



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**EVALUACIÓN DE SEIS MEZCLAS DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS EN LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE LECHUGA *Lactuca sativiva* L.**

Por:

Bernardo Ulises Barrón Torres

Asesores:

Dr. Juan Carlos Rodríguez Ortiz

Dr. Jorge Alonso Alcalá Jáuregui

M. C. Alejandra Hernández Montoya

Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P.

Diciembre 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**EVALUACIÓN DE SEIS MEZCLAS DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS EN LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE LECHUGA *Lactuca sativiva* L.**

Por:

Bernardo Ulises Barrón Torres

**Tesis profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Fitotecnista**

Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P.

Diciembre de 2013

El trabajo titulado **EVALUCIÓN DE SEIS MEZCLAS DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE LECHUGA *Lactuca sativiva L.*** Fue realizado por: Bernardo Ulises Barrón Torres como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Juan Carlos Rodríguez Ortiz

Asesor

Dr. Jorge Alonso Alcalá Jáuregui

Asesor

M. C. Alejandra Hernández Montoya

Asesor

Ejido palma de la Cruz, municipio Soledad de Graciano Sánchez S.L.P, 02 diciembre de 2013.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Que gracias a ellos he logrado muchas metas y esta es una más ellas el poder concluir con mis estudios a nivel profesional. Gracias por haber formado a un hombre digno y de buenos principios ya que no es fácil hacerlo. En este papel les agradezco su enorme esfuerzo y sacrificio de cada día. Por haber enseñado a poder salir de situaciones difíciles.

A MIS HERMANOS

Por estar conmigo la mayor parte de mi vida, y ser mis grandes amigos en lo rutinario de la vida. Por ser geniales y auténticos. Y por ser mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias Jesucristo por permitir esta inmensa felicidad y por compartirla con mis seres queridos siempre serás mi fortaleza en la hora de juicio y por amarme.

GRACIAS A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

Por formar a hombres de bien y dejar buena preparación para vida profesional de egresados de tan honorable institución.

MIS PROFESORES

Gracias a mis asesores: M.C Alejandra Hernández Montoya, Dr. Juan Carlos Rodríguez Ortiz y Dr. Jorge Alonso Alcalá

Por las horas de laboratorio utilizadas y su atención en mi proyecto , por las practicas realizados en la institución y por ser excelentes personas..

A MIS AMIGOS

Amigos presentes y no presentes por buenas amistades desde siempre primos tíos a ustedes mis verdaderos amigos padres y hermanos, también esos amigos que fueron parte he historia de todo esto.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Sustratos.....	5
Definición de sustratos.....	5
Principales Sustratos Utilizados en México.....	6
Turbas.....	6
Tezontle.....	6
Fibra de coco.....	7
Arena.....	7
Perlita.....	7
Lana de Roca.....	8
Sustratos Alternativos.....	8
Características Generales de un Sustrato Ideal.....	9
Propiedades físicas.....	9

Densidad de sólidos.....	9
Densidad aparente.....	9
Porosidad total.....	9
Porosidad de aire o capacidad de aireación.....	10
Granulometría.....	10
Mojabilidad.....	10
Capacidad de retención de agua.....	10
Agua fácilmente disponible.....	10
Propiedades Químicas.....	11
Capacidad de intercambio catiónico.....	11
Reacción del sustrato o Ph.....	11
Conductividad eléctrica.....	11
Relación carbono nitrógeno.....	11
Otras Propiedades.....	12
Presencia de patógenos.....	12
Actividad biológica.....	12
Importancia Económica del Cultivo de Lechuga <i>Lactuca Sativa L .Asterácea.</i>	13
Valor nutricional y usos.....	14
Variedades.....	14
Producción de Plántula con Sustratos Alternativos.....	14
MATERIALES Y METODOS.....	17
Primera Fase, Caracterización de Mezclas de Sustratos.....	17
Elección, preparación y caracterización de sustratos.....	17
Tratamientos.....	18
Caracterización física.....	18

Descripción de procedimientos.....	19
Cálculos.....	20
Clasificación de parámetros físicos y químicos.....	21
Segunda Fase, Evaluación Agronómica en Invernadero.....	21
Clima de la zona.....	21
Procedimiento de siembra.....	22
Evaluación de tratamientos.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Primera Fase, propiedades físico y físico-químicas.....	25
Segunda fase evaluación agronómica.....	27
DISCUSIÓN.....	31
LITERATURA CITADA.....	32
ANEXO.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Mezclas recomendadas para germinación y desarrollo de planta y raíz.....	11
2	Variables de desarrollo en plantas de brócoli a 30 días de la siembra.....	14
3	Valores de referencia para clasificación de parámetros físicos y químicos de los sustratos.....	19
4	Croquis del experimento en charolas.....	21
5	Resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas de peat moss y los sustratos alternativos.....	24
6	Resultados de la evaluación agronómica de las mezclas de sustratos alternativos y peat moss.....	25

RESUMEN

Con la intención de colaborar en el desarrollo sustentable del sector agrícola en México tratando de ofrecer una alternativa tecnológica al uso de la turba (peat moss), se realizó el presente trabajo con los objetivos de caracterizar física y químicamente seis mezclas de sustratos alternativos a base de vaina de framboyán (*Delonix regia*) y olote de maíz (*Zea mays*); así como evaluarlos en la producción de la plántula de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Los materiales se acondicionaron a tamaño de partícula de entre 0.5 a 2 mm. Los tratamientos fueron: 1) Turba 100%, marca Lambert (Testigo); 2) Framboyán 50% + peat moss 25% + zeolita 25%; 3) Olote 50% + peat moss 25% + zeolita 25%; 4) Framboyán 25% + olote 25% + peat moss 25% + zeolita 25%; 5) Framboyán 70% + peat moss 15% + zeolita 15%; 6) Olote 70% + peat moss 15% + zeolita 15%; 7) Framboyán 35% + olote 35% + peat moss 15% + zeolita 15%. Los resultados indican que las mezclas reúnen propiedades físicas y químicas aceptables para el crecimiento y desarrollo de plántulas de lechuga, que son: porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua. En cuanto a pH, las mezclas no presentaron valores dentro de los ideales, que es de 5.5 a 6, pero fueron muy cercanas, por lo que se concluye que esta propiedad si puede promover un buen crecimiento y desarrollo de plántulas de lechuga. En cuanto a conductividad eléctrica, las mezclas que contienen olote de $\geq 35\%$, rebasaron los valores de referencia, que es de 1.5 dS m^{-1} ; los demás tratamientos presentaron valores dentro de dicho valor y se consideran aceptables para la producción de plántula. En cuanto a la evaluación agronómica, el tratamiento testigo superó a todos los sustratos alternativos en altura de planta, número de hojas por planta, unidades SPAD, peso seco de raíz, peso seco de parte aérea y peso seco total. Se atribuye las bajas tallas de plántulas de lechuga crecidas en los sustratos alternativos a una intoxicación por taninos.

