

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN SUSTRATOS  
ORGÁNICOS BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO**

Presenta:

**CELIA XALPA RANGEL**

**TESIS PROFESIONAL**

Presentada como requisito parcial

Para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Mineralización de nitrógeno en sustratos orgánicos bajo  
condiciones de invernadero.**

Por

**CELIA XALPA RANGEL**

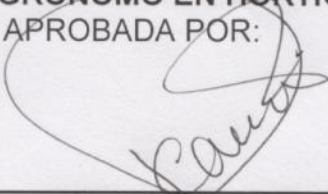
**TESIS**

Que somete a la consideración del comité asesor, como requisito parcial para  
obtener el título de:

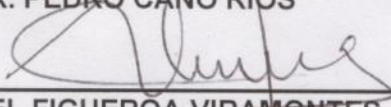
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

APROBADA POR:

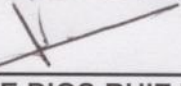
Asesor  
Principal:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. PEDRO CANO RÍOS**

Coasesor:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES**

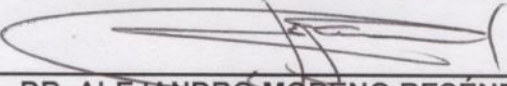
Asesor:

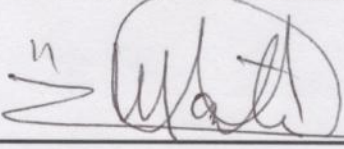
  
\_\_\_\_\_  
**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO**

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

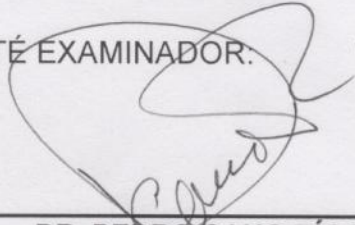
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE LA C. CELIA XALPA RANGEL QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

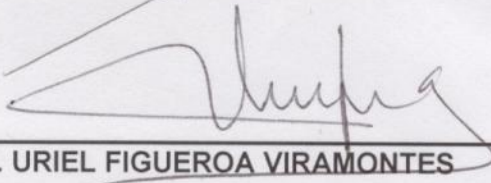
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

COMITÉ EXAMINADOR:

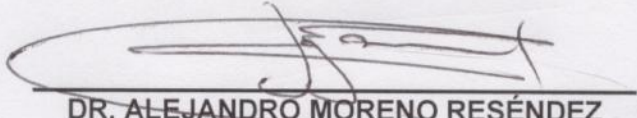
PRESIDENTE:

  
DR. PEDRO CANO RÍOS

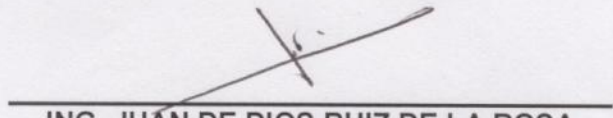
VOCAL:

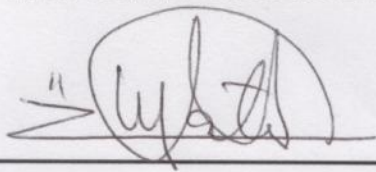
  
DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES

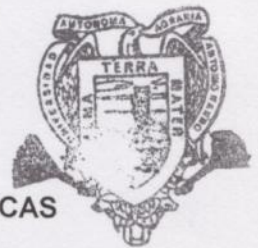
VOCAL:

  
DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL  
SUPLENTE:

  
ING. JUÁN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

  
MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2009

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

#### **Benito Xalpa Nájera y Teresa Rangel García**

Este logro, se lo debo a ustedes, por darme su amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional durante todo este tiempo, dándome consejos, llamadas de atención que me guiaban por el buen camino, por eso les dedico con todo mi amor y cariño, este y todos mis logros.

### **A mis Hermanos:**

#### **Yuliana y Benito Xalpa Rangel**

Esto también va para ustedes hermanos, por todo su amor, cariño, consejos, apoyo incondicional y por ser tan maravillosas personas. Son los mejores hermanos del mundo, Gracias por formar parte de mi vida. Los Amo.

### **A Mis amigos:**

#### **Elvia Carreón, Luis A. Reynoso, Rita Álvarez, Angel A. Sordo, Oscar López, Ulises, Julio C. Reynoso**

Que entre todos aprendimos a organizarnos, para salir adelante, apoyándonos y cuidándonos unos a otros, juntos como una familia. GRACIAS CHICOS.

☞ “NO EXISTEN LOS ACCIDENTES, TODO PASA POR ALGO”♣☺

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Dios**

Gracias por prestarme vida hasta este momento, darme la dicha de poder culminar mis estudios, y haber iluminado mi camino guiándome en mis decisiones, ser mi fortaleza en momentos difíciles y traer paz a mi vida.

**Mi “Alma Terra Mater”:** Por brindarme la oportunidad de formarme no solo como profesional, sino también como persona; conocerme a mí misma, saber de lo que soy capaz y hasta dónde puedo llegar, por eso y muchas cosas más, me siento orgullosa al decir que soy BUITRE.

**A mí Familia:** Son los mejor del mundo, no tengo palabras para agradecerles a mis papás y hermanos, lo mucho que han hecho por mí, por apoyarme en todo momento, por ser mi mayor orgullo y ser el motivo de seguir adelante, sin ustedes no lo hubiera logrado. LOS AMO.

**Dr. Uriel Figueroa Viramontes:** Gracias por el tiempo que dedico al asesorarme desde el establecimiento del proyecto hasta la redacción de este documento, compartiendo sus inmensos conocimientos y su amistad.

**Dr. Pedro Cano Ríos:** Porque durante mi formación, no dudo en compartir sus conocimientos y aconsejarme para una mejor formación, Muchas Gracias.

**Dr. Alejandro Moreno Reséndez:** Por haber compartido sus conocimientos y consejos así como su amistad, Gracias. También por proporcionar el vermicompost para la realización de este proyecto.

**Ing. Juan De Dios Ruiz de la Rosa:** Por su apoyo y asesoramiento durante el desarrollo del experimento, brindarme sus conocimientos y su amistad. Gracias.

**Dr. José Luis Reyes Carrillo:** Por su asesoramiento durante el desarrollo de este documento, brindarme sus conocimientos. Gracias.

**Dr. Eduardo Madero Tamargo:** Por ser una gran persona, un excelente formador académico, un gran amigo, por todos sus consejos y apoyo. Muchas Gracias.

**Dr. Angel Lagarda Murrieta:** Por ser un excelente formador académico, por todos sus consejos y apoyo. Muchas Gracias.

**Sr. Daniel Sánchez:** Por proporcionar el compost y el compost con yeso para la realización del experimento.

**Mis amigos Elvia Carreón, Angel A. Sordo, Rita Álvarez, Luis A. Reynoso, Oscar López, Ulises Correa, Julio C. Reynoso, Efrén Hernández:** gracias por su sincera amistad, por su apoyo incondicional y pasar todo este tiempo conmigo, compartiendo logros, fracasos, tristezas, pero muchísimas alegrías, LOS QUIERO MUCHO nunca cambien, son magnificas personas.

**Al Coach del equipo de Volibol en la Universidad Gerardo Rodríguez:** Por dejarme pertenecer a el equipo, por su apoyo, consejos y por su amistad. Gracias.

**A mis Amigos y Compañeros del equipo de volibol,** gracias por compartir todos esos momentos de alegría, entusiasmo, lucha en los partidos y entrenamientos.

**Bibiana Soto, Mariel Figueroa, Magali López, Gilberto Rodríguez,** por apoyarme en la realización de mi proyecto, Muchas Gracias

**A ti José Iván Bastarrachea Fonseca (†)** Por permitirme conocerte en vida y guardar un recuerdo hermoso de ti, no te olvidare AMIGO, que Dios te guarde en su gloria, siempre estarás en mi corazón.

**A todos mis compañeros de la generación 2005-2009,** de corazón, les deseo lo mejor para su futuro, MUCHO ÉXITO!!!

🗨️ “NUNCA TE DES POR VENCIDO, AUNQUE LOS DEMAS DIGAN QUE NO PUEDES” ♥

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Sustratos.....	3
2.1.1 Generalidades.....	3
2.1.2 Características de los sustratos.....	3
2.1.2.1 Características físicas.....	4
2.1.2.2 Características químicas.....	5
2.1.2.3 Propiedades biológicas.....	7
2.1.3 Tipos de sustratos.....	7
	vii

2.2 Arena.....	8
2.2.1 Generalidades.....	8
2.3 Compost.....	9
2.3.1 Generalidades.....	9
2.4 Vermicompost.....	10
2.4.1 Generalidades.....	10
2.5 Yeso.....	11
2.5.1 Empleo del yeso en la agricultura.....	11
2.6 Descomposición de los sustratos orgánicos.....	12
2.7 Mineralización de Nitrógeno.....	13
2.8 Perdidas de Nitrógeno.....	13
2.9 Factores que afectan la Mineralización de Nitrógeno en Compost.....	14
2.9.1 Humedad.....	14
2.9.2 Temperatura.....	14
2.9.3 Salinidad.....	14
2.9.4 pH.....	15
2.9.5 Relación Carbono:Nitrógeno (C:N).....	15
2.10 Mineralización de Nitrógeno de compost diferentes.....	16
2.11 Cultivo de Melón.....	17
2.11.1 Origen.....	17
2.11.2 Taxonomía.....	17
2.11.3 Descripción morfológica.....	18
2.11.4 Tecnología de producción en invernaderos.....	19



<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 Localización del sitio experimental.....	20
3.2 Condiciones del invernadero.....	20
3.3 Sustratos.....	21
3.4 Preparación de las macetas.....	21
3.5 Diseño experimental.....	22
3.6 Labores de Cultivo.....	23
3.7 Riego y recolección de Muestras.....	23
3.8 Parámetros evaluados.....	24
3.9 Análisis de Resultados.....	26
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Composición nutrimental de los abonos orgánicos.....	27
4.2 Conductividad eléctrica.....	27
4.3 pH.....	29
4.4 % Nitrógeno total.....	31
4.5 Materia Seca.....	33
4.6 Rendimiento y contenido de N por órgano .....	34
4.7 Mineralización de nitrógeno .....	35
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>37</b>
<b>VII. APÉNDICE.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1</b> Porcentaje de mineralización de composts con diferentes ingredientes.....	16
<b>Cuadro 3.1</b> Identificación de los tratamientos. UAAAN-UL.2009.....	21
<b>Cuadro 3.2</b> Solución nutritiva en el tratamiento de arena (Lamb <i>et al</i> 20003).....	24
<b>Cuadro 3.3</b> Análisis nutrimental de los sustratos orgánicos. UAAAN-UL.2009.....	25
<b>Cuadro 4.1</b> Materia seca en los órganos del cultivo de melón. UAAAN-UL.2009.....	34
<b>Cuadro 4.2</b> Rendimiento por m <sup>2</sup> y aprovechamiento del Nitrógeno durante el experimento. UAAAN-UL.2009.....	35
<b>Cuadro 4.3</b> Mineralización de Nitrógeno. UAAAN-UL.2009.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Temperaturas máximas y mínimas registradas en el invernadero No. 2 del departamento de horticultura en la UAAAN. UAAAN-UL.2009.....	20
<b>Figura 3.2</b> Esquema de la disposición de las macetas en el experimento.	22
<b>Figura 4.1</b> Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	28
<b>Figura 4.2</b> Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	28
<b>Figura 4.3</b> Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost yeso + arena con y sin planta. UAAAN-UL.200..	28
<b>Figura 4.4</b> Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Vermicompost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009..	29
<b>Figura 4.5</b> pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	30
<b>Figura 4.6</b> pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	30
<b>Figura 4.7</b> pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost yeso + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	31
<b>Figura 4.8</b> pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Vermicompost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	31
<b>Figura 4.9</b> %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	32
<b>Figura 4.10</b> %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Compost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	33
<b>Figura 4.11</b> %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Compost yeso + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....	33
<b>Figura 4.12</b> %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de	33

Vermicompost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.....

