



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA  
EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL. UNIDAD  
OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE  
RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DE LA CASCARILLA DE CAFÉ PARA  
UTILIZARSE COMO SUSTRATO EN CULTIVO SIN SUELO DE  
HORTALIZAS**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

**JAVIER ANTONIO GARCÍA**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. GABINO ALBERTO MARTÍNEZ GUTIÉRREZ**

Oaxaca de Juárez, Oaxaca

Enero del 2008



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISION DE TESIS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 12 del mes de Diciembre del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada:

**Evaluación de la cascarilla de café para utilizarse como sustrato en cultivo sin suelo de hortalizas**

Presentada por el alumno:

Antonio  
Apellido paterno

García  
materno

Javier  
nombre(s)

Con registro: 

B	0	5	1	3	0	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA  
Director de tesis

Dr. Gabino Alberto Martínez Gutiérrez

Dr. Jaime Ruiz Vega



Dr. Celerino Robles Pérez

Dra. Yolanda Donají Ortiz Hernández

M en C. Laura Martínez Martínez

LA PRESIDENTA DEL COLEGIO

Dra. María del Rosario Arnaud Viñas



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 12 del mes Diciembre del año 2007, el (la) que suscribe **ANTONIO GARCÍA JAVIER** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B051305**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Gabino Alberto Martínez Gutiérrez y cede los derechos del trabajo titulado: **“Evaluación de la cascarilla de café para utilizarse como sustrato en cultivo sin suelo de hortalizas”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [jagarcia6209@yahoo.com.mx](mailto:jagarcia6209@yahoo.com.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



**ANTONIO GARCÍA JAVIER**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
NACIONAL  
CIDIR-UNIDAD-OAXACA

## RESUMEN

En la agricultura moderna, mucho son los materiales de origen natural señalados como eficientes en la producción de plantas, sin embargo, la mezcla de materiales resulta ser complementario para la obtención de un sustrato ideal. De manera regional, en el estado de Oaxaca se cuenta con la cascarilla de café, que además de ser un material natural, es de bajo costo y abundante en las zonas cafetaleras. Para la producción de hortalizas se requiere de sustratos que permitan el desarrollo de plántulas en condiciones de almácigo para la reproducción de cosechas que satisfacen la demanda poblacional de alimentos, donde las hortalizas tienen un alto valor de consumo. Para el presente estudio se consideró como especie de prueba a la lechuga (*Lactuca sativa* L.) misma que es reconocida como especie de alta susceptibilidad a fitotoxicidad. Tres fases de desarrollo se implementaron para evaluar la cascarilla de café, consistiendo ellas en: I.) Análisis físico, físico-químico y biológico. II.) Evaluación para la producción de plántula de lechuga en almácigo y III.) La evaluación agronómica como sustrato en la producción de lechuga para consumo, tanto en condiciones de invernadero como de campo abierto. En la fase I el análisis para identificar algunos parámetros fisiotécnicos en la determinación física, química y biológica de la cascarilla del café, se pudo precisar el tamaño de partículas, el pH, la conductividad eléctrica; en el análisis de prueba biológica se realizó el bioensayo de germinación. Para la fase II se sometieron a prueba otros materiales, en forma pura y en mezcla, para referenciar a la cascarilla de café, siendo la fibra de coco y la vermiculita y tomando como testigo a la turba (*Sphagnum*). Las mezclas generadas fueron trece, y seis las variables en estudio. En la fase III se probó el comportamiento de la cascarilla de café en forma pura, además de las mejores mezclas resultantes de la prueba de producción de plántula, además de la incorporación, en el proceso de prueba, del bagazo de maguey, por lo que los sustratos empleados fueron cuatro puros y dos mezclas. Para este proceso se empleó un diseño experimental completamente al azar, para el análisis estadístico se empleó el programa *Statgraphics Plus* y se analizaron cuatro variables. El análisis de la cascarilla de café señaló que se puede asemejar a

las estructuras granulométricas de la turba y la fibra de coco. Los valores de pH y CE se ubican dentro de los valores de referencia de los sustratos propios para la producción de plantas. Las pruebas de germinación en extractos señalan que la cascarilla de café se encuentra dentro de los niveles de referencia en comparación con la turba, la fibra de coco y la vermiculita, no obstante, las mezclas de turba y cascarilla de café en las proporciones 75 – 25 y 50 – 50 % v/v emitieron los más altos valores siendo muy superiores a los niveles de referencia de los sustratos puros. En la producción de plántula en semillero, la cascarilla de café solamente fue superada por la fibra de coco, siendo superior a la vermiculita y la turba (*Sphagnum*). Con respecto a las mezclas de materiales, los mayores valores se obtuvieron para las combinaciones de 75 – 25 y 50 – 50 % v/v de cascarilla de café y turba (*Sphagnum*). En la evaluación de materiales orgánicos para utilizarse como sustratos influyeron factores como el pH y la conductividad eléctrica para la reproducción y producción de hortalizas, estas propiedades no afectaron el desarrollo de plántulas de lechuga, con lo que se estima que la cascarilla de café es viable para utilizarse como sustrato para producción de plántulas en semillero. Por otro lado, las mezclas de cascarilla con turba (*Sphagnum*) pueden considerarse como un sustrato apropiado para producción de plantas de lechuga para consumo y lográndose un anticipado desarrollo en condición de invernadero sobre las condiciones de campo abierto.

## ABSTRACT

In modern agriculture, they are the materials of natural origin indicated as efficient in the production of plants much, nevertheless, the mixture of materials turns out to be complementary for the obtaining of an ideal substrate. Of regional way, in the state of Oaxaca it is counted on the coffee husk, which in addition to being a natural material, is of low abundant cost and in the coffee zones. For the production of vegetables it is required of substrates that allow the development of planting in conditions of seed plot for the reproduction of harvests that satisfy the population demand of foods, where the vegetables have a high value of consumption. For the present study it was considered like species of test to the lettuce (*Lactuca sativa* L.) same that is recognized like species of high susceptibility fitotoxicidad. Three phases of development were implemented to evaluate the coffee husk, consisting they of: I.) physical Analysis, biological physical-chemistry and. II.) Evaluation for the production of planting of lettuce in seed plot, and III.) The agronomic evaluation as substrate in the production of lettuce for consumption, as much in conditions of green 7house as of open field. In phase I the analysis to identify some fisiotécnicos parameters in the physical, chemical and biological determination the husk of the coffee, could be needed the size of particles, pH, the electrical conductivity; in the analysis of biological test bioensayo of germination was made. For phase II other materials were put under on approval, in pure form and mixture, to referencer to the coffee husk, being the fiber of the Coco and the vermiculita and being taken as witness to the peat (*Sphagnum*). The generated mixtures were the thirteen and six variables in study. In phase III the behavior of the husk of coffee in pure form was proven, in addition to the best resulting mixtures of the test of production of planting, in addition to the incorporation, in the process of test, of the bagasse of agave reason why the used substrates were four pure and two mixtures. For this process an experimental design was used completely at random, for the statistical analysis the Statgraphics program was used Extra and four variables were analyzed. The analysis of the coffee husk indicated that it is possible to be resembled the grain sized structures of the crowd and the fiber of the coco. The values of pH and electrical conductivity (E. C.) are located

within the values of reference of the own substrates for the production of plants. The tests of germination in extracts indicate that the coffee husk is within the levels of reference in comparison with the peat, the fiber of the coco and the vermiculita, however, the mixtures of peat and husk of coffee in proportions 75 - 25 and 50 - 50 % v/v emitted the highest values being very superior to the levels of reference of the pure substrates. In the production of planting in seed plot, the coffee husk was only surpassed by the fiber of the oco, being superior to the vermiculita and the peat (*Sphagnum*). With respect to the mixtures of materials, the greater values were obtained for the combinations of 75 - 25 and 50 - 50 % v/v of coffee husk and peat (*Sphagnum*). In the evaluation of organic materials to be used as substrates influence factors like pH and E. C. for the reproduction and production of vegetables, these properties did not affect the development of plántulas of lettuce, with which esteem that the coffee husk is viable to be used like substrate for production of plántulas in seed plot. On the other hand, the husk mixtures with peat (*Sphagnum*) can be considered as an appropriate substrate for production of plants of lettuce for consumption and being obtained an advance development as much in conditions of green house as of open field.

## AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por la bendición concedida por la vida y culminar una meta más, y la entereza para afrontar los retos.

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR – UNIDAD OAXACA), por el apoyo otorgado durante mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios.

Al Dr. Gabino Alberto Martínez Gutiérrez, por aceptar dirigir con voluntad y paciencia, de inicio a término, el presente trabajo de investigación.

A todos los Catedráticos, Profesores y Profesoras, Investigadores, que me brindaron sus conocimientos en las aulas y fuera de ellas, durante mi permanencia en el Centro académico, mi sincero reconocimiento.

A mi familia, mi Esposa e Hijas, por el apoyo entero concedido durante todo este tiempo de mi formación.

A todos los compañeros de grupo, amigos académicos e integrantes de la Generación, por el tiempo compartido y la amistad brindada.



## DEDICATORIA.

A mi Padre. Sr. Lorenzo Antonio Hernández.

Quien con su dedicación y empeño supo darnos la herencia más valiosa de la vida: La enseñanza. Y por haberme dado el ejemplo de salir adelante no obstante las adversidades.

A mi Esposa. Rosa Elena.

Por su incansable apoyo en la realización de este trabajo y la gran compañera que ha sabido ser.

A mis Hijas. Rosa Aurora y Gloria Elena.

Deseándoles que sepan cumplir los objetivos que se propongan en la vida.

A mis Hermanos.

Heriberto, Adán, Fabiola y Honorio.

Que han sabido ser un ejemplo a seguir. Los quiero mucho

## INDICE

CAPITULO	CONTENIDO	PÁGINA
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
2.1.	Objetivo General	3
2.1.1.	Objetivos específicos	3
2.2.	HIPÓTESIS	3
2.2.1.	Ho	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1.	Generalidades del café	4
3.1.1.	Características botánicas	4
3.1.1.1.	La flor del café	4
3.1.1.2.	El fruto del café	5
3.1.1.3.	Obtención de la cascarilla	5
3.1.2.	Procesos de beneficiado	5
3.1.2.1.	El beneficio húmedo	5
3.1.2.1.1.	Mucílago	6
3.1.2.1.2.	El pergamino del café	6
3.1.2.2.	El beneficio seco	7
3.1.2.3.	Descascarillado	7
3.2.	Los sustratos	8
3.2.1.	Definición	9
3.2.2.	Funciones de los sustratos	9
3.2.3.	Características de los sustratos	10
3.3.	Cultivo de la lechuga	12
3.3.1.	Origen	12
3.3.2.	Taxonomía y morfología	12
3.3.2.1.	Raíz	12
3.3.2.2.	Hojas	12
3.3.2.3.	Tallo	12

3.3.2.4.	Inflorescencia	13
3.3.2.5.	Semillas	13
3.3.3.	Importancia económica y distribución geográfica	13
3.3.3.1.	Consumo de lechuga en USA	14
3.3.3.2.	Producción nacional de lechuga	15
3.3.4.	Valor nutricional	15
3.4.	Semillero	16
3.4.1.	Importancia de los semilleros	16
3.4.2.	Materiales utilizados para la producción de plántula en semillero	17
3.4.3.	Materiales como sustratos a base de cascarilla de café	17
3.5.	La producción orgánica en México	18
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1.	Localización	19
4.2.	Materiales utilizados	19
4.3.	Fase I. Análisis de parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de la cascarilla del café	20
4.3.1.	Caracterización Físico-química	20
4.3.1.1.	Obtención de la pasta saturada y el extracto de saturación	20
4.3.1.2.	Determinación de pH	21
4.3.1.3.	Conductividad eléctrica	21
4.3.2.	Caracterización biológica	21
4.3.2.1.	Bioensayos de germinación	21
4.4.	Fase II. Evaluación del efecto de la cascarilla de café	22
4.4.1.	Tratamientos	22
4.4.2.	Establecimiento de semilleros	23
4.4.2.1.	Riego de semilleros	23
4.4.3.	Variables analizadas	24
4.4.4.	Análisis estadístico	27

4.5.	Fase III. Evaluación agronómica de la cascarilla de café y otros materiales regionales, como sustratos en cultivo sin suelo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, bajo invernadero y campo	24
4.5.1.	Tratamiento	24
4.5.2.	Infraestructura utilizada	25
4.5.3.	Diseño experimental	25
4.5.4.	Material vegetativo	26
4.5.5.	Transplante	26
4.5.6.	Las variables analizadas	27
4.5.7.	Análisis de la varianza y separación de medias	27
4.6.	Anexo fotográfico	28
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
	Fase I. Determinación de algunos parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de la cascarilla de café	35
5.1.	Caracterización Física	35
5.2.	Caracterización Química	37
5.2.1.	Determinación de pH	37
5.2.2.	Conductividad eléctrica	37
5.3.	Caracterización Biológica	38
5.3.1.	Pruebas de germinación	38
5.3.1.1.	Materiales alternativos regionales	38
5.3.1.2.	Mezcla de materiales alternativos regionales	39
	Fase II. Efecto del uso de materiales regionales puros y en mezcla sobre algunos parámetros fisicotécnicos de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, para la producción de plántula en semillero	42
5.3.2.	Efecto de materiales regionales puros como sustratos sobre algunos parámetros fisicotécnicos de plántulas de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, en semillero	42
5.3.2.1.	Altura de planta	42

5.3.2.2.	Diámetro del tallo	43
5.3.2.3.	Peso seco	44
5.3.2.4.	Número de hojas	46
5.3.2.5.	Área foliar	46
5.3.3.	Efecto de mezclas de diferentes materiales regionales como sustratos sobre algunos parámetros fisicotécnicos de plántulas de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos	47
5.3.3.1.	Altura de plántula	50
5.3.3.2.	Grosor de tallo	51
5.3.3.3.	Peso total de plántula	52
5.3.3.4.	Número de hojas	53
5.3.3.5.	Área foliar	55
	Fase III. Efecto del uso de materiales regionales como sustratos en la producción de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, en invernadero y campo	56
5.4.	Condición de invernadero	56
5.4.1.	Variables fisiotécnicas en plantas de lechuga de consumo	56
5.5.	Condiciones de campo	57
5.5.1.	Variables fisiotécnicas en plantas de lechuga de consumo	57
VI.	CONCLUSIONES	59
6.1.	Conclusiones	59
VII	RECOMENDACIONES	61
7.1.	Recomendaciones	61
VIII.	LITERATURA CITADA	62

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA.
1.	Producción de Lechuga en algunos Países del mundo durante el año 2002.	12
2.	Estados Unidos: Importaciones de lechuga. Partida arancelaria: 0705190000 "Lettuce, N. Head fresh or chilled".	12
3.	Valor nutricional de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) en 100 gramos de materia fresca.	13
4.1.	Materiales solos y combinados, utilizados como sustratos en cultivo sin suelo de lechuga. ( <i>Lactua sativa</i> L.) en semillero.	19
4.2.	Materiales utilizados como sustratos de cultivo sin suelo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, en campo como en invernadero.	21
4.3.	Sustratos puros y en mezcla utilizado en la producción de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, para consumo.	22
5.1.	Tamaño de partícula como % en peso de la cascarilla de café (CC) en comparación a la cáscara de almendra (CA).	31
5.2.	Caracterización físico-química de la cascarilla de café y su comparación con materiales orgánicos y valores referenciales.	33
5.3.	Caracterización biológica en semillas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes lagos, de materiales regionales puros.	34
5.4.	Efecto del extracto de la pasta saturada de materiales regionales mezclados sobre algunos parámetros fisiotécnicos de semillas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes lagos.	35
5.5.	Efecto de diferentes mezclas de materiales	42

	orgánicos e inorgánicos utilizados como sustratos sobre algunos parámetros fisiotécnicos de plantas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes lagos, en semillero.	
5.6.	Determinación de algunos parámetros fisiotécnicos de plantas de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) a nivel de semillero, utilizando mezclas de materiales regionales como sustratos.	43
5.7.	Diferentes valores de un cultivo de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) en invernadero, utilizando cascarilla de café y materiales regionales como sustratos.	50
5.8.	Diferentes valores de un cultivo de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) en Campo, utilizando cascarilla de café y materiales regionales como sustratos.	51

## INDICE DE GRAFICAS

5.1.	Tamaño de partículas de la cascarilla de café, con respecto a la Fibra de coco y la Turba ( <i>Sphagnum</i> ).	32
------	--	----

