



Universidad Autónoma Chapingo

ENSEÑAR LA EXPLOTACION DE LA TIERRA, NO LA DEL HOMBRE



Departamento de Fitotecnia
Instituto de Horticultura

EFLUENTES Y SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima*. Willd. ex Klotzch)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

ING. JUANA ANGÉLICA MORALES CÁRDENAS

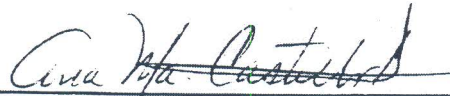
Chapingo, Texcoco Edo. México, Junio 2006

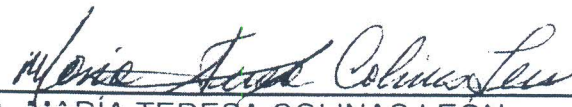


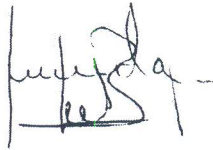
**EFLUENTES Y SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE
NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima*. Willd. ex Klotzch)**

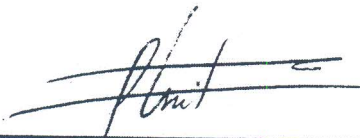
Tesis realizada por **Juana Angélica Morales Cárdenas** bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 
DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR: 
DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN


ASESOR: _____
M.C. JOEL PINEDA PINEDA


ASESOR: _____
DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

DEDICATORIA

A mi FAMILIA por demostrarme en cada paso de mi vida el valor tan inmenso de esta palabra....

A mi ESPOSO Gumaro Sánchez e HIJOS Giovis y Fer Sánchez Morales por su paciencia y por ser el motivo y la inspiración para mi superación profesional.

A mis PADRES Isabel Cárdenas e Hilario Morales, por darme la vida y ser ejemplo de amor, superación y tenacidad ante cualquier reto.

A mis HERMANOS Lalo, Nena y Christian, por sus consejos, gran ayuda y apoyo en los momentos más importantes de mi vida.

A mi TIA Esther Cárdenas por su ayuda y cariño a mí y a los seres que más amo.

A mis compañeros de Maestría: Melina Barrón, Bertha Callejas, Emilia Orozco, Rosalino Gasga, Eduardo Pimentel, Eduardo Ocampo y Nereo Martínez, por compartir los momentos tan bellos que implica la vida de estudiantes.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico otorgado para llevar a cabo mis estudios de Maestría y por el financiamiento de esta investigación en el proyecto Temperatura y nutrición en la pigmentación de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*. Willd. ex Klotzch) Clave 38340-B

A la Universidad Autónoma Chapingo por la oportunidad de obtener por segunda ocasión un logro profesional.

Al Programa Docente de Horticultura por la confianza y oportunidad que me brindó para mis estudios de posgrado.

A la Doctora Ana María Castillo González por su motivación, paciencia y atinadas contribuciones a este trabajo de investigación.

A mis asesores, Dra. María Teresa Colinas León, M. C. Joel Pineda Pineda y Dr. Edilberto Avitia García por su valiosa ayuda, colaboración y observaciones realizadas a este trabajo de investigación y tesis.

Al M.C. Rosalino Gasga Peña y al Ing. Eduardo Ocampo por su valiosa ayuda durante el desarrollo del experimento.

A mis profesores del Postgrado en Horticultura, por compartir su experiencia y conocimientos puestos en práctica en la culminación del presente trabajo.

A Fernando y Giovanna Sánchez Morales por su ayuda en el establecimiento y desarrollo del cultivo.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora de la presente tesis, Ingeniera Agrónoma Juana Angélica Morales Cárdenas, es originaria del Distrito Federal, donde nació el 18 de Junio de 1974. Realizó estudios de Educación Media Superior en la Universidad Autónoma de México donde perteneció al Programa de Estudiantes Sobresalientes durante tres años. En 1993 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo donde curso la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, egresando en el año 1998. En el ámbito laboral ha prestado servicios profesionales en la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (1998-2001) como capacitador técnico en producción de Hortalizas y construcción de invernaderos y en la Secretaría de la Reforma Agraria (2002-2003) como evaluador y dictaminador de proyectos productivos.

ÍNDICE

	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Historia del cultivo de la nochebuena	4
2.2 Requerimientos ambientales	5
2.3 Sustratos	6
2.3.1 Definición de sustrato agrícola	6
2.3.2 Propiedades físicas	6
2.3.2.1. Granulometría	7
2.3.2.2. Espacio poroso	7
2.3.2.3. Densidad aparente y densidad real	9

2.3.2.4.	Porosidad de aire	9
2.3.2.5.	Capacidad de retención de humedad	9
2.3.2.6.	Potencial osmótico	10
2.3.3	Propiedades químicas	10
2.3.3.1..	Reacción pH del suelo.....	10
2.3.3.2..	Capacidad de intercambio catiónico	11
2.3.3.3..	Capacidad amortiguadora (buffer)	12
2.3.3.4..	Sales solubles	12
2.3.3.5..	Materia orgánica.....	12
2.3.4	Mezclas de sustratos para nochebuena.....	15
2.3.5	Materiales utilizados en la elaboración de sustratos	14
2.3.5.1.	Tezontle.....	16
2.3.5.2.	Vermiculita.....	16
2.3.5.3.	Turba	17
2.3.5.4.	Tierra de Monte.....	17
2.3.5.5.	Agrolita	18
2.4	Abonos orgánicos.....	18
2.5	Sustancias húmicas	21
2.5.1	Sustancias húmicas en vermicomposta	23
3	MATERIALES Y METODOS	25
3.1.	Localización	25
3.2.	Material vegetal.....	25
3.3.	Sustratos	25
3.4.	Diseño experimental.....	25

3.5. Transplante.....	27
3.6. Riegos.....	27
3.7. Fertilización foliar.....	27
3.8. Control de plagas.....	28
3.9. Inducción floral	28
3.10. Variables evaluadas y metodologías utilizadas.....	28
3.10.1. Altura de planta y diámetro de tallo	28
3.10.2. Número total de brotes, hojas, flores y ciatios	29
3.10.3. Área foliar y área de brácteas.....	29
3.10.4. Peso seco	29
3.10.5. Peso específico de las hojas	29
3.10.6. Contenido de clorofila en las hojas	29
3.10.7. Contenido de antocianinas en brácteas	30
3.10.8. Contenido de carotenoides en brácteas	31
3.10.9. Color de brácteas.....	31
3.10.10. Concentración nutrimental.....	32
3.11. Caracterización de sustratos.....	32
3.11.1. Características físicas.....	32
3.11.1.1. Densidad aparente	33
3.11.1.2. Densidad real.....	34
3.11.1.3. Retención de humedad	34
3.11.2. Características químicas.....	35
3.12. Análisis estadístico.....	35

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	Características físicas de los sustratos	36
4.1.1.	Densidad aparente	36
4.1.2.	Porosidad de aireación	36
4.1.3.	Retención de humedad	37
4.1.4.	Espacio poroso total	37
4.1.5.	Densidad real.....	37
4.2.	Características químicas de los sustratos	39
4.2.1.	pH.....	39
4.2.2.	CE ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	39
4.2.3.	Materia orgánica (%).....	40
4.2.4.	Nitrógeno disponible.....	40
4.2.5.	Fósforo ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	40
4.2.6.	Potasio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	41
4.2.7.	Calcio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	41
4.2.8.	Magnesio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	41
4.2.9.	Azufre ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	42
4.2.10.	Hierro ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	42
4.2.11.	Cobre ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	42
4.2.12.	Zinc ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	43
4.2.13.	Manganeso ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).....	43
4.2.14.	Boro ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	43
4.3.	Caracterización de efluentes	45
4.4.	Crecimiento de la planta.....	46

4.4.1. Altura de planta	46
4.4.2. Diámetro del tallo.....	48
4.4.3. Número de brotes	48
4.4.4. Número de hojas	49
4.4.5. Número de flores.....	49
4.4.6. Número de ciatios	49
4.4.7. Área de brácteas	52
4.4.8. Área foliar	52
4.4.9. Peso seco total	55
4.4.10. Peso seco foliar	57
4.5. Pigmentos.....	57
4.5.1. Concentración de antocianinas y carotenoides en brácteas.....	57
4.5.2. Contenido de clorofilas a,b y total	59
4.5.3. Color en brácteas.....	60
4.6. Concentración nutrimental en hojas de nochebuena.....	62
4.6.1. Macronutrientes	62
4.6.1.1.Nitrógeno(%).....	62
4.6.1.2.Fósforo (%)	63
4.6.1.3.Potasio (%)	63
4.6.1.4.Calcio (%)	64
4.6.1.5.Magnesio (%)	64
4.6.2. Micronutrientes.....	67
4.6.2.1.Hierro ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)	67
4.6.2.2.Cobre ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)	67

4.6.2.3.	Zinc ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$).....	67
4.6.2.4.	Manganeso ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)	68
4.6.2.5.	Boro ($\text{mg} \cdot \text{K}^{-1}$).....	68
4.7.	Concentración nutrimental en brácteas de nochebuena	74
4.7.1.	Macronutrientes	74
4.7.1.1.	Nitrógeno(%).....	74
4.7.1.2.	Fósforo (%)	74
4.7.1.3.	Potasio (%).....	74
4.7.1.4.	Calcio (%)	75
4.7.1.5.	Magnesio (%).....	75
4.7.2.	Micronutrientes.....	78
5	CONCLUSIONES	82
6	LITERATURA CITADA	83
7	ANEXOS	93

INDICE DE CUADROS

1. Niveles óptimos para las propiedades físicas de sustratos empleados en la producción en maceta según diversos autores.	8
2. Niveles óptimos para las propiedades químicas de los sustratos según varios autores	14
3. Composición de los sustratos empleados en el cultivo de nochebuena cv. Supjibi roja.....	25
4. Tratamientos aplicados a plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	26
5. Solución nutritiva aplicada en plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	27
6. Composición y características físicas de los sustratos utilizados en el cultivo de nochebuena cv. Supjibi roja.	38
7. Características químicas de los sustratos utilizados en Chapingo para el cultivo de nochebuena cv. Supjibi roja.	44
8. Características químicas y contenido nutrimental de dos efluentes de vermicomposta usados en la fertilización foliar de nochebuena cv. Supjibi roja.	45
9. Altura final de plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de dos efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	47
10. Efecto de diferentes sustratos en la altura final de plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	48
11. Número de brotes, hojas, flores y ciatios en nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de dos efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	50