**Figura 4.13** Representación de la extracción de Nitrógeno en los órganos del cultivo de melón. UAAAN-UL.2009..... 34

## ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE

Cuadro A.1 Análisis de varianza para la variable materia seca en raíz, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.2 Análisis de varianza para la variable materia seca en tallo, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.3 Análisis de varianza para la variable materia seca en hoja, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.4 Análisis de varianza para la variable materia seca en fruto, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.5 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la raíz, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.6 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la tallo, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.7 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la hoja, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.8 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la fruto, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.9 Análisis de varianza para la variable rendimiento en metros cuadrados, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

Cuadro A.10 Análisis de varianza para la variable total de Nitrógeno extraído por la planta, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.....

## RESUMEN

Cuando se utilizan sustratos orgánicos para la producción de hortalizas en invernadero, es común observar síntomas de deficiencia de nitrógeno después de cuatro a seis semanas de iniciado el cultivo. En estas condiciones, no se han realizado trabajos para evaluar la mineralización de nitrógeno de sustratos orgánicos utilizados en invernadero.

En esta investigación el objetivo fue estimar la mineralización de nitrógeno en tres sustratos orgánicos utilizados en invernadero: Compost, compost con yeso y vermicompost y a la vez evaluar el rendimiento de melón en estos sustratos orgánicos, sin la adición de fertilizante. La hipótesis es que el compost y vermicompost pueden aportar todo el nitrógeno que requiere el melón para alcanzar una producción comercial. Siendo que el melón no es un cultivo que requiera mucho nitrógeno a diferencia de otros.

La mineralización de nitrógeno es afectada por varios factores entre ellos, la temperatura, el pH, la salinidad y humedad. La relación C:N también es un valor que se debe tomar en cuenta. Estos parámetros son los que se evaluaron en este proyecto, teniendo una respuesta favorable, obteniendo un porcentaje de mineralización similar a la literatura citada. También se demostró que el cultivo de melón alcanzó su desarrollo hasta la cosecha mostrando deficiencias de nitrógeno ya cerca de la cosecha; por lo que se recomendaría el uso de compost para establecimiento del cultivo, debido a su bajo costo y a la poca utilización de elementos nutritivos, haciendo más rentable su producción.

## I. INTRODUCCIÓN

La mineralización es el cambio de nitrógeno (N) orgánico a amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Este proceso, que consiste en la degradación de las proteínas y ácidos nucleicos para producir amoníaco, se conoce también como amonificación. Los compuestos orgánicos son poco solubles y no asimilables por las plantas. La transformación de N orgánico a las formas inorgánicas, incluido el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), se lleva a cabo por acción de microorganismos que obtienen la energía necesaria a través de la oxidación de los compuestos orgánicos a  $\text{CO}_2$ . El primer compuesto nitrogenado inorgánico que se libera por acción de los microorganismos es  $\text{NH}_4^+$  (Miliarium Aureum, S.L. 2004).

En general, el término “mineralización” indica el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral, fundamentalmente nitrato y amonio. Algunas plantas obtienen el nitrógeno que necesitan de los suelos o del agua donde viven, la mayoría de ellos en forma de nitrato inorgánico. (Gardiner, L. 2005). Los abonos orgánicos pueden ser una opción viable para proveer el N requerido por un cultivo. Sin embargo, la capacidad o potencial de un abono para proveer N debe ser conocida para evitar deficiencias o excesos de N resultantes de la adición del abono al suelo (Cerrato *et al.*, 2007).

La disponibilidad de N después de la aplicación de un abono orgánico no puede ser estimada a partir del contenido de N del abono. El análisis químico de un abono es de ayuda para evaluar el valor nutritivo del mismo pero no indica el plazo en el cual los elementos nutritivos estarán disponibles (Vandevivere, 1995). Por consiguiente, la capacidad de liberar N disponible de un abono orgánico, es decir la tasa de mineralización, debe conocerse, pues solo así podrá hacerse un uso eficiente del mismo.

Entre los diversos factores que actúan en la producción y la calidad del melón (*Cucumis melo* L.) hay que destacar aquéllos relativos al riego y a la nutrición mineral. Teniendo en cuenta a este cultivo, un déficit de nitrógeno produce clorosis en las hojas y pérdida de cosecha. La absorción y acumulación de N por el cultivo de melón en invernadero ha sido poco estudiadas (Castellanos *et al.*, 2006).

Cuando se utilizan sustratos orgánicos para la producción de hortalizas en invernadero, es común observar síntomas de deficiencia de nitrógeno después de cuatro a seis semanas de iniciado el cultivo (Márquez *et al.*, 2006). En estas condiciones, no se han realizado trabajos para evaluar la mineralización de nitrógeno de sustratos orgánicos utilizados en invernadero.

### **1.1 Objetivos**

Estimar la mineralización de nitrógeno en tres sustratos orgánicos utilizados en invernadero: Compost, compost con yeso y vermicompost.

Evaluar el rendimiento de melón en diferentes sustratos orgánicos, sin la adición de fertilizante.

### **1.2 Hipótesis**

El compost y vermicompost pueden aportar todo el nitrógeno que requiere el melón para alcanzar una producción comercial.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Sustratos**

#### **2.1.1 Generalidades**

Los sustratos se usan en sistemas de cultivo sin suelo, es decir, aquéllos en los que la planta desarrolla su sistema radical en un medio sólido y el cual está confinado en un espacio limitado y aislado del suelo. Castellanos *et al.* (2000) indican que el término sustrato se aplica a todo material sólido químicamente mezclado, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo.

Algunos sustratos además de servir de soporte y anclaje a las plantas, tienen la capacidad de suministrar a las raíces las cantidades necesarias de agua, aire y elementos nutritivos para que la planta se desarrolle (Ansorena, 1994). Además, Zaidan (1997) menciona que los sustratos pueden o no aportar elementos nutritivos al proceso de nutrición de las plantas.

El uso de sustratos en la agricultura es común en cultivos intensivos, especialmente en invernaderos, teniendo como ventajas principales: el control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto en la cosecha, incremento en la calidad del fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas (Ansorena, 1994).

#### **2.1.2 Características de los sustratos**

Algunos puntos importantes a considerar en la composición de sustratos, son los siguientes:



### 2.1.2.1 Características físicas.

Las características físicas de los sustratos son de gran importancia para el normal desarrollo de la planta, pues determinarán la disponibilidad de oxígeno, la movilidad del agua y la facilidad para la penetración de la raíz. Un aspecto que se debe tener en consideración al referirse a las características físicas de un sustrato, es la imposibilidad de modificar alguna de estas propiedades posteriormente a la colocación de la planta dentro del contenedor (Calderón, 2005). Las principales propiedades físicas que se necesitan determinar en un sustrato para caracterizarlo son: densidad aparente, densidad real, granulometría, porosidad total, porosidad de aire, capacidad de retención de humedad (Díaz, 2004)

**Densidad aparente:** Se define como la masa de una sustancia dividida entre el volumen que ocupa:  $d = \frac{m}{v}$ . La densidad aparente se encuentra inversamente relacionada con la porosidad de un material; a mayor densidad, se tendrá menor espacio poroso y viceversa. Para el cultivo de hortalizas en invernadero se prefiere utilizar sustratos con densidades aparentes bajas ( $< 0.5 \text{ g cm}^{-3}$ ), especialmente por el costo en el transporte y el manejo del mismo en el invernadero (Florián, 1997).

**Densidad real:** Es el peso del sustrato entre el volumen que realmente ocupa, es decir el peso del sustrato sin tomar en cuenta el volumen de poros que existe dentro y entre las partículas del sustrato y entre el sustrato y las paredes del contenedor. Se determina por picnometría, desplazando el aire del sustrato con agua (Soto, 2007).

**Granulometría:** Es la determinación de la distribución de tamaños de las partículas que conforman un sustrato. La forma de la gran mayoría de las partículas de los sustratos no es esférica ni presenta un tamaño único, por lo que en la práctica la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de la partícula y viceversa. De acuerdo al tamaño de partícula es el tamaño de

los poros externos formados por los espacios interpartículas, por lo que con frecuencia se ha intentado relacionar la granulometría con la porosidad y a su vez con la capacidad de retención de humedad (Díaz, 2004).

**Capacidad de retención de agua:** La capacidad de retención de agua (CRA), se define como el contenido máximo de agua que puede retener un sustrato una vez que éste se ha saturado y ha cesado el drenaje (Bunt, 1998; Handreck y Black, 1991; Martínez *et al.*, 1991). La capacidad de retención de agua, depende de las características físicas del sustrato y de la altura del contenedor, entre más alto es el contenedor menor será la retención de agua y mayor será la cantidad de aire a disposición de la raíz, y viceversa (Fonteno, 1989). El agua cumple un papel fundamental en la dinámica del continuo sustrato planta-atmósfera, debido a su participación en la mayoría de los procesos metabólicos de la planta. Junto con esto, el agua favorece la penetración de las 21 raíces, a través de la lubricación del sustrato, y permite la absorción de los elementos nutritivos (Calderón, 2005).

#### **2.1.2.2 Características químicas.**

El sustrato ideal debe estar exento de sustancias tóxicas, especialmente de metales pesados, además de ser químicamente inerte, lo que no ocurre con los sustratos orgánicos (Castilla, 2004). Las propiedades químicas de los sustratos caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato; reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (química), reacción de intercambio de iones (físico-química) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímica) (Urrestarazu, 2004).

**pH:** El pH ejerce efectos importantes sobre la disponibilidad de los elementos nutritivos en el sustrato, así como sobre su capacidad de intercambio catiónico y su actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo, se recomienda mantener el pH del sustrato entre 5.5 y 6.8 (Escudero, 1993). Cuando el pH del

sustrato es menor a 5.0 en los cultivos pueden presentarse deficiencias de K, Ca, Mg, y B, mientras que por encima de 6.5 puede disminuir la disponibilidad de Fe, Mn, Zn y Cu. En el caso de algunos sustratos orgánicos como la turba, que tiene en forma natural un pH muy ácido, éste debe de ser neutralizado con carbonato de calcio para poder ser usado como sustrato (Abad, 1999).

Algunos materiales pueden ser acidificantes o provocar una reacción básica en la solución, como ocurre con la lana de roca al principio del cultivo, lo que se corrige aportando una solución nutritiva más ácida al inicio del cultivo (Castilla, 2005).

**Salinidad:** Algunos sustratos contienen una salinidad muy elevada, como es el caso de la fibra de coco. En la actualidad la mayoría de la fibra de coco que se comercializa ha pasado por un proceso de lavado hasta reducir su salinidad a menos de  $2 \text{ dS/m}^{-1}$ . Sin embargo estas fibras de coco llegan al productor a un costo muy elevado y la salinidad se puede eliminar simplemente mediante un proceso de lavado en los mismos contenedores previo a la siembra de las plántulas en el invernadero. Las condiciones de manejo del riego y drenaje también pueden incrementar la salinidad en el sustrato, lo cual ocurre cuando se manejan fracciones de drenaje por debajo del 20-30% y en tal caso la solución es el lavado del sustrato (Castellanos, 2004).