## INDICE FOTOGRÁFICO

1.	Cascarilla de café obtenido de la finca Vista Hermosa en el Municipio de Pluma Hidalgo, Pochutla.	24
2.	Fibra de coco obtenido en la región de la Costa y Molido en los Talleres del CIIDIR, Oaxaca.	24
3.	Bagazo de maguey obtenido de la industria del mezcal “Antequera siglo XXI”, en Mitla, Oaxaca.	25
4.	Vermiculita, calidad número 3, para uso agrícola.	25
5.	Turba ( <i>Sphagnum</i> ). De origen Canadiense.	26
6.	Extracto de pasta saturada para pruebas Físico-Químicas y Biológicas.	26

7.	Prueba biológica de germinación de semillas de Lechuga en cajas petri.	27
8.	Semilleros para almácigos de lechuga.	27
9.	Siembra de Lechugas en distintos tratamientos de Sustrato.	28
10.	Invernadero tipo multitúnel.	28
11.	Charolas de germinación para la siembra de semillas de Lechuga.	29
12.	Siembra de plántulas de lechuga en bolsas individuales.	29
13.	Comparativo de desarrollo de plantas le lechuga en distintos sustratos.	30



## INDICE DE FIGURAS

5.1.	Efecto de materiales regionales puros sobre la altura de planta en lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes Lagos, en almácigo.	38
5.2.	Efecto de materiales regionales puros sobre el grosor de tallo en plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes lagos, en almácigo.	39
5.3.	Efecto de materiales regionales sobre peso total de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes lagos, en almácigo.	40
5.4.	Efecto de materiales regionales sobre el número de hojas en plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, a nivel de semillero.	41
5.5.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ) de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, desarrolladas en sustratos puros. N.S.: No significativo; *:significativo ( $P < 0.05$ ; Tukey).	41
5.6.	Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CC), Turba <i>Sphagnum</i> (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre la altura de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. grandes lagos, a nivel de semillero.	45
5.7.	Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba <i>Sphagnum</i> (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre el grosor de tallo de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c.v. Grandes lagos.	46
5.8.	Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba <i>Sphagnum</i> (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre Peso total de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, obtenidas en almácigo.	47
5.9.	Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba <i>Sphagnum</i> (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre Número de hojas de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, obtenidas en almácigo.	48
5.10.	Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba <i>Sphagnum</i> (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre Índice de área foliar de plántulas de lechuga ( <i>L. sativa</i> L.) c. v. Grandes lagos, obtenidas en almácigo.	49

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de café en México es importante ya que el aromático representa la principal fuente de ingresos para más de 700 mil familias, de las que dependen alrededor de tres millones de persona. Es un producto estratégico en la generación de empleos, ingresos y desarrollo rural (ASERCA, 2001). Destacan por su producción los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca.

Los principales subproductos que se obtienen del café son la brosa o bagazo y la cascarilla o pajilla (Cáceres, 2002). Del primero, diversas pruebas indican su utilidad para mejorar el suelo o como sustrato en la producción de hongos comestibles (Ledezma, 1997); el segundo, tiene un alto valor energético, en diferentes países es ocupado como combustible (Cáceres, 2002). Sin embargo, en ambos casos, estos subproductos tienen un escaso valor comercial.

Una alternativa de uso para la cascarilla del café podría ser en la producción de vegetales empleándola como sustrato para su cultivo sin suelo, ya que hay una necesidad de materiales susceptibles de aprovechamiento como medio de cultivo que permitan generar mayor cantidad y calidad en los productos, a un menor costo y en el menor tiempo posible.

Actualmente se emplean como sustrato de cultivo diversos materiales orgánicos, minerales o de síntesis. Dentro de los sustratos orgánicos esta el *peat moss* o turba (*Sphagnum*); y como minerales, la perlita, lana de roca, vermiculita, etcétera, mismos que por sus costos de importación, no están al alcance del productor (Baixauli, 2002). En el estado de Oaxaca, se podría emplear la cascarilla de café que además de ser un material natural, de bajo costo y abundante en las zonas cafetaleras (CECAFE, 2004).

La realización del presente trabajo tuvo como objetivo general la evaluación de la cascarilla de café, de tal forma que pueda ser empleada de manera agronómica como sustrato en el cultivo sin suelo de hortalizas. Probándose con

lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos etapas de campo, siendo la primera en la producción de plántulas en almácigo y la segunda para producción de consumo en dos ambientes, tanto a campo abierto como en invernadero.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General.

Evaluar la cascarilla del café para ser utilizada como sustrato en cultivo sin suelo de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

#### 2.1.1. Objetivos específicos.

Determinación física, físico-química y biológica de la cascarilla del café para utilizarse como sustrato en cultivo sin suelo de plantas.

Evaluación de materiales orgánicos regionales solos y en diferentes mezclas, como sustratos para la producción de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en semillero.

Evaluación de materiales orgánicos regionales solos y en diferentes mezclas, como sustratos para el cultivo sin suelo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en invernadero y campo.

## 2.2. Hipótesis

**2.2.1. Ho.** La cascarilla de café puede utilizarse como medio de cultivo para la producción de plántulas de lechuga en almacigo.

**2.2.2. Ho.** La cascarilla de café es un material que puede ser utilizado con fiabilidad como medio de cultivo para la producción de lechuga.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 3.1. Generalidades del café

El café forma parte de la familia de las Rubiáceas, de la que constituye el género *Coffea*. Se tienen clasificadas alrededor de setenta especies, de éstas se explotan en todo el mundo fundamentalmente dos: *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.

Nuestro país es un productor por excelencia del género *Coffea arabica*, ya que el 97 por ciento de la superficie sembrada pertenece a esta especie, destacando sobre todo las variedades Typica, Mundo, Novo y Caturra, por ser las primeras que fueron introducidas a nuestro país durante la década de 1950. En el caso de la especie robusta (*Coffea canephora*), su participación en la producción nacional es poco significativa, ya que le corresponde tan sólo 3 por ciento de la superficie. Su cultivo se ubica principalmente en ciertas zonas bajas de los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca; su importancia estriba en el uso que hace de ella la industria productora de café soluble (ASERCA, 2001).

#### 3.1.1. Características Botánicas

*Coffea arabica* es un arbusto de hoja perenne, de hasta diez metros de altura. Ramas opuestas, largas, flexibles y muy delgadas de aspecto semi-erecto cuando son jóvenes, ensanchado y decaído en la edad adulta. Hojas opuestas, ovaladas, acuminadas de pecíolo corto, bordes ondulados y superficie brillante (Ochse, *et al.*, 1982)

##### 3.1.1.1. La flor del café

Las flores son blancas de perfume semejante al jazmín, agrupadas en la axila de las parejas de las hojas constituyendo verticilos de 8 a 15 flores. Cada flor

está sujeta por un pedúnculo y un cáliz compuesto de 5 pequeñas brácteas. Corola formada por un largo tubo que ensancha en cinco lóbulos, muy estrechos. Estambres soldados a los pétalos, anteras alargadas, pistilo formado por un largo estilo y dos finos estigmas dominado en la corola (Ochse, *et al.*, 1982).

#### 3.1.1.2. El fruto del café

El ovario da una drupa llamada comúnmente cereza, ésta es ovoidea, subglobosa, roja si está madura, de 10 a 15 mm de diámetro por 16 a 18 de largo está constituida por un exocarpio (piel) coloreado, un mesocarpio carnoso y blanco-amarillento (pulpa) y dos semillas unidas por caras planas. Cuando uno de estos dos óvulos aborta el otro se desarrolla dando una semilla ovoide a la que se le conoce comercialmente con el nombre de “caracolillo”. Cada grano está protegido por dos envolturas; la primera, el endocarpio, es delgada y de textura esclerosa; la segunda el perispermo, es una membrana muy fina (película) mas o menos adherida al grano (Ochse, *et al.*, 1982).

#### 3.1.1.3. Obtención de la cascarilla

La cascarilla es el perispermo del fruto del café y es extraída durante el proceso de beneficiado. Del fruto del café aproximadamente el 19% termina siendo grano oro, el resto constituye residuos potencialmente contaminantes al medio ambiente si no se procesan adecuadamente, de una tonelada de café cereza se obtienen de cuarenta a cuarenta y cinco kilogramos de cascarilla o pajilla (Restrepo, 1978).

### 3.1.2. Procesos de beneficiado

#### 3.1.2.1. El Beneficio húmedo

Representa la forma tradicional de procesamiento de café cereza, Comprende básicamente las siguientes etapas:

a) Recepción y clasificación: Se recibe el fruto de café cereza maduro, en tolvas o tanques con agua, donde se separa por densidad el café vano e impurezas.

b) Despulpado: Se quita la pulpa que cubre los frutos maduros, utilizando equipos mecánicos denominados despulpadoras.

c) Remoción de mucílago y lavado: Consiste en remover el mucílago o capa viscosa que envuelve al grano, mediante fermentación, en el que el grano húmedo permanece en tanques o tolvas entre 12 a 24 horas, según las condiciones climáticas del lugar. Posteriormente se lava, utilizando máquinas que remueven mecánicamente el mucílago en forma continua, lavándolo con agua a presión.

#### 3.1.2.1.1 Mucílago

El mucílago es una capa de aproximadamente 0.5 a 2 mm de espesor que está fuertemente adherida a la cáscara del grano de café. Desde el punto de vista físico, el mucílago es un sistema coloidal líquido, liofílico, siendo por lo tanto un hidrogel. Químicamente, el mucílago contiene agua, pectinas, azúcares y ácidos orgánicos. Durante la maduración del grano de café el pectato de calcio, localizado en la laminilla media y la protopectina de la pared celular, es convertido en pectinas. Esta transformación o hidrólisis de las protopectinas resulta en la desintegración de la pared celular, dejando un plasma celular libre. En este plasma, además de pectinas, se encuentran azúcares y ácidos orgánicos derivados del metabolismo y la conversión del almidón.

#### 3.1.2.1.2. El pergamino del café

El pergamino del café o cascarilla es la parte que envuelve el grano inmediatamente después de la pulpa mucilaginoso, y representa alrededor de 12% del grano de café en base seca. Para el estado de Oaxaca, este material representa alrededor de 9,503.9 toneladas anuales (CECAFÉ 2004). La concentración proteínica es similar entre la del olote de maíz y la de la

cascarilla de algodón (Bressani *et al* 1972, Señalado por Restrepo 1978), mientras que el contenido de fibra cruda es significativamente mayor en la cascarilla de café. El contenido de extracto libre de nitrógeno del pergamino de café es el más bajo y por consiguiente, su valor como alimento para ganado deja mucho que desear, cuando se quiere encontrar otro fin.

### 3.1.2.2. El Beneficio Seco

Se distingue del beneficio húmedo por la eliminación de actividades como el despulpado y lavado. La cereza cosechada se deshidrata mediante la exposición al sol en patios de cemento, acomodando el grano en capas de 2 a 5 centímetros de grosor por espacio de 10 a 15 días, según la madurez del fruto y las condiciones climáticas. De este proceso se obtiene el café conocido como bola o capulín. Es un proceso que se realiza principalmente en instalaciones semi-industriales e industriales pertenecientes a fincas u organizaciones de productores, y en menor proporción en instalaciones de tipo familiar. Posteriormente con el objetivo de obtener el café verde u oro natural con la calidad y presentación que demanda el mercado, se lleva a cabo un benéfico seco que comprende las siguientes etapas:

### 3.1.2.3. Descascarillado

El café obtenido de este proceso de oreado y secado es llevado a las trilladoras o descascaradoras gestionadas por empresas y organizaciones que cuentan con instalaciones integrales y modernas.

a) Prelimpia: Consiste en la separación de las impurezas de la cereza seca, utilizando máquinas vibratorias y mallas.

b) Morteado: Eliminación de la película externa del café (cascarilla), con máquinas que operan por fricción o desgarramiento.

c) Clasificación: Incluye la selección por tamaño, forma y densidad, a partir de aire y vibración, así como una clasificación por color.



### **3.2. Los sustratos**

Dada la gran actividad y diversidad agrícola de México, se cuenta con fuentes importantes de subproductos agrícolas como son el coco, cacao, caña de azúcar y el café, éstos tienen un alto potencial para ser utilizados como sustratos. Benavides (2005).

El coco es ya utilizado en la formación de sustratos comerciales; en el caso del cacao se utiliza como mejorador de suelo en las regiones de producción de este cultivo, en una prueba reciente Peralta (2002) demostró que el subproducto de cacao, llamado “tierra de cacao” funcionó como un excelente sustituto del peat moss en la producción de plántulas de lechuga; Obrador (1996) señala que la “cachaza” (subproducto la caña de azúcar) presenta concentraciones importantes de nutrimentos lo cual la sitúa como un buen mejorador de suelos, por otra parte el bagazo de caña se ocupa como combustible en los mismos ingenios; para el caso del café se obtienen dos principales subproductos que son la broza o bagazo y la cascarilla o pajilla. En el caso del primero diversas pruebas indican su utilidad como mejorador de suelo o sustrato en la producción de hongos comestibles, en el caso del segundo este tiene un alto valor energético por lo que en diferentes países como el Salvador es ocupado como combustible de las calderas de los ingenios de café. En ambos casos estos subproductos tienen muy poco o nulo valor por lo que es importante darles un valor agregado para que estos puedan ser comercializados y sean un apoyo para los agricultores.

La creciente demanda por sustratos libres de residuos contaminantes obliga a la búsqueda de materiales alternativos que contribuyan a diversificar bases para el desarrollo de cultivos, tal es el caso de la cascarilla de café, misma que cumple con el requisito de ser material orgánico, de acceso económico y que con su uso se contribuye a reducir su desperdicio a campo abierto.

La presencia, cada vez mayor, de factores restrictivos para la continuidad de cultivos intensivos en pleno suelo como agentes fitopatógenos, salinidad, entre otros, obliga a adoptar técnicas productivas alternas.

La demanda de los sustratos hortícolas tiene su origen en el cultivo de plantas en contenedor (Burés, 1997); la necesidad del sector productivo ha obligado a desarrollar materiales adecuados que puedan ser utilizados satisfactoriamente en el cultivo de plantas sin suelo.

El cultivo de plantas en sustratos presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de plantas en pleno suelo (Abad, 1993). Al cultivar en sustrato las características de éste resultan decisivas en el correcto crecimiento de la planta, ya que se produce una manifiesta interacción planta - sustrato.

### 3.2.1. Definición

El término “sustrato” se aplica a todos los materiales sólidos distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos, que colocados en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje del sistema radical y el soporte de toda la planta. Los sustratos pueden ser de materiales químicamente inertes, así tenemos la perlita, lana de roca, roca volcánica, o activos como la turba, corteza de pino, cascarilla de arroz; que pueden o no aportar nutrientes al proceso de la nutrición de las plantas (Burés, 1997; Cadahia, 2000).

### 3.2.2. Función de los sustratos

Las funciones principales de los sustratos se pueden resumir en: 1) Proporcionar un medio apropiado para el desarrollo de las raíces, que constituya a la vez el soporte de las plantas, 2) Retener el agua y los nutrientes necesarios para aportarlo a los cultivos, 3) Permitir la circulación del aire para proporcionar el intercambio gaseoso en las raíces, 4) Actuar como amortiguadores de las reacciones químicas y los cambios de pH. Estas también son funciones inherentes a los suelos, sin embargo los sustratos las superan con creces (Martínez, 1994).

Baker y sus colaboradores, (1995); Burés, (1997), establecieron los criterios de selección de los materiales usados como sustratos, criterios que prevalecen hasta nuestros días. Dichos criterios son: 1) Uniformidad en la granulometría y estabilidad en la composición química, 2) Facilidad de mezcla, 3) Posibilidad de ser reciclado, 4) Aireación adecuada, 5) Resistencia al lavado de nutrientes, 6) Fertilidad adecuada, 7) Bajo costo, 8) Retención de humedad, 9) Bajo peso y baja contracción del volumen durante el almacenaje, 10) Control del pH y seguridad de que los materiales tengan un adecuado contenido de microelementos (Burés, 1997).

