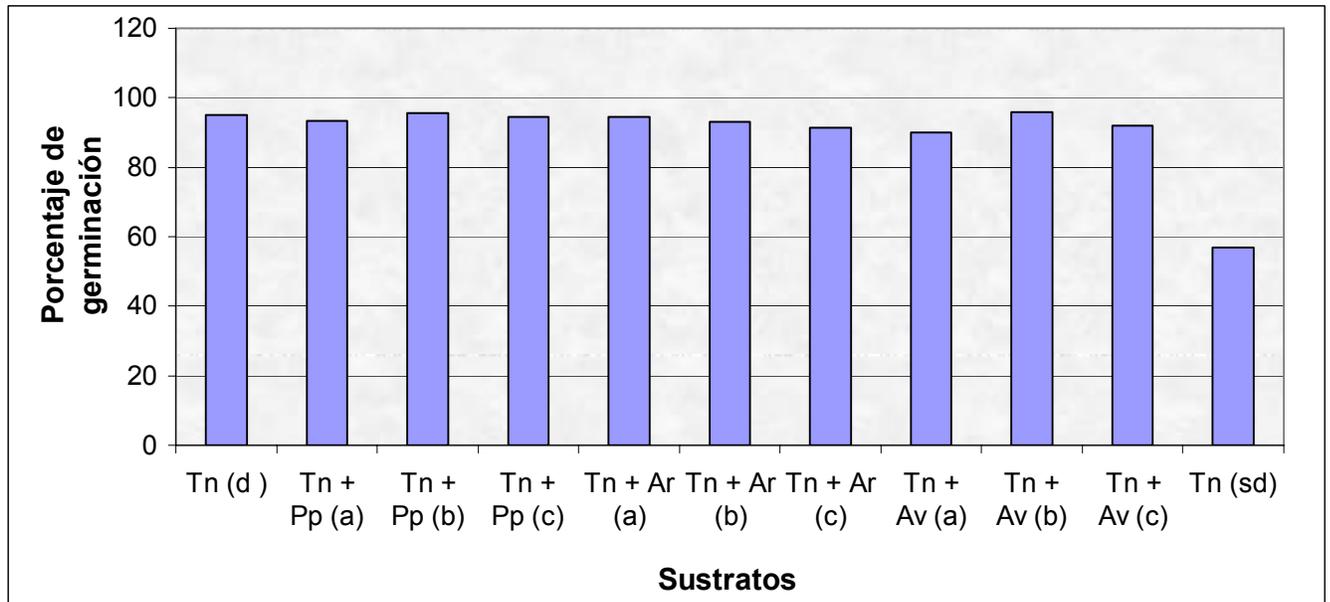
Los promedios del porcentaje de germinación de las semillas obtenidas de los frutos de cada tratamiento se reportan en el **Cuadro 11**. Se determinó que sí existen diferencias significativas y por medio de la prueba de medias Tukey se identifican dos grupos; el primero que tiene letra A que son los tratamientos del 1 al 10, los cuales reportan un porcentaje de germinación con un rango de 90 a 96% pero son estadísticamente similares según la prueba de medias. El segundo grupo lo conforma únicamente el tratamiento 11 (turba negra 100% sin desinfectar) el cual reportó un 57% de germinación. Esto implica que las semillas de los frutos obtenidos de las plantas producidas en el sustrato turba negra desinfectada y su combinación con otro sustrato (piedra pómez, arena de río y arena volcánica) en distintas proporciones reportan un alto porcentaje de germinación, no así las obtenidas del sustrato 11 (turba negra 100% sin desinfectar) donde el porcentaje de germinación es bajo.

El bajo porcentaje de germinación de las semillas obtenidas en el sustrato turba negra 100% sin desinfectar se debió a que en un 75% las mismas presentaban deformaciones, un tamaño pequeño y así mismo presencia de hongos fitopatógenos que se describen posteriormente.