La salinidad en los sustratos puede alterarse por un desequilibrio entre absorción (más lixiviación) y aportes o por la elevada CIC del sustrato, por lo que el seguimiento de la CE de la solución es imprescindible (Castilla, 2004).

**Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** Se define como la suma de los cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso o de volumen del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente a la lixiviación del agua y están disponibles para la planta (Urrestarazu-Gavilan, 2004).

Los sustratos con CIC nula o muy baja serán los más adecuados para la producción de cultivos. La CIC es importante en sustratos orgánicos y conviene

antes de usar el sustrato se aporte calcio, a fin de minimizarla, para que no altere la disponibilidad de elementos nutritivos programada en la fertirrigación. En general, un buen sustrato debe tener una buena estabilidad química, que evite cualquier liberación de elementos que puede generar problemas de salinidad o fitotoxicidad, o inducir en la solución precipitaciones indeseables (Castilla, 2005).

El valor óptimo de la CIC de los sustratos depende estrechamente de la frecuencia de la fertirrigación. Si la fertirrigación se aplica permanentemente, la capacidad de adsorción de los cationes no representa ninguna ventaja, siendo recomendable en este caso la utilización de materiales inertes, con muy baja o nula CIC. Si, por el contrario, la fertirrigación se aplica de modo intermitente, será interesante la utilización de sustratos con moderada a elevada CIC, en todo caso superior a  $20 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$  de suelo (Abad-Berjon, 1999).

### **2.1.2.3 Propiedades biológicas.**

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 1999). Entre las características biológicas destacan: a) Contenido de materia orgánica, b) Estado y velocidad de descomposición (Pastor, 1999).

### **2.1.3 Tipos de sustratos**

Los sustratos pueden clasificarse en grupos de acuerdo a su origen y pueden ser: orgánicos e inorgánicos (naturales, industriales y artificiales), el sustrato adecuado para el desarrollo de la planta, es aquel capaz de retener suficiente

agua, aire y elementos nutritivos en forma disponible para la planta (García, 1996; Bures, 1998).

A continuación se enlistan, algunos ejemplos de sustratos, clasificados de acuerdo a su origen, elementos que pueden ser utilizados en la preparación de sustratos:

- **Materiales orgánicos:** turba, desechos de actividades agropecuarias, industriales y urbanas: residuos sólidos urbanos, estiércol de animales de granja (vacunos, ovejas, caballos, cerdos, gallinas, conejos, entre otros) desechos de industrias de alimentos y de madera. La mayoría de estos productos deberán ser descompuestos previamente o compostados, para optimizar sus propiedades como material para la formulación de sustratos.
- **Materiales inorgánicos:** arena, perlita, vermiculita, arcilla expandida.

## 2.2 Arena

### 2.2.1 Generalidades

Se consideran arenas, todos aquellos materiales cuyas partículas oscilan entre 0.02 a 2 mm de diámetro. La densidad aparente de este material es superior a  $1.5 \text{ g cm}^{-3}$  y en general el espacio poroso total es muy similar al de los suelos, por el orden del 50%. Una de las limitantes de este material es su peso, pues dificulta la manipulación de los contenedores por lo mismo. Las partículas con diámetro inferior de 0.5 mm presentan una buena capacidad de retención de agua, pero están pobremente aireadas, por el contrario las partículas con diámetro mayor de 0.5 mm presentan una mejor capacidad de aireación y menor capacidad de retención de agua (Abad, 2000).

Es recomendable que las arenas no contengan materiales finos como arcillas y limo, pues estas partículas finas pueden ser depositadas en la parte baja del

contenedor afectando las características del sustrato en dicha porción. Por otro lado no deben de contener apreciables cantidades de carbonatos, por los problemas de disponibilidad de los microelementos y del fósforo que ello conlleva (Abad, 2000).

Según Muñoz (2003), las características de la arena para su utilización como sustrato son las siguientes:

- Es un material de naturaleza silíceo con una concentración mayor del cincuenta por ciento (50%) de  $\text{SiO}_2$  y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. La arena deberá de estar exenta de limo y arcilla también de carbonato de calcio.
- La arena posee una fracción granulométrica comprendida entre 0.02 y 2 mm. Desde el punto de vista de hortícola, se prefiere la arena con tamaño de partícula de medio a grueso (0.6 – 2 mm). La densidad de la arena es superior a  $1.5 \text{ g cm}^{-3}$ . Su pH puede variar entre 4 y 8, y su capacidad de intercambio catiónico es nula o baja.
- La arena es el sustrato más utilizado, llegando a presentar un sesenta por ciento (60%) de la superficie total bajo condiciones de hidroponía.

## **2.3 Compost**

### **2.3.1 Generalidades**

El compost es el producto de un proceso de descomposición de materiales orgánicos con los que se elabora una mezcla de residuos de cosecha, estiércoles y una proporción de suelo fértil la cual aporta la población de microorganismos, que trabajan en un ambiente aeróbico, bajo cierta temperatura (50-56°C) y humedad. (Muñoz, 2003).

Figueroa (2003), menciona que la elaboración de compost, ya sea bacteriana o mediante lombrices, tiene varias ventajas:

- 1.Reduce los olores de estiércol
- 2.No atrae moscas
- 3.Minimiza significativamente la concentración de patógenos
- 4.Reduce, la diseminación de malezas
- 5.Adición de compuestas orgánicos estabilizados que mejoran la estructura del suelo
- 6.Mientras que como desventaja, añade es el costo que implica su elaboración.

En la producción orgánica, los compost son aceptados dentro del proceso de producción, únicamente deben cumplir ciertos requisitos como, mantener la temperatura entre 55 y 77°C por tres días y que la relación C:N sea entre 25:1 y 40:1 (NOP, 2004).

Debido a la actual escasez de estiércol en algunas zonas ha promovido la utilización de otros compuestos orgánicos. Entre ellos, los más conocidos son: los residuos de las cosechas, rastrojos, cañas de maíz, residuos de patata, partes vegetales de la remolacha, entre otros (Quintero, 2000).

## **2.4 Vermicompost**

### **2.4.1 Generalidades**

Dentro de los sustratos de origen orgánico, el vermicompost reúne los requisitos de un sustrato ideal para la producción de plantas hortícolas, ya que permite ser utilizado puro o en mezclas con distintos materiales, brinda a la planta los

elementos nutritivos necesarios para su crecimiento y constituye un soporte físico de buenas cualidades.

En la práctica el vermicompost tiene los siguientes usos:

- 1) Fertilizante orgánico: aporta elementos nutritivos al suelo. Sólido en forma líquida (extracto acuoso)
- 2) Enmienda orgánica: mejora las propiedades físicas del suelo
- 3) Sustrato para plantas: uso en maceta y contenedores. Mezcla con y sin suelo

## **2.5 Yeso**

El mineral de yeso que se emplea en agricultura posee por objetivo la neutralización de los suelos alcalinos y salinos, como también mejorar la permeabilidad de los materiales arcillosos además de aportar azufre. Todo ello conduce a incrementar la productividad de los cultivos. También contribuye a mejorar la estructura del suelo y las condiciones de irrigación. Otro efecto benéfico es la estabilización de la materia orgánica y la disminución de la toxicidad de los metales pesados (Porta *et al.* 2003)

### **2.5.1 Empleo del yeso en la agricultura**

El yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es un mineral muy importante debido a que es posible utilizarlo tanto como fertilizante azufrado y también como corrector de suelos sódicos. Una de las propiedades destacables del yeso es su relativamente alta solubilidad en agua pura ( $2.6 \text{ g L}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ ), Considerablemente mayor que la de la calcita, pero mucho menor que las sales solubles (Porta *et al.*, 2003). Además de proveer calcio soluble ( $\text{Ca}^{2+}$ ), aporta sulfatos disponibles para las plantas (Canovas, 1999; Porta *et al.*, 2003) y



disminuye la relación de adsorción de sodio (RAS). El yeso agrícola en su forma mineralógica pura (sulfato de calcio dihidratado) contiene 18.6% de S y 23% de Ca (Rhoades *et al.*, 1992).

La utilización del yeso como fertilizante azufrado en la agricultura latinoamericana es aún muy escasa, siendo el uso más común como corrector de pH en suelos alcalinos o salino-alcalinos (Rhoades *et a.*, 1992).

## **2.6 Descomposición de los sustratos orgánicos**

Todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables, son susceptibles a la degradación biológica, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Así pues, la descomposición de la materia orgánica en los sustratos de cultivo, considerada de forma global, es desfavorable desde el punto de vista hortícola, debiéndose tomar precauciones con objeto de minimizar sus efectos sobre las plantas. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, proteínas, etc.) determina la velocidad de descomposición. Desde un punto de vista práctico se puede reducir el contenido relativo de dichas sustancias mediante compostaje y, también, manteniendo niveles suficientes de nitrógeno asimilable. Las condiciones de cultivo deberían ser también consideradas: si el cultivo se prolonga durante largos periodos de tiempo, resulta recomendable el uso de materiales más estables, mientras que si las plantas son de crecimiento rápido pueden prosperar en materiales menos resistentes a la degradación (Urrestarazu, 2004).

El N de los estiércoles y compost es nitrógeno orgánico, no disponible para las plantas. Una vez aplicado al suelo se inicia un proceso de descomposición y

mineralización, y en esta forma el N y otros nutrientes empiezan a ser disponible para la planta. Este proceso está sujeto a pérdidas, y está influenciado por: temperatura, tipo de suelo, eficiencia del riego, el aire, los microorganismos, entre otros. Se puede estimar que la mineralización del compost varia de 8 a 12% anual. El grado de mineralización de la materia orgánica está relacionado directamente con la calidad del material orgánico, relación C:N, temperatura, textura del suelo y humedad (Muñoz, 2009).

## **2.7 Mineralización de Nitrógeno**

La mineralización es el cambio de N orgánico a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Este proceso, que consistente en la degradación, por hidrólisis, de las proteínas y ácidos nucleicos para producir amoniaco, se conoce también como amonificación (Miliarium Aureum, S.L. 2004). En general, el término “mineralización” indica el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral, fundamentalmente nitrato y amonio (Gardiner, L. 2005).

## **2.8 Perdidas del Nitrógeno.**

En los sistemas naturales, el nitrógeno que se pierde por desnitrificación, lixiviación, erosión y procesos similares es reemplazado por el proceso de fijación y otras fuentes de este. El nitrógeno es un elemento que se encuentra tanto en las partes vivas como en las partes inorgánicas de nuestro planeta. En los cultivos intensivos, su cosecha y la tala de bosques han causado un descenso del contenido de nitrógeno en el suelo que causan algunas de las pérdidas en los suelos agrícolas, estas sólo pueden restituirse por medio de fertilizantes nitrogenados artificiales, que suponen un gran gasto energético y económico. Por otra parte, la lixiviación del nitrógeno de las tierras de cultivo demasiado fertilizadas, la tala indiscriminada de bosques, los residuos animales

y las aguas residuales han añadido demasiado nitrógeno a los ecosistemas acuáticos, produciendo un descenso en la calidad del agua (Gardiner, L. 2005).

## **2.9 Factores que afectan la Mineralización de Nitrógeno en Compost**

La Mineralización de nitrógeno de los abonos se ve afectada por los mismos factores que afectan la mineralización de N orgánico en los suelos. Los factores físicos incluyen la humedad y la temperatura. Factores químicos incluyen las sales de pH, y la presencia de cantidades tóxicas de los compuestos inorgánicos u orgánicos.