### 3.2.3. Característica de los sustratos

Las características del material que pueden conferir propiedades específicas a un sustrato son: composición, masa, densidad, compresibilidad, rugosidad, estructura interna, forma, características superficiales, isotropía y tamaño. La combinación de la estructura generada por las partículas de sustrato en el espacio y las características del material (naturaleza, composición elemental y estructura interna) determinarán las propiedades físicas y químicas de un sustrato:

a). La estructura interna de las partículas del material determina la porosidad interna y la densidad real, mientras que la granulometría y el tipo de empaquetamiento determinan la distribución de tamaños de poros interparticulares. La densidad aparente es función de la distribución espacial y de la estructura interna del material. La porosidad es la suma de los poros internos y externos. De ella dependen las propiedades hídricas del sustrato, como la retención de agua y la permeabilidad.

b). La composición elemental y el modo de estar los elementos fijados a la matriz de un material determinan el contenido de nutrientes y el contenido de elementos fitotóxicos, como los metales pesados y las actividades de intercambio de iones; también el pH, la capacidad tampón y el contenido de sales del sustrato se derivan de la actividad química del material.

c). Tradicionalmente se han clasificado los sustratos en orgánicos e inorgánicos. La materia orgánica fresca es susceptible de descomposición dando como productos finales los ácidos húmicos y fúlvicos, También la materia orgánica confiere una serie de propiedades a los sustratos, como son la actividad enzimática, actividad reguladora del crecimiento y actividad supresora frente a patógenos.

Existe una amplia variedad de materiales para emplearse como sustratos de cultivos hidropónicos. Su aprovechamiento y manejo requiere un buen conocimiento de las propiedades y características físicas y químicas de los mismos. A partir de ello es posible saber el tipo de tratamiento que requiere cada material, las aplicaciones más apropiadas y las técnicas de manejo pertinentes para cada caso, (Martínez, 1997; Cadahia, 2000).

Los sustratos, al igual que los suelos, están determinados por varias características y propiedades físicas, químicas y biológicas, mismas que los diferencian unos de otros. Algunos de los parámetros que se emplean para clasificar a los suelos son de utilidad para agrupar y clasificar sustratos.

### 3.3. El cultivo de la lechuga

#### 3.3.1. Origen

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, algunos autores afirman que procede de la India, hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas, siendo las variedades cultivadas actualmente una hibridación entre especies distintas.

El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2,500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI.

#### 3.3.2. Taxonomía y morfología

La lechuga es una planta anual y autógena, perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L.

##### 3.3.2.1. Raíz

La raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

##### 3.3.2.2. Hojas

Las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

##### 3.3.2.3. Tallo

El tallo es cilíndrico y ramificado.

#### 3.3.2.4. Inflorescencia

La inflorescencia está constituida de capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.

#### 3.3.2.5. Semillas

Las semillas están provistas de una estructura de vuelo plumoso.

#### 3.3.3. Importancia económica y distribución geográfica.

La importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en los últimos años, debido a la diversificación de tipos varietales. Así tenemos que la FAO (2002) señala que la producción para algunos países. Cuadro 1.

Cuadro1. Producción de Lechuga en algunos Países del mundo durante el año 2002.

PAÍSES	PRODUCCIÓN DE LECHUGA, (TONELADAS)
China	8.005.000
Estados Unidos	4.352.740
España	914.900
Italia	845.593
India	790.000
Japón	560.000
Francia	433.400
México	234.452
Egipto	197.000
Bélgica –Luxemburgo	170.000
Alemania	195.000
Australia	145.000
Reino Unido	149.000
Portugal	95.000
Chile	86.000

Fuente: F.A.O. (2002).

México, pasó de producir 212,719 toneladas en el año 2001, a 234,452 para el año 2002.

### 3.3.3.1 Consumo de lechuga en USA

En Estados Unidos se consumen cuatro tipos de lechuga principalmente, la iceberg que es la más popular, la romana, la butterhead y la lechuga looseleaf. Las importaciones de lechuga fresca, excluida la tipo batavia, se realizan a lo largo del año y se concentran en dos proveedores principalmente. Canadá que en el 2005 participó con el 48% del valor importado y México que representó el 43%. Durante el primer semestre del año ingresa alrededor del 42% volumen importado en el año y proviene principalmente de México, mientras que durante el segundo semestre se importa el 58% del volumen restante que proviene en su mayoría de Canadá.

El cuadro 2 señala que Estados Unidos importó de diversos países lechuga en los años de 1997 al año 2000.

Cuadro 2. Estados Unidos: Importaciones de lechuga. Partida arancelaria: 0705190000 "Lettuce, N. Head fresh or chilled".

PAIS PROVEEDOR	VOLUMEN EN KILOS			
	1997	1998	1999	06 - 2000
Canadá	7516927	7042690	8014345	922128
México	5378696	7334758	4753412	2842658
Perú	31000	70260	99948	98201
Israel			16146	17249
Italia			1273	
Chile			1000	56860
Bélgica	4428		200	1297
Holanda	8413	1219		1008
Corea del Sur	820			24217
Guatemala	26263	46954		
Bahamas		10407		
Colombia				662
Ecuador	8694			
Total	12975241	14506258	12886324	3964280

Fuente: The World Trade Atlas.

### 3.3.3.2 Producción Nacional de lechuga

A nivel nacional los estados con mayor superficie sembrada en el 2004 fueron Guanajuato, Puebla, Zacatecas y Baja California Norte, con 3,610, 2,688, 2,069, y 802.5 respectivamente, de los Estados anteriores, Guanajuato presenta un rendimiento medio de 14.797 ton/ha, mientras que Aguascalientes 30.871 ton/ha, lo anterior muestra una fuerte variación, que en parte es consecuencia del nivel de tecnología utilizado en la producción del cultivo (Sagarpa, 2005).

### 3.3.4. Valor nutricional

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valor nutricional de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en 100 gramos de materia fresca.

Elementos	Valor nutricional
Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Grasas (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I.)	1155
Calorías (cal)	18

Fuente: FAO 2002.



### 3.4. Semillero

#### 3.4.1. Importancia de los semilleros

El semillero es aquel sitio donde se siembran las semillas y se crían los vegetales que después han de transplantarse. Aquí los cuidados son importantes ya que de ello depende la calidad y uniformidad del material vegetal reproducido, un buen sustrato es base para la germinación de las semillas, ésta ha de aportar los nutrientes necesarios para del desarrollo sano y vigoroso.

Los nuevos tiempos están haciendo que todos estos materiales alternativos estén siendo cada vez más atractivos para poder ser incluidos en la dinámica productiva de las explotaciones, tanto solos, si sus características lo permiten, como mezclados con materiales tradicionales.

#### 3.4.2. Materiales utilizados para la producción de plántula en semillero

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántula en el ámbito mundial es la turba de musgo (*Sphagnum* peat moss); sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible, ha comenzado a restringir su uso. Esto ha motivado la búsqueda de otros sustratos entre los que destacan la composta producido a partir de materiales orgánicos vegetales y animales, tales como el aserrín de coco, producto de la molienda del mesocarpio del fruto de coco, y la cascarilla de café. Fernández, *et al.*, (2007)

Los motivos por los que la turba es un componente interesante en los sustratos son los siguientes: Aumenta la capacidad de retención del agua; la porosidad, lo que mejora la aireación y el drenaje; la densidad aparente, facilitando el desarrollo radicular; el efecto amortiguador, que permite equilibrar el pH y las sales solubles; es una fuente de liberación lenta de N; mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta. Linares (2004). Algunos materiales inorgánicos

utilizados como sustratos para almácigos han sido la arcilla, la arena, la vermiculita, la perlita, lana de roca, tezontle, entre otros.

Diversos materiales han demostrado su eficiencia en la producción de plántula. Sin embargo, la mezcla de materiales resultan ser complementarios en las propiedades deseadas para un sustrato tendiente a alcanzar un material ideal. Fernández, *et al.*, (2007) en pruebas de germinación de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Río Grande, encontró que el mejor sustrato para sustituir a la turba fue la mezcla de composta de cachaza de caña de azúcar y aserrín de coco en relación 2:1. De la Cruz (2001) en prueba de germinación de semillas forestales encontró que un sustrato orgánico preparado a base de lechuguilla resultó ser eficiente en la producción de un 96% de Cedro (*Cedrela odorata*) y en Ceiba (*Ceiba pentandra*) la cascarilla de cacao en mezcla con lechuguilla generaron el 80%.

#### 3.4.3. Materiales como sustrato a base de cascarilla de café

En el Centro Nacional de Investigaciones de Café de Colombia, Farfán (2002), utilizando la pulpa compostada para la obtención de plantas de almácigo, encontró que el desarrollo óptimo se logra con la mezcla 3 partes de suelo más 1 de pulpa descompuesta en la preparación del sustrato. Además el abono orgánico proporciona al suelo buena capacidad de retención de humedad, aumento de la flora bacteriana, impide la compactación y mejora la aireación del suelo. Con el uso de la pulpa, en esta proporción, disminuye la incidencia de Mancha de Hierro en almácigos de café, la cual actúa como control biológico de la enfermedad. El mismo autor señala que en la aplicación de lombricomposta a base de la pulpa de café para la obtención de plantas de almácigo, el mejor desarrollo se logra con la mezcla de 3 partes de suelo más 1 de lombricomposta en la preparación del sustrato para el almácigo. Con la aplicación de pulpa compostada o de lombricomposta en la dosis indicada no es necesaria la fertilización química ni foliar en plantas de almácigo.

Mora (1999), en su investigación de sustratos para cultivo sin suelo, llevada a cabo en Costa Rica, señala que la Cascarilla de Café es un sustrato de baja capacidad de retención de humedad, buena para oxigenar sustratos, pero de muy corta vida ya que se descompone en pocos días.

### **3.5. La producción de orgánicos en México**

La Coordinación General de Comunicación Social de la Sagarpa, en un comunicado de prensa del 16 de febrero del 2006, señala a México como principal proveedor de productos orgánicos a Alemania; más del 75 por ciento de todo el grano orgánico que se consume en ese país proviene de México.

Los estados con más producción de orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Querétaro, Guerrero y Tabasco. Los principales productos orgánicos en México son café, hierbas aromáticas, hortalizas (tomate, lechuga, calabaza, chiles, pimientos) cacao, uva, coco, agave tequilero y mezcalero, nopal silvestre, nopal (tuna, verdura y xoconostle) lechuguilla, maíz, aguacate y otros productos como miel de abeja, mango, piña, plátano, naranja, manzana, ajonjolí, leche, huevo, sábila y plantas medicinales y alimenticias y se empiezan a identificar algunos productos procesados como, café molido y tostado -incluso saborizado-, jugos, mermeladas, galletas, azúcar, quesos, yogurts, entre otros. El cultivo de lechuga destaca con nueve mil 875 toneladas y un rendimiento de 30.291 toneladas por hectárea (Sagarpa, 2006).

El consumo de productos orgánicos se concentra principalmente en 10 países: Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos, Suiza, Suecia, Dinamarca, Austria, Estados Unidos. En este último país México obtiene por exportaciones más de 70 millones de dólares (Sagarpa. 2006).

Aquí, nuevamente la importancia por la producción de lechuga, y siendo ésta orgánica, cabe la posibilidad de un mayor valor.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrollo en tres fases:

I Análisis de algunos parámetros físicos, químicos y biológicos de la cascarilla de café.

II. Evaluación de la cascarilla de café y otros materiales, sobre la producción de plántulas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. c.v. Grandes Lagos) en semillero.

III. Evaluación agronómica de la cascarilla de café y otros materiales regionales, como sustratos en cultivo sin suelo de lechuga (*L. sativa* L. c.v. Grandes Lagos), bajo invernadero y en campo.

### 4. 1. LOCALIZACIÓN

Las tres fases se llevaron a cabo de enero del 2006 a mayo del 2007. La primera se desarrolló en el laboratorio de suelos y la segunda y tercera en el invernadero y área experimental, respectivamente, todos localizados en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (IPN) localizado en las siguientes coordenadas. 17° 01' 33" de Latitud Norte, 96° 12' 10" de Longitud Oeste, con una altitud de 1545 msnm, ubicado en Santa Cruz Xoxocotlán, distante a 5 kilómetros del centro de la ciudad de Oaxaca, México.

### 4.2. MATERIALES UTILIZADOS

**Cascarilla de café.** Fue obtenida en la finca Vista Hermosa del Municipio de Pluma Hidalgo, Distrito de Pochutla, Región de la Costa estado de Oaxaca y compostada siguiendo la metodología propuesta por Restrepo (1996) (Fotografía 1).

**Polvo de coco.** El mesocarpio del fruto de la palma de coco (*Cocos nuceifera* L.) se obtuvo de la región de la costa del estado de Oaxaca y el polvo más fibras cortas, mediante separación del hueso o tuesto y molido en el taller de Ingeniería y tecnologías adecuadas del CIIDIR IPN Unidad Oaxaca. (Fotografía 2).

**Bagazo de Maguey Mezcalero.** Fue el residuo de la industria del mezcal “Antequera siglo XXI”, ubicada en el municipio de Mitla Oaxaca. El material utilizado fue el que tenía más de 9 meses de haber sido apilado y cuya fermentación fue en forma natural (Fotografía 3).

**Vermiculita.** Fue proporcionada por la empresa “Minerales de Antequera”. El tipo de vermiculita utilizada fue la N° 3 (Fotografía 4).

Todos los materiales evaluados fueron obtenidos a granel y envasados manualmente en el CIIDIR-Oaxaca, en bolsas de polipropileno negro de 17 litros.

El material utilizado como testigo, fue la turba *Sphagnum* de origen canadiense, adquirida comercialmente. (Fotografía 5).

#### **4.3 FASE I. DETERMINACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CASCARILLA DE CAFÉ**

##### **4.3.1. Análisis físico-químico**

Se realizaron sobre una muestra representativa de 10 L cada una. Los materiales caracterizados fueron: cascarilla de café 100 % pura y las mezclas entre cascarilla de café y turba (*Sphagnum*) en las proporciones volumen/volumen (v/v): 25%:75%, 50%:50% y 75%:25%, respectivamente.

##### **4.3.1.1. Obtención de la pasta saturada y del extracto de saturación**

La pasta saturada se preparó siguiendo el método del “extracto de saturación” descrito por Warncke (1986). Se utilizaron aproximadamente 300 ml de

material humectado con agua bidestilada y se introducen en un recipiente de 0.5 L. Se adicionó agua destilada, agitando con una espátula hasta que el material presentó un “brillo metálico” y una consistencia pastosa (sin presencia de agua libre). Una vez alcanzado el punto de saturación, se dejó reposar durante 1.5 horas. (Fotografía 6).

Para la obtención del extracto de la pasta saturada (EPS), se filtró utilizando embudos Büchner (Diámetro de 9 cm) con papel filtro. El filtrado se colectó en un recipiente y se etiquetó adecuadamente. A una muestra de este material se le determinaron los parámetros físicos y químicos y el sobrante se utilizó para futuras determinaciones.

#### 4.3.1.2. Determinación de pH

El pH se determinó en el extracto de saturación utilizando el sensor de pH, Hanna Instrument modelo H1 99 1300, en tres repeticiones de las diferentes muestras.

#### 4.3.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) se determinó en el extracto de saturación por medio de un conductímetro, Hanna Instrument modelo H1 99 1300. Tras efectuar la corrección de temperatura, los resultados se expresaron en  $\text{dS m}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$ .

#### 4.3.2. Análisis de germinación

##### 4.3.2.1. Bioensayos de germinación

Los bioensayos de germinación y el extracto de saturación (EPS) se realizaron siguiendo el test de Zucconi (Zucconi *et al.*, 1981), utilizando semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) c.v. Grandes lagos.

Se utilizaron tres cajas Petri y en cada una de ellas se colocó papel filtro sobre el qué, una vez humectado con unas gotas del extracto, se depositaron 10 semillas de lechuga, sobre las cuales se colocó otro papel filtro humectado también con el extracto. Por cada caja Petri se utilizó en promedio 1.5 ml de extracto. En todos los casos se realizó un ensayo con agua destilada el cual fue el testigo. (Fotografía 7).

Transcurridos cinco días, se evaluó en cada caja Petri el porcentaje de germinación (% G) y se calculó la longitud media de la radícula (Lm) de las semillas germinadas. A partir de estos dos datos se obtuvo el índice de germinación (IGe) de acuerdo a la ecuación.

$$\text{IGe (\%)} = \frac{\%G \text{ extracto} \quad \text{Lm extracto}}{\%G \text{ agua dest.} \quad \text{Lm agua dest.}} \quad 100$$

#### **4.4 FASE II. EVALUACION DEL EFECTO DE LA CASCARILLA DE CAFÉ Y OTROS MATERIALES, SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L. c.v. Grandes Lagos) EN SEMILLERO**

##### **4.4.1. Tratamientos**

Se utilizaron en total 13 materiales tanto puros como mezclas (Cuadro 4.1)

Cuadro 4.1. Materiales solos y combinados, utilizados como sustratos en cultivo sin suelo de lechuga. (*Lactua sativa* L.) en semillero.