12. Efecto de diferentes sustratos en el número de brotes, hojas, flores y ciatios en nochebuena cultivar Supjibi roja.....	51
13. Efecto de efluentes de vermicomposta en el número de brotes, hojas, flores y ciatios en nochebuena cultivar Supjibi roja	51
14. Área de brácteas y foliar en nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluente de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	53
15. Efecto de diferentes sustratos en el área de brácteas y área foliar total en nochebuena cultivar Supjibi roja.....	54
16. Efecto de dos efluentes de vermicomposta en el área de brácteas y área foliar en nochebuena cultivar Supjibi roja	54
17. Peso seco total y peso seco foliar por planta y peso específico foliar por planta de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	55
18. Efecto de diferentes sustratos en el peso seco total y peso seco foliar por planta en nochebuena cultivar Supjibi roja.....	56
19. Efecto de dos efluentes de vermicomposta en el peso seco total y peso foliar por planta en nochebuena cultivar Supjibi roja.	57
20. Contenido de antocianinas y carotenoides en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	58
21. Efecto de diferentes sustratos en el contenido de antocianinas y carotenoides en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	59

22. Contenido de clorofilas a, b y total en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluente de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	60
23. Color en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	61
24. Concentración de macronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluente de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	65
25. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de macronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	66
26. Efecto de efluentes en la concentración de macronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	66
27. Concentración de micronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	69
28. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de micronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	70
29. Efecto de dos efluentes en la concentración de micronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	70
30. Concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	76

31. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	77
32. Efecto de efluentes en la concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Subjibi roja.....	77
33. Concentración de micronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.	79
34. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de micronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	80
35. Efecto de efluentes en la concentración de micronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.....	80

INDICE DE FIGURAS

1. Crecimiento de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta.	46
--	----

RESUMEN

EFLUENTES Y SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima*. Willd. ex Klotzch)

Juana Angélica Morales-Cárdenas¹ y Ana María Castillo-González²

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*. Willd. ex Klotzch), es una planta de origen mexicano, es una de las plantas en maceta más cultivadas en el mundo por su importancia como símbolo de las fiestas navideñas. En la búsqueda de mejorar la producción y calidad de las plantas con fertilizantes orgánicos que tengan menos impacto en el ambiente, en este trabajo se evaluó el efecto de dos mezclas de sustratos y tezontle y aplicaciones foliares de dos efluentes provenientes de vermicomposta, con los objetivos de evaluar la efectividad de los efluentes, conocer el contenido nutrimental de los efluentes y las mezclas y correlacionarlo con la concentración nutrimental de hojas y brácteas. Los tratamientos fueron: tezontle, tezontle + efluente 1, tezontle + efluente 2, mezcla 1 (turba + vermiculita 2:1), mezcla 1 + efluente, mezcla 1 + efluente 2, mezcla 2 (tierra de monte + tezontle + turba + agrolita 3:1:0.75:0.75), mezcla 2 + efluente 1, mezcla 2 + efluente 2.

El tezontle + efluente 1 promovió la mayor altura (50.2 cm.), número de ciatios (64), área de brácteas (3884 cm²), peso seco total y peso seco foliar (39.6 y 13.6 g · planta⁻¹, respectivamente. No hubo efecto de tratamientos en el número de brotes, número de flores, peso específico de hojas, antocianinas y color de brácteas. No se observó una correspondencia entre la fertilidad de los efluentes y sustratos y la concentración nutrimental en hojas y brácteas.

Palabras clave: Sustancias húmicas, vermicomposta, fertilización foliar, crecimiento.

ABSTRACT

EFFLUENTS AND SUBSTRATES IN POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima*. Willd. ex Klotzch) DEVELOPMENT

Juana Angélica Morales-Cárdenas¹ y Ana María Castillo-González²

The poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzch), is of Mexican origin and one of the most important potted plants grown in many countries as a Christmas symbol. With the purpose of increasing productivity and quality by using organic fertilizers with less negative ambient impact, in this study the effect of two mixed substrates and volcanic rock and two effluents from vermicompost were evaluated, analysis of the effluent nutrient content and correlation with leaf and bract nutrient concentrations were also determined.

Treatments were: Volcanic rock; volcanic rock + effluent 1; volcanic rock + effluent 2; substrate mixture 1 (peat moss + vermiculite 2:1); substrate mixture 1 + effluent 1; substrate mixture 1 + effluent 2; substrate mixture 2 (leaf mould + volcanic rock + peat moss + agrolite 3:1:0.75:0.75); substrate mixture 2 + effluent 1; substrate mixture 2 + effluent 2. Volcanic rock + effluent 1 promoted maximum plant height (50.2 cm), number of cyathia (64), area of bracts (3884 cm²), total dry weight and leaf dry weight (39.6 and 13.6 g plant⁻¹) respectively.

There was no effect in the number of buds or flowers, specific leaf weight, anthocyanins and bract color. No relation between effluent fertility and substrates and nutrient concentration in leaves and bracts was observed.

Key words: Humic substances, vermicompost, foliar fertilization, growth.

1. INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch) es una planta de origen mexicano, una de las plantas en maceta más cultivadas en el mundo debido a que es el símbolo de las fiestas de fin de año, por eso existe gran interés en su cultivo.

Actualmente en Estados Unidos la nochebuena representa la flor más popular, alcanzando ventas de más de 65 millones de plantas en toda la nación (Anónimo, 2001).

En México, el cultivo de la nochebuena se ha incrementado de manera sorprendente en los últimos años, reflejándose este hecho en el valor de su producción que se ha sextuplicado de \$20,075,000 en el 2000 a \$125,576,560 en el 2004 (Anónimo, 2004). Así mismo, van en aumento los estados que se dedican a la producción de este cultivo ya que en un inicio se cultivaba sólo en el D. F. y Morelos, actualmente se incluyen entre los estados productores a: México, Michoacán y Puebla (Cuadro 1A).

Debido a la importancia tanto cultural como económica que representa el cultivo de la planta de nochebuena en nuestro país, es necesario poner énfasis en el estudio de los principales materiales que influyen en su producción, tales como son: el sustrato y la fertilización.

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de calidad. Dado que el volumen de una maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que combinadas con un programa integral de manejo y fertilización permitan el óptimo desarrollo de las plantas (Cabrera, 1995).

La mayoría de los sustratos usados en la producción de plantas ornamentales consisten en una combinación de componentes orgánicos e inorgánicos. Algunos de los materiales inorgánicos comunes incluyen arena, vermiculita, perlita, arcilla calcinada, piedra pómez, tepojal y otros subproductos minerales. Por otro lado, los componentes orgánicos más

populares incluyen: turba (peat moss), productos de madera compostados (corteza, aserrín, virutas), compostas, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuate.

En relación al incremento del cultivo de nochebuena en nuestro país es necesario proponer opciones de fertilización orientadas al cuidado de la ecología y a la utilización de recursos como los abonos, que aunque contienen una concentración baja de nutrimentos en comparación a los fertilizantes químicos, la disponibilidad de éstos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a la que están sometidos. Especialmente el humus de lombriz constituye por su composición, en términos de materia orgánica y de población microbiana, un auténtico “fertilizante biológico” (Compagnoni, 2001).

La nutrición en la nochebuena, influye en la calidad de la flor, ya que los beneficios de una adecuada nutrición, se manifiestan en una mayor cantidad de follaje, flores de mejor tamaño, colores más firmes; además de presentar un sistema radical ampliamente desarrollado, características de suma importancia que busca el productor en la planta, por lo que constantemente se debe mejorar el control de los factores que influirán en la calidad de la misma. Por lo anterior, el presente trabajo de investigación pretende alcanzar los siguientes:

OBJETIVOS

- Caracterizar dos mezclas de sustratos de origen orgánico empleados por los productores de Texcoco para la producción de plantas de nochebuena de alta calidad.
- Conocer los componentes nutrimentales de los dos efluentes de vermicomposta empleados como fertilizantes foliares para la producción de nochebuena.
- Evaluar la efectividad de dos líquidos efluentes de vermicomposta como fertilizantes foliares empleados para la producción de nochebuena.
- Correlacionar la concentración nutrimental en hojas y brácteas con la fertilidad de los sustratos y de los efluentes foliares utilizados.

HIPÓTESIS

El mejor sustrato será el que proporcione a la planta las condiciones físicas y químicas más adecuadas para su desarrollo, como la mezcla con tierra de monte + tezontle + turba + agrolita.

El mejor fertilizante será el que tenga mayor tiempo de almacenamiento después de su obtención.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.3 Historia del cultivo de la nochebuena

La Nochebuena *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch fue cultivada por los aztecas en México antes de la conquista; los indígenas hacían un colorante rojizo-púrpura de las brácteas, mientras que del látex hacían una preparación medicinal usada para contrarrestar la fiebre (Ecke *et al.*, 1990).

Aunque la nochebuena, se encuentra entre los símbolos más tradicionales de las fiestas navideñas, la cultivaban los aztecas mucho antes de la introducción del cristianismo en el Hemisferio Oeste. Probablemente, las primeras connotaciones religiosas de la nochebuena, en cuanto a su uso en la decoración en fiestas como la Navidad, se remonta al siglo XVII; gracias a su brillante color y floración durante las fiestas, los monjes franciscanos empezaron a utilizar esta flor en la fiesta de Santa Pesebre, una procesión sobre La Natividad.

La nochebuena se introdujo por primera vez en los Estados Unidos en 1825 por Joel Robert Poinsett, reconocido botánico, quien bajo el cargo de primer embajador de los Estados Unidos en México, tuvo la ocasión de visitar Taxco donde descubrió por primera vez algunos ejemplares de estas vistosas plantas.

Poinsett cultivó algunos ejemplares de esta especie de planta en su casa de California, momento en el que se considera fueron introducidas en los Estados Unidos (Ecke *et al.*, 1990).

La nochebuena es una planta de día corto que florece cuando el período de oscuridad excede las 12.5 h (Kristoffersen, 1969, Ecke, *et al.*, 1990, Martínez 1995), dependiendo del cultivar y la temperatura; en días cortos la iniciación floral es más rápida.