Cuadro 11. Promedio de los resultados obtenidos de la variable porcentaje de germinación en los distintos tratamientos. Salamá B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CLAVE	MEDIA	TUKEY
1	Turba negra 100% desinfectada <i>(Testigo 1)</i>	Tn (d)	95	A
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	Tn + Pp (a)	93	A
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	Tn + Pp (b)	95	A
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Tn + Pp (c)	94	A
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	Tn + Ar (a)	94	A
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	Tn + Ar (b)	93	A
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	Tn + Ar (c)	91	A
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	Tn + Av (a)	90	A
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	Tn + Av (b)	96	A
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Tn + Av (c)	92	A
11	Turba negra 100% sin desinfectar <i>(Testigo 2)</i>	Tn (sd)	57	B

Gráficamente se observa que el menor porcentaje de germinación promedio lo presentan las semillas de sandía de los frutos obtenidos del sustrato Turba negra 100% sin desinfectar (*Testigo 2*), mientras que los mayores porcentajes lo presentan los diez sustratos restantes y sus combinaciones (**Gráfica 5**).



Gráfica 5. Porcentaje de germinación de semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) por cada sustrato evaluado. Salama B.V. 2003.

7.3 Presencia de patógenos

De acuerdo al análisis de sanidad realizado en las semillas de sandía obtenidas en cada sustrato, se determinó la presencia de los hongos *Cercospora*, *Fusarium*, *Phoma*, *Aspergillus* y *Rhizopus*, así mismo una alta presencia de bacterias. El **Cuadro 12** presenta el resultado del análisis de sanidad de los tratamientos turba negra 100% sin desinfectar, turba negra 75% mas arena volcánica 25% y turba negra 75% mas piedra pómez 25%; en donde se observa que el género de hongos *Fusarium* se presenta en un alto porcentaje en los tratamientos 11 y 8 (21.66 y 5.33%), mientras que *cercospora* presenta el 24% en el tratamiento 2. Además *Aspergillus* y *Rhizopus* se presentaron en los tratamientos 11 y 2, no así en el tratamiento 8. Cabe mencionar que las semillas tuvieron presencia de bacterias.

La presencia de estos hongos es común en semillas y posiblemente sea la causa de la mala germinación y de los problemas encontrados en el invernadero.

Cuadro 12. Resultados del análisis de sanidad practicado a las semillas de sandía.

Tratamiento	Género de hongo					Bacterias (%)
	<i>Phoma</i> (%)	<i>Fusarium</i> (%)	<i>Cercospora</i> (%)	<i>Aspergillus</i> (%)	<i>Rhizopus</i> (%)	
<i>Turba negra 100% sin desinfestar</i>	4.33	21.66	3.33	8.00	0.00	97.00
<i>Turba negra 75% + arena volcánica 25%</i>	1.67	5.33	4.33	0.00	0.00	94.33
<i>Turba negra 75% + piedra pómez 25%</i>	10.67	3.33	24.00	3.00	9.00	100.00

7.4 Análisis económico

Para determinar cual de los tratamientos proporcionó mayor beneficio económico para la producción de semillas de sandía a nivel de invernadero, se procedió a calcular el indicador Tasa Marginal de Retorno, utilizando el método del Presupuesto Parcial y Análisis de Dominancia.

Los costos que varían (**Cuadro 13**) se obtuvieron sumando el costo de producción por planta y el costo por bolsa.

Cuadro 13. Descripción de los costos que varían por cada tratamiento, en el cultivo de la sandía bajo condiciones de invernadero. Salamá B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	COSTO PRODUCCIÓN POR 12 PLANTAS	COSTO POR 12 BOLSAS	COSTO VARIABLE
1	Turba negra 100% Desinfestada (<i>Testigo 1</i>)	Q 25.75	Q 24.36	Q 50.11
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	Q 25.75	Q 21.51	Q 47.26
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	Q 25.75	Q 18.66	Q 44.41
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Q 25.75	Q 15.81	Q 41.56
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	Q 25.75	Q 22.47	Q 48.22
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	Q 25.75	Q 20.58	Q 46.33
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	Q 25.75	Q 18.69	Q 44.44
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	Q 25.75	Q 20.67	Q 46.42
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	Q 25.75	Q 16.98	Q 42.73
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Q 25.75	Q 13.29	Q 39.04
11	Turba negra 100% sin desinfestar (<i>Testigo 2</i>)	Q 25.75	Q 23.00	Q 48.75

El Presupuesto Parcial (**Cuadro 14**), en donde el Beneficio Bruto es el producto de la multiplicación entre el peso de las semillas (g) y el precio de venta en el mercado (Q 420.00/libra); la diferencia entre el Beneficio Bruto y los costos que varían proporcionan el Beneficio Neto, por cada tratamiento.