Tratamientos	Materiales utilizados	% en volumen (v/v)
1	Cascarilla de café	100
2	Turba ( <i>Sphagnum</i> )	100
3	Fibra de Coco	100
4	Vermiculita	100
5	Cascarilla de café + Turba ( <i>Sphagnum</i> )	75 - 25
6	Cascarilla de café + Fibra de Coco	75 - 25
7	Cascarilla de café + Vermiculita	75 - 25
8	Cascarilla de café + Turba ( <i>Sphagnum</i> )	50 - 50
9	Cascarilla de café + Fibra de Coco	50 - 50
10	Cascarilla de café + Vermiculita	50 - 50
11	Cascarilla de café + Turba ( <i>Sphagnum</i> )	25 - 75
12	Cascarilla de café + Fibra de Coco	25 - 75
13	Cascarilla de café + Vermiculita	25 - 75

#### 4.4.2. Establecimiento de semilleros

La mezclas de los materiales se prepararon manualmente y fueron depositados en bandejas de unicel de 200 cavidades, con 6.7 cm de alto, 66.0 cm de largo, 34.0 cm de ancho y un volumen de 28 ml por cavidad; en cuyos alvéolos se depositó una semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de la variedad comercial Grandes Lagos. (Fotografía 8).

##### 4.4.2.1. Riego de semilleros

Para el riego de las plántulas se utilizó agua de pozo, sin la incorporación de elementos nutritivos y fue por microaspersión utilizando mochila de 20 litros de impulsión manual, aplicando un riego por la mañana y otro por la tarde, durante 32 días.



#### 4.4.3. Variables analizadas

Las variables fueron:

1. Altura de planta (AP), expresada en cm y medida tomada de la base al extremo apical de la hoja
2. Número de hojas (NH), unidades enteras, desarrolladas totalmente.
3. Grosor de tallo (GT), expresado en mm de diámetro del tallo a la base de la plántula
4. Peso fresco de la parte aérea (PFA), expresado en gramos de la parte foliar completa.
5. Peso fresco de raíz (PFR), expresado en gramos de la parte radicular.
6. Área foliar (AF), expresado en cm<sup>2</sup> de la lámina foliar en las hojas.

#### 4.4.4. Análisis estadístico

A los valores obtenidos, se realizaron análisis de varianza y comparación de medias utilizando el programa estadístico *Statgraphics Plus 4.1* (Statistical Graphics Corp., 2000), así como el programa *Microsoft Excel 2000*. A un nivel de significancia de  $P \leq (0.05)$ .

### **4.5. FASE III. EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA CASCARILLA DE CAFÉ Y OTROS MATERIALES REGIONALES, COMO SUSTRATOS EN CULTIVO SIN SUELO DE LECHUGA (*L. sativa* L.) c. v. Grandes Lagos, BAJO INVERNADERO Y CAMPO**

#### 4.5.1 Tratamientos

Tanto en condiciones de invernadero como en campo se utilizaron seis tratamientos. Se eligieron los tratamientos más sobresalientes de la Fase II (semillero). Incorporando un material más que fue el bagazo del maguey mezcalero, quedando finalmente los tratamientos como se indica en el Cuadro 4.2. (Fotografía 9).

Cuadro 4.2. Materiales utilizados como sustratos de cultivo sin suelo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) c. v. Grandes lagos, en campo como en invernadero.

Tratamientos	Materiales utilizados	% en volumen (v/v)
1	Cascarilla de café	100
2	Turba ( <i>Sphagnum</i> )	100
3	Fibra de Coco	100
4	Bagazo de Maguey	100
5	Cascarilla de café +Turba ( <i>Sphagnum</i> )	25 - 75
6	Cascarilla de café +Turba ( <i>Sphagnum</i> )	50 - 50

#### 4.5.2. Infraestructura utilizada

El invernadero utilizado fue del tipo multitunel con estructura de fierro galvanizado y cubierta de polipropileno blanco al 20 % de trasmisividad. Tanto en invernadero como en campo se utilizaron como contenedores de cultivo bolsas de polipropileno negro calibre 700 de 17 litros cada una. (Fotografía 10).

#### 4.5.3. Diseño experimental

Se realizó un solo tipo de diseño experimental completamente al azar, los tratamientos se asignaron aleatoriamente y se siguieron las indicaciones descritas por Reyes (1999). El número de tratamientos fue de seis con seis repeticiones, tanto para campo como para invernadero. La unidad experimental lo constituyó tres bolsas conteniendo tres plantas de lechuga (*Lactucas sativa* L.)

#### 4.5.4. Material vegetativo.

Se utilizaron Plántulas de lechuga (*Lactucas sativa* L.) de la variedad comercial Grandes Lagos, con edad de 30 días, mismas que fueron producidas en el CIIDIR-Unidad Oaxaca.

Previamente a la siembra las charolas germinadoras fueron lavadas con agua y jabón y una solución con cloro en una proporción de un mililitro de cloro por cada litro de agua, posteriormente las charolas fueron llenadas con el sustrato previamente mojado y la siembra fue realizada a una profundidad de aproximadamente 5 mm, de manera manual (Fotografía 11).

#### 4.5.5. Trasplante

Transcurrido 30 días del desarrollo, en enero del 2007, las plántulas de lechuga se trasplantaron de forma manual, colocando equidistantemente tres plántulas de lechuga (*Lactucas sativa* L.) por bolsa de cultivo. (Fotografía 12).

Se llevaron a cabo dos ensayos experimentales tanto en condición de invernadero como en campo. Los contenedores fueron bolsas de polietileno, calibre 600, de 23.6 cm de diámetro, 27.5 cm de altura y con capacidad de volumen de 11.36 litros.

El material utilizado como testigo, fue la turba *Sphagnum* de origen canadiense, sin encalar y sin fertilizar, adquirida de manera comercial en la ciudad de Oaxaca, según se muestran en la Fotografía 13.

Para el caso en el que se ha utilizado mezclas de los materiales, se retomó las dos mejores mezclas de sustratos resultantes de la evaluación en la fase anterior, por lo que se sometió a evaluación en esta etapa las mezclas de cascarilla de café y turba (*Sphagnum*) 25–75 y 50–50% de proporción volumen – volumen respectivamente, mismas que fueron comparadas con materiales puros, al 100% de: cascarilla de café, turba (*Sphagnum*) y fibra de coco. Otro

material utilizado como sustrato en la producción para consumo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), ha sido el residuo del bagazo de maguey (Cuadro 4.3.)

Cuadro 4.3. Sustratos puros y en mezcla utilizado en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) c. v. Grandes lagos, para consumo.

Tratamientos generados como sustratos puros y en mezclas			
1	Cascarilla de café		100%
2	Turba (Sphagnum)		100%
3	Fibra de Coco		100%
4	Bagazo de Maguey		100%
5	Cascarilla de café	Turba (Sphagnum)	25% - 75%
6	Cascarilla de café	Turba (Sphagnum)	50% - 50%

#### 4.5.6. Las variables analizadas

Se analizaron las variables:

Peso fresco total (PFT), expresada en gramos

Peso seco total (PST), expresada en gramos,

Longitud total de planta (LTP), expresada en centímetros;

Número de hojas (NH). Unidades completas.

#### 4.5.7. Análisis de la varianza y separación de medias

Para el análisis de la varianza se estableció el diseño experimental completamente al aza, los datos se sometieron a análisis de varianza y a la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, eligiendo los niveles de significancia que se espera en la probabilidad ( $P < 0.05$ ) de incertidumbre del 5 % designado frecuentemente como altamente significativo. Utilizando el programa estadístico *Statgraphics Plus 4.1* (Statistical Graphics Corp., 2000), así como el programa *Microsoft Excel 2000*.

## ANEXO FOTOGRÁFICO.



FOTO 1. Cascarilla de café obtenido de la finca Vista Hermosa en el Municipio de Pluma Hidalgo, Pochutla.



FOTO No. 2. Fibra de coco obtenido en la región de la Costa y Molido en los Talleres del CIIDIR, Oaxaca.



FOTO No. 3. Bagazo de maguey obtenido de la industria del mezcal “Antequera siglo XXI”, en Mitla, Oaxaca.



FOTO No. 4. Vermiculita, calidad número 3, para uso agrícola.



FOTO No. 5. Turba (*Sphagnum*). De origen Canadiense.



FOTO No. 6. Extracto de pasta saturada para pruebas Físico-Químicas y Biológicas.

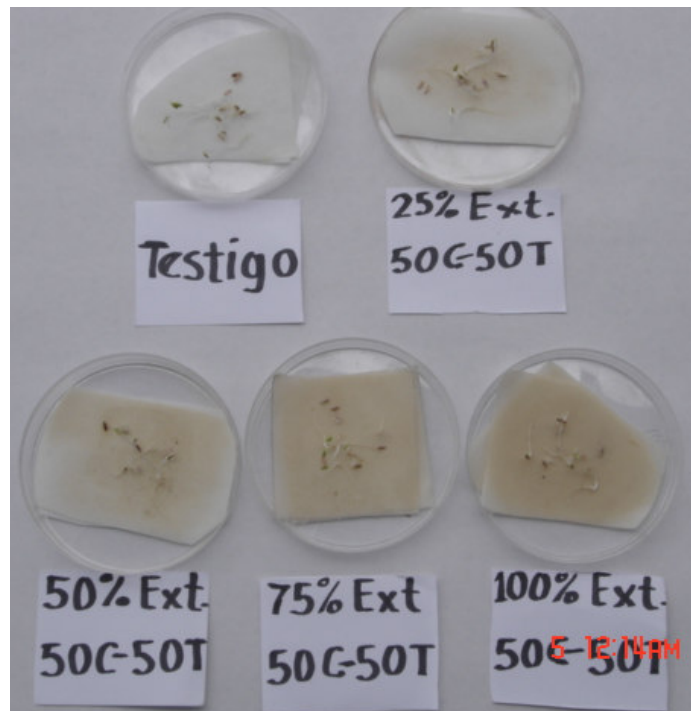


FOTO No. 7. Prueba biológica de germinación de semillas de Lechuga en cajas petri.



FOTO No. 8. Semilleros para almácigos de lechuga.





FOTO No. 9. Siembra de Lechugas en distintos tratamientos de Sustrato.



FOTO No. 10. Invernadero tipo multitúnel.



FOTO No. 11. Charolas de germinación para la siembra de semillas de Lechuga.



FOTO No. 12. Siembra de plántulas de lechuga en bolsas individuales.



FOTO No. 13. Comparativo de desarrollo de plantas le lechuga en distintos sustratos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### FASE I. DETERMINACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CASCARILLA DE CAFÉ

#### 5.1. Caracterización física

El Cuadro 5.1 muestra el comportamiento de los diferentes tamaños de partículas obtenidos en la prueba granulométrica realizada a la cascarilla de café, tal y como se utilizó en semillero y cultivo y su comparación con la cáscara de almendra.

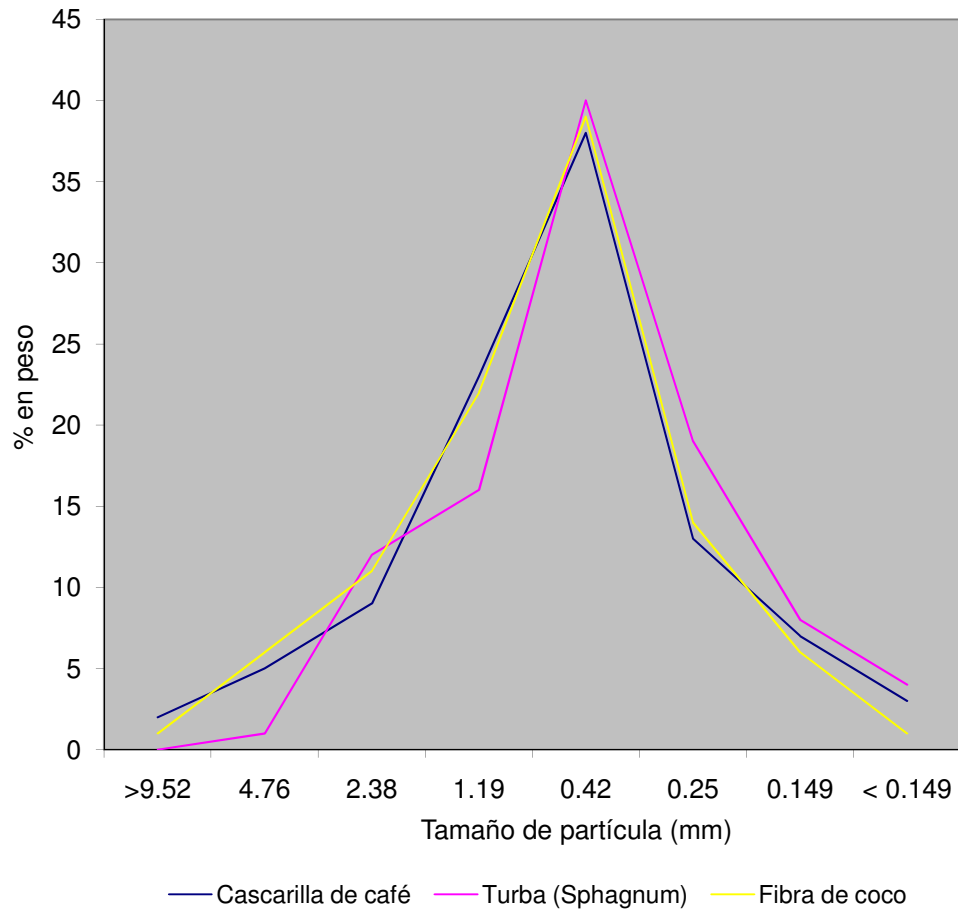
Cuadro 5.1. Tamaño de partícula como % en peso de la cascarilla de café (CC) en comparación a la cáscara de almendra (CA).

	Intervalo de partícula (mm de luz)								
Sustratos	0.149	0.149	0.25	0.42	1.19	2.38	4.76	0.952	I.G.
CC	2.67	7.00	15.33	39.00	20.33	10.67	4.00	1.00	
CA	1.3	1.54	3.25	7.66	38.1	47.4	0.75	0	84.25
<i>p</i>	*	*	*	*	*	**	*	*	

I.G; Índice de grosor; \*\*: Significancia  $p < 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente

En todos los tamaños, existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), se puede apreciar que el mayor porcentaje en peso, para la cascarilla de café, se centra en el tamaño de 0.42 mm de luz, mientras que para la cáscara de almendra el mayor tamaño se centra en 2.38 mm de luz, por lo que para la cascarilla de café se deduce que hay mayor homogeneidad para el tamaño y mayor superficie de contacto de partículas con el agua.

La Gráfica 5.1 muestra el comportamiento de los tamaños de partícula que presentan la Turba (*Sphagnum*), fibra de coco y cascarilla de café. En ella se observa que los tres sustratos tiene un comportamiento similar en proporción de partículas.



Grafica 5.1 Tamaño de partículas de la cascarilla de café, con respecto a la fibra de coco y la turba (*Sphagnum*).

## 5.2. Caracterización química

### 5.2.1. Determinación de pH

Los valores de pH obtenidos en el extracto de la pasta saturada de la cascarilla de café, fibra de coco y turba (*Sphagnum*) se muestran en el Cuadro 5.2. Todos los materiales en estudio mostraron diferencias significativas. El valor de pH obtenido en la cascarilla de café estuvo dentro del nivel de referencia indicado por Abad y Noguera (2000), mientras que el valor obtenido en fibra de coco fue superior al de referencia; similares valores para este material obtuvieron Mora (1999) y Baixauli (2002). El valor obtenido en la turba *Sphagnum* fue inferior al de referencia, lo cual es confirmado por Baixauli (2002). El resultado obtenido para la cascarilla de café, indica que este material puede ser utilizado como medio de cultivo para la producción de plantas y cosechas. Además es sabido que los valores de pH de los sustratos orgánicos están en función del origen del material, así se ha indicado que el valor del compost de los desechos de residuos sólidos municipales varían de 6.5 - 8.0 Zucconi y Bertoldi, (1991), mientras que para materiales biosólidos de desechos de jardinería se encuentra entre 7.0 a 7.1 Wilson *et al.*, (2000) y en mezclas de desechos de árboles perennes y residuos municipales estuvieron entre 6.7 y 7.0 Wilson *et al.*, (2003).