El intervalo de temperatura óptimo para el desarrollo de esta planta es de 18 a 30 °C durante el desarrollo vegetativo, de 16 a 30 °C durante la floración y de 4 a 5 °C como rango de temperaturas mínimas extremas (Martínez, 1995). Son plantas de alta intensidad luminosa y se debe proporcionar una cantidad máxima de luz solar siempre, al menos que se requiera alguna reducción por el calor en verano (Shanks, 1980). Las necesidades de esta planta son muy específicas. Para un buen desarrollo, requieren de 4000 a 6000 pies candela de intensidad, toda la gama de colores de la radiación activadora de fotosíntesis de 400 a 700 nm (Martínez, 1995).

Las estructuras florales de la nochebuena son llamados ciatios, los cuales consisten en una flor pistilada con numerosas flores estaminadas encerradas en un involucre (Shanks, 1980), son minúsculas de color amarillo claro y producidas en rosetas (Kristoffersen, 1969). Los colores son provistos por las brácteas (hojas modificadas) y unas pocas hojas verdaderas.

El cultivar Supjibi, está disponible en colores rojo y rosa. Sus brácteas son de las más grandes y tienen un color rojo brillante, el follaje es verde intermedio que no se cae fácilmente, tolera bien temperaturas extremas. Tiene un hábito de crecimiento mediano, sus tallos y sus brotes son sumamente vigorosos. Este cultivar se caracteriza por adaptarse a un amplio intervalo de temperaturas (8 a 32 °C) durante su desarrollo; tiene una altura entre 21.6 y 35.8 cm, tallos y brotes vigorosos, flores con diámetros entre 36.8 y 37.3 cm, la inducción de la floración se presenta con fotoperíodo inferior a 12 h y 20 min, y la

respuesta a esta longitud corta del día es durante ocho semanas (Ecke *et al.*, 1990; Ecke *et al.*, 2004; Larson *et al.*, 1988a; Larson *et al.*, 1988b).

2.3 Sustratos

2.3.1 Definición de sustrato hortícola

Material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, que desempeña así un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Abad y Noguera, 1997). De acuerdo con Hanan *et al.* (1978) también es aquella mezcla formada por materiales en estado sólido, líquido y gaseoso que deben encontrarse en proporciones adecuadas para que las plantas tengan un crecimiento satisfactorio.

La calidad de las plantas ornamentales en maceta depende, fundamentalmente, del tipo de sustrato que se utilice para cultivarlas y, en particular, de sus características físico-químicas, ya que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente ligados a las condiciones de aireación y contenido de agua, además de tener una influencia directa sobre el suministro de nutrimentos necesarios para las especies que se desarrollen en él. Todas estas interacciones se reflejarán positiva o negativamente en la presentación comercial final de las especies cultivadas (Bunt, 1988).

2.3.2 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas son consideradas como las más importantes para un sustrato debido a que si la estructura física de un sustrato es inadecuada, difícilmente se podrá mejorar una vez que se ha establecido el cultivo (Cabrera, 1999).

Un medio de cultivo deberá tener buenas propiedades físicas como son: aireación y drenaje, retención de agua y bajo peso húmedo por volumen (densidad aparente). Cabe mencionar que la determinación de los valores de las propiedades físicas indicadas son establecidas en sustratos que, después de haber sido regados a saturación se han dejado drenar hasta alcanzar un equilibrio, condición conocida como capacidad de maceta o de contenedor (CC) (Cabrera, 1999).

Entre las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato se encuentran: la granulometría, densidad aparente, densidad real, porosidad de aire, capacidad de retención de agua, potencial osmótico.

2.3.2.1 Granulometría

Se refiere a la proporción que guardan los diferentes tamaños de partículas que lo componen. En los sustratos predominan, en general, las partículas de diámetro superior a 0.05 mm, por lo tanto para llevar a cabo su análisis es suficiente con utilizar el método del tamizado. Los resultados de estos análisis se presentan convencionalmente en términos de la proporción en peso de cada fracción con respecto al peso seco total de la muestra e indicando siempre el intervalo granulométrico del que se trate (Orozco, 1997).

En el caso de sustratos, no existe un sistema de clasificación granulométrica de las diferentes fracciones que resultan del tamizado, ya que cada país la ha adaptado a la serie de tamices correspondiente a sus normas oficiales (Ansorena, 1994)

2.3.2.2 Espacio poroso

El espacio poroso total (Pt) de un medio de cultivo es el porcentaje de su volumen que no está ocupado con sólidos. En general, el sustrato deberá de tener una porosidad total de por lo menos 70 % con base en volumen. La porosidad de aire o espacio ocupado por aire en el sustrato, es probablemente la propiedad física más importante de los sustratos empleados en

la horticultura ornamental (Cabrera, 1999). Para un buen desarrollo de las nochebuenas, se requiere un suelo con un 50% a 70% de espacio poroso total (Martínez, 1995).

García (1999) comenta que una buena mezcla para plantas en contenedores deberá alcanzar los valores especificados, según el autor en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Niveles óptimos para las propiedades físicas de sustratos empleados en la producción en maceta según diversos autores.

PROPIEDADES FÍSICAS	De Boodt y Verdonck (1972)	Bunt (1988)	Abad (1992)	Nappi (1993)	Handreck y Black (1994)
Tamaño de partícula (mm)			0.25-2.25		
Densidad aparente (g cm ⁻³)			< 0.4	0.15-0.5	0.3-0.6
Densidad real (g cm ⁻³)			1.45-2.65		
Espacio poroso total (% en volumen)	>85	70-85	>85	85-90	60-80
Retención de agua (% en volumen) a:					
10 cm	>30		55-70		
50 cm			31-40		
100 cm			25-30		
Capacidad de aireación (% en volumen)		10-20	10-30		7-50
Agua fácilmente disponible (% en volumen)			20-30		>20
Agua de reserva (% en volumen)	4-10		4-10		
Agua total disponible (% en volumen)	20-30	>30	24-40		
Compactación		<30%			

2.3.2.3 Densidad aparente y densidad real

La densidad aparente (D_a) de un sustrato se define como la relación entre la masa de una muestra seca y el volumen del sustrato húmedo en condiciones estándar previamente establecidas (Bunt, 1988). La densidad real (D_r) es el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos, siendo su valor propio del material y, a diferencia de D_a , no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula (Ansorena, 1994).

2.3.2.4 Porosidad de aire

Es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después de drenar un sustrato que previamente se saturó con agua. Los valores altos de porosidad de aire en mezclas para contenedores hacen el manejo más fácil y se disminuye el riesgo de sobre regar (Bunt, 1988). Como regla general, se deberá seleccionar un sustrato con menor porosidad de aire para plantas que consuman agua rápidamente y otro con mayor valor para plantas con bajas necesidades de agua (Handreck y Black, 1994). Debido a que la forma, textura y porosidad interna de las partículas varía tanto como su tamaño, usualmente se acepta que la porosidad de aire de una mezcla no puede ser predicha con exactitud sino que debe determinarse empíricamente (Bunt, 1988).

2.3.2.5 Capacidad de retención de humedad

Para el óptimo crecimiento de plantas en contenedor es necesario que la distribución de tamaños de poro sea la adecuada para que el sustrato retenga cantidades convenientes de agua y aire. Pero no es suficiente que la cantidad total de agua contenida en un medio de cultivo sea la necesaria para la planta, ya que puede estar retenida con una fuerza muy elevada, superior a la de succión que es capaz de ejercer la planta. Por tanto, interesa más la capacidad de retención de Agua Disponible (A_d). Esta se define como la cantidad de agua

retenida por el sustrato entre su capacidad de contenedor (volumen de agua presente después de que el medio de cultivo en el contenedor se saturó y se dejó drenar) y el punto de marchitez permanente (contenido de humedad en el que la planta es incapaz de extraer más agua del medio).

2.3.2.6 Potencial osmótico

El fenómeno de ósmosis se presenta cuando dos soluciones acuosas de distinta concentración de sales se encuentran separadas por una membrana. Como consecuencia de la tendencia natural a igualarse por difusión las concentraciones de dos soluciones de diferente concentración que se ponen en contacto, se produce un flujo de agua desde el lado de la solución más diluida al de la concentrada. Este flujo crea una diferencia entre los potenciales del agua hacia ambos lados de la membrana, que se manifiesta en una diferencia de niveles del líquido a ambos lados de la membrana, y se conoce como Presión Osmótica. Como en los sustratos la concentración de los nutrimentos en solución suele ser elevada, existirá un componente osmótico que se opone al paso del agua a través de la membrana celular hacia el interior de las raíces lo que reduce la disponibilidad del agua para las plantas. En los sustratos en contenedor, la succión media con que el agua es retenida (pF 1 a capacidad de contenedor y pF 2 en punto de marchitez permanente) es muy inferior a la de los suelos minerales agrícolas (pF 2.5 a capacidad de campo y pF 4.2 en punto de marchitez permanente) (Ansorena, 1994).

2.3.3 Propiedades químicas

2.3.3.1 Reacción (pH) del suelo

La reacción del suelo (ácido, neutro o alcalino) se refiere a la concentración relativa de los iones hidrógeno (H^+) e hidroxilo (OH^-) en la solución del suelo. En un suelo ácido la concentración de iones hidrógeno es mayor que la de iones hidroxilo, mientras que en un

suelo alcalino sucede lo contrario. Un suelo neutro posee igual concentración de ambos iones.

La reacción del suelo es importante en vista de que influye en la disponibilidad de los nutrientes, la solubilidad de los iones tóxicos y la actividad microbiana.

La disponibilidad máxima de los nutrientes primarios (N-P-K) es mayor a un valor de pH entre 6.5 y 7.5. La solubilidad de algunos elementos fitotóxicos, como el aluminio, aumenta a valores bajos de pH (menos de 5.5), lo cual disminuye el rendimiento de los cultivos. Los valores cercanos al pH neutro favorecen la actividad de muchos microorganismos que llevan a cabo la tan necesaria actividad biológica del suelo. Un nivel de referencia en el cultivo de plantas ornamentales en contenedor: pH (extracto de saturación) de 5.2 a 6.3 (Abad, *et al.*, 1993; Ansorena, 1994) mientras que para otros (Anónimo, 1997) el rango oscila de 5.5 a 6.5 (Cuadro 2).

2.3.3.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Medida importante de la fertilidad y productividad potencial de los suelos, es la cantidad de cationes que pueden ser adsorbidos o retenidos por un suelo. La materia orgánica tiene una CIC alta. Los cationes que revisten mayor importancia en lo que se refiere a las plantas son el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^{+}), amonio (NH_4^{+}), sodio (Na^{+}) e hidrógeno (H^{+}). Es deseable un valor moderado ($50\text{-}100 \text{ cmol (+) L}^{-1}$) ya que el suministro de cationes será más constante y las pérdidas de nutrimentos se minimizarán (Handreck y Black, 1994). Por otra parte, Nelson (1991, citado por García, 1999), señala que un nivel entre $10 \text{ y } 30 \text{ cmol (+)/100g}$ es apropiado y que si el valor es menor, el sustrato no actuará como reservorio de nutrimentos y llegará a ser necesario aplicar fertilizante más frecuentemente.