SUMMARY

An order to assist in the sustainable development of agriculture in Mexico trying to offer a technological alternative to peat moss (*Sphagnum*) present this work with the objectives of physical and chemically characterization of six mixtures of alternative substrates based in sheath of *Delonix regia* and cob corn (*Zea mays*) and evaluate them in the seedling production of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Materials were conditioned at particle size of 0.5 to 2 mm. The treatments were: 1) 100 % peat moss, Lambert (Control); 2) *Delonix regia* 50% + peat moss 25 % + zeolite 25%; 3) cob corn 50% + peat moss 25% + 25 % zeolite; 4) *Delonix regia* 25 % + cob corn 25% + 25 % peat moss + 25 % zeolite; 5) *Delonix regia* 70% + peat moss 15% + zeolite 15 %; 6) cob corn 70% + peat moss 15% + zeolite 15 %; 7) *Delonix regia* 35 % + cob corn 35% + peat moss 15% + zeolite 15 %. The results indicate that mixtures meet acceptable physical and chemical properties for the growth and development of lettuce seedlings, which are: total porosity, air capacity, water retention capacity. As for pH, mixtures did not show values within the ideal, which is 5.5 to 6, but were very close, so we conclude that this property if you can promote healthy growth and development of lettuce seedlings. As for electrical conductivity, mixtures containing ≥ 35 % cob corn, exceeded the reference values, which is 1.5 dS m^{-1} , the rest of treatments showed less than the reference and are considered acceptable for the production of seedlings. Regarding the agronomic evaluation, control treatment exceeded all alternative substrates in plant height, number of leaves per plant, SPAD units, root dry weight, dry weight of shoot and total dry weight. Size low lettuce seedlings grown in alternative substrates poisoning attributed tannins.

INTRODUCCIÓN

La turba de *Sphagnum* (peat moss) es ampliamente utilizado en México para la producción de plántula de hortalizas. Sus propiedades de absorción del agua y de retención de los elementos nutritivos son esenciales para el crecimiento y desarrollo. El uso de turbas (*Sphagnum*) en la producción de plántulas resulta ser muy costoso, en México no existen cifras oficiales del volumen de estos materiales que se importan.

Díaz et al., (2006) calculan que solo en el cultivo de brócoli del estado de Guanajuato durante un ciclo (2000-2001) se utilizaron 29,784 bultos de 3.8 pies cúbicos, equivalente a 6'403,666.5 L de sustrato (6 403 m³). Los costos ascienden a \$ 7 446 000 de pesos, equivalente a \$ 647 478.26 dólares

Castellanos (2003), menciona que las reservas de las turbas son limitadas y no renovables, y consecuentemente su uso indiscriminado como sustrato para actividades hortícolas puede llegar a provocar un impacto medio ambiental de importancia.

La problemática situación ambiental que vivimos hoy en día obliga a colaborar directamente en su mejora. Por lo que es sumamente importante estudiar la posibilidad de convertir un residuo en un recurso, como lo pueden ser los sustratos. Existe una amplia variedad de residuos que surgen de diversos procesos, ya sean industriales o del mismo campo, como pueden ser escorias de fundición, vidrio, estériles de carbón, paja de maíz, paja de trigo, aserrín, cortezas de árbol, residuos urbanos, etc. Para su reusó se habrá de hacer una adecuado estudio de sus propiedades ya sean solos o en mezcla.

Los sustratos alternativos, al ser un subproducto de una actividad económica, se pueden disminuir los costos por la compra de sustratos comerciales, ya sea mezclándolos o solos. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México) reporta un ahorro

del 37 % en el costo de sustratos al producir plántulas de *Pinus ayacahuite* con una mezcla de peat moss con bagazo de café (INIFAP, 2002).

Ante tal escenario se realizó el presente trabajo con la intención de colaborar en el desarrollo sustentable del sector agrícola en México tratando de ofrecer una alternativa tecnológica al uso de la turba (peat moss).

OBJETIVOS

Caracterizar física y químicamente seis mezclas de sustratos alternativos a base de vaina de framboyán (*Delonix regia*) y olote de maíz (*Zea mays*).

Evaluar seis mezclas de sustratos alternativos en la producción de la plántula de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

HIPOTESIS

Los sustratos alternativos tienen propiedades físicas y químicas deseables para la producción de plántulas, por lo tanto, con el uso de al menos uno de los mezclas a evaluar se podrá obtener la misma calidad de plántula de lechuga y a menor costo que el peat moss.

REVISIÓN DE LITERATURA

Sustratos

Definición de sustratos

Se definen como el material sólido, distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, en mezcla o sólo, el cual colocado en un contenedor, sirve de soporte a la plantas y medio para el desarrollo de la raíces. Se utilizan para la producción de plántula, propagación vegetativa y para crecimiento y desarrollo del cultivo. Pueden sustituir al suelo cuando este no cuenta con las propiedades físicas y químicas para el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas, o bien cuando la actividad así lo requiera, como lo es el caso de las plantas de ornato (Abad *et al.* 2004)

Chávez *et al.*, (2008) mencionan que la finalidad de un sustrato es producir una cosecha de calidad y abundante en el periodo más corto, con los costos más bajos de producción. Además no debe causar daños ambientales una vez que se haya utilizado.

Es importante considerar el costo del sustrato; es posible que un sustrato barato no posea todas las propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas de un sustrato caro, sin embargo es importante considerar que éstas se pueden adecuar por medio del manejo, de tal manera que la relación costo/ beneficio se puede incrementar utilizando un sustrato más económico (Díaz, 2004).

Por lo anterior resulta de suma importancia que el productor logre realizar una buena elección del sustrato e incluso que sea capaz de elaborarlo con los materiales disponibles en su zona, a los cuales se les denomina “sustratos alternativos”.

Principales Sustratos Utilizados en México

Turbas

Material orgánico de estructura mullida, la distribución del tamaño de las partículas estimada por índice de grosor situándose alrededor del 44%, presenta baja densidad aparente (0.07 g cm^3) y real, porosidad total elevada (96%), suficiente contenido de aire (41% en volumen), alta capacidad de retención de agua total (687 mL L^{-1}) y agua disponible (25% en volumen). El pH es extremadamente ácido, inferior a 4.0, poniendo de manifiesto la necesidad de encalado. La conductividad eléctrica del extracto de saturación es muy baja, alrededor de 0.5 dS m^{-1} . En nutrientes también es muy bajo. La capacidad de intercambio catiónico es muy elevada aumenta con su grado de descomposición. Este material es muy usado en la producción de plántula. La gran mayoría es de importación (Castellanos, 2003).

Tezontle

Es un material procedente de la erupción de volcanes y está constituida por silicatos de aluminio, formado por fragmentos de lava porosa, redondos e irregulares. Es uno de los sustratos más usados en México. Tiene el inconveniente de que su granulometría es muy variada, lo cual se puede corregir al mezclar un 70% del material pasado por un tamiz de $3/8$ a $1/4$ de pulgada también conocido como sello y 30% de la fracción menor de $1/4$ de pulgada conocida como arenilla y se obtendrán las siguientes características físicas: densidad aparente = 0.68 g cm^{-3} , espacio poroso = 71%, capacidad de aireación = 32%, agua fácilmente disponible = 23% (Castellanos y Vargas, 2008).