### 5.2.2. Conductividad eléctrica.

Los valores de conductividad eléctrica (C.E.) obtenidos en el extracto de la pasta saturada de los tres materiales orgánicos estudiados mostraron diferencias significativas. El valor del extracto obtenido en cascarilla de café, se encontró en el nivel de referencia indicado por Abad y Noguera (2000), mientras que en fibra de coco fue superior y en turba *Sphagnum* inferior, a pesar de que estos dos materiales son utilizados comercialmente en la producción de plantas y cosechas. Con el resultado de conductividad eléctrica obtenido en el extracto de la cascarilla de café se puede indicar que no se tendrán problemas por salinidad al utilizar este material como medio de cultivo

en contendor para la producción de plántulas en semillero y en cultivo sin suelo.

Cuadro 5.2. Caracterización físico-química de la cascarilla de café y su comparación con materiales orgánicos y valores referenciales.

Materiales orgánicos	pH	C. E. (dS m <sup>-1</sup> )
Cascarilla de café	5.50b	1.86b
Fibra de coco	6.10c	3.52c
Turba ( <i>Sphagnum</i> )	3.20a	0.51a
$P \leq 0.05$	*	*
Valor de referencia <sup>2</sup>	5.5-6.3	0.75-1.99

<sup>2</sup>: Abad y Noguera 2000; C.E.: Conductividad eléctrica.

\*; Significancia  $P \leq 0.05$  fue determinado por Tuckey, 0.05.

### 5.3. Caracterización biológica

#### 5.3.1. Pruebas de germinación

##### 5.3.1.1. Materiales alternativos regionales

Los resultados obtenidos en las pruebas de germinación realizadas en semillas de lechuga, utilizando extracto de pasta saturada proveniente de la cascarilla de café, polvo de coco, turba, y vermiculita, como materiales regionales, se muestran en el cuadro 5.3.

Cuadro 5.3. Caracterización biológica en semillas de lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes lagos, de materiales regionales puros.

Materiales regionales (% en v/v)				Germinación	Longitud (mm)	
Cascarilla de café	Turba	Polvo de coco	Vermiculita	(%)	Tallo	Raíz
100	0	0	0	88.82c	7.20d	4.10c
0	100	0	0	88.74c	6.60d	4.20c
0	0	100	0	88.93c	8.40d	5.60bc
0	0	0	100	88.16c	9.70c	8.10b
Significancia				n.s.	*	*
N.R. <sup>1</sup>				> 85		

a, b, c; Medias con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales.

\*; Significancia  $P \leq 0.05$  fue determinado por Tukey, 0.05<sup>1</sup>; Abad *et al.*, 2004; N.R.;

Nivel de referencia; n.s.; No significativo.

Los valores obtenidos para el porcentaje de germinación al utilizar el extracto de la pasta saturada de cada uno de los materiales analizados, en semillas de lechuga, no mostraron diferencias significativas, pero fueron superiores al nivel de referencia indicado por Abad *et al.*, 2004. Esto indica que ninguno de los cuatro materiales estudiados inhibieron la germinación de la semilla de lechuga, la cual está considerada como una de las especies altamente sensibles a sustancias fitotóxicas, aseveración que también es confirmada con los resultados de la conductividad eléctrica, obtenida en el extracto de los mismos materiales, el cual, aunque medianamente alta para la fibra de coco, no afectó a la germinación. Respecto al efecto del extracto de saturación de los cuatro materiales, sobre el crecimiento radicular en tallo y raíz de lechuga, los resultados mostraron diferencias significativas entre materiales. En ambos parámetros los tres materiales orgánicos evaluados (cascarilla de café, turba y fibra de coco) no mostraron diferencias significativas, pero sí existieron con respecto a la vermiculita, la cual se considera como material inorgánico. Este comportamiento puede deberse a la granulometría de la vermiculita la cual es más uniforme ya que en su molienda pasa por proceso de tamizado.

#### 5.3.1.2. Mezclas de materiales alternativos regionales

Los resultados obtenidos en las pruebas de germinación realizadas en semillas de lechuga, utilizando extracto de pasta saturada proveniente de la cascarilla de café, polvo de coco, turba y vermiculita en diferentes combinaciones en v/v se muestran en el cuadro 5.4.

Cuadro 5.4. Efecto del extracto de la pasta saturada de materiales regionales mezclados sobre algunos parámetros fisiotécnicos de semillas de lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes lagos.



Materiales regionales (% en v/v)				Germinación	Longitud (mm)	
Cascarilla		Polvo de				
de café	Turba	coco	Vermiculita	(%)	Tallo	Raíz
75	25	0	0	92.14a	15.50a	14.20a
75	0	25	0	90.78a	12.60b	11.30a
75	0	0	25	91.17a	13.50a	12.20a
50	50	0	0	91.26a	14.80a	13.60a
50	0	50	0	89.91b	11.40b	10.10ab
50	0	0	50	90.04b	11.90b	10.50ab
25	75	0	0	89.29b	9.90c	8.80b
25	0	75	0	89.67b	10.30c	9.70b
25	0	0	75	89.43b	10.10c	9.30b
Significancia				*	*	*
Nivel de referencia				> 85 <sup>1</sup>	-	-

a, b, c; Medias con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales.

\*; Significancia  $P \leq 0.05$  fue determinado por Tukey, 0.05<sup>1</sup>; Abad *et al.*, 2004.

Los valores obtenidos para la germinación de semillas de lechuga, en los dos grupos de sustratos evaluados, (75, 50 y 25 % v/v) en función a la cascarilla de café), mostraron diferencias significativas entre tratamientos y fueron superiores al nivel de referencia (> 85 %) indicado por Abad *et al.* (2004). Al realizar el análisis estadístico se observan definidamente dos grupos de materiales. El primero constituido por volúmenes altos de cascarilla de café 75 % v/v y bajos de los restantes tres materiales 25 % v/v; más el valor intermedio de cascarilla de café (50 % v/v) y de turba *Sphagnum*, no mostraron diferencias significativas entre los valores obtenidos para estos cuatro tratamientos, siendo en este grupo en donde se alcanzó el mayor porcentaje de germinación; en promedio de 91.33 %. El segundo grupo fue el constituido por volúmenes intermedios (50% v/v) y bajos (25 % v/v) de cascarilla de café y altos de los tres restantes materiales, en donde no se encontraron diferencias significativas entre estos materiales para la germinación de lechuga, siendo aquí en donde se obtuvieron los valores más bajos con 83.60 %.

El comportamiento de estos valores indica que las mezclas de sustratos de preferencia entre materiales orgánicos como 75 % de cascarilla de café + 25 % de turba o 50 % de cascarilla de café + 50 de turba, promueven mejor la germinación de semillas de lechuga, frente a los materiales solos. Similares resultados han sido encontrados por Moreno (1994) en pruebas con semillas de lechuga, coliflor, melón, col china, calabaza, tomate y pepino; y Contreras (2005) en semillas de lechuga.

Tanto la longitud del tallo como el de la raíz, mostraron un comportamiento similar al de la germinación, aunque no tan definido como ésta. En el primer grupo, fue en donde se alcanzaron los mayores aumentos de longitud del tallo y raíz de semillas de lechuga, las cuales fueron en promedio de 14.10 y 12.82 mm respectivamente, siendo las mezclas 50 % de cascarilla de café + 50 % de turba *Sphagnum* las más sobresalientes, mientras que el segundo grupo fue en donde se obtuvieron los menores crecimientos de tallo y raíz; con 10.72 y 9.68 mm, respectivamente.

## **FASE II. EFECTO DEL USO DE MATERIALES REGIONALES PUROS Y EN MEZCLAS SOBRE ALGUNOS PARÁMETROS FISIOTÉCNICOS DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA* L.) C. V. GRANDES LAGOS, PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA EN SEMILLERO**

### 5.3.2. Efecto de materiales regionales puros como sustratos sobre algunos parámetros fisiotécnicos de plántulas de lechuga en semillero

#### 5.3.2.1 Altura de plántula

Los resultados obtenidos para la variable altura de planta en cm, se muestran en la figura 5.1. Como se observa, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la altura de planta, al utilizar la cascarilla de café como sustrato 100 % pura, en comparación con la turba (*Sphagnum*), también 100 % pura. Utilizando el primer material orgánico, la planta mostró una altura de 3.35 cm, valor superior al de 1.97 cm que presentó el segundo material. Hernández *et al*, (1999), al evaluar el efecto de lombricomposta de estiércol de bovino en almácigos de café variedad caturra en condiciones de campo encontraron diferencias significativas en altura promedio por planta, siendo superior las plantas producidas con mayor porcentaje de lombricomposta. Al respecto Quesada y Méndez (2005), encontraron que la mezcla de lombricomposta + abono orgánico + granza favorecieron mayor desarrollo del tallo en tomate, pepino, lechuga y brócoli para el desarrollo de las plantas en almácigo, en comparación a la lombricomposta 100% pura. Únicamente en lechuga, sobresale la mezcla de suelo + aserrín de melina + granza, siendo las plántulas cultivadas con estos materiales las que registraron un alto valor, el cual no mostró diferencias al 0,05 del nivel de confianza. Añez y Figueredo (1999), encontraron que al momento del transplante, 30 días después de la siembra, la altura promedio de las plantas de tomate provenientes de semilleros con sustrato orgánico (27,66 cm), fue superior al promedio de aquellas sembradas directamente en campo (11.74 cm), mientras que el diámetro del tallo a nivel del cuello de la raíz y el número de hojas por plántula, cuyos valores promedios fueron 0,58 cm y 5,97 respectivamente para S<sub>1</sub>, (sustrato orgánico). Los cuales

son considerados más altos que los obtenidos mediante el sistema S<sub>2</sub>, (siembra directa en campo) 0,42 cm y 4,25 hojas por plántula.

Quesada (2005). Señala que los sustratos: tierra fermentada, fibra de coco, sustrato comercial 2 y bagazo de fibra de coco, fueron los que más limitaron el desarrollo de las plántulas de almácigo.

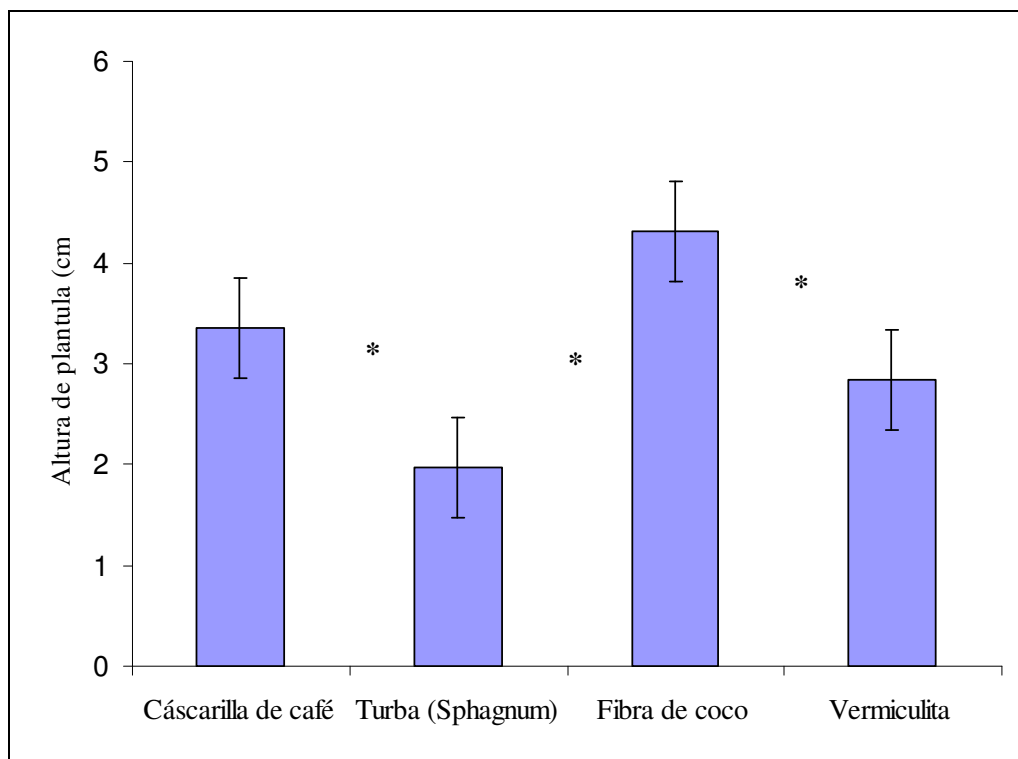


Figura 5.1 Efecto de materiales regionales puros sobre la altura de planta en lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes Lagos, en almácigo.

\*; Significancia  $P \leq 0.05$  fue determinado por Tuckey, 0.05.

#### 5.3.2.2. Diámetro del tallo

No se encontraron diferencias significativas entre los valores obtenidos para el grosor del tallo de las plantas cultivadas en semillero con los sustratos

cascarilla de café, fibra de coco y vermiculita, mostrando alta diferencia significativa con la turba, la cual mostró el menor grosor del tallo (1.0 mm de diámetro) (Figura 5.2.) Al respecto Sepúlveda (2004) evaluó pino compostado, como sustrato orgánico disponible localmente y tierra de hoja esterilizada con bromuro de metilo, para la preparación de almácigos de lechuga y acelga cultivados al aire libre y encontró que al momento del trasplante, se observaron diferencias significativas que favorecen a la tierra de hojas en un mayor diámetro del tallo para ambas especies, pero en acelga el número de hojas es mayor en pino compostado que en tierra de hojas, 5,1 y 4,2 respectivamente. También, Hernández *et al*, (1999) al evaluar en condiciones de campo, el efecto de lombricomposta con respecto a un suelo Andisol, aplicando tratamiento químico en plantas en almácigo de café variedad caturra, encontró que el diámetro por planta mostró diferencia significativas entre la dosis altas de lombricomposta y el tratamiento químico.

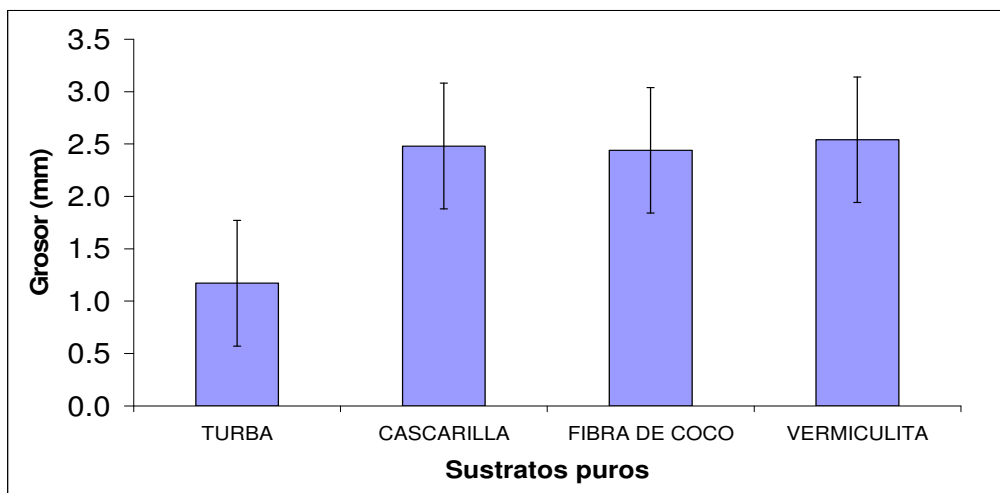


Figura 5.2. Efecto de materiales regionales puros sobre el grosor de tallo en plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes lagos, en almácigo.

### 5.3.2.3. Peso seco

Los valores obtenidos para el peso seco de las plantas cultivadas en diferentes sustratos, no mostraron diferencias significativas para las plantas obtenidas en turba, fibra de coco y vermiculita, siendo significativo el resultado obtenido con

cascarilla de café, el cual fue inferior (figura 5.3). Al respecto Quesada y Méndez (2004) encontraron en trabajos de evaluación de sustratos para almácigo, que los valores más altos para la variable de peso de la parte aérea correspondieron a los sustratos S3: lombricomposta + abono orgánico “Juan Viñas” + granza, en la proporción 40:40:20 v/v; S7: abono orgánico “Juan Viñas” + granza, 70:30 v/v; S8: abono orgánico “Juan Viñas”, 100 v/v y S12: *peat moss* + perlita 75:25 v/v, con altos valores de área foliar. En brócoli fue la especie con mayores valores de peso seco aéreo y se debió a que de todos los cultivares este fue el de tejido menos succulento y por lo tanto el que al secarse presentó mayor biomasa. Sepúlveda (2004), señala que en la cosecha del cultivar de lechuga no presentó diferencias significativas en el diámetro de cabeza, número de hojas, peso seco hojas y número de plantas cosechadas, en tierra de hojas, que en pino compostado, pero el peso seco de raíz es significativamente mayor en plantas provenientes de almácigo con pino compostado (17,5 g) que con tierra de hojas (14,2 g).