2.3.3.3 Capacidad amortiguadora (buffer)

Es la resistencia de un sustrato a los cambios en su pH. A mayor Capacidad de Intercambio Catiónico del sustrato, mayor capacidad amortiguadora. El humus proporciona una alta CIC (Martínez 1995).

2.3.3.4 Sales Solubles

Se refiere al contenido de minerales solubles en el sustrato. Algunos de ellos son: nitratos, amonio, fosfatos, potasio, calcio, magnesio, boro, fierro, zinc, cobre, sulfatos y cloruros. La materia orgánica también contribuye en el contenido de sales solubles cuando, en el proceso de descomposición, algunas sustancias insolubles se vuelven solubles (Martínez, 1995). En el Cuadro 2, se muestran los niveles óptimos de CE según varios autores.

2.3.3.5 Materia orgánica

Consta de restos animales y vegetales en varias etapas de descomposición, organismos vivos y las sustancias que sintetizan estos organismos; es una fuente de nitrógeno, fósforo y azufre útiles para la nutrición de las plantas. La materia orgánica es uno de los principales componentes de la productividad y fertilidad de los suelos, ya que:

- Ayuda a reforzar los agregados del suelo, mejorando de esta manera la facilidad con que se cultiva y la estructura del mismo.
- Mejora la aireación y la infiltración del agua.
- Aumenta la capacidad de retención del agua.
- Proporciona mayor capacidad de intercambio catiónico.
- Produce un efecto amortiguador contra cambios rápidos en la reacción del suelo cuando se agregan a éste materiales generadores de condiciones ácidas o alcalinas.
- Forma compuestos orgánicos estables que aumentan la disponibilidad de los micronutrientes.

- Constituye una fuente de numerosos nutrimentos de las plantas.
- Constituye una fuente de alimento para los microorganismos del suelo. (Cadahia, 2000)

La composición de la materia orgánica del suelo puede dividirse en tres categorías principales: polisacáridos, ligninas y proteínas. Los polisacáridos incluyen celulosa, hemicelulosa, azúcares, almidones y pectinas. Las ligninas son materiales complejos que provienen de los tejidos leñosos de las plantas. Las proteínas son los principales componentes nitrogenados de la materia orgánica. Estas tres clases de sustancias son las fuentes de alimento de los microorganismos del suelo (Anónimo, 2004). Ansorena (1994) menciona un contenido óptimo de Materia Orgánica mayor a 80 % (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles óptimos para las propiedades químicas de los sustratos según varios autores

Propiedades químicas	Ansorena		Warncke				SUNGRO
	(1994)		(1988)				(1997)
		bajo	aceptable	óptimo	alto	muy alto	
pH	5.2-6.3						5.5-6.5
Extracto de saturación							
C.E.	0.75-3.49	0-0.75	0.75-2	2-3.5	3.5-5	5+	0.75-3.5
(extracto de saturación, dS cm ⁻¹)							
CIC(meq 100g ⁻¹)							
Fertirrigación permanente	Nula o muy baja						
Fertirrigación intermitente	>20						
Cenizas (%)	<20						
Materia Orgánica (%)	>80						
Relación Carbono: Nitrógeno	20-40						
Nutrientes asimilables (extracto de saturación, ppm)							
N-NO ₃	100-199	0-39	40-99	100-199	200-299	300+	40-200
N-NH ₄	0-20						0-40
Fósforo	6-10	0-2	3-5	6-10	11-18	19+	5-60
Potasio	150-249	0-59	60-149	150-249	250-349	350+	40-360
Calcio	>200	0-79	80-199	200+	-	-	50-250
Magnesio	>70	0-29	30-69	70+	-	-	25-125
Hierro	0.3-3						0.3-3.5
Manganeso	0.02-3						0.03-3.5
Molibdeno	0.01-0.1						0.02-0.15
Zinc	0.3-3						0.3-3.5
Cobre	0.001-0.5						0.001-0.6
Boro	0.005-0.5						0.06-0.6
Azufre							50-250

2.3.4 Mezclas de sustratos para nochebuena

La nochebuena puede producirse con éxito, en un amplio rango de medios de cultivo (Strojay y Nowak, 2003). Un apropiado funcionamiento y desarrollo del sistema radical de la nochebuena es ampliamente determinado por un adecuado suministro de humedad y muy buena difusión de oxígeno en la superficie radical (Gislerød, 1994; Ecke *et al.*, 1990).

Diferentes autores indican varias composiciones de sustratos como adecuados para el cultivo de nochebuena (Shanks, 1976; Fonteno *et al.*, 1981; Ecke *et al.*, 1990).

Jiménez y Caballero, 1990, mencionan que un sustrato adecuado estaría constituido por: una parte de corteza de pino, una parte de turba y una parte de arena, neutralizando a pH 5.5. Una mezcla muy utilizada para el cultivo de nochebuena es la que contiene dos partes de turba y una parte de tepojal (Morales, 2003).

Martínez (1996), utilizando entre otras una mezcla de 40 % de fibra de coco, 50 % de corteza de pino y 10 % de tierra, obtuvo el mayor diámetro y longitud de brote (medida desde la parte de inserción de los brotes en el tallo hasta los ciatios o flores verdaderas) en plantas de nochebuena y reportó que a medida que se incrementa el porcentaje de la fibra de coco en la mezcla del sustrato, la calidad de la planta es mejor, y conforme se incrementa la cantidad de turba, la calidad disminuye; también encontró que 50 % de corteza de pino en la mezcla del sustrato es la proporción más favorable.

Hartman y Kester (2001) evaluaron diferentes mezclas para cultivos en maceta utilizando suelos pesados (migajones arcillosos), recomiendan dos partes de perlita o arena, una parte de suelo y dos partes de musgo turboso; para suelos de textura media una parte de perlita o arena, una de suelo y una de musgo turboso.

Logan *et al.* (1984) al evaluar en plantas de crisantemo cv. Fiesta, nochebuena cv. Annette Hegg Brillant Diamont y Lillium cv. Nellie White en una mezcla comercial de composta con 15, 25, 40 y 60 % de lodo, 20 % de perlita y el resto de turba, encontraron que el tratamiento adecuado para las tres especies fue el que contenía 60 % de lodo.

Resh y Howard (1992) indican que la proporción de cada uno de los elementos que componen un sustrato para maceta depende del tipo de plantas y del grado de desarrollo. Por ejemplo las plantas de flor en maceta, como crisantemo, poinsettias y lilas, así como plantas subtropicales con hojas decorativas crecen bien en mezclas de turba-arena- pumita en proporción 2:1:2.

Se han empleado una gran variedad de materiales como sustrato, como es el caso del tezontle, vermiculita, la turba, la tierra de monte y agrolita; la selección de estos como se menciona con anterioridad depende de las propiedades físicas y químicas de los materiales, de la disponibilidad y del precio.

2.3.5 Materiales utilizados en la elaboración de sustratos

2.3.5.1 Tezontle

En México el tezontle es muy utilizado debido a su disponibilidad, es un mineral aluminosilicatado de origen volcánico que se emplea en forma natural (Lara, 1999). Presenta una alta capacidad de aireación, baja retención de humedad, baja capacidad buffer (Martínez, 1995).

2.3.5.2 Vermiculita

La vermiculita es un mineral con estructura en micas, es estéril, ligero (0.1 a 0.2 g·cm³), insoluble en agua, pH neutro, capacidad para amortiguar el pH y relativamente alta capacidad de intercambiar cationes (Lara, 1999). Presenta aireación regular, alta retención de humedad (Martínez, 1995).

2.3.5.3 Turba

La turba consiste en la descomposición parcial de plantas acuáticas, de pantanos o ciénegas. La composición química depende de la naturaleza de los materiales que le dan origen y la etapa de descomposición (Lara, 1999). Las diferencias entre los distintos tipos de turbas están relacionadas con las variaciones en el clima local, con las especies de plantas de las cuales se forman las turbas y con su grado de descomposición del pantano (Bunt, 1988). Presenta baja capacidad de aireación, alta retención de humedad y baja capacidad buffer, tiene un pH muy bajo (Martínez, 1995). La densidad aparente varía entre 0.06 y $0.10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para las turbas *Sphagnum* rubias, y hasta $0.50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para las negras. El espacio poroso total oscila entre el 95 % (v/v) o más, en el caso de las turbas rubias, hasta menos del 80 %, para las turbas negras y muy descompuestas. El pH puede oscilar entre 3.5 (turba ácida) hasta 8,5 (turba eutrófica). Las turbas presentan una capacidad de intercambio catiónico elevada, propiedad que está estrechamente relacionada con su grado de humificación. Las turbas rubias (poco humificadas) suelen presentar una CIC comprendida entre 100 y 110 $\text{cmol (+)} 100 \text{ g}^{-1}$, mientras que en las eutróficas (muy humificadas), se pueden alcanzar valores superiores a los 250 $\text{cmol (+)} 100 \text{ g}^{-1}$. Este material orgánico presenta un bajo nivel de fertilidad, estimado por el contenido en nutrientes asimilables.

2.3.5.4 Tierra de monte

Es un material que contiene hoja de encino y partículas de todos los tamaños en diferentes etapas de descomposición, es un sustrato aportador de nutrientes, muy empleado en el centro del país, donde existen bosques de encino (Bastida, 1999). Puede ser rico en microorganismos y nutrientes, su composición varía enormemente de acuerdo con el tipo de bosque de donde proviene y del grado de descomposición que tenga. Proporciona mucha porosidad y buen drenaje al sustrato del que forma parte (Ballester – Olmos, 1992). La

tierra de monte presenta una aireación regular, retención de humedad regular y una alta capacidad buffer (Martínez, 1995).

2.3.5.5 Agrolita

Es un material silíceo poroso producido por el calentamiento rápido de un vidrio volcánico natural a 1200 °C. Es estéril inmediatamente después de su producción y no aporta nutrimentos. Tiene una estructura interna ocluída y por ello el agua solamente es retenida sobre su superficie o en los espacios entre sus partículas. Las granulometrías más gruesas se usan para aumentar la aireación de los materiales más finos (Bunt, 1988; Handreck y Black, 1994). La agrolita presenta una alta aireación, baja retención de humedad y baja capacidad buffer (Martínez, 1995).