### **2.9.1 Humedad**

En general, la mineralización es lenta en condiciones de alta humedad o muy secas. La respiración microbiana es mayor cuando el espacio poroso del suelo está ocupado por aire en un 60% y desciende a valores mayores o menores de este valor (Sikora y Szmidt, 2001).

### **2.9.2 Temperatura**

Temperaturas superiores a 35 °C o por debajo de 10 °C reducen la tasa de mineralización de la materia orgánica. Dentro de este rango de temperatura, la tasa de mineralización se duplica por cada incremento de 10 °C en la temperatura (Sikora y Szmidt, 2001).

### **2.9.3 Salinidad**

La salinidad del compost mezclado en el suelo puede afectar la mineralización de N. Tester y Parr (1983) registraron que la mineralización de un compost de

biosólidos fue cinco veces mayor cuando la mezcla suelo:compost se lavó para disminuir la salinidad de 4.62 a 1.01 dS m<sup>-1</sup>. La salinidad también puede afectar al crecimiento de la planta (Sikora y Szmidt, 2001)

#### **2.9.4 pH**

El pH ejerce efectos importantes sobre la disponibilidad de los elementos nutritivos en el sustrato, así como en la capacidad de intercambio catiónico y su actividad biológica (Raviv *et al.*, 1986; Bunt, 1988). El pH de un compost debe ser cercano al valor neutro de 7, y en estos valores es donde la mineralización es mayor. La mineralización de N orgánico a NH<sup>4+</sup> es menos sensible a los cambios de pH que la nitrificación, o el cambio de NH<sup>4+</sup> a NO<sup>3-</sup>.

#### **2.9.5 Relación Carbono:Nitrógeno (C:N)**

La relación C:N es un factor importante en el proceso de mineralización de un abono orgánico. Si la relación C:N excede 25, entonces los microorganismos degradarán la materia orgánica si hay suficiente N disponible para ellos en el medio, causando una inmovilización temporal de ese N, pero al morir estos el N será liberado al medio. Cuando la relación C:N es baja, por ejemplo menor que 20, la materia orgánica es degradada fácilmente. Cuando la relación C:N se encuentra entre 20 y 25, la mineralización e inmovilización estarán ocurriendo simultáneamente y en general se libera N al llegar a un equilibrio determinado. La tasa de mineralización es igual a la velocidad o grado de mineralización, y se interpreta como el porcentaje de N que se mineraliza y que permite conocer cuánto está siendo liberado en forma disponible en períodos específicos de tiempo (Cerrato, 2007).

## 2.10 Mineralización de Nitrógeno de compost diferentes

La mineralización neta es la suma de la mineralización y la inmovilización que resulta de la modificación del proceso de descomposición del compost. De acuerdo con una revisión de Sikora y Szmidt (2001), la mineralización de compost con diferente ingrediente principal varió desde 0 hasta 28% del N orgánico (Cuadro 2.1). Cerrato et al., (2007) evaluaron la mineralización de diferentes compost mediante la técnica de incubación en laboratorio durante 20 semanas; en sus resultados estimaron valores de mineralización de N en vermicompost de 7.3% cuando se mezcló con suelo convencional, comparado con 11.1% en un suelo orgánico.

**Cuadro 2.1** Porcentaje de mineralización de composts con diferentes ingredientes.

Ingrediente principal	Ingrediente secundario	Condición	% de Mineralización
Estiércol <sup>1</sup>		Campo	10
Estiércol de bovino <sup>1</sup>	Paja	Laboratorio	14
Estiércol de bovino <sup>1</sup> lechero		Laboratorio	5
Gallinaza <sup>1</sup>		Laboratorio	28
Estiércol líquido de cerdo <sup>1</sup>	Aserrín	Laboratorio	0
Estiércol de ovino <sup>1</sup>	Paja	Laboratorio	13
Residuos de alimentos <sup>1</sup>	Podas de jardín y papel	Campo	8
Biosólidos <sup>1</sup>	Aserrín	Laboratorio	7
Vermicompost mezclado con suelo <sup>2</sup>	Suelo convencional	Laboratorio	7
Vermicompost mezclado con suelo <sup>2</sup>	Suelo orgánico	Laboratorio	11

<sup>1</sup>Varios autores, citados por Sikora y Szmidt (2001).

<sup>2</sup>Cerrato *et al.* (2007).

Cuando se utilizan sustratos orgánicos para la producción de hortalizas en invernadero, es común observar síntomas de deficiencia de nitrógeno después de cuatro a seis semanas de iniciado el cultivo (Marquez *et al.*, 2006). En estas

condiciones, no se han realizado trabajos para evaluar la mineralización de nitrógeno de la composts utilizadas como sustrato en invernadero (Rincón, 1998).

## **2.11 Cultivo de Melón**

### **2.11.1 Origen**

No existe un criterio homogéneo en lo referente al origen del melón, aunque la mayoría de los autores acepta que el melón tiene un origen africano. Si bien, hay algunos que consideran la India como el centro de domesticación de la especie, ya que es donde mayor variabilidad se encuentra para la misma (Heredia 1982).

### **2.11.2 Taxonomía**

Según Heredia (1982) el melón tiene la siguiente taxonomía:

Nombre común o vulgar: Melón

Nombre científico o latino: *Cucumis melo* L. Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Campanulales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: *Cucumis melo* L.

### 2.11.3 Descripción morfológica

- ✓ *Planta*: anual herbácea, de porte rastrero o trepador (Nardi, 2001).
- ✓ *Sistema radicular*: abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo (Nardi, 2001).
- ✓ *Tallo principal*: está recubierto de formaciones pilosas, y presenta nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas (Nardi, 2001).
- ✓ *Hoja*: de limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, dividido en 3-7 lóbulos con los márgenes dentados. Las hojas también son vellosas por el envés (Nardi, 2001).
- ✓ *Flor*: las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre junto a las masculinas. El nivel de elementos fertilizantes influye en gran medida sobre el número de flores masculinas, femeninas y hermafroditas así como sobre el momento de su aparición. La polinización es entomófila (Nardi, 2001).
- ✓ *Fruto*: su forma es variable (esférica, elíptica, aovada, etc.); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia. Resulta importante que sea pequeña para que no reste pulpa al fruto y que las semillas estén bien situadas en la misma para que no se muevan durante el transporte (Nardi, 2001).

#### **2.11.4 Tecnología de producción en invernaderos**

Un invernadero es una instalación cubierta y abrigada artificialmente con materiales transparentes para defender las plantas de la acción de los meteoros exteriores. Esta instalación permite el control de determinados parámetros productivos, como: temperatura ambiental y del suelo, humedad relativa, concentración de anhídrido carbónico del aire, luz, etc., en lo mas cercano posible al optimo para el desarrollo de los cultivos que se establezcan. El volumen interior del recinto permite el desarrollo de los cultivos en todos u ciclo vegetativo. Estas instalaciones están formadas por una estructura o armazón ligero (metálico, madera, hormigón, etc.), sobre la que se asienta una cubierta de material transparente (polietileno, copolimero EVA, policarbonato, policloruro de vinilo, poliéster, cristal, etc.), con ventanas frontales y cenitales y puertas al servicio del invernadero (Serrano, 2002).

Con respecto al cultivo de melón en invernadero, en sustrato de arena al 100% y compost + yeso, se han encontrado rendimientos de  $65 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que en vermicompost el rendimiento fue de  $60 \text{ a } 96 \text{ t ha}^{-1}$  (Juárez, 2008).



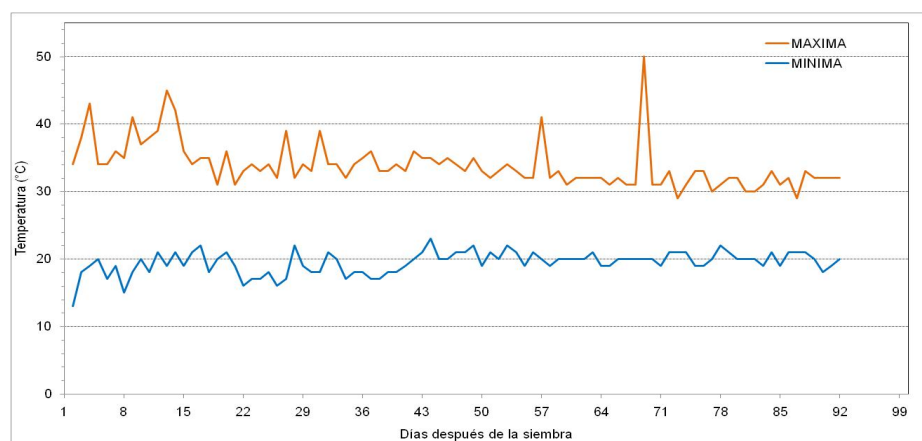
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del sitio experimental

Esta investigación se llevó a cabo durante el periodo abril 2009 a julio 2009 en el invernadero No.2 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL, ubicada en Periférico y Carretera a Santa Fé, km 1.5, en Torreón, Coahuila, México.

#### 3.2 Condiciones del invernadero

La forma del invernadero es semicircular, con estructura metálica, cubierto con una película plástica y láminas de policarbonato en la parte frontal. El piso es de grava y el sistema de enfriamiento consta de una pared húmeda y un par de extractores de aire. Ambos sistemas están sincronizados para accionarse por sensores de temperatura. La superficie del invernadero es de 180 m<sup>2</sup>. Las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el estudio se ilustran en la Figura 3.1.



**Figura 3.1** Temperaturas máximas y mínimas registradas en el invernadero No. 2 del departamento de horticultura. UAAAN-UL.2009.

### 3.3 Sustratos

Los sustratos utilizados en este proyecto, fueron: Compost, compost + yeso, vermicompost y arena de río. El vermicompost se elaboró a partir de una mezcla de estiércoles de caballo, conejo y cabra en una relación 1:1:1. El compost es a base de estiércol de bovino y al compost + yeso se agregó yeso agrícola al 5%.

### 3.4 Preparación de las macetas

Para la realización de los tres tratamientos de compost, se aforaron dos cubetas de plástico a 9 L. En una se puso el compost y en la otra arena, para conseguir los 18 L que se iban a utilizar en cada maceta; después se vació en un plástico en el suelo para revolver, posteriormente se vació en las macetas y así obtener una mezcla con proporción 1:1 de cada compost con arena. El tratamiento de arena contenía los 18 L de ésta. Los tratamientos quedaron identificados de acuerdo como lo señala el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1** Identificación de los tratamientos.

Tratamientos	Sustratos	Condición
CYc	Compost con yeso	Con planta
CYs	Compost con yeso	Sinplanta
CSc	Compost simple	Con planta
CSs	Compost simple	Sinplanta
Ac	Arena	Con planta
As	Arena	Sinplanta
VCc	Vermicompost	Con planta
VCs	Vermicompost	Sinplanta

Después se realizó en el piso del invernadero, debajo de cada maceta, un hoyo donde pudiera entrar sin problema un frasco con la capacidad de 1 L, para la recolección de los lixiviados de riegos (Figura 3.2.). Posteriormente se aplicó

agua hasta obtener la saturación de cada una de las macetas, indicada por las primeras gotas de lixiviado de ellas; se anotó el número de litros utilizados por sustrato y se obtuvo el promedio. El volumen de agua a saturación de cada sustrato se aplicó nuevamente para lavar el exceso de sales solubles de los compost, es decir, se aplicó el volumen de agua equivalente a 1.0 veces el volumen poroso del sustrato.