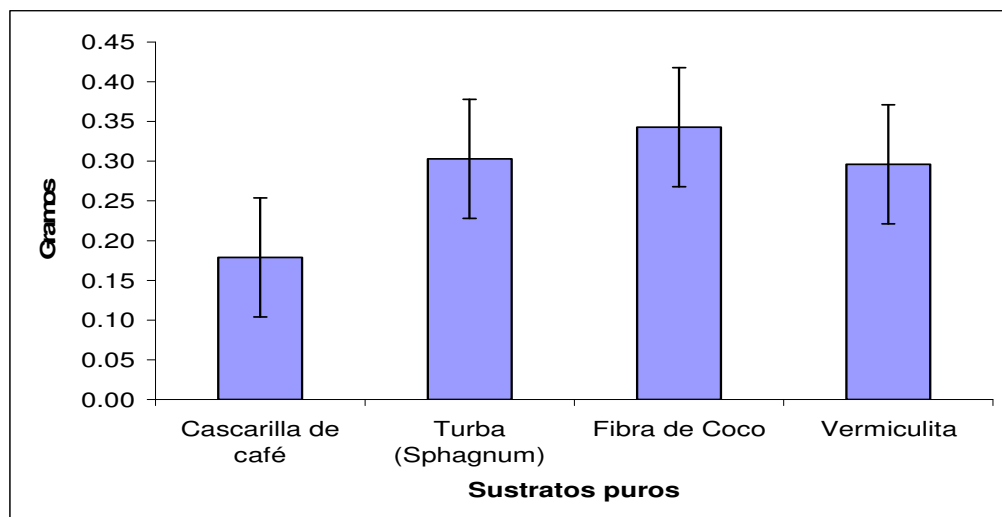


Figura 5.3. Efecto de materiales regionales sobre peso total de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes lagos, en almácigo.

#### 5.3.2.4. Número de hojas

El valor obtenido de la cascarilla de café, en el número de hojas, en plántulas de lechuga desarrollados en sustratos puros, es de comportamiento similar con la fibra de coco y estadísticamente diferente con respecto a la turba, con valores de de 4.67 y 4.33 contra 3.17 respectivamente. (Figura 5.4). Sepúlveda (2004), trabajando con lechuga y acelga en dos sustratos locales como son tierra de hojas y pino compostado encontró que el número de hojas es mayor en pino compostado que en tierra de hojas, 5,1 y 4,2 respectivamente. Para lechuga el mayor número de hojas fue en tierra de hojas (5,5) que en pino compostado (4,9). Concluyendo que la corteza de pino compostado puede ser usado como sustrato para almácigos al aire libre para la producción de lechuga y acelga.

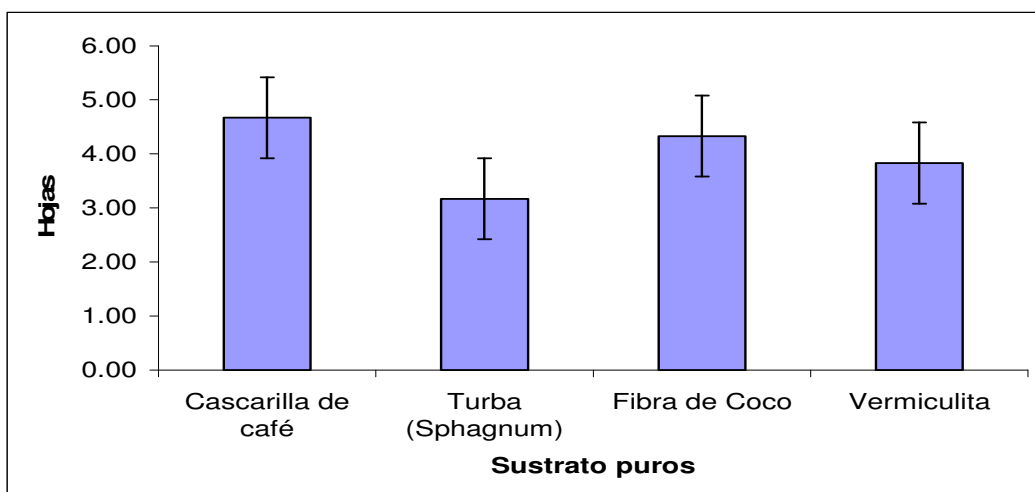


Figura 5.4. Efecto de materiales regionales sobre el número de hojas en plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c. v. Grandes lagos, a nivel de semillero.

N.S.: No significativo; \*:significativo ( $P < 0.05$ ; Tukey)

#### 5.3.2.5. Área foliar

La cascarilla de café nuevamente presenta diferencia estadísticamente significativa respecto a la turba con valores de 1167.42 y 353.8 cm<sup>2</sup> respectivamente (Figura 5.5). Quesada y Méndez (2005) encontraron que las plantas de mayor desarrollo en altura y grosor de tallo, mantuvieron la misma

tendencia en las mediciones de área foliar: brócoli 383.5, lechuga 532.5, pepino 127.5, tomate 254.8 en los sustratos S7: (abono orgánico + granza 70:30 v/v); S8: (abono orgánico “Juan Viñas” 100 % v).

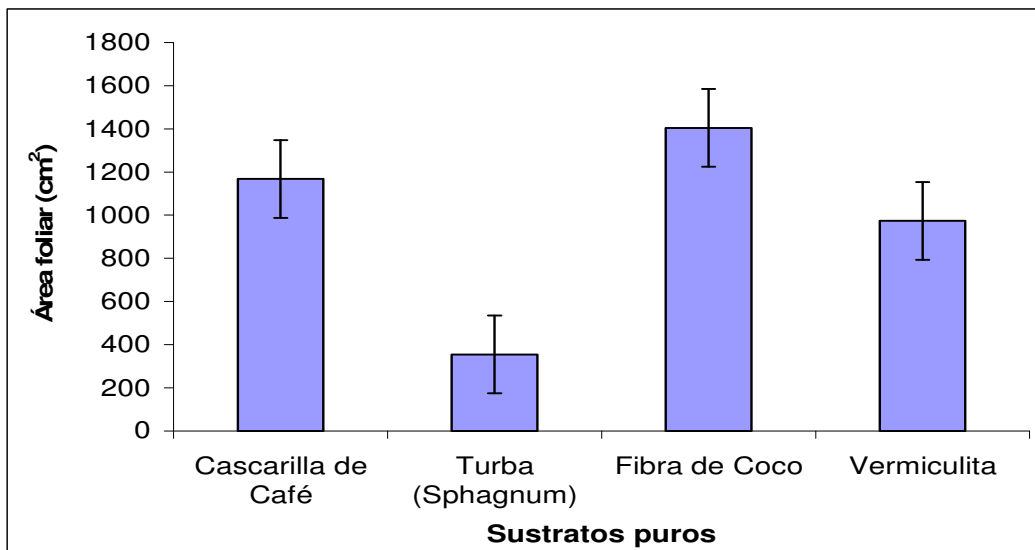


Figura 5.5. Área foliar (cm<sup>2</sup>) de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c. v. Grandes lagos, desarrolladas en sustratos puros. N.S.: No significativo; \*:significativo ( $P < 0.05$ ; Tukey).

### 5.3.3. Efecto de las mezclas de diferentes materiales regionales como sustratos, sobre algunos parámetros fisiotécnicos de plántulas de lechuga

El cuadro 5.5 muestra los resultados obtenidos para los parámetros: altura de planta, número de hojas y grosor del tallo de plántulas de lechuga a nivel de semillero, utilizando materiales orgánicos e inorgánicos regionales en mezclas (v/v). Todos los materiales evaluados mostraron diferencia significativa para los tres parámetros evaluados. Analizando estos resultados en base a lo dos grupos de materiales considerados en la germinación, podemos observar que el poco efecto que se tiene al utilizar materiales solos como sustratos en el crecimiento de plantula en semillero, así como el número de hojas y grosor del tallo, sin embargo al mezclar 50 % v/v de cáscarilla de café + 50 % v/v de turba *sphagnum* o 25 % de cascarilla de café + 75 % de turba, estos parámetros de lechuga en semillero se vieron altamente incrementados. El comportamiento de



estos resultados lo podemos encontrar en la explicación que diversos autores indican sobre la actividad reguladora y como estimulador del crecimiento y desarrollo vegetal que han mostrado diversos materiales orgánicos. Tal es el caso de la turba y fibra de coco en especies ornamentales de *coleus* y *calendula*, citados por Noguera *et al.*, 2000, quienes indicaron que el mayor crecimiento de raíces y brotes se debió a la presencia de compuestos de naturaleza hormonal o sustancias humicas en la fibra de coco y turba; materiales orgánicos, en comparación a la lana de roca, quien es un material inorgánico.

Cuadro 5.5. Efecto de diferentes mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos utilizados como sustratos sobre algunos parámetros fisiotécnicos de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes lagos, en semillero.

Combinación (% en v/v)					Altura de planta	Número de	Grosor del
A	B	C	D	(%)	(cm)	hojas	Tallo (cm)
75	25	0	0	(v/v)	3.79c	4.33b	2.73bc
75	0	25	0	(v/v)	3.35c	4.08b	2.27c
75	0	0	25	(v/v)	3.92c	5.08ab	3.08b
50	50	0	0	(v/v)	6.77ab	6.25a	3.35ab
50	0	50	0	(v/v)	4.37b	4.36b	3.00b
50	0	0	50	(v/v)	4.98b	5.08b	2.94bc
25	75	0	0	(v/v)	7.46a	6.83a	3.83a
25	0	75	0	(v/v)	4.65b	4.67b	2.96bc
25	0	0	75	(v/v)	5.33ab	5.25ab	3.31ab
Significancia					*	*	*

A: Cascarilla de café; B: Turba; C: Fibra de coco; D: Vermiculita.

a, b, c; Medias con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales.

\* ; Significancia ( $P < 0.05$ ; Tukey).

Al respecto, Amma (2002) obtuvo que para plántulas de tomate a nivel de semillero fue la mezcla de cáscara de arroz + turba con similar resultados de la mezcla de cáscara de arroz más perlita; para pepino, lechuga y apio. También, Quesada (2002) señala que en la obtención de plántulas de hortalizas como brócoli, lechuga, pepino y tomate, da mejores resultados la mezcla de sustratos, que utilizando materiales puros.

El cuadro 5.6 muestra los valores obtenidos para el área foliar y peso fresco de plantas de lechuga en semillero, utilizando distintas mezclas de sustratos. Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas. El mayor valor se obtuvo utilizando 25 % de cascarilla de café + 75 % de turba y 50 % (v/\*v) de cascarilla de café + 50 % de turba, tanto para el área foliar como para el peso seco de la plántula. Estos valores también fueron superiores a los obtenidos al utilizar materiales solos.

Cuadro 5.6.- Determinación de algunos parámetros fisiotécnicos de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel de semillero, utilizando mezclas de materiales regionales como sustratos.

Combinación (% en v/v)				Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso Fresco (gr.)	
A	B	C	D		Planta	Raíz
75	25	0	0	1313.92d	0.37bc	0.11c
75	0	25	0	1085.33d	0.34bc	0.10c
75	0	0	25	1897.67c	0.41bc	0.13c
50	50	0	0	6162.67b	1.68a	0.72ab
50	0	50	0	1813.75c	0.46bc	0.16bc
50	0	0	50	2239.67c	0.42bc	0.14c
25	75	0	0	8077.08a	1.86a	1.29a
25	0	75	0	1821.75c	0.52b	0.21b
25	0	0	75	3299.17c	0.66b	0.27b
Significancia				*	*	*

A: Cascarilla de café; B: Turba; C: Fibra de coco; D: Vermiculita.

a, b, c; Medias con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales.

\* ; Significancia ( $P < 0.05$ ; Tukey).

Quesada (2005) obtiene datos para peso seco de la parte aérea y de raíz y obtiene que las mezclas sean más favorables que el uso de sustratos puros. De igual forma De la Cruz (2000) En germinación de semillas forestales encontró que las mezclas de sustratos son mejores para el desarrollo de almácigos en especies forestales. Estos resultados han sido confirmados por los siguientes autores; Fernández *et al*, (2005), determinaron que el mejor sustrato para sustituir a la turba fue la mezcla de composta de cachaza de caña de azúcar y aserrín de coco molido en relación 2:1, en comparación con la

turba y mezclas en distintas proporciones, en los efectos de los sustratos sobre la longitud del tallo (LT), grosor del tallo en la base (GTB), número de hojas verdadera (NHV) y peso seco del tallo (PST), de las plántulas de tomate, 10 días después de la siembra.

Quesada y Méndez (2005) en la evaluación de sustratos para almácigos encontraron que las mezclas de sustratos (Abono orgánico “Juan Viñas” + granza; lombricomposta + Abono orgánico “Juan Viñas” + granza) produjeron los mejores almácigos de brócoli, pepino, tomate y lechuga sobre el uso de materiales regionales puros *Peat moss*, Perlita, suelo, Aserrín de melina madurado.

#### 5.3.3.1. Altura de plántula

En mezcla de sustratos, las combinaciones de cascarilla de café con turba en las proporciones de 25:75 y 50:50 v/v mostraron los valores más altos, 8.46 y 6.9, resultando significativos en comparación con el resto de las mezclas (figura 5.6). Añez y Figueredo (1999), encontraron que al momento del transplante, 30 días después de la siembra, la altura promedio de las plantas de tomate provenientes de semilleros con Sustrato Orgánico, (27,66 cm); fue superior al promedio de aquellas sembradas directamente en Campo, (11.74 cm); mientras que el diámetro del tallo a nivel del cuello de la raíz y el número de hojas por plántula, cuyos valores promedios fueron 0,58 cm y 5,97 respectivamente para Sustrato Orgánico, son considerados más altos que los obtenidos directamente en Campo, 0,42 cm y 4,25 hojas por plántula. Requejo *et al* (2003) encontraron que el desarrollo de plantas de tomate en tres tratamientos de cultivo sin suelo fue de mayor altura y más homogénea con respecto a los tratamientos de cultivo en suelo presentando desventajas estadísticamente significativas. Fernández *et al* (2003) en su ensayo del efecto de los sustratos sobre la longitud del tallo de tomate, a los 10 días después de la siembra, encontró que la turba emitió el mayor valor con 4.881 cm con respecto a las mezclas de composta y aserrín de coco en las proporciones de 2:1, 1:1 y 1:2 con valores de 3.785, 2.953 y 3.459 respectivamente.

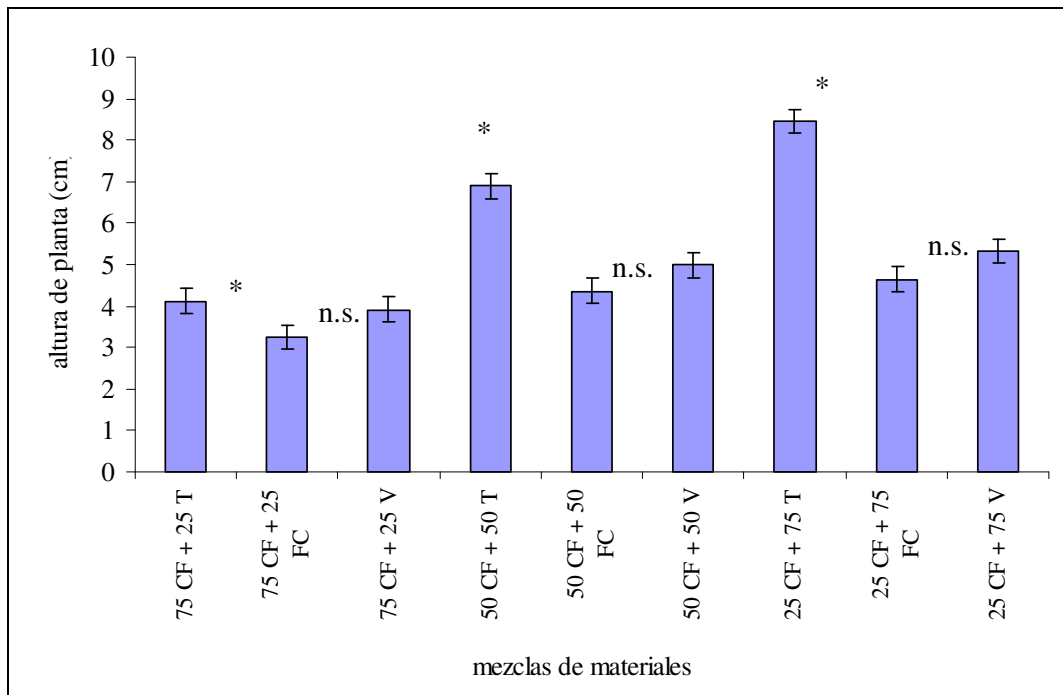


Figura 5.6. Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CC), Turba *Sphagnum* (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre la altura de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c. v. grandes lagos, a nivel de semillero. N.S.: No significativo; \*:significativo ( $P < 0.05$ ; Tukey).