2.4 Abonos Orgánicos

La adición de componentes orgánicos a sustratos ayuda a mejorar sus propiedades físicas y químicas, tales como capacidad de retención de agua, porosidad y capacidad de intercambio catiónico, lo que repercutirá en el aporte nutrimental a las plantas.

El uso de los abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en los cultivos, se conoce desde la antigüedad (Tisdale *et al.*, 1985; Trinidad-Santos, 1987). Los abonos orgánicos, por las propias características en su composición son formadores de humus y enriquecen al suelo con este componente, modifican algunas propiedades y características del suelo como el pH, cargas variables, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, desde luego la población microbiana (Avnimelech, 1986; Broadbent, 1986; Aguilar-Manjarrez, 1995).

Entre los abonos orgánicos se incluyen los abonos verdes, residuos de cosechas, residuos orgánicos industriales, estiércoles, compostas y vermicompostas.

El vermicomposteo es una biooxidación y proceso bioestabilizador de materiales orgánicos que involucra la acción conjunta de lombrices y bacterias. Las lombrices voltean, fragmentan y airean los materiales composteados (Domínguez *et al.*, 1997).

La vermicomposta tiene una excelente aireación, porosidad, estructura, drenaje, capacidad de retención de humedad y es una fuente de nutrimentos esenciales y disponibles para las plantas (Domínguez *et al.*, 1997; Metzger, 1998; Winsome y Mc Coll, 1998). En contraste con las compostas convencionales las vermicompostas son mucho más estables (Domínguez *et al.*, 1997).

Una aplicación directa de desperdicios orgánicos tiene un efecto negativo en la fertilidad del suelo y causa toxicidad a las plantas (Atiyeh, *et al.*, 2000). Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas con materiales orgánicos inmaduros, son debidos tanto a una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad del oxígeno en la rizósfera. Esta actividad está provocada por los microorganismos que descomponen los materiales orgánicos frescos y utilizan el nitrógeno para la síntesis de sus proteínas celulares. El oxígeno es también consumido por la actividad microbiana (Cadahia, 2000).

El composteo de desechos orgánicos es una alternativa para la descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos dentro de las condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, resultantes de una producción calórica de origen biológico para obtener un producto final lo suficientemente estable para su almacenaje y utilización como abonos orgánicos (Mustin, 1987; citado por García, 1999).

La descomposición de los microbios es más activa cuando la proporción C: N es 30:1. El N excedente se pierde en forma de gas amonio (Domínguez, 1997; Hirell, 2000).

El compostaje está basado en una sucesión de procesos fermentativos producidos por agentes microbianos. En esta actividad fermentativa intervienen básicamente los

carbohidratos contenidos en la masa orgánica. La masa orgánica de los residuos animales, referida a la sustancia seca correspondiente a una carnaza de tipo normal, arroja una composición media de las siguientes características: proteína bruta 54%, sustancias grasas 4%, sustancias inorgánicas 32%, sustancias orgánicas no nitrogenadas 10%.

Los carbohidratos representan aproximadamente una tercera parte del 10% de sustancias no nitrogenadas que figuran en el análisis expuesto.

En particular en el caso de la vermicomposta, se ha observado que las lombrices son formidables devoradores de excrementos orgánicos. El humus que se obtiene presenta características similares al que se produce con estiércol bovino o mixto; se presenta como un mantillo oscuro, ligero, suave y poroso, se disgrega muy fácilmente, es inodoro y presenta gran capacidad para retener la humedad. En el excremento de la lombriz, generalmente se encuentra materia orgánica por lo que presentan incrementos importantes de nitrógeno y fósforo mineral (Barois, 1999).

Por su bajo costo de producción y excelentes propiedades físicas y químicas la vermicomposta es usada como una alternativa de la turba y otros medios de cultivo (Metzger, 1998).

La lombriz no tritura los materiales fibrosos (ligninas, celulosas, hemicelulosas, etc.) sino que éstos pasan a través del aparato entérico sin experimentar ninguna alteración. Lo cual significa que la acción de la lombriz nunca llega a tener un efecto humogenético o sea, no produce ácidos húmicos. Los únicos responsables de la formación de ácidos húmicos y humatos son las células microbianas, debido a su acción fermentativa (Compagnoni, 2001).

El poder fertilizante del humus de lombriz no reside tanto en el contenido en compuestos húmicos como en su riqueza microbiológica y en las fitohormonas (Compagnoni, 2001).

Entre las fitohormonas, las más sobresalientes son las giberelinas, citocininas y auxinas. Las citocininas actúan a nivel de las células vegetales. En particular, estimulan la clonación de las estacas de plantación, de modo que las transforman, de células estructurales a células reproductivas. Este proceso hace posible la formación de raíces a partir de un simple órgano vegetativo, que desarrollará una nueva planta (Compagnoni, 2001).

Las giberelinas y las auxinas actúan sobre el desarrollo de todo el sistema vascular y foliar de las plantas y ejercen también un efecto determinante en el cuajado de los frutos.

Se atribuye así mismo una acción fitoestimulante a los ácidos húmicos, que actúan, al igual que las fitohormonas, favoreciendo el enraizamiento, el desarrollo del sistema radicular y el crecimiento de los tallos. Esta afinidad no es sorprendente; hay que tener en cuenta que un componente esencial de su molécula está formado por compuestos aromáticos muy próximos a los naftoles (Compagnoni, 2001).

2.5 Sustancias Húmicas

La materia orgánica del suelo incluye residuos animales y vegetales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo (Fassbender y Bornemisza, 1987).

El humus es la fracción amorfa, coloidal y alterada desde el punto de vista microbiano, así como relativamente estable, de la materia orgánica del suelo que se obtiene después de la condensación de compuestos fenólicos y aminos derivados de la descomposición de residuos orgánicos (Coyné, 2000). Esta fracción coloidal orgánica consiste primordialmente de polímeros de naturaleza similar a la lignina oxidada y trabajada por microorganismos (Almendros, 1989).

Las sustancias y ácidos húmicos han sido definidas por Aiken *et al.* (1985), como una categoría de sustancias orgánicas de origen natural, biogénica que pueden, generalmente,

ser de color amarillo a negro y de alto peso molecular. La fracción de los ácidos húmicos con peso molecular >de 8000 tiene las mejores propiedades para estimular el crecimiento, en relación a las fracciones de menor tamaño molecular (García, 1999).

Las sustancias húmicas generalmente se clasifican con base en la solubilidad en diferentes pH, en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas (McCarthy *et al.*, 1990). La humina es la fracción de las sustancias húmicas que son insolubles en NaOH y que es susceptible de dispersarse; el ácido húmico es la fracción de las sustancias húmicas que es soluble en medios alcalinos y que se precipita en medios ácidos (Aiken *et al.*, 1985); químicamente son anillos aromáticos, compuestos cíclicos de nitrógeno, cadenas peptídicas, grupos carboxílicos y fenoles de alto peso molecular y alta capacidad de intercambio catiónico (Stevenson, 1994; Coyné, 2000; Panuccio, 2001). Es bien sabido que los grupos fenólicos y carboxílicos están involucrados en muchas respuestas fisiológicas de las células y tejidos vegetales (Vaughan y Malcolm, 1985).

Las sustancias húmicas estimulan el crecimiento de las raíces en varias especies de plantas (Chen y Aviad, 1990) y de pelos radicales (Csicsor *et al.*, 1994; Pascual, 1997).

Su presencia es de suma importancia ya que desde la primera mitad de este siglo se han documentado ampliamente las interacciones favorables de las sustancias húmicas en el desarrollo de las plantas. Algunas revisiones recientes al respecto de Chen y Aviad (1990) y Varanini y Pinton (1995; citados por Adani *et al.*, 1998) resumen los efectos de las sustancias húmicas como una fuente y reserva de nutrimentos sobre todo en N, P y S, y micronutrimentos para el óptimo desarrollo de las plantas. Las sustancias húmicas actúan como transportadoras de los micronutrimentos para las plantas (Cadahia, 2000).

El efecto de las sustancias húmicas en el desarrollo de las plantas y la absorción de nutrimentos depende de la dosis que se aplique; altas concentraciones de sustancias

húmicas inhiben la acumulación de biomasa y nutrientes en las plantas (Vaughan & Malcolm, 1985; Chen y Aviad, 1990; Ayuso *et al.*, 1996). Generalmente varias especies de plantas responden mejor a bajas concentraciones de sustancias húmicas (10 a 100 ppm) comparadas con altas dosis de aplicación (Chen y Aviad, 1990). El efecto benéfico de las sustancias húmicas se ha explicado por su capacidad de actuar como electrón donador interviniendo en la cadena respiratoria de las células (Csicsor *et al.*, 1994), de esta manera incrementa el suplemento de energía a las células: $HS^- + O_2 + FADH_2 / NADH \rightarrow HS + H_2O + FAD / NAD^+$.

La actividad fisiológica de los compuestos húmicos ha sido relacionada a su concentración de radicales libres (Rauthan y Schnitzer, 1981; Jurcsik, 1994).

Se ha reportado la influencia de las sustancias húmicas en las membranas de las raíces, afectando la permeabilidad de las membranas estimulando la actividad del ión H^+ y de la ATPasa (Pinton *et al.*, 1997).

2.5.1 Sustancias húmicas en vermicomposta

El estudio de las sustancias húmicas de las lombricompostas se ha basado en la misma metodología aplicada al estudio de las sustancias húmicas del suelo, determinando su composición elemental, fraccionamiento y caracterización, por los métodos de Kononova, (1966) y de la Sociedad Internacional de las Sustancias Húmicas (SISH). Basados todos ellos en la extracción alcalina de los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos con soluciones de NaOH 0.1M y/o $Na_4P_2O_7$ 0.1M de la vermicomposta molida y tamizada por 100 mallas, en relación 1:10 o 1:400 con relación a 1g de C por 400 ml de solución extractora. Se centrifuga el licor extraído y se precipitan los compuestos similares a los ácidos húmicos con ácido hasta pH 1.5. Se reposan 24 horas y se centrifuga nuevamente con objeto de separar los ácidos fúlvicos que son solubles en medio ácido.