**Figura 3.2** Esquema de la disposición de las macetas en el experimento.

Se sembraron cuatro macetas por sustrato, esta fue directa colocando tres semillas por maceta de melón variedad Cruiser, el día 29 de abril del 2009.

### **3.5 Diseño experimental**

El diseño que se utilizó fue completamente al Azar con ocho tratamientos Cuadro 2) y cuatro repeticiones.

### 3.6 Labores de Cultivo

En las macetas con planta de melón, se realizaron las siguientes labores de cultivo:

- ♣ *Siembra* (tres semillas por maceta).
- ♣ *Aporcado* (una vez por mes o cuando se necesitara).
- ♣ *Poda* (las guías secundarias a dos nudos y cuando había material clorótico).
- ♣ *Entutorado* (se guiaban diario las 2 guías).
- ♣ *Cosecha*.

### 3.7 Riego y recolección de Muestras

El riego era efectuado diariamente en el tratamiento de arena con una solución nutritiva, de acuerdo con la recomendación de Lamb et al. (2003) y que se anota en el Cuadro 3.2. En los tratamientos de compost se realizaba el riego cada tercer día, incrementando la cantidad de agua según el requerimiento de la planta; se empezó regando 500 mL y se terminó con un volumen hasta de 3.5 L de agua en algunas macetas. El volumen varió por tratamiento, de tal manera que el volumen drenado no fuera mayor del 30% del volumen de riego.

El lixiviado se midió a diario, de ahí se tomaba una submuestra del 10% del volumen filtrado para obtener una muestra compuesta semanal por maceta, de aproximadamente 100 mL, a la que posteriormente se le realizaron los análisis.

En cuanto al material vegetal, desde el aclareo de las macetas, se les asignaron dos bolsas de papel a cada maceta con planta, para ir almacenando en ellas el material recolectado en cada una de sus labores de cultivo: una para guías o tallos y otra para hojas. Cuando empezó la floración se les asignó otra bolsa,

para la recolección diaria de flores marchitas y después se dio una para los frutos mal polinizados, terminando con un total de cuatro bolsas por planta. En la cosecha también se separaron las plantas en hojas, tallos y frutos, después se juntaron con las colectas durante el proyecto y se analizaron para obtener el N total.

**Cuadro 3.2.** Solución nutritiva utilizada en el tratamiento de arena (Lamb *et al.* (2003).

Nutriente		Concentración
		mg L <sup>-1</sup>
Nitrógeno	Crecimiento vegetativo	100
	Primeras flores	140
	Maduración de fruto	180
Fósforo		50
Potasio	Crecimiento vegetativo	150
	Fructificación	225
Calcio		120
Magnesio		50
Fierro		3.0
Cobre		0.2
Manganeso		0.8
Zinc		0.3

### 3.8 Parámetros evaluados

En las muestras compuestas semanales de los filtrados se midió:

- a) Conductividad eléctrica (CE) con un conductivímetro portátil marca HORIBA, modelo B-173.
- b) El pH se midió con un potenciómetro marca ORION modelo 710A.
- c) El nitrógeno inorgánico se analizó por el método de arrastre de vapor con oxido de magnesio y aleación de Devarda, en un equipo Labconco, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Rendimiento. Se cosecharon los frutos de melón por cada maceta el 27 de julio y se estimó el rendimiento en  $\text{kg m}^{-2}$ . Las plantas de cada maceta se separaron por órganos y se evaluó la materia seca producida por raíz, tallo, hojas y frutos, después de secarse en estufa con aire forzado.

Contenido de nitrógeno en el cultivo. En muestras de cada órgano se evaluó el porcentaje de nitrógeno mediante el método Kjeldahl (Jones, 1995) y destilación de amonio en un equipo Kjelttec-2300 de Foss-Tecator.

El análisis de la composición química de los compost se realizó en el laboratorio de suelos del CENID-RASPA; los resultados se anotan en el Cuadro 3.3.

**Cuadro 3.3.** Análisis nutrimental de los sustratos orgánicos. UAAAN-UL.2009.

	Sustratos Orgánicos		
	Vermicompost	Compost	Compost con Yeso
<u>Macroelementos</u>			
Nitrógeno (%)	1.11	1.92	1.89
Amonio ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	27	114	550
Nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	745	152	71
Fósforo (%)	0.434	1.530	0.980
Potasio (%)	1.390	2.870	2.280
Calcio (%)	4.79	5.34	6.37
Magnesio (%)	0.74	1.17	0.71
<u>Microelementos</u>			
Zinc ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	158.0	516.0	305.0
Manganeso ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	396.0	632.0	394.0
Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	35.0	349.0	160.0

### **3.9 Análisis de Resultados**

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System, 2006) versión 9.1 con el procedimiento ANOVA. En las variables donde hubo significancia, se realizó una prueba de separación de medias por Tukey con un valor de  $\alpha = 0.05$ . Las curvas de regresión que se aplicaron a los resultados se obtuvieron con el programa Microsoft Office Excel.

## IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Composición nutrimental de los abonos orgánicos.

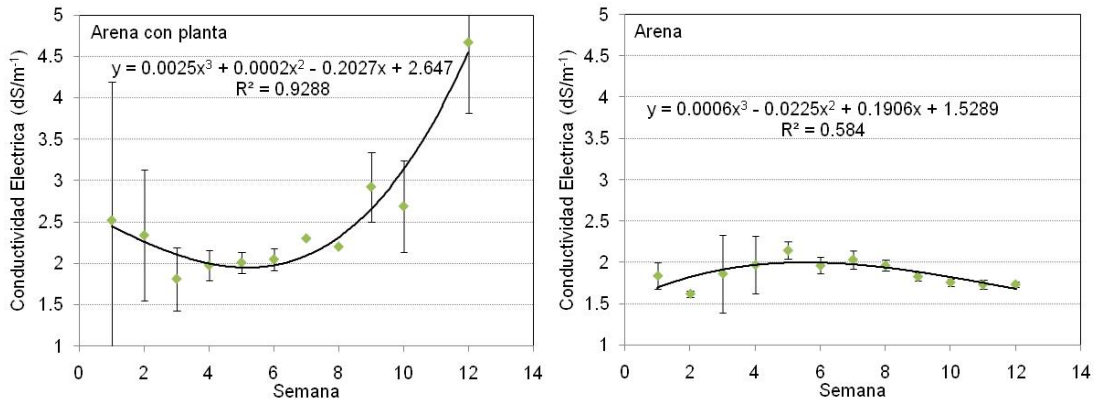
En el Cuadro 3.3 podemos observar el contenido nutrimental de cada sustrato. En lo referente a elementos mayores, el contenido más alto de nitrógeno, fósforo y potasio lo presenta el compost. Solo la concentración de calcio fue mayor en el compost + yeso.

En cuanto al contenido de elementos menores, el compost fue la que presentó los contenidos más altos de zinc, manganeso y cobre; el vermicompost presentó las concentraciones más bajas de todos los nutrientes, excepto el manganeso que fue ligeramente mayor que el compost + yeso.

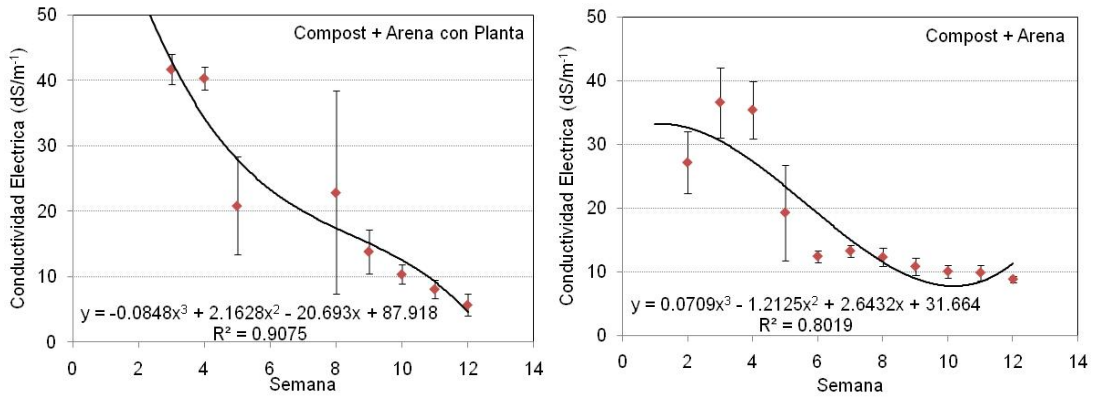
### 4.2 Conductividad eléctrica.

En las Figuras 4.1 a la 4.4 se puede apreciar que la conductividad eléctrica de la mayoría de los tratamientos descendió conforme el paso de las semanas y el incremento de aplicación de riego. Los datos se ajustaron a una regresión polinómica cúbica para todos los tratamientos, considerando al coeficiente de determinación ( $r^2$ ) como criterio. El  $r^2$  osciló de 0.0166 a 0.9557, el mejor ajuste lo presentó el tratamiento arena y el menor fue vermicompost + arena con planta. En el caso del tratamiento con arena, los valores de CE de los filtrados representan la CE de la solución nutritiva; los valores registrados variaron de 1.6 a 3.0 en todos los muestreos, excepto en el última semana de las macetas con planta (Figura 4.1).

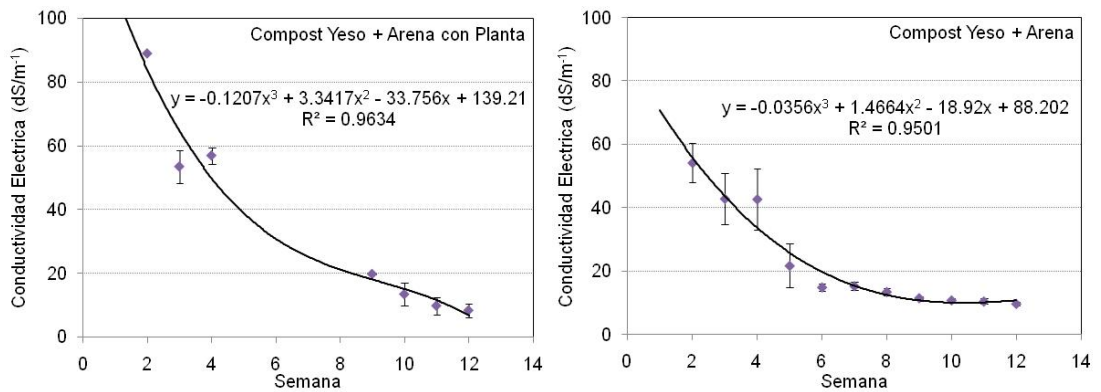




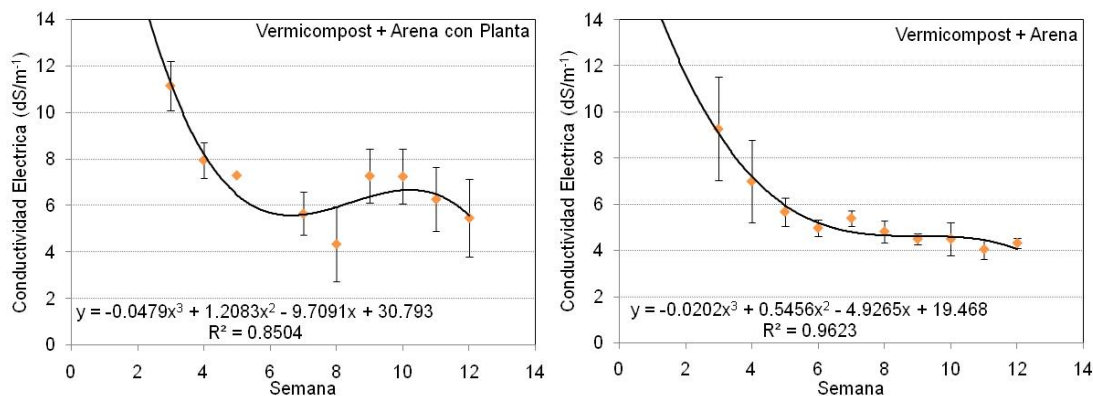
**Figura 4.1** Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.2** Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.3** Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost yeso + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.