### 5.3.3.2. Grosor del tallo

La mezcla de sustrato compuesta de 25:75 en relación v/v de cascarilla de café y turba (*Sphagnum*) (figura 5.7) emitió el mayor resultado con un valor de 3.97 mm de grosor del tallo en plántulas de lechuga, seguida por la mezcla 50:50 v/v de cascarilla de café y Turba con un valor de 3.35, mismo que fueron estadísticamente significativos a la turba 1.16 y con respecto al resto de las mezclas en estudio. Fernández (2003), en la variable de grosor del tallo a la base, a los 10 días después de la siembra de semillas de tomate, encontró que la turba emitió el mayor resultado de 1,305 mm respecto a mezcla de composta y aserrín de coco en las proporciones de 2:1, 1:1 y 1:2 con valores de 0,997; 0,995 y 1.002 mm respectivamente.

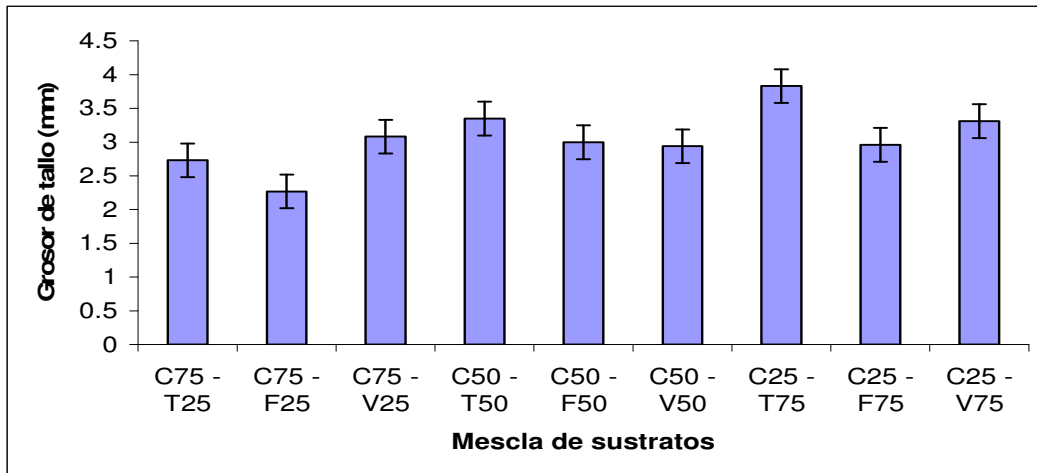


Figura 5.7. Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba *Sphagnum* (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre el grosor de tallo de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c.v. Grandes lagos.

#### 5.3.3.3. Peso total de plántula

Los mayores valores obtenidos en las mezclas de cascarilla de café y turba en las proporciones 25:75 y 50:50 v/v, son estadísticamente significativas en relación a las otras. (Figura 5.8)

Fernández (2005), encontró en la turba el mayor valor, 7,25 g en plántulas de tomate, con respecto a mezcla de sustratos de composta y aserrín de coco en las proporciones de 2:1, 1:1 y 1:2 con valores de 4.98, 2.13 y 3.47 respectivamente.

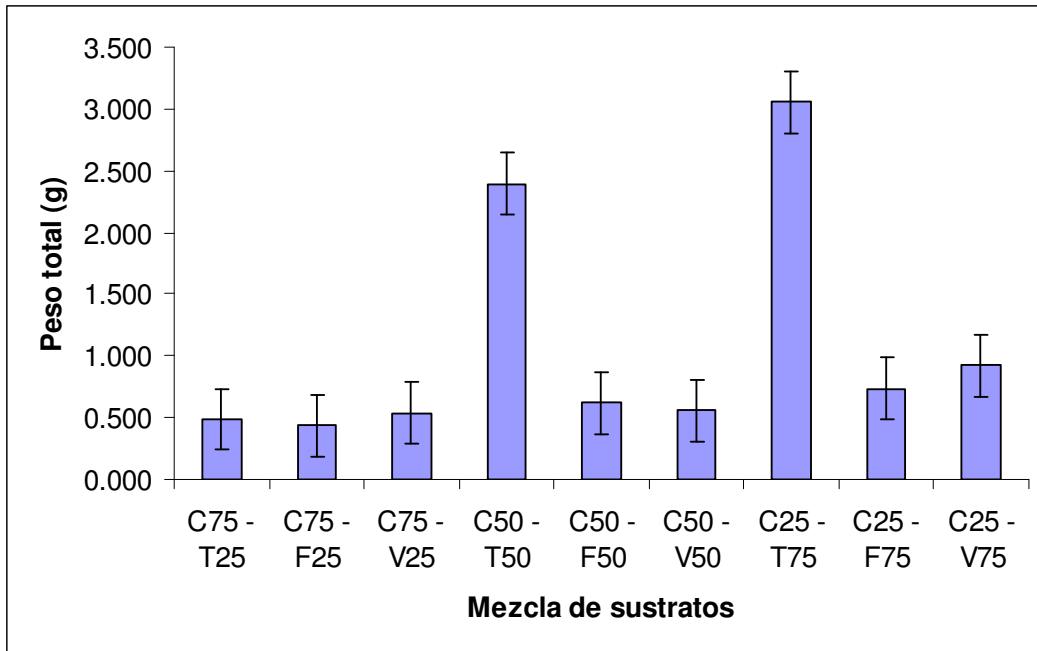


Figura 5.8. Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba *Sphagnum* (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre Peso total de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c. v. Grandes lagos, obtenidas en almácigo.

#### 5.3.3.4. Número de hojas

El valor emitido por la mezcla de sustratos 25:75 de cascarilla de café y turba, indica ser estadísticamente significativo para con el resto de los sustratos, siendo el mayor valor de 6.83 hojas. (Figura 5.9)

Fernández (2003), en la variable de número de hojas verdaderas a los 10 días de sembrada la semilla de tomate encontró en la turba el mayor valor de 1.852 en relación a la composta y aserrín de coco en las proporciones de 2:1, 1:1 y 1:2 con valores de 1.742, 0.890 y 1.277 respectivamente.

Verón, *et al*, (2002) encontraron que en composta de aserradero en proporción de 25, 50 y 75% en relación v/v con tierra de un suelo de la serie “Costa grande” las plántulas de pepino emitieron el mayor número de hojas con respecto a otros 14 tratamientos consistentes en mezcla de composta de monte y musgo con suelo y del suelo mismo que fungió como testigo al 100%.

De la Cruz (2001) en la comparación de medias, los datos muestran que el mejor tratamiento en cuanto a la variable de altura de la planta y número de hojas para plántulas en almácigo de Cedro (*Cedrela odorata*) y de la Ceiba (*Ceiba pentandra*) se obtuvieron de la cascarilla de cacao + lechuguilla y los mejores diámetros se obtuvieron en el tratamiento a base de lechuguilla.

Chávez (1999) en Costa Rica, probando la mezcla del sustrato (75% tierra + 25% Abono orgánico) a base de broza de café, encontró en este material los mejores resultados de número de hojas, peso del follaje y altura total de las plantas.

A los 33 días se observa los mejores resultados en los sustratos de humus de lombriz con 45, 60 y 70%, turba rubia con 45, 30 y 20% y limonita con 10% con valores de 10.50, 10.61 y 10.65 cm respectivamente sin diferencias significativas entre los mismos, pero si con respecto a los otros tratamientos evaluados que incluyen al testigo de referencia.

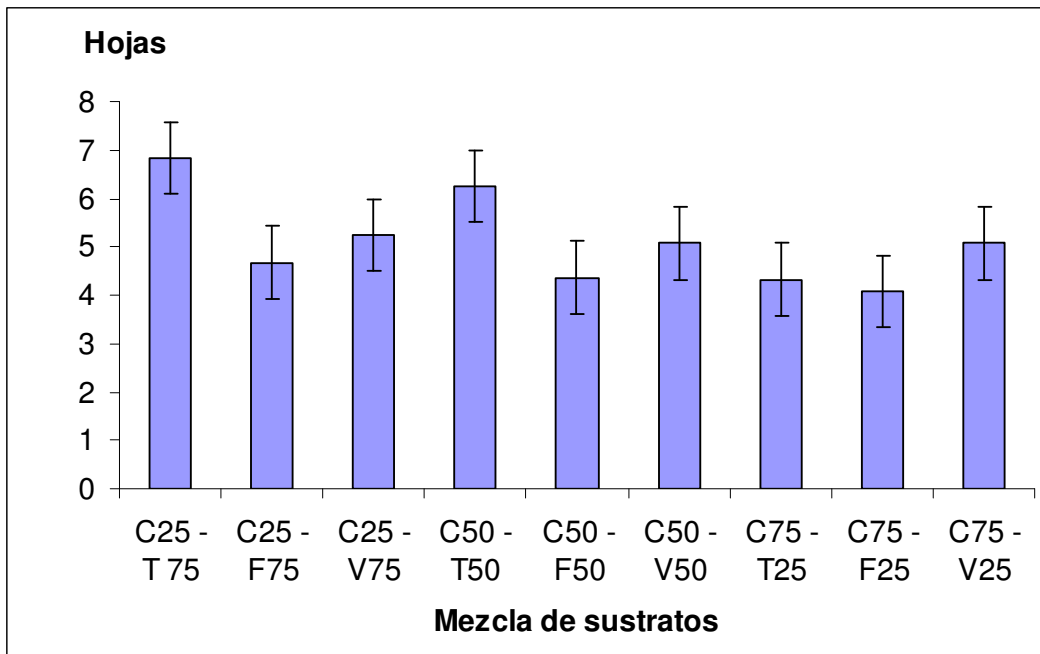


Figura 5.9. Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), Turba *Sphagnum* (T), Fibra de coco (FC) y vermiculita (V)

sobre Número de hojas de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c. v. Grandes lagos, obtenidas en almácigo.

### 5.3.3.5. Área foliar

El sustrato generado por la mezcla de cascarilla de café y turba (*Sphagnum*) en la proporción de 25-75 % emitió el mayor valor 8077.08 cm<sup>2</sup> seguido del sustrato 50-50 % mismos que fueron altamente significativos con respecto a las otras mezclas de sustratos. (Figura 5.10)

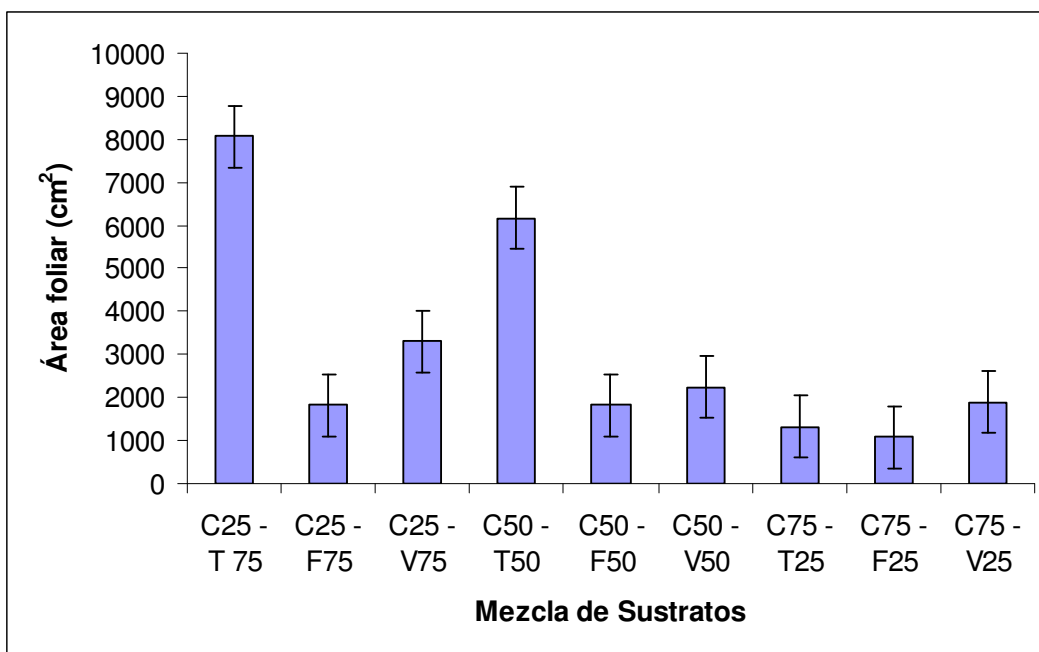


Figura 5.10. Efecto de las mezclas en % de volumen de los materiales regionales: cascarilla de café (CF), turba *Sphagnum* (T), fibra de coco (FC) y vermiculita (V) sobre Índice de área foliar de plántulas de lechuga (*L. sativa* L.) c. v. Grandes lagos, obtenidas en almácigo.



### **FASE III. EFECTO DEL USO DE MATERIALES REGIONALES COMO SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*L. sativa* c.v. Grandes lagos) EN INVERNADERO Y CAMPO**

#### 5.4. CONDICIÓN DE INVERNADERO

##### 5.4.1. Variables fisiotécnicas en plantas de lechuga de consumo

Los mayores valores para las variables de Altura Total (AT), peso fresco del vegetal, (PF), número de hojas (NH) y peso seco (PS). Se obtuvieron de la mezcla de los sustratos de cascarilla de café y turba en relación 50:50 V/V para las condiciones de invernadero, los cuales fueron estadísticamente significativos, respecto al resto de los valores emitidos por los demás sustratos. (Cuadro 5.7). Estos valores fueron aun mayores con relación a los datos obtenidos para la condición de campo. (Cuadro 5.8). Relación análoga se obtuvo en las variables de altura total, número de hojas, el peso fresco y peso seco en condición de invernadero, con respecto a la obtenida en condición de campo. Resultado similar encontró Sepúlveda (2004), en la cosecha de lechuga cultivadas en sustrato de pino compostado y tierra de hoja, no presentó diferencias significativas en el diámetro de cabeza, número de hojas, peso seco hojas y número de plantas cosechadas, pero el peso seco de raíz es significativamente mayor en plantas provenientes de pino compostado (17,5 g) que con tierra de hojas (14,2 g). Para acelga, la altura y el número de hojas es significativamente mayor en las plantas provenientes de tierra de hojas (36,9 cm), que con pino compostado (34,2 cm), pero no hubo diferencias significativas en el peso seco hojas, peso seco raíz y el número de hojas obtenidas en la cosecha.

Cuadro 5.7. Diferentes valores de un cultivo de lechuga (*L. sativa* L.) en invernadero, utilizando cascarilla de café y materiales regionales como sustratos.

MATERIALES REGIONALES	Parámetros fisiotécnicos			
	Altura total (cm)	No. de hojas	Peso (g) Planta	Peso seco (g)
Turba ( <i>Sphagnum</i> )	21.67a <sup>1</sup>	9.67a	11.50a	2.30a
Fibra de Coco	27.75a	11.00a	13.77a	2.80a
Bagazo de Maguey	44.25b	16.00b	53.25a	3.83a
Cascarilla de café	48.58b	16.83b	69.98a	6.12a
25C - 75T % (v/v)	76.25c	23.17c	243.88b	19.78b
50C - 50T % (v/v)	80.58c	24.50c	290.33b	22.33b

<sup>1</sup>:Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey 0.05); C = cascarilla de café; T = turba (*Sphagnum*)

## 5.5. CONDICIÓN DE CAMPO

### 5.5.1. Variables fisiotécnicas en plantas de lechuga de consumo

En las condiciones de campo, todos los valores emitidos por los sustratos regionales, tanto puros como en mezcla, mostraron diferencias estadísticamente significativas en las variables de altura total (AT), peso fresco del vegetal, (PF), número de hojas (NH) y peso seco (PS) que superaron a la turba que se planteó como testigo. Siendo la mezcla de 50:50 v/v de cascarilla de café con turba la que emitió los valores de 62.33; 232.22; 27.67 y 17.28 respectivamente, para las variables señaladas. Estos incrementos se deben a que la cascarilla mejora las propiedades físicas a la vez que aporta elementos nutritivos para el desarrollo de las plantas. Verón (2002). Sobre los resultados obtenidos se concluye que en la producción, los tratamientos que contenían 50% y 25% de composta de residuos industriales del café presentaron los mayores incrementos en peso seco. Por otro lado, a mayor proporción de composta no se registraron aumentos en el peso seco.