Fibra de coco

Es un subproducto del coco que está teniendo mucha aceptación en México dado su bajo costo, facilidad de manejo, sanidad y excelente respuesta agronómica que ha mostrado en los cultivos en que se ha evaluado. Las propiedades de los sustratos han sido estudiadas en el INIFAP Bajío donde se obtuvieron los siguientes valores promedios: densidad = 0.09 g cm⁻³, capacidad de retención de agua = 63%, capacidad de aireación = 32%, agua fácilmente disponible = 25%, salinidad = 3 a 6 dS m⁻¹, capacidad de intercambio catiónico = 40 –53 me 100 g. (Castellanos y Vargas, 2008; Jensen, 2008).

Arena

Material de origen inorgánico cuyo diámetro queda comprendido entre 0.2 y 2.5 mm. La arena no debe contener sustancias tóxicas para las plantas. La mejor arena a usar es quizá la de río (lavada), aunque se pueden emplear con éxito otro tipo de arenas. Existen arenas con alto contenido de cal (más de 20%), situación que presenta la desventaja de fijar el fósforo y elevar el pH de la solución nutritiva afectando el desarrollo de las plantas. El diámetro de las partículas de arena más adecuado para la hidroponía depende de varios factores como: tipo de clima, método de cultivo, etc., pero en lo general varía entre 0.5 y 2.5 mm (Sánchez y Escalante, 1989).

Perlita

Contiene una granulometría de 0-5 mm de diámetro y con una densidad aparente de 0.1 a 0.12 g cm³. Posee una buena capacidad de aireación (29%), elevada capacidad retención de agua fácilmente disponible (24.6% en volumen) y un elevado espacio poroso total (85.9 % en volumen). Es un material inerte que no se descompone biológica ni químicamente. Se considera desprovista de nutrientes. Su pH es neutro o ligeramente alcalino (7-7.5) y salinidad muy baja.

La capacidad de intercambio catiónico es muy baja (1.5 – 2.5 meq 100 g⁻¹ de suelo) y una capacidad tampón muy limitada. Habrá que tener cuidado con soluciones nutritivas con pH menor de 5 ya que se puede liberar aluminio de la estructura de la perlita (Castellanos, 2003).

Lana de roca

Es un material de naturaleza natural transformado industrialmente. Básicamente es un silicato de aluminio, que contiene calcio y magnesio, y en menor proporción, hierro y manganeso. Tiene una baja densidad aparente (menor a 0.100 g cm⁻³), porosidad total elevada (> 95% en volumen), alta capacidad de retención de agua fácilmente disponible (> 48% en volumen) y alta capacidad de aireación (> 35% en volumen). Más del 95% del agua retenida es fácilmente asimilable, no retiene agua de reserva ni agua fácilmente disponible. Bajo este sustrato no se puede cometer fallas en el suministro de agua. Químicamente es un material inerte. Presenta una reacción débil a moderadamente alcalina (pH = 7-8.5). Se utiliza en sistemas de producción en invernadero altamente tecnificados (Castellanos, 2003).

Sustratos Alternativos

Los sustratos convencionales o comerciales como lana de roca, perlita, tezontle, entre otros, no siempre están disponibles al productor y los costos suelen representar un gasto inicial fuerte para un productor de nivel tecnológico intermedio.

Es importante considerar el costo del sustrato; es posible que un sustrato barato no posea todas las propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas de un sustrato caro, sin embargo es importante considerar que éstas se pueden

adecuar por medio del manejo, de tal manera que la relación costo/beneficio se puede incrementar utilizando un sustrato más económico (Díaz, 2004).

Por lo anterior resulta de suma importancia que el productor logre realizar una buena elección del sustrato e incluso que sea capaz de elaborarlo con los materiales disponibles en su zona, a los cuales se les denomina “sustratos alternativos”.

Además de la reducción de costos, algunos sustratos alternativos como la composta, pueden ser utilizados para la producción orgánica de alimentos. En ese caso los sustratos se obtienen a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica, siendo una opción, mezclar en un contenedor, composta, por la alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Márquez *et al.*, 2008).

Características Generales de un Sustrato Ideal

Propiedades físicas

Densidad de sólidos o densidad real, (Ps)

En la mayor parte de los sustratos minerales, la densidad media de sólidos está entre 2.6 y 2.7 g cm⁻³ (valor promedio, 2.65 g cm⁻³). Para los sustratos orgánicos es de 1.45 y 1.55 g cm⁻³ (valor promedio, 1.50 g cm⁻³).

Densidad aparente, (Pb)

La densidad aparente representa es la masa de sólidos dividida por el volumen total, y por lo tanto siempre será menor a la densidad de sólidos.

Porosidad total,

Considera todos los espacios ocupados por aire y se toma a partir de un sustrato seco. También se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{EPT (\%)} = 100 (1 - D_a/D_r).$$

Porosidad de aire o capacidad de aireación

Representa la propiedad agronómica más importante de un sustrato. Es la proporción del volumen del sustrato ocupado por aire, después de que éste ha sido saturado con agua.

Granulometría

Se refiere al tamaño de las partículas que conforman un sustrato, incide directamente sobre el tamaño de los poros, lo que a su vez determina el balance entre el contenido de agua y aire del sustrato, a cualquier nivel de humedad. Es recomendable que el sustrato tenga una mezcla de partículas que van de 0.2 a 2 mm para tener una adecuada capacidad de aireación y retención de agua.

Mojabilidad

Es el tiempo en minutos necesario para que una muestra de sustrato seco a 40°C absorba 10 mL de agua destilada. Optimo < 5 minutos.

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar usualmente a 10 cm de tensión. El nivel óptimo de capacidad de aireación oscila entre el 20 y el 30 % en volumen. (Abad *et al.*, 1993).

Agua fácilmente disponible (AFD)

Es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial, y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de columna de agua c.a. (1 - 5 cB), (Cadahía, 2005).

En resumen estas son a continuación las propiedades físicas se desea encontrar en los sustratos.

Propiedades Químicas

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la capacidad del sustrato de intercambiar cationes con la solución (Ca, Mg, Na, K, NH₄; etc.). Es importante debido a que entre mayor sea este valor, mayor será su capacidad de retener nutrientes como el nitrógeno (en forma de amonio), potasio, calcio, magnesio, etc. Los sustratos orgánicos presentan mayor CIC que los inorgánicos.

Reacción del sustrato o ph

Representa la concentración de iones H⁺ en una solución, influye directamente sobre la disponibilidad de los nutrientes en solución.

Conductividad eléctrica (CE)

Es la capacidad de una sustancia de conducir la electricidad por acción de los iones en solución, por lo tanto nos indica la concentración de sales en solución.

Relación C/N

Es el cociente que resulta de la división entre el contenido de carbono y nitrógeno de un sustrato, nos indica el grado de estabilidad o inestabilidad a la degradación.