Cuadro 14. Presupuesto parcial y cálculo del Beneficio Neto por tratamiento en el cultivo de la sandía bajo condiciones de invernadero. Salama B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	BENEFICIO BRUTO	COSTO VARIABLE	BENEFICIO NETO
1	Turba negra 100% Desinfestada (<i>Testigo 1</i>)	Q 264.87	Q 50.11	Q 214.76
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	Q 273.55	Q 47.26	Q 226.29
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	Q 293.67	Q 44.41	Q 249.26
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Q 300.95	Q 41.56	Q 259.39
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	Q 264.35	Q 48.22	Q 216.13
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	Q 294.36	Q 46.33	Q 248.03
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	Q 275.11	Q 44.44	Q 230.67
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	Q 298.70	Q 46.42	Q 252.28
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	Q 296.09	Q 42.73	Q 253.36
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Q 257.76	Q 39.04	Q 218.72
11	Turba negra 100% sin desinfestar (<i>Testigo 2</i>)	Q 259.32	Q 48.75	Q 210.57

El análisis de Dominancia (**cuadro 15**), para el cual se ordenaron los valores del costo que varía de cada tratamiento de menor a mayor, con su respectivo Beneficio Neto, posteriormente se procedió a comparar cada uno de los tratamientos y determinar los Dominados (**D**) y los No Dominados (**ND**)

Posteriormente se efectuó la estimación del análisis marginal a través de la cual se obtuvo la Tasa Marginal de Retorno, para determinar cuanto se espera ganar por cada quetzal invertido (**cuadro 16**).

Cuadro 15. Análisis de dominancia para cada tratamiento evaluado. Salamá B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	COSTO VARIABLE	BENEFICIO NETO
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Q 39.04	Q 218.72 ND
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Q 41.56	Q 259.39 ND
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	Q 42.73	Q 253.36 D
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	Q 44.41	Q 249.26 D
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	Q 44.44	Q 230.67 D
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	Q 46.33	Q 248.03 D
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	Q 46.42	Q 252.28 D
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	Q 47.26	Q 226.29 D
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	Q 48.22	Q 216.13 D
11	Turba negra 100% sin desinfestar (Testigo 2)	Q 48.75	Q 210.57 D
1	Turba negra 100% Desinfestada (Testigo 1)	Q 50.11	Q 214.76 D

Cuadro 16. Tasa Marginal de Retorno para las condiciones No Dominadas, en el cultivo de la sandía. Salama B.V. 2003.

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO	COSTO VARIABLE	Δ BN	Δ C.V.	TMR
Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	Q 218.72	Q 39.04			
Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	Q 259.39	Q 41.56	Q 40.67	Q 2.52	1,614%

La Tasa Marginal de Retorno mas alta fue de 1,614%, la cual corresponde al sustrato turba negra 25% + piedra pómez 75%, lo cual indica que por cada quetzal adicional invertido se obtendrá un retorno neto de Q 16.14.

8. CONCLUSIONES

1. Los sustratos turba negra desinfectada + piedra pómez + arena de río + arena volcánica en sus diferentes combinaciones no presentaron diferencias significativas en las variables variables número y peso de semillas de doce frutos (1,216 y 325.31g).
2. Con base en la prueba de viabilidad expresada en la prueba de germinación y los análisis estadísticos practicados, los tratamientos con sustrato: turba negra + piedra pómez + arena de río + arena volcánica en sus diferentes combinaciones reportaron valores entre el 90 y 96% no encontrándose diferencias significativas, sin embargo el tratamiento turba negra sin desinfectar reportó los valores mas bajos (57%).
3. El análisis de sanidad reveló la presencia de los hongos ***Fusarium***, ***Cercospora***, ***Phoma***, ***Aspergillus*** y ***Rhizopus*** en la mayoría de los tratamientos evaluados, sin embargo el porcentaje mas alto de ***Fusarium*** fue de 21.66% reportado en el sustrato turba negra por lo que se infiere que es el causante de la baja viabilidad de la semilla.
4. Económicamente el sustrato turba negra 25% + piedra pómez 75% fue el mejor medio para la producción de semillas de sandia, con una Tasa marginal de Retorno del 1,614 %.