Similar resultado encontró Hernández (1999) en su trabajo de lombricomposta, aplicada aun en dosis menores, provocó una respuesta favorable en crecimiento y desarrollo de plántulas de café, comparadas con el manejo tradicional con fertilización mineral.

Cuadro 5.8. Diferentes valores de un cultivo de lechuga (*L. sativa* L.) en campo, utilizando cascarilla de café y materiales regionales como sustratos.

MATERIALES REGIONALES	Parámetros fisiotécnicos			
	Altura total (cm)	No. de hojas	Peso (g) Planta	Peso seco (g)
Turba (Sphagnum)	20.83a <sup>1</sup>	10.83a	15.10a	2.85a
Fibra de Coco	23.00a	11.83a	16.82a	3.43a
Bagazo de Maguey	45.42b	14.33ab	60.93ab	8.80b
Cascarilla de Café	38.17b	19.83b	86.07b	9.67b
25C - 75T	57.33c	24.33c	156.83c	16.62b
50C - 50T	62.33c	27.67c	232.22d	19.28c

<sup>1</sup>: Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey 0.05); C = cascarilla de café; T = turba (Sphagnum)

Las plántulas se desarrollaron muy bien con solamente aplicación de agua, manteniéndolas a exposición permanente del ambiente. Las variables en estudio alcanzaron el mayor valor con la mezcla de los sustratos.

Los materiales utilizados en este trabajo, como sustratos, se constituyen en alternativa con respecto a algunos materiales tradicionales. Esto como consecuencia de la naturaleza de los componentes, puesto que en una gran mayoría son materiales de origen autóctonos, de gran disponibilidad y bajo costo; ejemplo de ello es la cascarilla del café que constituye una excelente fuente de celulosa, lignina, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción. También la cascarilla del café en los abonos orgánicos permite darle una mejor homogenización y aireación al prepararlo; además, aumenta hasta en 30% el volumen total del mismo. Por otro lado, Restrepo (1978) afirma que cuando la cascarilla del café se humedece con un poco de suero de leche, levadura y melaza de caña o aguas mieles provenientes del propio beneficio del grano, éste se constituye en un excelente medio de cultivo para la multiplicación diversificada de microorganismos en constantes sucesiones biológicas, las cuales favorecen la rápida recuperación de los suelos degradados.

## VI. CONCLUSIONES

### 6.1 Conclusiones.

#### **FASE I DETERMINACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA CASCARILLA DE CAFÉ**

La distribución del tamaño de las partículas de la cascarilla de café fue similar a la obtenida en la fibra de coco y el de la turba (*Sphagnum*).

Tanto el pH como la C. E. emitido por el extracto de saturación no afectaron la germinación de las semillas de lechuga en las pruebas biológicas de laboratorio.

Las pruebas de germinación por extracto de saturación de cascarilla de café indicaron un comportamiento similar al obtenido por el extracto de la turba (*Sphagnum*).

#### **FASE II PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L. c.v. Grandes Lagos.) EN ALMÁCIGO**

La cascarilla de café utilizada como sustrato en la germinación afectó positivamente el desarrollo radicular de las plántulas de lechuga en la reproducción de almácigos.

Las plántulas de lechuga producidas en almácigos tuvieron mejor desarrollo cuando la cascarilla de café se mezcló con la turba en la proporción de 25 – 75 en v/v.

### **FASE III. PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) PARA CONSUMO EN CONDICIONES DE INVERNADERO Y CAMPO**

La cascarilla de café utilizada como sustrato para el cultivo sin suelo de lechuga (*L. sativa* c.v. Grandes Lagos), en la mezcla 50 – 50 en relación v/v con la turba (*Sphagnum*), presentó un sinergismo respecto a los materiales puros.

La madurez fisiológica del cultivo de lechuga (*L. sativa* c.v. Grandes Lagos), en condiciones de campo es superado por la siembra en invernadero por dos semanas de diferencia.

## VII. RECOMENDACIONES

### 7.1. Recomendaciones

Se recomienda la mezcla de la cascarilla de café y la turba, como sustrato, para la producción de plántula de lechuga (*L. sativa* c.v. Grandes Lagos) en almácigo.

El sustrato generado como mezcla de cascarilla de café y turba en la proporción de 50 – 50 % v/v, se recomienda su uso como medio de cultivo para la producción de lechuga (*L. sativa* c.v. Grandes Lagos) en la producción de consumo.

Se recomienda experimentar la producción de lechuga (*L. sativa* c.v. Grandes Lagos), utilizando los mismos materiales, tanto en forma pura como en mezcla, con la aplicación de solución nutritiva.

## VIII. LITERATURA CITADA

Abad, M. 1993. *Sustratos. Características y propiedades*. pp. 47-62. In: Cultivo sin suelo. F. Canovas y J. Díaz. (ed). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA.

Abad, M. 1993b. *Inventario y características*. pp. 65-80. In: Cultivo sin suelo. F. Canovas y J. Díaz. (ed). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA.

Abad, M., Martínez, P. F., Martínez, M. D., Martínez, J. 1993. *Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo*. Actas de Horticultura, 11:141 – 154.

Abad, M., P. Noguera, 1988 *Sustratos par el cultivo sin suelo y fertirrigación*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 287 – 342.

Abad, B. M., Noguera M. P. 2000. *Los sustratos en los cultivos sin suelo*. En: Erreztarazu, G., M. (Coord.) *Manual de sustratos sin suelo*. Manuales. Ed. Mundi prensa. Esp.

Amma, A. T. y G. Cascardo. 1994. *Producción hortícola sin suelo*. Experiencias iniciales. Riv. Agric. Subtrop e Trop. 88(3):559-568. Horticultura Argentina. Documenti per la Cooperazione allo Sviluppo. IAO Nº 10: 547-558, 1995.

Amma, A. T. y G. Cascardo 1997. *Reutilización de sustratos en cultivo sin suelo de hortalizas bajo cubierta*. Libro resúmenes: I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación. Murcia. España 25-28 / V / 97.

Amma, A. T. 2000. *Producción de tomate en sistema de cultivo sin suelo abierto y cerrado*, San Pedro, Buenos Aires. Arg.

Amma, A. T. 2002. *Cultivo sin suelo en la producción de hortalizas bajo cubierta*. San Pedro, Buenos Aires. Arg.

Ansorena, J. 1994. *Sustratos. Propiedades y caracterización*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 172 pp.

Añez B., Figueredo C. (1999) *Influencia del número y disposición de plantas por hilera sobre el crecimiento y producción de tomate bajo siembra directa y por transplante*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). Vol: 16. Mérida, Venezuela pp. 398-413

Añez Reverol, B. Y Tavira D., E. M. 1981 “*Aplicación de nitrógeno y de estiércol al cultivo de Lechuga (Lactuca sativa L.)*” Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 14 p.

ASERCA, 2001. *Ciclo primavera-verano 2001*. Ingreso Objetivo. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria. SAGARPA. Méx.

Baixauli S., C. Aguilar O., J. M. 2002. *Cultivo sin suelo de hortalizas*. Aspectos prácticos y experiencias. Serie Divulgación Técnica. Genetalitat Valenciana. Valencia Esp.

Baker, et al, 1995. *Los sustratos en la producción agrícola*. Ediciones Aerotécnicas. S. I., Madrid, España.

Benavides, A. M. 2005. *Producción de hortalizas en invernadero*. Segundo curso internacional. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura, S.C. (INTAGRI). Zacatecas, Zac. del 16 al 18 de febrero. Méx.

Burés, S. 1997. *Sustratos*. Ediciones Aerotécnicas. S. I., Madrid, España. 342 pp.

Cabezas, C. E. 2002. *Nutrición vegetal en flor de corte en el sur del estado de México*. Grupo Visaflor S.A. de C. V. Villa Guerrero, Estado de México. Buenavista, Saltillo, Coahuila.



Cadahia L., C. 2000. *Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales*. Mundi-Prensa . España.

Calderón, A. 2000. *Sustratos Agrícolas*. Proyecto Fondef D011063; Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. La Pintana, Región Metropolitana, Chile.

Cecafé, 2004. *Cadena sistema producto. Café*. Censos agropecuarios. INEGI – Sagarpa. Oaxaca.

Cánovas, F. y Magán, J.J. 2003. *Cultivos sin suelo. En: Técnicas de producción en cultivos protegidos*. F. Camacho (Ed.) Instituto de Estudios de Cajamar. Almería: 407-453.

Chávez, A. V. 1999. *Evaluación de programas de fertilización foliar en plantas de almácigo*. Tecnología del café. Costa Rica.

Contreras S. Barros M. 2005. *Pruebas de Vigor en Semillas de Lechuga y su Correlación con Emergencia*. Departamento de Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Pontificia Universidad Católica de Chile Casilla 306-22, Santiago, Chile. *Cien. Inv. Agr.* 32(1): 3-11.

De la Cruz M. J., Arrieta, R. A. 2001. *Comportamiento de la germinación de Ceiba pentandra y Cedrela odorata en diferentes sustratos*. XV Congreso Nacional de Investigación y desarrollo Tecnológico Agropecuario, Campeche, Cam. Méx.

Di Benedetto, A., et al. 2000. *Adaptación de cuatro especies florales anuales a diferentes sustratos de crecimiento*. Agrosur, Universidad de Chile.

Escobar R. 1980. *Comparación de algunos métodos para la evaluación de la germinación en semillas de maíz. (Zea mays L.)* Costa Rica.

Farfán V. F. 2002. *Residuos de la producción cafetera para la producción y uso como abonos orgánicos*. Centro Nacional de Investigación de Café. Colombia.

Fernández-Bravo, C. 2000. *Crecimiento de plántulas de tomate cv. Río grande en bandejas plásticas usando mezclas de compost y aserrín de coco como sustituto de la turba de musgo*. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, LUZ, Maracaibo, Venezuela.

Fernández, B. C. 2006. *Germinación de semilla de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) cv Río Grande sembradas en badejas plásticas, utilizando distintos sustratos*, Facultad de Ingeniería. Universidad de Zulia. Venezuela.

Fernández, B. C., et al. 2007. *Germinación de semillas de tomate (Lycopersicon esculentum. Mill.) 'Río Grande' sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos*. Universidad del Zulia. Maracaibo ZU 4005, Venezuela.

Gruda, N., W.H. Schnitzler, 2003, *Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants. I. Physical properties of wood fiber substrate*. Chair of Vegetable Science, Technische Universität München, 85354 Freising, Germany.

Günther, J., Schmilewski, G., Dr. H. Terkamp, 1990. *La materia prima Turba*. Zentrale. Informationsstelle Torf und Humus. BaumstraBe 6. Germany. 18 pp.

Hernández D. Villalobos C., Vega M. 1999. *Fertilización de café en almácigo con lombicomposta*. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos. Escuela de Ciencias agrarias, Universidad Nacional. San José, Costa Rica.

Ledesma, S. L. 2001. *Cultivo hidropónico de lechuga en un invernadero con acondicionamiento solar*. Energía solar, aplicaciones agrícolas e industriales.

- Lemaire, F. 1997. *The problem of biostability in organic substrates*. Acta Horticulturae. 450:63-69.
- Linares, O. H. 2004. *El cultivo del tomate en invernadero*. Manual del participante. Secretaría de la Reforma Agraria. PROCEDE. "Fondo de tierras e instalaciones del Joven Emprendedor". México.
- Maloupa, E., Mitsios, I., Martinez, P.F., S. Bladenopoulou, 1992. *Study of substrate use in Gerbera soil-less culture grown in plastic greenhouses*. Actas de Horticultura, 323, 139–144.
- Martínez, C. E. y M. García Lozano. 1993. *Cultivos sin suelo: Hortalizas en Clima Mediterráneo*. Ediciones de Horticultura REUS. 123 pp.
- Martínez M., F. 1994. *Manual básico de sustratos*. Oasis consultoría. Jiutepec, Morelos. México.
- Martínez G., P. F. 1997. *Sustratos: Propiedades, ventajas y desventajas*. Conferencia internacional de hidroponía comercial. Universidad Agraria La Molina, Perú.
- Mora L. 1999. *Sustratos para cultivo sin suelo o hidroponía*. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos. San José, Costa Rica.
- Moreno, M.T., 1994. *Estudio del residuo de la industria del corcho como sustrato hortícola*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, España. 288 pp.
- Nelson, P. 1998. *Manejo y operación de invernadero*. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Obrador, D. 1996. *Mejoradores en el manejo de suelos*. UAAAN, México.

Ochse, *et al.*, 1982. *Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales* Editorial Limusa. Quinta reimpresión. Mexico pp. 873 – 911.

Ordóñez P, J. A. 2002. Evaluación de Diversos Sustratos y Soluciones Nutritivas en la Producción de Plántulas de Lechuga (*Lactuca sativa* var. Great Lakes). Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Ortega M.C., Moreno M.T., Ordovás J., M.T. Aguado, 1996, *Behaviour of different horticultural species in phytotoxicity bioassays of bark substrates*. Sevilla, España. *Scientia Horticulturae* 66, 125 – 132.

Pastor, J. 1999. *Utilización de sustratos en viveros*. Terra, 17(3):231-235.

Peralta T, L. M. 2002. Evaluación de la Composta de Cáscara de Cacao para la Producción de Plántula y Mejorador del Suelo. Tesis Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Peralta, J. L., H. F. Mirafuentes, 2002 *Tierra de cacao*. Memoria del curso de producción de hortalizas en invernadero. INIFAP. Tabasco, México.

Quesada, R. G., Méndez, S. C. 2005. *Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas* Agronomía Mesoamericana, julio – diciembre, año/vol. 16, número 002 Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica pp. 171 – 183.

Requejo, L. R. *et al.* 2003. *Producción y calidad de tomate bajo el sistema de cultivo sin suelo*. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Restrepo, R. J. 1978. *Caracterización física y química de los frutos del café*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (INCAP)

Restrepo, J. 1996. *Abonos orgánicos fermentados*. Experiencias de Agricultores de Centroamérica y Brasil. OIT, PSST – AcyP; CEDECE, 51 p.

Reyes, C. 1999. *Diseños Experimentales Aplicados*. Trillas. México.

Robledo, T. V. 2004. *Comportamiento agronómico de plántulas de lechuga desarrolladas en microtúneles con cubiertas fotoselectivas* Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Sagarpa. 2005. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. México.

Sagarpa. 2006. *Feria de productos orgánicos, México en Alemania*. Coordinación General de Comunicación Social. 16 – 19 de febrero. México.

Salinas A. R., Yoldjian A. M., Craviotto R. M. y Bisaro V. 2000. *Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soya*. Universidad Nacional de Rosario (UNR), Fac. de Ciencias. Zavalla, Santa Fe, Argentina.

Samartzidis C., Awada T., Maloupa E., K. Radoglou,. 2005. Constantinidou, H.-I.A. (2005). *Rose productivity and physiological responses to different substrates for soil-less culture*. Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Greece. Scientia Horticulturae 106, 203–212.

Sandó, C. N. D. 2006. *Contribución a la tecnología de cepellones para el cultivo protegido en plántulas de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la provincia de Cienfuegos*. Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez” La Habana, Cuba.

Sepúlveda, M. I. 2004. *Utilización de pino compostado en almácigos de hortalizas*. Universidad de Talca Chile, Escuela de Agronomía.

Urrestarazu, M. 2004. *Bases y sistemas de los cultivos sin suelo*. En: Tratado de cultivo sin suelo. Urrestarazu, M. (Ed.) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: 3-47.

Verón, R. Miceli, G. Iglesias, M. C. 2002. *Prueba en planta de sustratos obtenidos mediante el compostaje de residuos agroindustriales*. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE. Corrientes, Argentina.

Villegas, T. O. G., Rodríguez, M. M. N., Trejo, T. L. I., Alcántara, G. G. 2001. *Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate*: Terra Latinoamericana, enero – marzo año/vol. 19, número 001 Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México pp. 97 – 102.

Zucconi, F.; De Bertoldi, M. 1991. *Biological ecaluation of compost maturiry*. BioCycle.