Otras Propiedades

Presencia de patógenos

Todo sustrato debe estar ausente de cualquier agente patógeno, si es necesario se someterá a un proceso previo de compostaje para eliminarlos (Alarcón, 2000).

Actividad Biológica

En sustratos de naturaleza orgánica no inertes, como consecuencia del ataque de los microorganismos, la materia orgánica se descompone y experimenta una serie de cambios en su composición, hasta alcanzar una cierta estabilidad biológica. Los tejidos de los microorganismos que se alimentan de la materia orgánica que descomponen, tienen una relación C/N de aproximadamente de 30; si se descomponen y alimentan de materiales con una relación C/N superior (ejemplo: corteza de pino, virutas de madera, etc.), necesitarán para su crecimiento un aporte extra de N, compitiendo con las plantas por este elemento (Ansorena, 1994; Alarcón, 2000). Todo sustrato con actividad biológica retiene temporalmente N en el cuerpo de los microorganismos que puede causar deficiencia temporal de este elemento, sobre todo, al inicio del cultivo (Alarcón, 2000).

Considerando que un solo material no cumple con las características óptimas de un buen sustrato, se recomienda la elaboración de mezclas aprovechando las propiedades de cada material, por ejemplo la turba o peat

moss retiene humedad, la composta aporta nutrientes y permite la agregación, la perlita ayuda a la aireación del medio y evita la compactación; la vermiculita permite la retención química de nutrientes y la fibra de coco retiene humedad y nutrientes, de esta forma sugerimos algunas mezclas. Hernández (2012) presenta una serie de recomendaciones para sustratos en producción de plántula (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadro de mezclas recomendadas para germinación y desarrollo de planta y raíz (Hernández, 2012).

Materiales	Mezclas para Germinación			Mezclas para Desarrollo		
Peat moss	70%	50%		40%	10%	
Composta		10%		20%	10%	
Perlita		20%	20%	20%	20%	30%
Vermiculita	30%	20%	20%	20%	20%	
Fibra de Coco			60%		40%	70%
Propiedades						
Retención de humedad	42%	45%	44%	45%	43%	40%
Aireación	30%	33%	33%	32%	32%	26%
Densidad (kg·m ³)	270	270	250	280	230	200
Durabilidad	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
Capacidad de intercambio de nutrientes	Media	media	Media	media	Media	Media
pH	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido	neutro	neutro	neutro	neutro

Importancia Económica del Cultivo de Lechuga *Lactuca sativa* L., Asterácea.

La lechuga es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja, se cultiva en casi todos los países del mundo. Es muy apreciada por su alto contenido en vitaminas, indispensable en la dieta moderna. En México se puede cultivar durante todo el año bajo riego; se reporta una superficie sembrada de 8

374 ha y cosechada de 7 915 ha, con rendimientos que pueden variar desde 3.1 a 30.8 tonha⁻¹. Los principales estados productores son Guanajuato, Baja California, Puebla, Zacatecas y Aguascalientes (SAGARPA-SIAP, 2013).

A nivel mundial los mayores productores son: China, Estados Unidos, España, Italia e India. Los principales exportadores son: España, Estados Unidos, Países Bajos, Italia, Bélgica, Francia, Alemania, México, Canadá, Gran Bretaña, Portugal, Jordania, Suecia, China, Dinamarca, Austria, Australia, Chile, Irán e Irlanda. .

Valor nutricional y usos

Es baja en carbohidratos, grasas y proteínas, y fuente de vitaminas A, E y C, además de fibra. Se consume fresca, principalmente en ensaladas.

Variedades

Las variedades de lechugas se clasifican en cuatro tipos: romanas, acogolladas, las de hojas sueltas y las espárrago. Las romanas, *Lactuca sativa* L. var. *longifolia*(Lam.) Janchen, no forman cogollo, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho; las acogolladas, *Lactuca sativa* L. var. *capitata*(L.) Janchen, cuyas hojas forman un cogollo apretado; las de hojas sueltas, *Lactuca sativa* L. var. *intybasea*Hort. exLH Bailey, que tienen las hojas sueltas y dispersas, y las lechuga espárrago, de las cuales se utilizan por sus tallos. Se cultivan principalmente en China e India (Cultivo de lechuga <http://infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>, consultada el 15 diciembre 2013).

Producción de Plántulas con Sustratos Alternativos

Díaz *et al.*, (2006) evaluaron seis sustratos de paja de trigo en la emergencia y el desarrollo de plántulas de brócoli (*Brassicaoleraceavar. Italica*) cv. Patriot. Se trituró el material en un molino de martillos y se tamizó con mallas de 2, 1, y 0.5 mm, seleccionando partículas menores de 2 mm y mayores e iguales de 1 mm, y menores de 1 y mayores e iguales a 0.5 mm. Con las partículas

seleccionadas se elaboraron seis sustratos de paja de trigo con las siguientes granulometrías, en porcentaje: 100-00, 90-10, 80-20, 70-30, 60-40 y 50-50; correspondiente a porcentajes en volumen de partículas menores de 2 mm y mayores e iguales a 1mm, y menores de 1 mm y mayores e iguales a 0.5 mm, respectivamente. Treinta días después de la siembra, las plántulas, en los sustratos con granulometrías 80-20, 70-30 y 60-40, presentaron un desarrollo similar al de las plántulas en los sustratos comerciales (Sogemix VT-M y Sunshine) en las variables de diámetro de tallo, peso de materia fresca y seca de la parte aérea de la plántula (Cuadro 2).

Muratalla *et al.*, (2006) evaluaron la paja de maíz como sustrato con granulometrías de 0.5 a 1 mm y de 1 a 2 mm, solo o mezclada con tezontle, como medio para el crecimiento de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Siete tratamientos fueron evaluados: dos resultantes de la mezcla de paja con tezontle, cuatro de paja sola y un testigo (mezcla de tezontle, perlita, turba y tierra de hoja) utilizado por productores de plántulas. Previo a la siembra se realizaron tratamientos con agua caliente a 70°C y solución de hidróxido de sodio a 1%. El sustrato de paja de maíz (partícula de 1 a 2 mm) tratado con agua caliente y mezclado con tezontle, en proporción 1:1 (v/v), presentó la menor concentración de ácidos fenólicos; además, los valores de las variables evaluadas en las plantas fueron estadísticamente iguales a las que crecieron en el sustrato testigo.

Cuadro 2. Variables de desarrollo evaluadas en plántulas de brócoli a 30 días después de la siembra (Díaz *et al.*, 2006).

Sustrato	LP (cm)	DT (mm)	PMFPA (g)	PMSPA (g)
100-00	16.59b	2.65ab	27.15d	2.83c
90-10	16.77b	2.68ab	32.61bc	3.36abc
80-20	17.59b	2.73ab	36.82abc	3.71ab
70-30	16.89b	2.76ab	34.53abc	3.46ab
60-40	17.60b	2.78 ^a	37.63ab	3.70ab
50-50	16.79b	2.60b	32.08cd	3.319bc
Sogemix VT-M	19.54 ^a	2.66ab	38.57 ^a	3.382 ^a
Sunshine	17.36b	2.68ab	33.99abc	3.41abc
Significancia	**	*	**	**
DHS (Tuker, $\alpha = 0.05$)	1.39	0.17	5.37	0.62

LP=Longitud de plántula; DT=Diámetro de Tallo; PMFPA=Peso de Materia Fresca de Parte Aérea; PMSPA=Peso de Materia Seca de Parte Aérea

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en dos fases de acuerdo a los objetivos establecidos; la primera es la caracterización de sustratos y la segunda es la evaluación agronómica en cultivo de lechuga.