9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda desinfectar el sustrato turba negra 100% (**Testigo 2**) para producir semilla de sandía ya que la misma presenta un bajo porcentaje de germinación (57%) debido, entre otras causas, a la presencia del hongo ***Fusarium***.
2. Se recomienda utilizar el sustrato turba negra 25% + piedra pómez 75% para la producción de semillas de sandía ya que se obtiene un Beneficio neto de Q 259.39.
3. Se recomienda evaluar otros sustratos con diferentes combinaciones.
4. Profundizar sobre el efecto del hongo ***Fusarium*** en la viabilidad de semillas.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Brauer, O. 1976. Fitogenética aplicada. México, Limusa. 518 p.
2. Cruz, JR. De la. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. División agrícola. 1998. Tecnología clave en mano. Tomo 2, 392 p.
4. Donahue, R; Miller, R; Shickluna, J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Englewood Cliffs, Prentice may International. 624 p.
5. El cultivo de la sandía (en línea). 2000. España, Infoagro. 17 p. Consultado 23 de noviembre 2000. Disponible en www.infoagro.com/frutas/frutastradicionales/sandia.htm.
6. Océano, Es. 1999. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. España. 875 p.
7. Fernández Arbizú, IA. 1996. Estudio de la regulación de la producción de sandía (*Citrullus lanatus*) mediante aplicación de tres sistemas de podas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 45 p.
8. Goldsmith seeds, US. 1988. The hybrid story from goldsmith seeds (en línea). US. 4 p. Consultado 7 de enero 2001. Disponible en www.goldsmithseeds.com/faxback/seeds/hybrids.htm.
9. Hartman, HT. 1959. Propagación de plantas, principios y prácticas. México, Continental. 693 p.
10. IICA. 1989. Compendio de agronomía tropical. San José, Costa Rica. 927 p.
11. Juscafresca, B. 1989. Frutos de huerta y plantas aromáticas. Barcelona, España. 111 p.
12. La producción de semilla de cucurbitacea en California (en línea). 2002. 6 p. Consultado 16 de enero 2001. Disponible en www.Vric.vedavis.edu/veginfo/commodity/cucumber/cucurbit.
13. Productos Superb. 2001. Manual agrícola superb. Guatemala. 367 p.
14. Samayoa, E. 1992. Análisis de rentabilidad y tasa marginal de retorno. Boletín informativo AGRO. (Gua). No. 4:4-5.
15. Terralia del cultivo de la sandía injertada (en línea). 1998. 2 p. Consultado 7 de enero 2001. Disponible en www.terralia.com/revista11/pagina24.htm.
16. Tipos de sustratos de cultivo (en línea). 2002. 8 p. Consultado 12 de febrero 2001. Disponible en www.infoagro.com/industria-auxiliar/tipo-sustratos.asp.
17. Tom clothier's garden. 1998. Inbreeding depresión and irbid vigor (en línea). 5 p. Consultado 18 de noviembre 2003. Disponible en www.anet-chi.com/manytimes/seedsav4.html.
18. Valdés, VS. 1991. Cultivo de hortalizas en trópicos y subtrópicos. Santo Domingo, república Dominicana, Carripio. 622 p.