En los ácidos húmicos dializados se determina el grado de madurez mediante la medida de su densidad óptica, del umbral de coagulación, espectrometría de infrarrojo y de la actividad enzimática. Se tienen investigaciones de la actividad de las sustancias húmicas derivadas de la lombricomposta en el metabolismo de las plantas, al aumentar el intercambio catiónico e iónico, la síntesis de proteínas y la acción de las enzimas en el metabolismo de los nitratos (Dell'Agnola y Nardi, 1987). Se considera que gran parte de estos estímulos se producen debido a la actividad de las sustancias húmicas de la vermicomposta, como hormonas, en especial a sus contenidos de auxinas. Para Raviv *et al.* (1986) la actividad hormonal no se relaciona directamente con las sustancias húmicas, se atribuye a un efecto sinérgico entre las auxinas (bien producidas naturalmente por la planta, bien aplicadas exógenamente) y los compuestos fenólicos que están presentes en dichos materiales como consecuencia de la degradación de los compuestos orgánicos, especialmente lignina.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El experimento se estableció en un invernadero tipo capilla de cristal del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México; localizado a los 19° 31' de latitud norte y 99° 53' de longitud oeste, altitud de 2310 m (García, 1988).

3.2 Material Vegetal

El material utilizado fueron esquejes pinchados y enraizados del cv. Supjibi roja con 2 a 3 hojas y con una altura promedio de 10 cm. mismos que se obtuvieron en la empresa PLANTEC ubicada en el Estado de Morelos.

3.3 Sustratos

Se utilizaron tres sustratos: tezontle y dos mezclas cuyos componentes y proporciones se mencionan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición de los sustratos empleados en el cultivo de nochebuena cv. Supjibi roja.

Sustratos	Componentes	Proporción v/v
Tezontle	Tezontle	-
Mezcla 1	Turba y Vermiculita	2:1
Mezcla 2	Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita	3:1: 0.75: 0.75

3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial 3x3 en bloques al azar con 9 tratamientos y 13 repeticiones, teniendo a una planta como unidad experimental.

Los factores y sus niveles de estudio fueron: 3 sustratos (Cuadro 4) y 3 formas de fertilización (dos efluentes de vermicomposta y sin fertilizar).

Los efluentes probados fueron: efluente 1 (efluente de vermicomposta obtenido en el año 2003) y efluente 2 (efluente de vermicomposta obtenido en el año 2004). Los tratamientos que se establecieron se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos aplicados a plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

Tratamiento	Descripción	Forma de aplicación
1	Tezontle	Diariamente y durante todo el desarrollo del cultivo se aplicaron 100 mL de solución nutritiva (Cuadro 5) mediante un sistema de riego por goteo.
2	Tezontle + Efluente 1	Diariamente y durante todo el desarrollo del cultivo se aplicaron 100 mL de solución nutritiva mediante un sistema de riego por goteo. El efluente se aplicó foliarmente a una concentración de 0.05% cada 10 días hasta los 145 ddt.
3	Tezontle + Efluente 2	Igual al anterior
4	Mezcla 1	Dos veces por semana se aplicaron 100 ml de solución nutritiva durante todo el desarrollo del cultivo.
5	Mezcla 1 + Efluente 1	Dos veces por semana se aplicaron 100 ml de solución nutritiva durante todo el desarrollo del cultivo. El efluente se aplicó foliarmente a una concentración de 0.05% cada 10 días hasta los 145 ddt.
6	Mezcla 1 + Efluente 2	Igual al anterior
7	Mezcla 2	Se aplicó solución nutritiva cada 8 días.
8	Mezcla 2 + Efluente 1	Se aplicó solución nutritiva cada 8 días. El efluente se aplicó foliarmente a una concentración de 0.05% cada 10 días hasta los 145 ddt.
9	Mezcla 2 + Efluente 2	Igual al anterior

Nota: Los efluentes se aplicaron junto con un surfactante y mediante una bombita aspersora, las hojas se bañaron principalmente por el haz.

3.5 Transplante

Se realizó el 25 de junio del 2004, partiendo de plantas homogéneas; se utilizaron macetas de plástico tipo estándar de 6 pulgadas, mismas que fueron previamente lavadas y desinfectadas; una vez que se llenaron con el sustrato correspondiente se aplicó un riego pesado.

3.6 Riegos

Se aplicaron riegos con solución nutritiva y agua, en los tratamientos con tezontle los riegos se hicieron diariamente con solución nutritiva; en los tratamientos con la Mezcla 1 se aplicó solución nutritiva dos veces por semana y agua una vez por semana los primeros 30 días, posteriormente se hicieron diariamente, de acuerdo a los requerimientos de la planta; en los tratamientos con la Mezcla 2 los riegos se suministraron cada 8 días con solución nutritiva y cada tercer día con agua. La solución nutritiva empleada se presenta en el Cuadro 5, se aplicaron 100 mL de solución por planta.

Cuadro 5. Solución nutritiva aplicada en plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

Nutrimento	Concentración mg·L ⁻¹
Nitrógeno	250
Fósforo	50
Potasio	120
Calcio	200
Magnesio	46
Zinc	0.5
Fierro	1.5
Boro	0.5
Cobre	0.25
Manganeso	0.75

3.7 Fertilización foliar

Se emplearon 2 efluentes de vermicomposta, uno obtenido en el año 2003 y el segundo obtenido en el año 2004. Se aplicaron foliarmente cada 10 días a una concentración de 0.05%.

3.8 Control de plagas

Durante el desarrollo del experimento se presentaron principalmente tres plagas: mosca negra, mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y araña roja (*Tetranychus urticae*). Para el control de mosquita blanca, se realizó 1 aplicación foliar de Confidor[®] (imidacloprid) a una dosis de 3 mg·L⁻¹ a los 25 ddt al igual que para mosca negra se colocaron trampas amarillas con Adhequim[®]. Para el control de la araña roja se realizaron dos aplicaciones de Newmectin[®] (abamectina) a dosis de 1ml por cada 5L de agua a los 68 y 75 ddt.

3.9 Inducción floral

A partir de los 66 ddt y hasta finalizar el experimento a los 152 ddt, se manejó un fotoperiodo corto de 10: 14 h de luz: oscuridad de 19:00 a las 9:00 hr, mediante el tapado de las plantas con plástico negro grueso.

3.10 Variables evaluadas y metodologías utilizadas

3.10.1 Altura de planta y diámetro del tallo

Se midieron 13 plantas por tratamiento, iniciando las mediciones el 24 de julio (29ddt) posteriormente cada 10 días hasta el 26 de noviembre (152ddt). Se utilizó una regla métrica midiendo el brote principal y más alto de la planta. El diámetro se midió con un verniere electrónico en la parte basal de la planta.

3.10.2 Número total de brotes, hojas, flores y ciatios

Fueron evaluados al finalizar el experimento el 26 de noviembre (152 ddt) utilizando 5 plantas por tratamiento. Para la variable número de hojas se contaron también las cicatrices que dejaron las hojas caídas.

3.10.3 Área foliar y área de brácteas

Estas variables se evaluaron al final del experimento utilizando tres plantas por tratamiento. Se midió el área mediante un integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo LI-3100. Para el área foliar se midieron todas las hojas presentes en la planta y para el área de brácteas se midieron todas las brácteas presentes en la planta; para ambos casos se retiró el pecíolo de las estructuras.

3.10.4 Peso seco

Esta variable se evaluó al final del experimento para lo cual se empleó una estufa de aire forzado a 70 °C por 72 horas. Fueron utilizadas tres plantas por tratamiento a las cuales se le separaron hojas, tallos, brácteas, ciatios y raíz estructuras que una vez secas se pesaron.

3.10.5 Peso específico de las hojas

Se determinó mediante la relación peso seco foliar entre área foliar utilizando las mismas plantas en las que se evaluaron ambas variables. Esto se evaluó al final del experimento.

3.10.6 Contenido de clorofila en las hojas

La evaluación se realizó al final del experimento en tres plantas por tratamiento. Se determinó el contenido de clorofila a, b y total utilizando una hoja madura de la parte superior de la planta siguiendo la metodología descrita por Witham *et al.* (1971). Se pesó 0.1g de tejido vegetal fresco de la parte media de la hoja sin tomar la nervadura central, se cortó en pedazos pequeños y se colocó en 5 ml de acetona al 80% v/v; después de 24 horas se maceró en un mortero, se filtró y se aforó a 10 ml con acetona. Finalmente se midió la

absorbancia a 645 nm (clorofila a) y 663 nm (clorofila b) en un espectrofotómetro digital Genesys 10 UV; como blanco se utilizó acetona al 80 %.

Para el cálculo del contenido de clorofilas en el extracto se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{mg clorofila a} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de peso fresco} = [12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila b} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de peso fresco} = [22.9 (A_{645}) - 2.69 (A_{663})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila total} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de peso fresco} = [20.2 (A_{645}) - 2.69 (A_{663})] \times V / (1000 \times W)$$

Donde:

A = lectura de la absorbancia

V = volumen final del extracto clorofila-acetona 80%

W = peso fresco de tejido en g

3.10.7 Contenido de antocianinas en brácteas

La evaluación se realizó al final del experimento (152ddt) en tres plantas por tratamiento. Se determinó en una bráctea completamente desarrollada de la inflorescencia principal; para ello se utilizó la metodología de Kannangara y Hansson (1998); se pesó 0.1 g de tejido fresco de la parte media de la bráctea, sin considerar la nervadura central; se maceró en un mortero con nitrógeno líquido, se agregaron 10 ml de ácido clorhídrico (HCl) a 0.1N, se vertió en un tubo de centrifuga y se cubrió con papel aluminio para evitar la fotodegradación, se agitó por 10 minutos; posteriormente, para clarificar se centrifugó la muestra a 13000 revoluciones por minuto durante 15 minutos; una vez clarificada, se diluyó agregando 20 ml de HCl 0.1 N.

El contenido de antocianinas se calculó con la siguiente fórmula:

$$C = [(A \times V) / e] 100$$

Donde:

C = contenido de antocianinas $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco

A = lectura de absorbancia

V = Volumen del extracto

e = coeficiente de extinción molar a 516nm: $4.48 \text{ nM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

3.10.8 Contenido de carotenoides en brácteas

Se determinó en una bráctea de la inflorescencia principal. Para su cuantificación se usó el mismo procedimiento que el utilizado para obtener clorofila en hojas además en esta determinación, también se midió la absorbancia a 470 nm. El contenido de carotenoides en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco se calculó con la siguiente ecuación:

$$1000^a_{470} - 1.82C_a - 85.02C_b$$

$$C_{x+c} = \frac{\quad}{\quad}$$

198

Donde:

C_{x+c} = contenido de carotenoides en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco

A = absorbancia a 470 nm

C_a = contenido de clorofila a

C_b = contenido de clorofila b

3.10.9 Color de brácteas

Esta evaluación se hizo mediante un espectrofotómetro X-Rite Modelo S-P 62 que expresa el color en valores de L (luminosidad clarooscuro o croma), C (saturación del color) y H (ángulo de tono Hue). La evaluación se hizo en la parte central de una bráctea madura de la inflorescencia principal, sin tomar la nervadura central. Esta evaluación se hizo al final del experimento en tres plantas por tratamiento.