Primera Fase, Caracterización de Mezclas de Sustratos

Se realizó en el laboratorio de suelos, aguas y plantas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la U.A.S.L.P. que se ubica en el ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, SLP, (México) en el Km. 14.5 de la carretera San Luís-Matehuala. Sus coordenadas Geográficas 22° 14' 5'.8" de latitud norte y 100° 51'48.5" de longitud oeste, con una altitud de 1835 msnm.

Elección, preparación y caracterización de sustratos

Se eligió como sustratos alternativos a la **vaina de framboyán** (*Delonix regia*) y **olote de maíz** (*Zea mays*). Se seleccionaron estos materiales principalmente por su carácter de poder ser colectado de manera fácil y sencilla, con un costo mínimo por su recolección, disponible, sustentables y al observar que al ser triturados en granos de aproximadamente 2 mm presentaban al tacto y vista una consistencia y cuerpo similar a otros sustratos convencionales como la vermiculita.

Una vez secados los materiales al sol, se trituraron los materiales en un molino marca Nogueira, y se utilizó una malla de 2 mm.

Tratamientos

Se prepararon seis mezclas entre los sustratos alternativos, vaina de framboyán y olote con sustratos convencionales turba y perlita. Considerando al peat moss como testigo, se tuvieron los siguientes tratamientos experimentales:

- 1.- Turba 100%. marca Lambert (Testigo).
2. - Framboyán 50% + peat moss 25% + zeolita 25%.
3. - Olote 50% + peat moss 25% + zeolita 25%.
4. - Framboyán 25% + olote 25% + peat moss 25% + zeolita 25%.
5. - Framboyán 70% + peat moss 15% + zeolita 15%.
6. - Olote 70% + peat moss 15% + zeolita 15%
7. - Framboyán 35% + olote 35% + peat moss 15% + zeolita 15%

Caracterización Física

Para la caracterización física de las mezclas de sustratos se recurrió a la metodología descrita por Castellanos (2008), que determina: espacio poroso total, capacidad de aeración y capacidad de retención de agua.

El material requerido para su cuantificación es el siguiente:

Maceta de un litro con orificio de drenaje en el fondo de 10cm de diámetro

Cilindro graduado o medidor o volumen

Sustratos a evaluar (con el contenido de humedad conocido o preferentemente seco).

Cinta masking o plastilina

Vasos de un litro o cubeta

Marcador

Agua destilada

Su procedimiento fue el siguiente:

Los procedimientos se describen a continuación:

Medición del volumen de la maceta. Para ello se selló los orificios de drenaje que existen en el fondo de la misma mediante la cinta masking o plastilina. Se llenó con agua esta maceta hasta el sitio que contendrá el sustrato señalado, con un marcador dicha línea. Cuidadosamente se regresó el volumen de agua al cilindro graduado y cuantifico el volumen. Este es el valor se le denomina V_s es el volumen del sustrato o contenedor.

Usando el cilindro graduado se le agrega agua lentamente hasta que la línea de agua llega al sitio marcado donde se agregó el sustrato. Se deja reposar hasta por 12 horas en el caso de sustratos minerales y 24 horas en el caso de sustratos orgánicos hasta que el sustrato este completamente saturado (verificar constantemente el nivel del agua, el cual debe de estar justo en la línea marcada). Cuantifique el nivel de agua usado a este valor se le denomina B y esto es un estimador de la porosidad total que incluye el agua y el aire del sustrato.

Determinación de la capacidad de aireación. Se colocó la maceta encima de un vaso de 1 litro de una cubeta en caso de usar el contenedor de mayor volumen. También se puede usar un soporte y un embudo para captar el agua que drenara al quitar la cinta masking o plastilina y destapar los orificios de la base de la maceta. Permita que la maceta drene libremente hasta que no drene más agua de la misma (aproximadamente 30 min). Cuantifique el volumen de drenaje y ha este valor se le denomina C y se refiere a la capacidad de aireación o sea la capacidad o sea la proporción de espacio poroso total ocupado por aire.

Determinación de la capacidad de retención de agua. Este valor se calcula restando el volumen de agua drenado del volumen de agua aplicando al sustrato para saturarlo. Al igual que el anteriormente, si la muestra usada de sustrato contiene una apreciable cantidad de humedad esta deberá adicionársele a este valor. Para fines prácticos y facilitar la operación, normalmente no se considera la humedad contenida el sustrato que ha sido secado (al aire).

Cálculos:

- A. del sustrato o volumen del contenedor
- B. Volumen de agua agregado al sustrato para saturar
- C. Volumen de agua drenado

$$\text{Porosidad total (\%)} = B/A * 100$$

$$\text{Capacidad de aireación (\%)} = C/A * 100$$

$$\text{Capacidad de retención de agua} = \text{Porosidad total} - \text{Capacidad de aireación}$$

Ejemplo:

- A. Volumen del sustrato = 1000ml

B. Volumen de agua agregada al sustrato = 850 ml

C. Volumen de agua drenada

Resultados

Porosidad total (%) = $850/1000 * 100 = 85 \%$

Capacidad de aireación = $400/1000 * 100 = 40 \%$

Capacidad de retención de agua = $85 - 40 = 45\%$

La caracterización físico-química consistió en la medición de **pH** (potenciómetro) y **conductividad eléctrica** (conductímetro) del extracto de saturación de cada mezcla de sustrato.

Clasificación de Parámetros Físicos y Químicos

Para la clasificación de los valores obtenidos de las propiedades evaluadas, se tomó como referencia a Abad (1993), que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Valores de referencia para clasificación de parámetros físicos y químicos de los sustratos (Abad, 1993).

Parámetro	Valor de referencia
Porosidad total (%)	85
Capacidad de aireación (%)	20-30
Capacidad de retención de agua (%)	55-70
pH	5.5.-6
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	< 1.5

Segunda Fase, Evaluación Agronómica en Invernadero

Una segunda fase o fase de invernadero (producción de plántula de lechuga) se realizó en los invernaderos de producción de plántula de nombre “El Goyo”, ubicado en la delegación de pozos, San Luis Potosí.