11. ANEXO

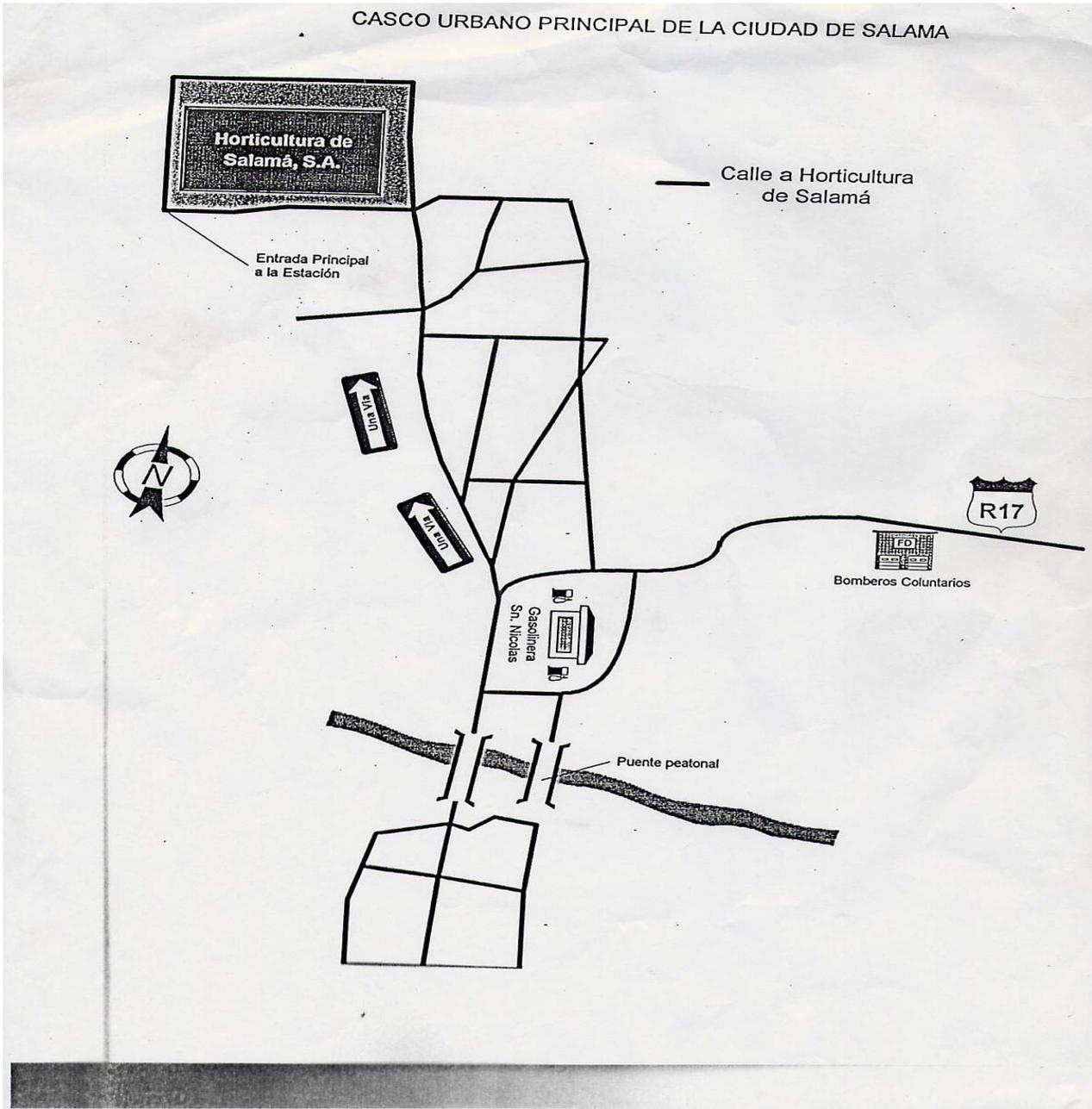


Figura 1A. Croquis del área donde fue realizado el estudio.

Cuadro 17 A. Número de semillas obtenidas por cada unidad experimental.
Salamá B.V. 2003.

Trat.	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
1	2061	675	582	1053	1,092
2	1137	351	1872	1371	1,182
3	726	1689	804	1260	1,119
4	912	555	1929	1377	1,193
5	921	1341	690	1680	1,158
6	1725	420	1947	399	1,122
7	1110	1542	1359	309	1,080
8	696	1587	474	2109	1,216
9	1050	438	1638	1665	1,197
10	2145	990	738	585	1,114
11	1329	1527	714	1164	1,183

1. Factor de corrección (FC): $(50646)^2 / 11 \times 4 = 58295848.09$
2. Suma de cuadrados de tratamientos: $58383508.50 - 58295848.09 = 87660.41$
3. Suma de cuadrados totales: $70776720 - 58295848.09 = 12480871.91$
4. Suma de cuadrados del error: $12480871.91 - 87660.41 = 12393211.50$
5. Grados de libertad de tratamientos: $11 - 1 = 10$
6. Grados de libertad totales: $(11 \times 4) - 1 = 43$
7. Grados de libertad del error: $43 - 10 = 33$
8. Cuadrado medio de tratamientos: $87660.41 / 10 = 8766.04$
9. Cuadrado medio del error: $12393211.50 / 33 = 375551.86$
10. F Calculada: $8766.04 / 375551.86 = 0.02$
11. F Tabulada: 2.13
12. Coeficiente de Variación: $(\sqrt{375551.86} / (58295848.09 / 44)) \times 100 = 53.24 \%$

Cuadro 18 A. Peso de semillas en gramos obtenidos por cada unidad experimental
Salamá B.V. 2003.