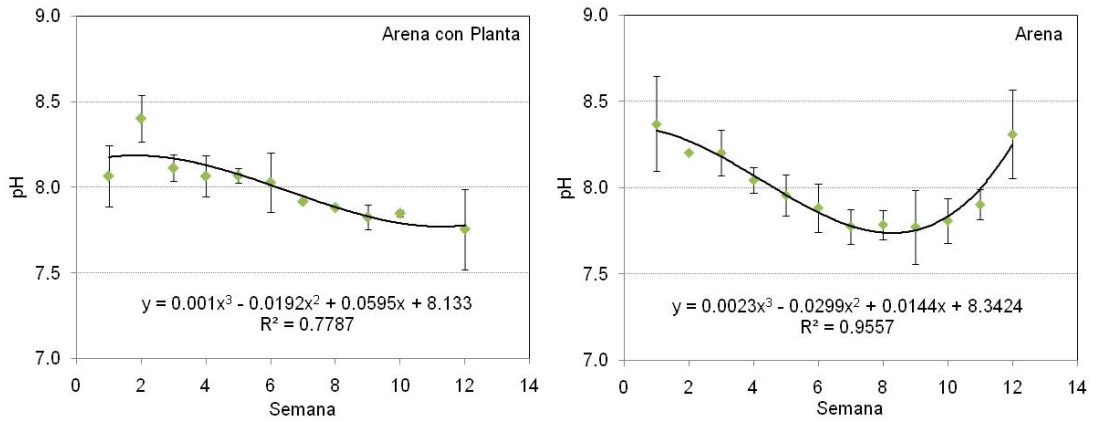


**Figura 4.4** Conductividad Eléctrica de la los lixiviados semanales del tratamiento de Vermicompost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.

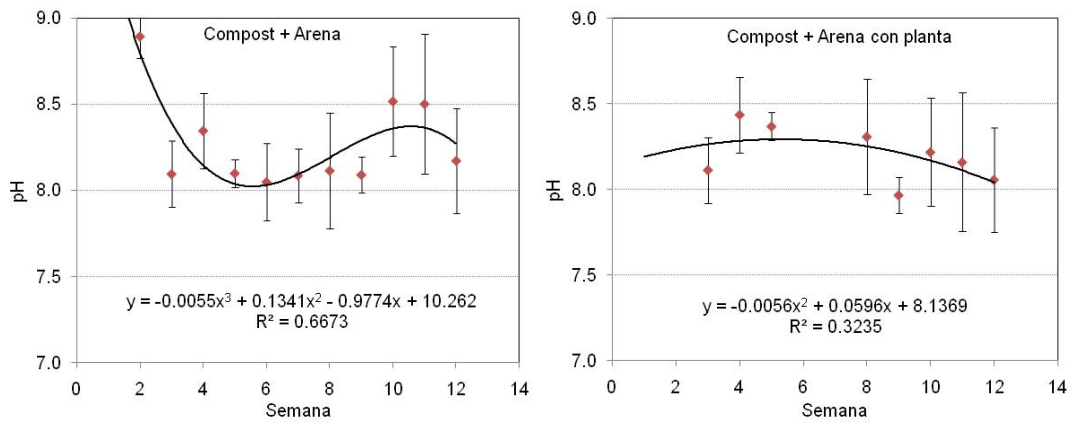
La CE en los filtrados de las macetas con compost y compost + yeso fue muy alta durante las primeras cinco semanas, alcanzando valores entre 20 y 70 dS m<sup>-1</sup>. Estos valores de CE medido en los filtrados no refleja la CE de la zona de raíces, ya que sería demasiada salinidad para cualquier cultivo y el rendimiento de melón se vería afectado. Cruz (2009) encontró, en un estudio con sustratos similares, que se requiere aplicar un volumen de agua para lavado equivalente a 2.5 veces el espacio poroso del sustrato compost + arena, para bajar el valor de CE a menos de 5 dS m<sup>-1</sup>, y 4.5 veces el espacio poroso del sustrato con compost + yeso. En el presente estudio el volumen de lavado fue equivalente a 1.0 veces el espacio poroso del sustrato.

### 4.3 pH.

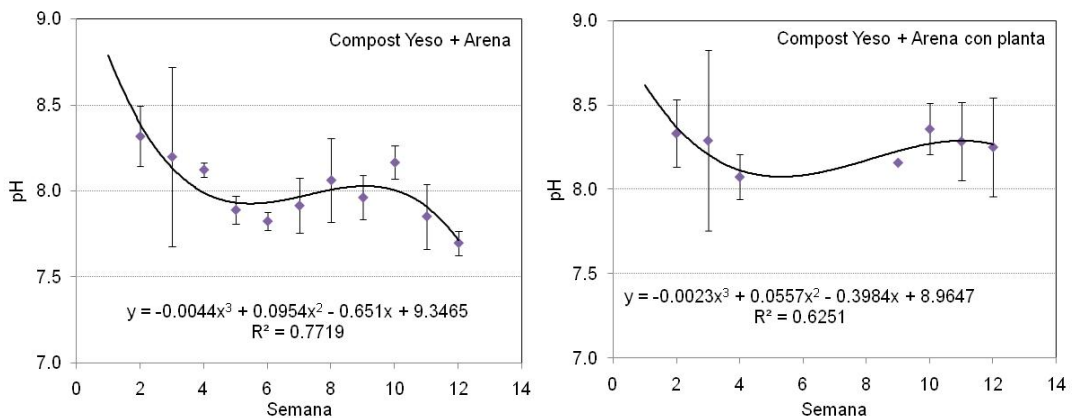
En las Figuras 4.5 a la 4.8 se puede apreciar los valores de pH de los filtrados. Los datos se ajustaron a una regresión polinómica cúbica para todos los tratamientos. El valor de  $r^2$  osciló de 0.0166 a 0.9557, el mejor ajuste lo presentó el tratamiento arena y el menor fue vermicompost + arena con planta. En el caso de la arena con solución nutritiva, los valores estuvieron en el rango de 7.7 y 8.4. Los filtrados de las macetas con compost y vermicompost tuvieron valores de pH entre 8.0 y 8.5, excepto en las macetas de compost + yeso sin planta, que tuvo valores menores de 8.0 en seis de las 12 semanas evaluadas.



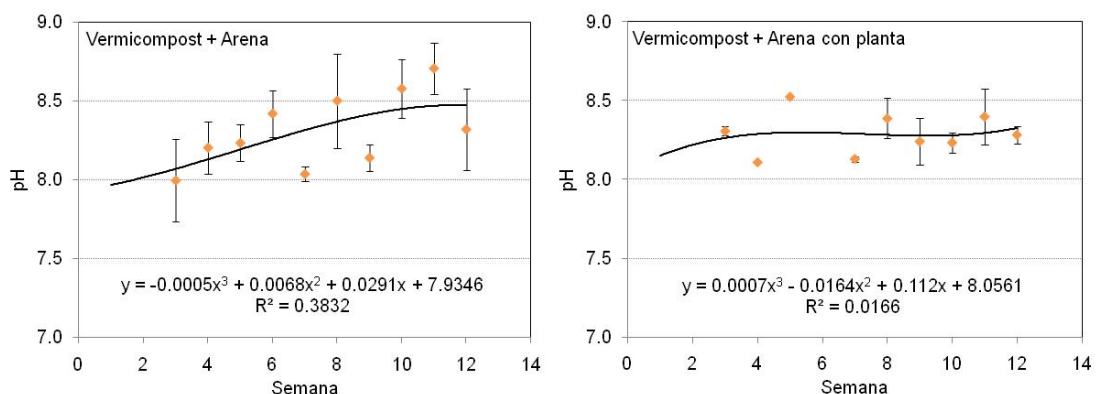
**Figura 4.5** pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.6** pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.7** pH de la los lixiviados semanales del tratamiento de Compost yeso + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.

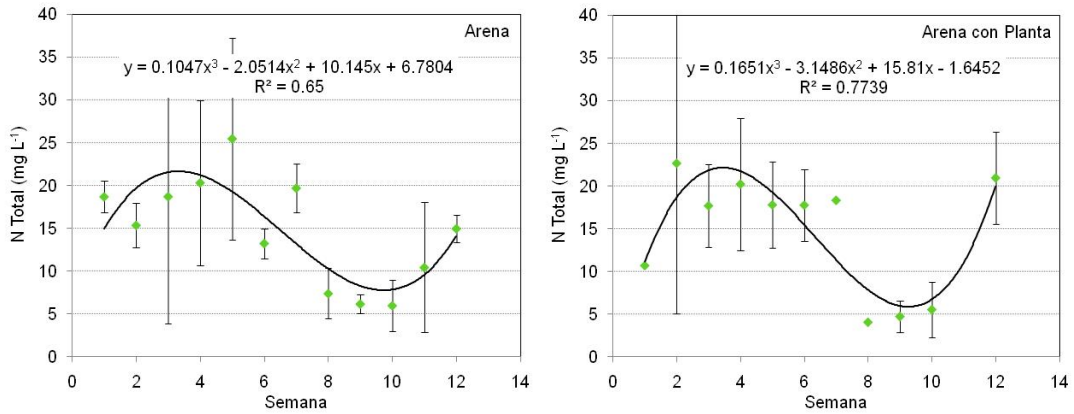


**Figura 4.8** pH de los lixiviados semanales del tratamiento de Vermicompost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.

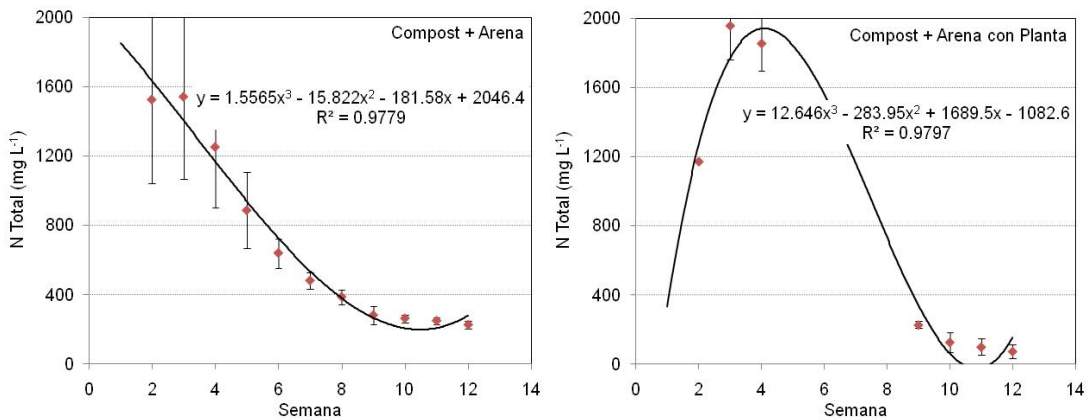
Cruz (2008) encontró, en un estudio con sustratos similares, que mientras aumentaba la solución filtrada el pH fue en aumento, el compost + arena de 8.5 a 9.1 y el vermicompost + arena de 7.6 a 8.5 fueron, mientras que el compost con yeso + arena se mantuvo dentro de un rango de 7.3 a 7.9. En el presente estudio los datos tuvieron similitud con el vermicompost + arena con rangos de 8.0 a 8.5.