Clima de la zona

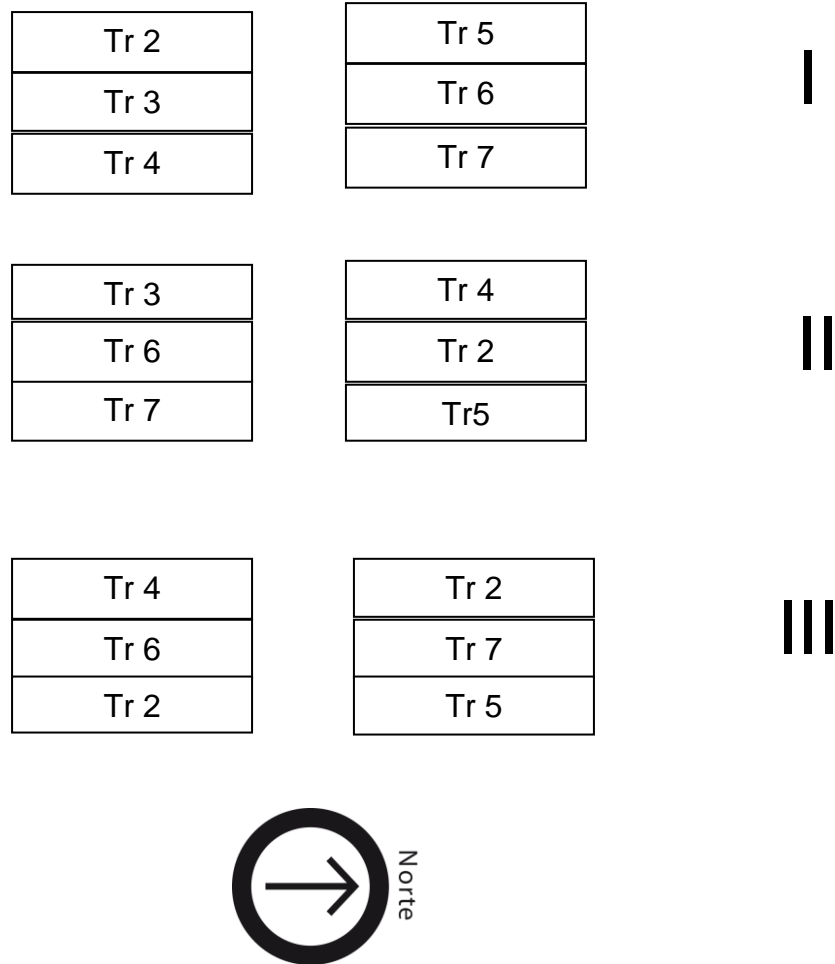
De acuerdo con la clasificación climática según Köepen modificada por García (1973) el clima es seco estepario frío Bskw (w)(i) con lluvias en verano, siendo los meses de Julio, Agosto y Septiembre cuando se presentan más lluvias significativamente. La precipitación media anual es de 292.8 mm. Los vientos dominantes ocurren de noroeste a sureste. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 14.4° C la menor y 22° C la mayor, siendo los meses de diciembre y enero donde se presentan más las temperaturas bajas, pudiendo llegar hasta los -3.2° C, y los más cálidos entre junio y agosto (Departamento de Agro climatología de la Escuela de Agronomía, 1997).

Procedimiento de siembra

La siembra se realizó en las instalaciones del invernadero “El Goyo”, se utilizaron charolas de siembra de poliestireno de 338 cavidades, cada charola se dividió en tres para ubicar tres tratamientos, por lo que se usaron dos charolas para distribuir los seis tratamientos alternativos (112 alveolos por tratamiento, una repetición), el tratamiento testigo se consideró a las charolas completas que sembró con turba el productor. Se sembraron las semillas de lechuga de la variedad “Montemar” de la empresa de semillas Seminis® mecánicamente. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones (seis charolas en total con 2028 plántulas).

Al contar con nula información sobre el tratamiento previo de los materiales citados, se procedió a un tratamiento que por un lado disminuyera los carbohidratos solubles y por otro eliminar los residuos del tratamiento y posibles sustancias fitotóxicas. Después de varias pruebas en laboratorio, se decidió por un lavado con una solución de ácido bórico y bórax al 0.6% (utilizado para curado de bambú, Cruz, 2009), más un lavado con una solución de NaOH a una concentración de 1 %, al final se realizó lavado de agua caliente a 80°C por 30 minutos.

Cuadro 4. Croquis del experimento en charola



Evaluación De Tratamientos

A los 30 días después de sembrada el cultivo, se procedió a realizar la evaluación tomando las siguientes variables:

1. Altura de plántula: Se tomó con una regla de 30 cm desde la base del sustrato hasta la parte más apical de la hoja de la planta.
2. Número de hojas: Se contaron las hojas verdaderas completamente desarrolladas.

3. Unidades SPAD: Se midió con el uso de un medidor de clorofila Konica Minolta- Spad 502, el cual se utiliza para determinar la cantidad de clorofila presente en las hojas de una planta.
4. Peso seco raíz: Se determinó dividiendo la planta de la base del tallo y secando en estufa de aire forzado a 65°C por 24 h, se pesó en la balanza analítica de precisión de 0.0001 g.
5. Peso seco parte aérea: Se determinó dividiendo la planta de la base del tallo y secando en estufa de aire forzado a 65°C por 24 h, se pesó en la balanza analítica de precisión de 0.0001 g.
6. Peso seco total: Se calculó sumando los pesos secos de raíz + parte aérea.

Se realizó el análisis de varianza para todas las variables. Al haber diferencias significativas se procedió a realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). El software a utilizado fue el de diseños experimentales FAUANL (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera Fase, Propiedades Físicas y Físico-Químicas

En base al cuadro 5 y los valores de referencia (características del sustrato ideal) descrito por (Abad 1997), se describen los siguientes resultados:

Porosidad total. El valor de referencia es de 85 %, por lo que las mezclas 6, 7, 4, 3, 2 fueron los más cercanos todas con promedios de 80 %.

Capacidad de aireación. El valor de referencia oscila de 20-30 %, por lo que en tratamiento testigo y la mezcla 6 fueron los de mayor promedio con 15%, seguido de los tratamientos 3 y 4 que obtuvieron un valor de 13% por igual.

Capacidad de retención de agua. El valor de referencia oscila entre 55-70 %, por lo que la mezcla 2 presentó el valor más alto con un 75 %, le siguieron los tratamientos 7, 5, 3 y 4 que tuvieron mayor capacidad de retención de agua que el testigo.

pH. El valor de referencia oscila entre 5.5-6, por lo que la mezcla 3 y 6 fueron los más cercanos al valor ideal. Nuevamente la mezcla 6 (olote 70% + peat moss 15% + zeolita 15%) se destacó del resto de los tratamientos, obteniendo un mejor valor que el testigo.

Conductividad eléctrica. El valor de referencia oscila marca que debe ser $< 1.5 \text{ dS m}^{-1}$, en esta ocasión, el tratamiento testigo fue el mejor ya que obtuvo un valor de 1.61 dS m^{-1} , que aún así, está por encima de lo ideal. Las mezclas superaron los 2 dS m^{-1} y el tratamiento 6, que se había destacado en los parámetros anteriores, obtuvo el valor más alto con 3.93 dS m^{-1} .

El tratamiento 6 sobresalió en la mayoría de las propiedades elementales deseable de un sustrato, sin embargo, en conductividad eléctrica mostró elevados niveles de sales solubles, lo que lo ubica en condiciones de desventaja

ante el tratamiento testigo. Será conveniente probar este tratamiento con previos lavados de agua para eliminar sales y poder aprovechar las propiedades físicas y físico-química que manifestó Cuadro 5. Resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas de peat moss y los sustratos alternativos.