Trat.	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
1	560.25	131.25	115.50	338.25	286.31
2	284.25	87.75	468.00	342.75	295.69
3	121.50	527.25	201.00	420.00	317.44
4	246.00	213.75	482.25	359.25	325.31
5	350.25	425.25	172.50	195.00	285.75
6	281.25	105.00	786.75	99.75	318.19
7	277.50	385.50	299.25	227.25	297.38
8	159.00	501.75	103.50	527.25	322.88
9	300.00	169.50	364.50	446.25	320.06
10	536.25	247.50	184.50	146.25	278.63
11	336.00	268.50	134.25	382.50	280.31

1. Factor de corrección (FC): $(13311.75)^2 / 11 \times 4 = 4027333.82$
2. Suma de cuadrados de tratamientos: $4040896.92 - 4027333.82 = 13563.1$
3. Suma de cuadrados totales: $5088437.44 - 4027333.82 = 1061103.62$
4. Suma de cuadrados del error: $1061103.62 - 13563.1 = 1047540.52$
5. Grados de libertad de tratamientos: $11 - 1 = 10$
6. Grados de libertad totales: $(11 \times 4) - 1 = 43$
7. Grados de libertad del error: $43 - 10 = 33$
8. Cuadrados medios de tratamientos: $13563.1 / 10 = 1356.31$
9. Cuadrados medios del error: $1047540.52 / 33 = 31743.65$
10. F Calculada: $1356.31 / 31743.65 = 0.04$
11. F Tabulada: **2.13**
12. Coeficiente de Variación: $(\sqrt{31743.65} / (13311.75 / 44)) \times 100 = 58.89 \%$

Cuadro 19 A. Porcentaje de germinación de semillas de sandía obtenido por cada unidad experimental. Salamá B.V. 2003.

Trat.	Repeticiones				Media
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	
1	100	90	100	90	95
2	96	94	98	86	93
3	100	100	86	96	95
4	100	96	92	90	94
5	92	98	96	92	94
6	92	84	96	100	93
7	100	98	100	68	91
8	94	88	82	96	90
9	98	100	96	90	96
10	98	94	96	80	92
11	65	57	52	54	57

1. Factor de corrección (FC): $(3970.00)^2 / 11 \times 4 = 358202.27$
2. Suma de cuadrados de tratamientos: $363193.00 - 358202.27 = 4990.73$
3. Suma de cuadrados totales: $364946.00 - 358202.27 = 6743.73$
4. Suma de cuadrados del error: $6743.73 - 4990.73 = 1753.00$
5. Grados de libertad de tratamientos: $11 - 1 = 10$
6. Grados de libertad totales: $(11 \times 4) - 1 = 43$
7. Grados de libertad del error: $43 - 10 = 33$
8. Cuadrados medios de tratamientos: $4990.73 / 10 = 499.07$
9. Cuadrados medios del error: $1753 / 33 = 53.12$
10. F Calculada: $499.73 / 53.12 = 9.39$
11. F Tabulada: **2.13**
12. Coeficiente de Variación: $(\sqrt{53.12} / (3970 / 44)) \times 100 = 8.08 \%$

Cuadro 20 A. Prueba de Tukey para el porcentaje de germinación de las semillas de sandía
Salamá B.V. 2003.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	MEDIA	TUKEY	
9	Turba negra 50% + Arena volcánica 50%	96	A	
3	Turba negra 50% + Piedra pómez 50%	95	A	
1	Turba negra 100% Desinfectada <i>(Testigo 1)</i>	95	A	
4	Turba negra 25% + Piedra pómez 75%	94	A	
5	Turba negra 75% + Arena de río 25%	94	A	
2	Turba negra 75% + Piedra pómez 25%	93	A	
6	Turba negra 50% + Arena de río 50%	93	A	
10	Turba negra 25% + Arena volcánica 75%	92	A	
7	Turba negra 25% + Arena de río 75%	91	A	
8	Turba negra 75% + Arena volcánica 25%	90	A	
11	Turba negra 100% sin desinfectar <i>(Testigo 2)</i>	57		B

Cuadro 21 A. Costos de producción para el cultivo de la sandía. Salamá,
Salamá B.V. 2003.

COSTOS	Unidad	Costo (Q)	Costo total (Q)
DIRECTOS			
Mano de obra por 12 plantas	Jornal	14.57	
Insumos por 12 plantas	kg	11.20	
Sub-Total			25.75
COSTO POR SUSTRATO			
Turba negra	Metro ³	75.00	
Piedra pómez	Metro ³	40.00	
Arena de río	Metro ³	52.00	
Arena volcánica	Metro ³	30.00	
Ingreso por venta	Libra	420.00	420.00