3.10.10 Concentración nutrimental

Esta evaluación se hizo al final del experimento, en tres plantas por tratamiento se utilizaron 4 hojas y 4 brácteas maduras por planta las cuales se lavaron tres veces (dos con agua potable y una con agua destilada); se secaron en estufa de aire forzado a 70° C por 48 horas y se molieron en un molino Arthur H. Thomas CO. Posteriormente se digestaron, para ello se pesaron 0.5g y se colocaron en un matraz de digestión de 100 ml, se agregaron 4 ml de una mezcla digestota (ácido sulfúrico y ácido perclórico) luego se adicionaron 2 ml de peróxido de hidrogeno al 30 %.

La concentración de nitrógeno se determinó por el método de MicroKjendahl (Chapman y Pratt, 1973); el fósforo, por el método del molibdovanadato amarillo (Jackson, 1964); el potasio por flamometría con un flamómetro Corning 400; las concentraciones de calcio, cobre, magnesio, zinc y manganeso, con un espectrofotómetro de absorción atómica modelo UNICAM 989 AA Spectrometer; por último la concentración de boro se determinó por fotolorimetría con el método de Azometina-H. Posteriormente se realizaron los cálculos necesarios para expresar el contenido nutrimental.

3.11 Caracterización de sustratos

3.11.1 Características físicas

La determinación de valores de las propiedades físicas del suelo, como son: densidad aparente, porosidad de aireación, retención de humedad y densidad real, se establecieron en los sustratos después de haber sido regados a saturación y de dejarse drenar hasta alcanzar un equilibrio, condición conocida como capacidad de maceta o de contenedor (CC).

Se utilizaron macetas comerciales de 1.5 litros de capacidad, se les taparon los orificios de la base, posteriormente se pesaron y llenaron hasta el borde a intervalos de 100 mL, previamente el sustrato fue secado a peso constante a 105 °C.

Para facilitar el asentamiento del sustrato se le daban pequeños golpes y se agregó más sustrato cuando el volumen se reducía, mediante la ayuda de una regla se niveló perfectamente el ras de la maceta. Las macetas con el sustrato se pesaron nuevamente, a éstas se les fue agregando agua poco a poco para que el sustrato se humedeciera perfectamente, el agua se fue agregando a intervalos de 100mL, se dejó de agregar en el momento previo al derrame de agua.

Se cubrieron las macetas con bandejas y se dejaron reposar 12 horas aproximadamente para permitir la penetración del agua y para que en caso de faltarle agua, se le agregara más. Toda el agua que se le agregó al sustrato fue medida. Una vez que se saturaron los sustratos se destaparon los orificios de las macetas para permitir que el sustrato drenara sobre un recipiente colector y tomara el volumen equivalente a su manejo comercial. Finalmente se midió el volumen del agua colectado.

3.11.1.1 Densidad aparente

La densidad aparente se calculó a partir de:

$$Da \text{ (KgL}^{-1}\text{)} = P_2 - P_1/V$$

En donde:

P_2 = peso de la maceta + peso del sustrato (g)

P_1 = peso de la maceta (g)

V = volumen de la maceta (L)

La porosidad de aire se calculó a partir de:

$$Pa \text{ (\%)} = 100 V_1/V_2$$

3.11.1.2 Densidad Real

Se pesó un matraz aforado de 100mL (Pm), se añadió una cantidad de sustrato secado a 105°C y se pesó nuevamente (Ps). Se añadió agua destilada y hervida hasta aproximadamente la mitad del volumen del matraz, arrastrando hacia el interior las partículas de sustrato que quedaron adheridas a las paredes.

Tras dejar reposar durante 24 horas se expulsó el aire hirviendo lentamente el contenido del matraz durante unos minutos, agitándolo suavemente para evitar la pérdida de sustrato por formación de espuma. Se enfrió y envasó con agua destilada previamente hervida y enfriada a 20 °C. Se pesó (Psa) para después vaciarlo y limpiarlo. Se llenó hasta la mitad con agua destilada hervida. Se puso en baño termostático a 20°C y se envasó con agua destilada hervida, enfriado a 20°C. Una vez que el contenido, se sacó de este baño, se secó el exterior del matraz y se pesó (Pa). El valor de la densidad real del sustrato se obtuvo aplicando la fórmula:

$$Dr = Da(Ps-Pm)/(Ps-Pm)-(Psa-Pa)$$

Donde: Dr = densidad real

Da = densidad del agua a 20°C

Los otros componentes de la fórmula se describieron en el texto.

3.11.1.3 Retención de humedad

Esta característica definida como el contenido de agua del sustrato a capacidad de contenedor, se refiere a la máxima cantidad de agua que puede retener un sustrato colocado en un contenedor, tras saturación y drenaje hasta el equilibrio (Martínez, *et al.*, 1992), es equiparable al concepto de capacidad de campo en suelos agrícolas, se determinó de acuerdo al siguiente procedimiento.

La retención de humedad coincidió con el contenido en agua del sustrato tras la medida de la porosidad de aire por lo que al terminar esta medición se procedió a pesar la maceta con el sustrato humedecido a capacidad de contenedor (PSH). A este valor se le restó el peso del sustrato seco (PSS), se dividió entre el volumen de la maceta y se multiplicó por 100. Los resultados se expresaron como porcentaje de humedad en volumen.

$$\text{Retención de humedad (\%)} = (\text{PSH}-\text{PSS})/\text{V} \times 100$$

En donde:

PSH = peso del sustrato húmedo, g

PSS = peso del sustrato seco, g

V = volumen de la maceta, cm³

3.11.2 Características químicas

La determinación de los nutrientes solubles (P, K, Ca, Mg y micronutrientes), la CE y el pH se hicieron en los extractos de saturación.

3.12 Análisis estadístico

Mediante el Statistical Analysis System SAS (2001) se analizaron los datos como corresponde a un diseño experimental factorial 3*3; para el análisis de varianza se utilizó un $\alpha \leq 0.05$, además se realizó la prueba de medias de Tukey.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características físicas de los sustratos

4.1.1 Densidad aparente

El Cuadro 6 muestra que la mezcla 2 (tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75) presentó el valor más alto, 1.056 Kg/L^{-1} , por lo que se encuentra dentro del rango de un “sustrato ideal” ($1.0\text{-}1.5 \text{ Kg/L}^{-1}$) empleado en la producción de plantas ornamentales en maceta en lo que respecta a esta característica tal como lo expresa Cabrera, (1999). En cuanto al tezontle y la Mezcla 1 (turba y vermiculita en relación 2:1) mostraron valores bajos por lo que se tienen como sustratos ligeros los cuales no son muy deseables sobre todo cuando el porte de las plantas es alto y pueden favorecer a una volcadura, el reacomodo de este tipo de macetas puede ser una labor intensiva y costosa según Davidson *et al.* (1994).

4.1.2 Porosidad de aireación

En cuanto a porosidad de aire la nochebuena requiere de un sustrato intermedio que va de 5-10% con base en volumen (Cabrera, 1999).

En el Cuadro 6 el sustrato que mostró mejor porosidad de aireación y que está dentro del rango de un sustrato ideal para nochebuena es el tezontle con 10.28 %; sin embargo, la Mezcla 2 con 22,46 % también puede considerarse como un sustrato idóneo, para la producción de plantas ornamentales en maceta (Cuadro 1) . El sustrato que muestra el valor más bajo 1.13%, es la mezcla 1 (turba y vermiculita en relación 2:1), lo cual no coincide con Cabrera (1999), quien en esta mezcla presenta un valor de 13 %; esto puede deberse a la proporción de los componentes. Lamanna *et al.* (1991), encontraron que es posible utilizar, turba en un tercio del volumen total, obteniendo sustratos con óptimas

características físicas (porosidad total $> 85\%$ v/v; capacidad de aireación $> 30\%$ v/v; agua disponible entre PF1 y PF2 $> 10\%$ v/v en invierno y $> 20\%$ v/v en verano).

4.1.3 Retención de humedad

El Cuadro 6 muestra que la Mezcla 1 (turba y vermiculita en relación 2:1) presentó el mayor valor (75.01%); para Cabrera (1999) un sustrato ideal empleado en la producción de plantas ornamentales en maceta debe tener de 55 a 70% de retención de humedad, por lo que la Mezcla 1 se excede en esta característica. La Mezcla 2 (tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75) con un 27.13 % de retención de humedad, está muy por debajo del porcentaje ideal en un sustrato. El mejor sustrato en retención de humedad es el tezontle con 52.51%.

4.1.4 Espacio poroso total

Para un buen desarrollo de las nochebuenas, se requiere un suelo con un 50% a 70% de espacio poroso total (Martínez, 1995), condición que cumple el tezontle y la Mezcla 2 como se muestra en el Cuadro 6. La Mezcla 1 (turba y vermiculita 2:1) se excede del rango antes señalado (76.14 %). Los resultados presentados coinciden con Handreck y Black (1994) quienes comentan que entre mayor es el espacio poroso, menor es la densidad aparente.

4.1.5 Densidad Real

El sustrato que presentó la mayor densidad real fue la Mezcla 2 ((tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75) con $2.14 \text{ Kg} \cdot \text{L}^{-1}$, que al igual que el tezontle ($1.48 \text{ Kg} \cdot \text{L}^{-1}$) estaban dentro del rango propuesto por Abad (1992), de 1.45 a $2.65 \text{ Kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Cuadro 1.

Cuadro 6. Composición y características físicas de los sustratos utilizados en el cultivo de nochebuena cv. Supjibi roja.