#### 4.4 % Nitrógeno total

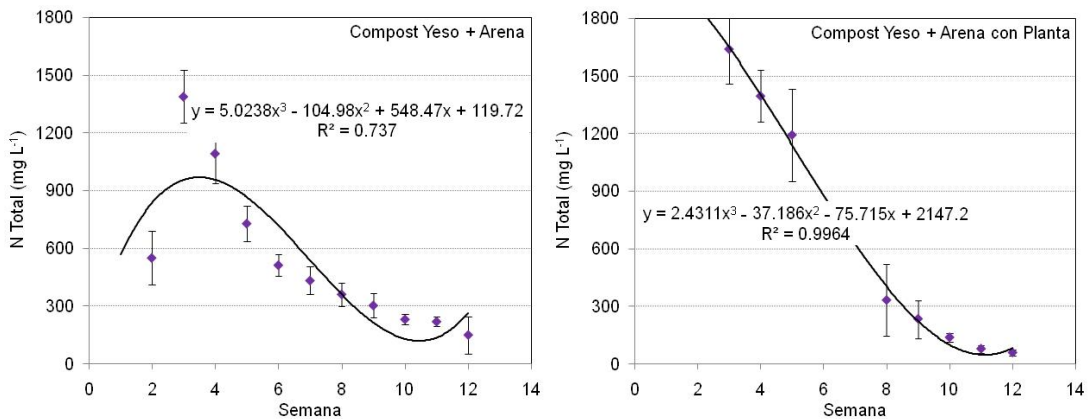
En las Figuras de la 4.13 a la 4.16 se puede apreciar que el nitrógeno total de cada tratamiento fue descendiendo de acuerdo como el volumen filtrado acumulado iba en aumento. Los datos se ajustaron a una regresión polinómica cúbica para todos los tratamientos; el valor de  $r^2$  osciló de 0.65 a 0.9964, el mejor ajuste lo presentó el tratamiento Compost yeso + arena con planta y el menor el de Arena. El N total filtrado en las macetas con arena varió entre 5 y 25  $\text{mg L}^{-1}$ . En las macetas con compost, el N total en el filtrado alcanzó valores cercanos a 2,000  $\text{mg L}^{-1}$  en las primeras semanas; en las últimas semanas los valores fueron menores de 100  $\text{mg L}^{-1}$ , encontrando los valores más bajos en las macetas con planta. La dinámica del nitrógeno en el filtrado coincide con los valores filtrados de N inorgánico encontrados por Cruz (2009).



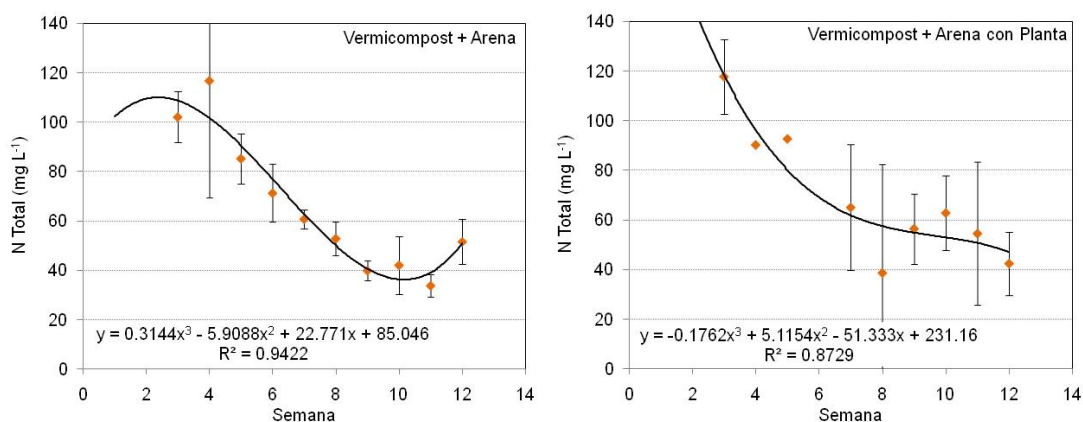
**Figura 4.9** %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.10** %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Compost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.11** %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Compost yeso + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.



**Figura 4.12** %N Total lixiviado durante el experimento del tratamiento de Vermicompost + arena con y sin planta. UAAAN-UL.2009.

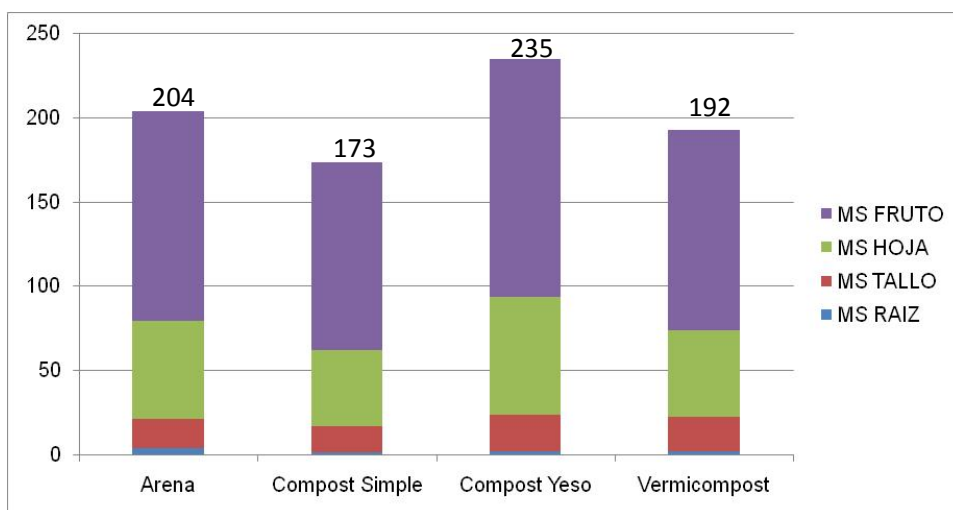
#### 4.5 Materia Seca

En el Cuadro 4.1 se muestran los valores de materia seca en los diferentes órganos de la planta y en la Figura 4.13 está representada la distribución de la MS por órgano y el total por tratamiento. La MS en hoja fue la única variable que mostró diferencias significativas, encontrándose el valor más alto en el compost + yeso.

**Cuadro 4.1** Materia seca en los órganos del cultivo de melón. UAAAN-UL.2009.

Compost	MS Raíz	MS Tallo	MS Hoja	MS Fruto
			g	
Arena	3.9	16.8	58.4 ab	124.7
Compost Simple	1.5	15.0	45.4 b	111.1
Compost Yeso	1.8	21.5	69.9 a	141.3
Vermicompost	1.9	20.1	51.9 ab	118.4

Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey ( $\alpha=0.05$ ).



**Figura 4.13** Representación de la extracción de Nitrógeno en los órganos del cultivo de melón. UAAAN-UL.2009 (Dif. mínima signif. para la MS total= 57.6; Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

#### 4.6 Rendimiento y contenido de N por órgano.

En el Cuadro 4.2 se puede apreciar el rendimiento y extracción del N por la planta en sus diferentes órganos. El rendimiento de melón fue estadísticamente igual en todos los sustratos, de acuerdo con el análisis de varianza, con una variación de 5.89 a 8.31 kg m<sup>-2</sup>. Estos rendimientos son similares a los reportados por Juárez (2008). Los valores más altos de N total se registraron en la raíz, con valores de 1.87 a 1.96 en los diferentes compost. El compost + yeso fue el que tuvo la mayor extracción total de N.

**Cuadro 4.2** Rendimiento por m<sup>2</sup> y aprovechamiento del Nitrógeno durante el experimento. UAAAN-UL.2009.

Compost	Rendimiento	N Raíz	N Tallo	N Hoja	N Fruto	Extracción total de N
	Kg m <sup>2</sup>		%			g
Arena	7.82	1.32 b	0.95 ab	1.60 b	1.52 a	3.01 b
Compost Simple	5.89	1.96 a	0.85 ab	1.30 c	1.06 b	1.93 c
Compost Yeso	8.31	1.90 a	1.08 a	1.81 a	1.62 a	3.84 a
Vermicompost	6.18	1.87 a	0.71 b	1.18 c	0.95 b	1.90 c

Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

#### 4.7 Mineralización de Nitrógeno

En el Cuadro 4.3 se muestra el porcentaje de mineralización estimada en cada uno de los tratamientos. Se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Mineralización: } \frac{\text{N inorgánico lixiviado} + \text{N inorgánico final} + \text{N extraído}}{\text{N orgánico inicial}} \times 100$$

Los valores de mineralización fueron estadísticamente iguales en la composta con yeso y la vermicompost. Como el presente estudio representa una incubación de 12 semanas, el valor equivalente de mineralización a 20 semanas sería de 6.3 y 6.8% en compost + yeso y vermicompost, respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por otros autores en el Cuadro 2.1.

**Cuadro 4.3.** Mineralización de Nitrógeno. UAAAN-UL.2009.

Compost	N Orgánico Inicial por maceta	N Inorgánico lixiviado acumulado	N orgánico lixiviado acumulado	N Inorgánico final en el sustrato	N Extraído por la planta	Tasa estimada de mineralización
			g maceta <sup>-1</sup>			%
Compost	104 b	0.28	1.67 a	0.20 d	1.93 b	2.33 b
Compost + yeso	123 a	0.24	0.75 b	0.57 a	3.84 a	3.79 a
Vermicompost	67 c	0.01	0.47 b	0.81 a	1.90 b	4.09 a



## V. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio arrojaron las siguientes conclusiones:

La mineralización de N se presenta en mayor cantidad en el sustrato de compost yeso + arena y en el vermicompost, siendo el primero el que obtuvo mayor rendimiento y mayor extracción de N.

El pH en los cuatros tratamientos se mantuvo entre 7.5 – 8.5, mientras que la CE en los tratamientos descendió favorablemente en el transcurso de las semanas con la excepción en el tratamiento de arena con planta, que fue incrementando.

La mezcla del tratamiento compost yeso + arena en relación 1:1 cubren las necesidades nutricionales del cultivo de melón, obteniendo de 83 t ha<sup>-1</sup> sin adición de fertilizantes sintéticos. Por cada tonelada de fruto que se obtiene en el cultivo de melón, éste extrae 1.5 Kg de Nitrógeno.

Las mezclas que contenían los tratamientos de compost, compost + yeso y vermicompost lograron satisfacer una gran parte de las necesidades nutricionales del cultivo de melón durante nueve semanas, necesidades que igualmente fueron satisfechas con la solución nutritiva en arena. Esta afirmación se basa en que las plantas de melón en los diferentes tratamientos completaron su ciclo fenológico, presentando deficiencias nutritimentales hasta la semana nueve, cuando las plantas ya se encontraban en la etapa de fructificación.