Cuadro 5. Resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas de peat moss y los sustratos alternativos

Tratamiento	Porosidad total	Capacidad de aireación	Capacidad de retención de agua	pH	Conductividad eléctrica
	(%)	(%)	(%)		(dS m⁻¹)
1 (Testigo)	80%	15%	65%	6.36	1.34
2	80%	5%	75%	6.10	1.31
3	80%	13%	67%	5.46	3.16
4	80%	13%	67%	5.37	1.31
5	79%	11%	68%	5.53	1.7
6	80%	15%	65%	5.34	3.36
7	80%	11%	69%	5.15	2.61
Valor de Referencia*	85	20-30	55-70	5.5.-6	<1.5

*Abad (1993)

Segunda Fase, Evaluación Agronómica

En el cuadro 6, se presentan los resultados de la evaluación agronómica.

Cuadro 6. Resultados de la evaluación agronómica de las mezcla de sustratos alternativos y peat moss.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Unidades SPAD	Peso seco de raíz (mg)	Peso seco parte aérea (mg)	Peso seco total (mg)
1	14 a	4 a	21.73 a	45 a	230 a	280 a
2	8 b	3.5 b	19.23 ab	34 ab	33 b	70 b
3	6.8 c	3.4 b	17.3 bc	17 d	16 b	35 d
4	6.8 c	4 a	18.11 bc	22 cd	26 b	43 bcd
5	6.3 cd	3.8 ab	18.23 bc	29 bc	30 b	69 bc
6	6.2 cd	3.4 b	16.23 c	29 bc	18 b	48 cd
7	5.5 ed	3.5 b	16.71 bc	25 cd	26 b	54 bcd

Medias con las mismas letras dentro de columnas, no presentan diferencias significativas.

A continuación se describen los resultados obtenidos:

Altura de planta. El tratamiento testigo (peat moss) obtuvo de manera significativa la mayor altura de planta (14 cm). Entre las mezclas, la más destacada fue el tratamiento 2 (framboyán 50% + peat moss 25% + zeolita 25%), con una altura promedio de 8 cm (anexo a).

Número de hojas. El tratamiento testigo (peat moss) y el tratamiento 4 (framboyán 25% olote 25% + peat moss 25% + zeolita 25%), obtuvieron en promedio 4 hojas por planta, siendo estadísticamente iguales entre ellos y superiores al resto de los tratamientos (anexo b).

Unidades SPAD. El tratamiento testigo (peat moss) y el tratamiento 2 (framboyán 50% peat moss 25% + zeolita 25%), consiguieron los más altos

valores promedio de unidades SPAD, siendo estadísticamente iguales entre ellos (anexo c).

Peso seco de raíz. Nuevamente los tratamientos testigo y 2, sobresalen del resto de los tratamientos y muestran igualdad estadística entre ellos. Obtuvieron 45 y 39 mg promedio por planta, respectivamente (anexo d).

Peso seco parte aérea. En este parámetro sobresale ante los demás el tratamiento testigo de manera altamente significativa, obtuvo un valor promedio de 230 mg planta⁻¹ por 33 mg por planta⁻¹ de la mezcla más sobresaliente. Las figuras g, h, i del anexo ilustran la diferencias tan marcadas entre el peat moss con las mezclas (anexo e).

Peso seco total. Debido a la diferencia tan marcada entre el peat moss y las mezclas en el peso seco de la parte aérea, se dio como resultado una diferencia igual en el peso seco total con 280 mg planta⁻¹, siendo el tratamiento 2 el que le siguió con solo 70 mg planta⁻¹ (anexo f).

A continuación se discute de manera general los resultados obtenidos y sobre todo tratar de dar una explicación a los resultados encontrados tan contrastantes (primera y segunda fase).

Las variables de altura de planta y las relacionadas a la biomasa (pesos secos raíz, parte aérea y total) marcan la gran diferencia entre el tratamiento testigo (peat moss) con las mezclas alternativas, pues en las propiedades físicas, físico-químicas y las variables agronómicas número de hojas y unidades SPAD no fueron tan marcadas las diferencias. Este último parámetro nos da una estimación de la nutrición de la planta, al menos en el elemento más importante que es el nitrógeno. Si además a esto se agrega que las plantas se fertilizaron por igual durante todo el proceso, nos hace suponer que las plántulas fueron intoxicadas por alguna o algunas sustancias fitotóxicas.

Dos posibles causas fueron estudiadas con la intención de ofrecer una explicación más real de lo sucedido a manera de que se tomen en cuenta en futuros estudios. Estas fueron, presencia de origen de taninos de la vaina de framboyán y residuos de boro del tratamiento de las vainas.

En el primero se encontró que los taninos son considerados compuestos alelopáticos más comunes junto con los ácidos fenólicos, terpenos y alcaloides. La alelopatía es la producción de un compuesto por una planta, que cuando es liberada al ambiente, tiene un impacto estimulante o inhibitorio sobre otros organismos (Gliessman, 2002). Por lo tanto, se procedió a realizar una determinación cualitativa de taninos bajo el procedimiento de Price, et. al., (1978), que consistió en pesar 0.7 g de muestra y se colocó en un matraz; se agregaron 200 mL de solución de ferrocianuro de potasio 0.004 M y se agitó; se agregaron luego 15 mL de la solución cloruro férrico 0.008 M en ácido clorhídrico 0.008 M y se observaron los cambios de coloración teniendo en cuenta la siguiente tabla colorimétrica:

Verde claro = bajo o nula cantidad de taninos.

Verde oscuro = contenido medio de taninos

Azul = alto contenido de taninos

Los resultados mostraron que las muestras contenían alto contenidos de taninos, siendo una posible causa de las tallas pequeñas obtenidas.

Los taninos son compuestos polifenólicos de las plantas, su característica principal es la de bloquear y precipitar las proteínas influyendo así sobre el valor nutricional de muchos alimentos consumidos por humanos o animales. Las plantas desarrollan este tipo de compuestos como mecanismos de defensa contra predadores y patógenos.

En cuanto a la posibilidad de la intoxicación por efecto del boro residual del tratamiento de las vainas, se procedió a investigar bibliográficamente y se encontró que los síntomas de un exceso de boro en las plantas es la descoloración y eventual muerte de los márgenes de las hojas, lo cual no corresponde a lo mostrado por las plántulas, F, J, y K dejando como la más probable causa, de intoxicación por taninos.

CONCLUSIONES

Se caracterizaron física y fisicoquímicamente las seis mezclas de sustratos alternativos a base de framboyán y olote.

En cuanto a las propiedades físicas, se encontró que las seis mezclas tuvieron valores de porosidad total cercanos a los valores de referencia que es de 85%. En la capacidad de aireación ninguno estuvo dentro de los valores ideales que es entre 20 y 30 %, el tratamiento más cercano fue el 6 (olote 70% + peat moss 15% + zeolita 15%) con un 15%. Para la capacidad de retención de agua, todos los tratamientos estuvieron dentro los valores de referencia que es de 55-70%. Se concluye que en el aspecto físico, las mezclas reúnen condiciones buenas para el crecimiento y desarrollo de plántulas de lechuga.