## VI.LITERATURA CITADA

- ♣ Abad B., M. 1999. Sustratos para cultivos sin suelo, pp.131-166. *In*: F. Nuez, El cultivo del tomate, Ed. Mundi-Prensa, México.
- ♣ Abad, M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In*: Manual de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (Ed.). Manuales Universidad de Almería, servicio de publicaciones. 137-182 pp.
- ♣ Ansorena M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. p 107, p 109.
- ♣ Bunt, A. C. 1988. Media and Mixes for Container-grown Plants. 2nd ed. Unwin Hyman Ltd., London. Disponible en: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V24-4227GWM-G&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1109646589&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=72bb59ff899f7ac15520ba8d988c7779](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V24-4227GWM-G&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1109646589&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=72bb59ff899f7ac15520ba8d988c7779).  
Fecha de recuperación: 05/09/09.
- ♣ Burés, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos Generales. *En*: Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal. Narciso Pastor Sáez. Coordinador. Ediciones de la Universidad de Lleida. p 19.
- ♣ Burés, S. 1999. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid. 220 p.
- ♣ Calderón, O. A. 2005. Propiedades físicas de los sustratos. Disponible en: [sustrato@uchile.cl](mailto:sustrato@uchile.cl). [http://www.biosustratos.cl/pdf/Propiedades físicas Sustratos.pdf](http://www.biosustratos.cl/pdf/Propiedades_fisicas_Sustratos.pdf). Fecha de recuperación: 28/08/09.
- ♣ Canovas F. 1999. Manejo del cultivo sin suelo. Pp. 229-235. *En*: F. Nuez (Ed.) El cultivo del Tomate Editorial Mundi-Prensa México.
- ♣ Castellanos M., T.; Cabello M., J.; Tarquis A., M.; Ribas F., E.; Carteaga C., M. C.; Arce A. 2006. Absorción de nitrógeno y necesidades de

abonado del melón, *Vida rural*, ISSN 1133-8938, N° 231, pags. 22-29.

- ♣ Castellanos Z., J.; Uvalle B., J.X.; Aguilar S., A. 2000. "Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas". INCAPA. México.
- ♣ Castilla, A. 2004. *Invernaderos de plástico, tecnologías y manejo*. Edit. Mundi - prensa. España. pp. 257-264.
- ♣ Castilla, N. 2005. *Invernaderos de plástico; tecnología y manejo*. Ed. Mundi-Prensa. Pp. 225-270.
- ♣ Cerrato M.E, Leblanc H.A, Kameko C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la universidad earth. *Tierra tropical* 3:183-197.
- ♣ Cruz M.,J.M. 2009. Características físico-químicas de algunos sustratos orgánicos utilizados en invernadero. Tesis licenciatura UAAAN. 66 p.
- ♣ Díaz S., F. R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero, México. In: *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción* Torreón, Coah, México, Octubre 13, 14 y 15 del 2004.
- ♣ Figueroa, V. U. 2003. Uso sustentable del suelo pp.1-22 En: *Abonos Orgánicos y Plasticultura*. Gómez Palacio, Durango México. FAZ UJED. SMCS y COCYTED pp. 1-22.
- ♣ Florián M., P. 1997. Sustratos: propiedades, ventajas y desventajas, IVIA España, pp. 1-16. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=INPERUPE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006184>. Fecha de recuperación: 28/08/09
- ♣ Fonteno, W. C., 1989. An approach to modeling air and water status of horticultural substrates. *Acta Horticulturae*, 238:67-74.
- ♣ García, P. R. E.; 1996. La lombricultura y el vermicompost en México. En: *Agricultura orgánica: Una opción sustentable para el agro mexicano*. Editor Ruíz F. J.F. Universidad Autónoma de Chapingo.

- ♣ Gardiner, L. 2005. Ciclo del Nitrogeno. Disponible en: [http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Life/nitrogen\\_cycle.sp.html&edu=high](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Life/nitrogen_cycle.sp.html&edu=high). 9/12/09.
- ♣ Handreck, K. A. and N.D. Black. 1991. Growing media for ornamental plants and turf. New South Wales University Press, Kensington Australia. 401 pp.
- ♣ Heredia Z. J., Vieira H. M., 1982. "Cultivo de melón", Manual de Cultivos Hortícolas (Primera parte), Ministerio de Agricultura y Ganadería, División de Programación y Evaluación-Dirección Agropecuaria del Guayas
- ♣ Juárez A., M. A. 2008. Producción orgánica de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura UAAAN. 62p.
- ♣ Lamb. E. M., N. L. Shaw and D. J. Cantliffe. 2003. Galia Muskmelon: evaluation for florida greenhouse production. Horticultural sciences department. University of Florida. Document HS919. 5p.
- ♣ Márquez H., C.; Cano R., P.; Chew M., Y.I.; Moreno R., A.; y Rodríguez D., N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero, Revista Chapingo. Serie Horticultura. Vol 12. No. 002. p 183-188.
- ♣ Martínez, F. X., Burés, S., Blanca, F., Yuste, M. P. and Valero, J. 1991. Experimental and theoretical air/wáter ratios of different substrate mixtures at container capacity. Acta Horticulturae, 294:241-248.
- ♣ Miliarium Aureum, S.L. 2004. Fases del ciclo del Nitrógeno. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Proyectos/Nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp#fijacion>. 9/12/09.
- ♣ Muñoz V., J. A., H. Macías R. y M. A. Velásquez V. 2009. Fertilización orgánica de hortalizas: uso de compost para la fertilización orgánica del chile (*capsicum annum* L.). En Reyes J., I. (Ed). Tecnología de producción de chile para deshidratar. Memoria. Cuarto día demostrativo. Nazas, Durango. pp 26-28.

- ♣ Muñoz, J. J. 2003. El cultivo del tomate en invernadero. P. 226-262. En: J.J. Muñoz Ramos y J. Z. Castellanos (eds.) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.
- ♣ Nardi, A. M. 2001. Índice agrario. Disponible en: <http://agrarias.tripod.com/fruticultura.htm>. 9/12/09.
- ♣ NOP, 2004. The national organic program. USDA-USA.
- ♣ Pastor, J. 1999. Utilización de sustratos en viveros. Terra, 17(3):231-235.
- ♣ Porta J. L., Acevedo, M.; Roquero C. 2003. Edafología para la agricultura y del medio ambiente. Tercera Edición. Editorial Mundi-Prensa. 929p.
- ♣ Quintero S. R. 2000. El cultivo del aguacate orgánico en México. Curso internacional para inspectores orgánicos IFOAM/BIOAGRICOOOP. Volumen I. Ex Hacienda Caracha, Uruapan, Michoacán, México. Abril del 2000. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Orgánica de Michoacán, CIECAS, Fundación Produce Michoacán y SAGAR.
- ♣ Rhoades, J. D., Kandiah y A: M: Mashali. 1992. The use of salina waters for crop production. FAO. Irrigation and drainage. Paper N° 48, Roma
- ♣ Rincón L.; Saez S., J.; Pérez C., J.; Pellicer C.; Gómez L., M.; 1998. Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero, Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA), Estación Sericícola. 30.150 La Alberca (Murcia), pp 112-119.
- ♣ Serrano C. Z. 2002 "Construcción de invernaderos" 2da Edición, Editorial Aedos Barcelona pp. 41- 63
- ♣ Sikora., L. J. and R. A. K. Szmidt. 2001. Nitrogen source mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from compost. En Stoffella P. J. and B. A. Kahn (Eds). Compost utilization in horticultural cropping systems. Lewis publisher, Washington, D. C. 19p.

- ♣ Soto B., F. 2007. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola bajo ambiente protegido. Instituto Nacional de Aprendizaje. Costa Rica. Pp. 1-7. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/boletinAP1\(4\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/boletinAP1(4).pdf). Fecha de recuperación: 17/10/09.
- ♣ Tester, C.F. and J.F. Parr. 1983. Decomposition of sewage sludge compost in soil: IV. Effect of indigenous salinity. *Journal of Environmental Quality* 12:123–126. van Griensven, L.J.L.D. (ed.). 1988. *The Cultivation of Mushrooms*. Darlington Mushroom Laboratories, Rustington, United Kingdom, p. 515.
- ♣ Uribe M., H.R., N. Chávez S. y G. Orozco H. 2008. Uso de biosólidos en sistemas de producción agrícola. En potisek T., M.C., U. Figueroa V. y R. Jasso I. (Eds). *Manual para el aprovechamiento sustentable de biosólidos en suelos agrícolas y forestales*. Libro técnico No. 2. INIFAP, CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. pp 85-106.
- ♣ Urrestarazu G. M. (Coord.). 2004. *Tratado de cultivos sin suelo*. 3ª edición. Almería. Ediciones Mundi-Prensa, 914p.
- ♣ Vandevivere, P.; Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. *Memoria Simposio Centroamericano sobre Agricultura Orgánica*. San José, CR. p. 121-140.
- ♣ Zaidan O. 1997. El cultivo de tomate de mesa en terreno abierto. En: Zaidan O, Natan R (ed) *Curso Internacional de Producción de Hortalizas en diferentes Condiciones Ambientales*. Recopilación de artículos sobre: producción de tomate. Ministerio de las Relaciones Exteriores. Centro de Cooperación Internacional. CINDACO. Shefayim, Israel. 18p.

## VII. APENDICE

Cuadro A.1 Análisis de varianza para la variable materia seca en raíz, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	14.262	4.754	2.01	0.1827	A
Repeticiones	3	4.462	1.487	0.63	0.6138	A
Error	9	21.252	2.361			A
Total	15	39.977				A
C.V. = 67.17 %						

Cuadro A.2 Análisis de varianza para la variable materia seca en tallo, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	105.277	35.092	2.09	0.1721	A
Repeticiones	3	42.594	14.198	0.84	0.5031	A
Error	9	151.237	16.804			A
Total	15	299.109				A
C.V. = 22.33 %						

Cuadro A.3 Análisis de varianza para la variable materia seca en hoja, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	1305.246	435.082	4.82	0.0287	A
Repeticiones	3	150.242	50.08	0.55	0.6579	BA
Error	9	812.62	90.291			BA
Total	15	2268.109				B
C.V. = 16.84 %						

Cuadro A.4 Análisis de varianza para la variable materia seca en fruto, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	1990.32	663.44	1.33	0.3233	A
Repeticiones	3	631.215	210.405	0.42	0.7412	A
Error	9	4477.29	497.476			A
Total	15	7098.825				A

C.V. = 18.00 %

Cuadro A.5 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la raíz, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	1.075	0.358	8.71	0.005	A
Repeticiones	3	0.127	0.042	1.03	0.4238	A
Error	9	0.37	0.041			A
Total	15	1.573				B

C.V. = 11.51 %

Cuadro A.6 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la tallo, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	0.288	0.096	5.62	0.0189	A
Repeticiones	3	0.028	0.009	0.55	0.6599	BA
Error	9	0.153	0.017			BA
Total	15	0.47				B

C.V. = 14.53 %



Cuadro A.7 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la hoja, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	0.986	0.328	42.44	< .0001	A
Repeticiones	3	0.037	0.012	1.63	0.25	B
Error	9	0.069	0.007			C
Total	15	1.094				C

C.V. = 5.96 %

Cuadro A.8 Análisis de varianza para la variable Nitrógeno en la fruto, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	1.314	0.438	24.77	0.0001	A
Repeticiones	3	0.077	0.025	1.46	0.2889	A
Error	9	0.159	0.017			B
Total	15	1.551				B

C.V. = 10.34 %

Cuadro A.9 Análisis de varianza para la variable rendimiento en metros cuadrados, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	17.131	5.71	4.35	0.0374	A
Repeticiones	3	2.285	0.761	0.58	0.6426	A
Error	9	11.817	1.313			A
Total	15	31.234				A

C.V. = 16.25 %

Cuadro A.10 Análisis de varianza para la variable total de Nitrógeno extraído por la planta, en los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2009.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	3	10.533	3.511	26.56	< .0001	A
Repeticiones	3	0.665	0.221	1.68	0.2407	B
Error	9	1.19	0.132			C
Total	15	12.388				C

C.V. = 13.61 %