En cuanto a pH, las mezclas no presentaron valores dentro de los ideales, que es de 5.5 a 6, pero fueron muy cercanas, por lo que se concluye que esta propiedad si puede promover un buen crecimiento y desarrollo de plántulas de lechuga.

En cuanto a conductividad eléctrica, las mezclas que contienen olote de ≥ 35 %, rebasaron los valores de referencia, que es de 1.5 dS m^{-1} ; los demás tratamientos presentaron valores dentro de dicho valor y se consideran aceptables para la producción de plántula.

En cuanto a la evaluación agronómica, el tratamiento testigo superó a todos los sustratos alternativos en altura de planta, número de hojas por planta, unidades SPAD, peso seco de raíz, peso seco de parte aérea y peso seco total. Se atribuye las bajas tallas de plántulas de lechuga crecidas en los sustratos alternativos a una intoxicación por taninos.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1993. Sustratos para el Cultivo en Suelo: Inventario y Características. *In: Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo*. F. Canovas y J. R. Díaz (eds.). pp. 63-80.
- Abad-Berjon M, Noguera-Murray P, Carrión-Benedito C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo*. Mundi Prensa. Madrid, España. 113-158.
- Alarcón, A. 2000. Introducción a los Cultivos sin Suelo. Sistemas y sustratos. *En: Tecnología para cultivos de alto rendimiento*. Editado por Novedades Agrícolas, S. A. pp.194-204.
- Ansorena, M. 1994. Sustratos, Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. 172 p.
- Cadahía, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. Ed. Mundi-Prensa. 681 p.
- Chávez A. N., E. Romantchik, C. García y B. Velázquez. 2008. Desinfección de Suelos y Sustratos en la Agricultura. Métodos y Equipos. Universidad Autónoma Chapingo, México. Primera edición. 234 p.
- Castellanos, 2003. Los Sustratos en la Producción Hortícola bajo Invernadero. *In: Memorias del Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero*. Eds. Castellanos, J. Z. y Muñoz, R. J. J. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México.

Castellanos, J. Z. y P. Vargas. 2008. Los Sustratos en la Horticultura Protegida. In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Editor Castellanos, J. Z. INTAGRI. México. pp. 55- 72.

Departamento de la facultad de Agro Climatología de la Escuela de la Facultad de Agronomía 1997.

Cultivo de lechuga <http://infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>, consultada el 15 diciembre 2013).

Díaz Serrano, F. R. 2004. Selección de Sustratos para la Producción de Hortalizas en Invernadero. In: Sánchez R., A, Moreno R.m J. L. Puente M. y J. Araiza Ch. 2004. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Torreón, Coah. Pp 44-53.

Díaz Serrano, F. R., P. Sánchez García, M. Sandoval Villa, R. Quintero Lizaola, M. Soto Hernández y A. Martínez Garza. 2006. Fenólicos Solubles en Sustratos de Paja de Trigo y su Efecto en Plántulas de Brócoli. Terra Latinoamericana 24: 327-335.

García Enriqueta 1973 modificaciones el sistema de clasificación climática de kóppen . 2 ed.

Gliessman, S. R. 2002. Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE.

INIFAP.2002. Sustratos Alternativos para la Producción de Pinus ayacahuite en Vivero. Ficha tecnológica. Disponible en:<http://infoagro.net/shared/docs/a2/Tec/pinoAya.pdf>. Fecha de consulta 15 junio 2008.

Jensen, M. 2008. Diseño de Ambiente Radicular. In: Productores de hortalizas. Año 17, No. 7. pp. 64-66.

Leyva Cervantes R. 2012 construyendo con bambú memorias del curso huasteco,

Museo virtual Sobre Nutrición de Plantas, Lechuga Deficiencias y toxicidad, signo detectado de deficiencia y toxicidad de boro In: http://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/Cultivos/lechuga/pages/56_jpg.htm. fecha consultada 9 de octubre del 2013

Márquez Hernández C., P. Cano R. y N. Rodríguez D. 2008.. Uso de Sustratos Orgánicos para la Producción de Tomate en Invernadero. Agric. Téc. Méx 34 (1) 69-74.

Muratalla Lúa, S., M. N. Rodríguez Mendoza, P. Sánchez García, L. Tijerina Chávez, J. A. Santizo Rincón y A. López Jiménez. 2006. Paja de Maíz como Sustrato en el Crecimiento de Plántulas de Jitomate. Terra Latinoamericana 24: 319-325.

Nancy Belem Hernández en busca del sustrato ideal Revista productores de hortalizas 27 de agosto

Olivares Sáenz, E .1994 paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5 facultad de agronomía de la UANL Marín, N.Z México

SAGARPA-SIAP. Resumen nacional de la producción agrícola. **Lechuga**.In: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=204. Fecha de consulta 9 octubre de 2013.

Sánchez del Castillo y E. R. Escalante, 1989. Un Sistema de Producción de Plantas: Hidroponía, Principios y Métodos de Cultivo. UAChapingo. México. 194 p.

Tratado de Botánica Económica · Capítulo 2 Departamento de Horticultura · Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Price, M.L., S. van Scoyoc and L.G. Butler, 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. J. Agric. Food Chem., 26: 1214-121

ANEXO

Anexo a.- Análisis de varianza de la variable planta

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TR	6	325.14	54.19	74.86	0
Error	35	25.33	0.72		
Total					
CV=11.31%					

Anexo b.- Análisis de varianza del variable número de hojas

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TR	6	2.83	0.47	3.57	0
Error	35	4.67	0.13		
Total	41	7.51			
CV=					
9.97%					

Anexo c.- Análisis de varianza de la variable SPAD

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Error	35	209.19	5.97		
Total	41	337.8			
CV=13.42%					

Anexo d.- Análisis de varianza de la variable Peso Seco de Raíz

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TR	6	0.0031	0.00052	5.3022	0.001
Error	35	0.003	0.000098		
Total	41	0.006			

CV=34.34%

Anexo e.- Análisis de varianza de la variable Peso Seco Parte Aérea

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TR	6	0.23	0.039		
Error	35	0.01	0.0079	55.43	0
Total	41	0.24			

CV=31.53%

Anexo f.- Análisis de varianza de la variable Peso Seco Total

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TR	6	0.263	0.043	55.43	0
Error	35	0.027	0.00079		
Total	41	0.291			

CV=31.53%



Figura a. Crecimiento de plántula de lechuga en el tratamiento 4, 5, 2 en invernadero.



Figura b. Crecimiento de plántula de lechuga en los tratamientos 3, 6,7 en invernadero



Figura c. Comparación del crecimiento de plantas testigo 1 tratamiento 6.



Figura d. Deficiencia de boro en planta completa de lechuga. (M.V2013)



Figura e. Deficiencia de boro en hoja de lechuga.(MV.2013)