Sustrato	Proporción v/v	Dap Kg/L ⁻¹	Porosidad de aireación %	Retención de humedad %	Espacio Poroso Total %	D real Kg/L ⁻¹
Tezontle (0.5-1 cm de diámetro)	1	0.516	10.28	52.51	62.79	1.48
Mezclas:						
1. Turba y vermiculita	2:1	0.203	1.13	75.01	76.14	0.83
2. Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita	3:1:0.75:0.75	1.056	22.46	27.13	49.59	2.14

El sustrato que presentó menor densidad real fue la Mezcla 1 con 0.83 Kg · L⁻¹ por debajo del rango. En esta mezcla se tenía una mayor proporción de material orgánico, por ello es que este resultado coincide con Handreck y Black (1994), quienes comentan que aquellos sustratos para contenedores que son ricos en materiales orgánicos tendrán más bajas densidades que aquellos ricos en minerales.

Aunque la Mezcla 2 también se tiene como sustrato rico en materiales orgánicos, la proporción que tiene de materiales minerales es mayor contemplando que la tierra de monte

es una mezcla de humus, suelo y hojarasca (Ballester-Olmos, 1992). García (1999), comenta que a pesar de la gran variación de las características físicas y químicas que puede presentar la tierra de monte por sus diferentes lugares de origen, en los ensayos con sustratos en México se han usado diversos materiales bajo este mismo término genérico sin la precaución de realizar los análisis físicos y químicos necesarios para caracterizarlos, lo cual podría ocasionar que un sinnúmero de materiales con propiedades muy diferentes sean utilizados indistintamente como sustratos por tener una misma denominación.

4.2 Características químicas de los sustratos

4.2.1 pH

El pH óptimo para tener un buen desarrollo de las nochebuenas en un sustrato con tierra es de 6.3 a 6.8. (Martínez, 1995), lo que indica que la Mezcla 2 a base de tierra de monte con pH de 6.44 (Cuadro 7) es adecuado para el desarrollo del cultivo.

Para un sustrato libre de tierra el pH óptimo es de 5.5 a 6.5 (Martínez, 1995), el pH del sustrato a base de turba se encuentra ligeramente por debajo de dicho rango (5.33).

El valor más alto de pH en el sustrato a base de tierra de monte según Soliba (1998) se debe a los materiales inorgánicos con los que se combinaron y a la basicidad característica de los materiales orgánicos que han sufrido un proceso de degradación en el cual el pH se eleva debido al desprendimiento de amoníaco proveniente de la descomposición de las proteínas.

4.2.2 CE ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)

Un nivel adecuado de salinidad se encuentra en el rango de 0.5 a 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (Cabrera, 1999) por lo que la Mezcla 2, cuyo componente principal fue la tierra de monte, se encuentra dentro del rango óptimo con 1.15 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (Cuadro 7) lo que refleja un contenido

aceptable de minerales solubles en el sustrato (Cuadro 2). A diferencia de la Mezcla 1, sustrato a base de turba que presentó una conductividad eléctrica de $0.31 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ la cual es muy baja, indica un mínimo contenido de minerales solubles en dicha mezcla. El contenido aceptable de K se refleja en la óptima CE $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ de la mezcla a base de tierra de monte.

4.2.3 Materia Orgánica (%)

La mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó un contenido de materia orgánica de 32.5 % siendo superado por la mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) con un 45.20 % (Cuadro 7). Lo que indica un buen nivel de fuentes de alimento para los microorganismos del suelo (Anónimo, 2004). Para Ansorena (1994), estos niveles de materia orgánica son menores a lo óptimo en sustratos (>80) (Cuadro 2).

4.2.4 Nitrógeno disponible ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La concentración de N presentó el valor más alto (10.39 mg L^{-1}) en la mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) que en la mezcla a base de turba (Mezcla 1) que fue de $3.71 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Cuadro 7). Nappi (1993) concluyó que a pesar de los óptimos valores de los parámetros físicos e hidrológicos, la turba es prácticamente inerte desde el punto de vista químico y biológico, pero sobre todo es poco apropiada para el almacenamiento de macro y micronutrientes y por ello requiere frecuentes tratamientos de fertilización.

4.2.5 Fósforo ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) presentó el valor más alto en el contenido de fósforo ($1.30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) mientras que la mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó el valor más bajo ($0.92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (Cuadro 7). El contenido de fósforo es bajo de acuerdo a lo indicado por diversos autores (Cuadro 2). Se sabe que la materia orgánica del suelo es una

fuelle de nitrógeno y fósforo, en este caso coincide que la mezcla 2 tiene mayor contenido de materia orgánica, por lo tanto se refleja en el mayor contenido de fósforo. Sin embargo, esta materia orgánica no está lo suficientemente mineralizada es por eso que su nivel en el sustrato no fue el óptimo.

4.2.6 Potasio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La Mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) presentó el mayor contenido de K ($115.83 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (Cuadro 7), contenido calificado como aceptable para Warncke (1988) y Anónimo (1997); mientras que la mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó menor contenido de K ($14.82 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), nivel muy bajo (Cuadro 2) según Warncke (1988).

4.2.7 Calcio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La concentración de Ca fue mayor en la mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) con $141.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Cuadro 7), concentración que de acuerdo a Warncke (1988) y Anónimo (1997) se encuentra dentro de un nivel aceptable, mientras que para Ansorena (1994) está por debajo del nivel óptimo (Cuadro 2). En la mezcla a base de turba (Mezcla 1) el contenido de calcio fue de $29.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ que según Ansorena (1994) y Anónimo (1997), no entra dentro del rango de un nivel óptimo, mientras que Warncke (1988) lo clasifica como un nivel bajo de calcio (Cuadro 2).

4.2.8 Magnesio ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La Mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) presentó el mayor contenido de magnesio ($46.44 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (Cuadro 7), el cual es considerado como aceptable (Anónimo, 1997 y Warncke, 1988), mientras que para Ansorena (1994) es menor al contenido óptimo de magnesio. La mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó el menor contenido de magnesio

(13.32 mg · L⁻¹) nivel bajo para Warncke (1988) y fuera del rango propuesto por Ansorena (1994) y Anónimo (1997) (Cuadro 2).

4.2.9 Azufre (mg · L⁻¹)

La mezcla con mayor contenido de azufre en forma de SO₄⁼ fue la Mezcla 2 (tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75) con 414 mg · L⁻¹ (Cuadro 7), el cual se encuentra fuera del rango óptimo (Anónimo, 1997) donde se considera como nivel máximo 250 mg · L⁻¹ (Cuadro 2). La mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó una menor concentración de azufre (163.78 mg · L⁻¹) que se encuentra dentro del nivel óptimo (Anónimo, 1997).

4.2.10 Hierro (mg · L⁻¹)

La concentración más alta de hierro la presentó la mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) con 21.17 mg · L⁻¹ mientras que la mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó un contenido de 13.92 mg · L⁻¹ (Cuadro 7). Ambos resultados están fuera del rango sugerido por Ansorena, 1994 (Cuadro 2) rebasando por mucho el nivel máximo que es de 3.5 mg·L⁻¹.

4.2.11 Cobre (mg · L⁻¹)

La mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) presentó la mayor concentración de cobre (0.27 mg · L⁻¹) y la mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó menor concentración (0.18 mg · L⁻¹) (Cuadro 7). Ambas concentraciones se encuentran dentro del rango establecido como óptimo (Anónimo, 1997; Warncke, 1988) (Cuadro 2).

4.2.12 Zinc (mgL^{-1})

La mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) presentó la mayor cantidad de zinc (2.72 mgL^{-1}) (Cuadro 7), la cual según Ansorena (1994) y Anónimo (1997), se encuentra dentro del rango óptimo (Cuadro 2).

La mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó el menor contenido de Zn ($0.43 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$); sin embargo, según Ansorena (1994) se encuentra dentro del rango óptimo.

4.2.13 Manganeso ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La concentración más alta la presentó la mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) ($19.33 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (Cuadro 7), la cual está muy alta y se sale del rango establecido por Ansorena (1994) y Anónimo (1997) (Cuadro 2). La mezcla a base de turba (Mezcla 1) presentó el menor contenido de manganeso ($2.07 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), el cual se encuentra dentro del rango establecido por Ansorena (1994) y Anónimo (1997) (Cuadro 2).

Boro ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

La mezcla a base de tierra de monte (Mezcla 2) contiene el doble de la concentración de boro ($8.33 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) comparado con la mezcla a base de turba (Mezcla 1) ($4.16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (Cuadro 7). Dichas concentraciones, están muy por encima del rango óptimo establecido por Ansorena (1994) y Anónimo (1997), (Cuadro 2) quienes indican como máximo $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y $0.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ respectivamente.

Cuadro 7. Características químicas de los sustratos utilizados en Chapingo para el cultivo de nochebuena cv. Supjibi roja.

Características químicas	Mezcla 1 (Turba y vermiculita 2:1)	Mezcla 2 (Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75)
pH	5.33	6.44
CE dSm ⁻¹	0.31	1.15
MO %	32.50	45.20
N mg L ⁻¹	3.71	10.39
P mg L ⁻¹	0.92	1.30
K mg L ⁻¹	14.82	115.83
Ca mg L ⁻¹	29.6	141.2
Mg mg L ⁻¹	13.32	46.44
SO ₄ ⁼ mg L ⁻¹	163.78	414.01
Fe mg L ⁻¹	13.92	21.17
Cu mg L ⁻¹	0.18	0.27
Zn mgL ⁻¹	0.43	2.72
Mn mg L ⁻¹	2.07	19.33
B mgL ⁻¹	4.16	8.33

4.3 Caracterización de efluentes

En el Cuadro 8 se muestran los resultados del análisis químico de los efluentes probados donde se muestra que el efluente 2 presenta mayor contenido nutrimental que el efluente 1.

Cuadro 8. Características químicas y contenido nutrimental de dos efluentes de vermicomposta usados en la fertilización foliar de nochebuena cv. Supjibi roja.

Nutrimentos	Efluente 1	Efluente 2
	Cosecha 2003	Cosecha 2004
pH	9.05	.NE
CE Dsm^{-1}	7.89	NE
N (%)	.000104	0.31
P (%)	.004297	0.21
K(%)	.329	4.70
Ca ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	111.20	2048.44
Mg ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	70.44	925.91
Fe ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	12.54	1118.40
Cu ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.05	14.40
Zn ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.30	9.98
Mn ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.22	8.40
B ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	17.5	29.20
NE = no evaluado		

4.4 Crecimiento de la planta

4.4.1 Altura de planta

Durante el desarrollo del cultivo y en respuesta a los nueve tratamientos aplicados se observó la misma tendencia en el crecimiento de las plantas (figura 1) la cual fue de forma ascendente estabilizándose después de los 145 ddt. De los 78 a 99 ddt es el período en el que se observó mayor incremento en la altura de las plantas.

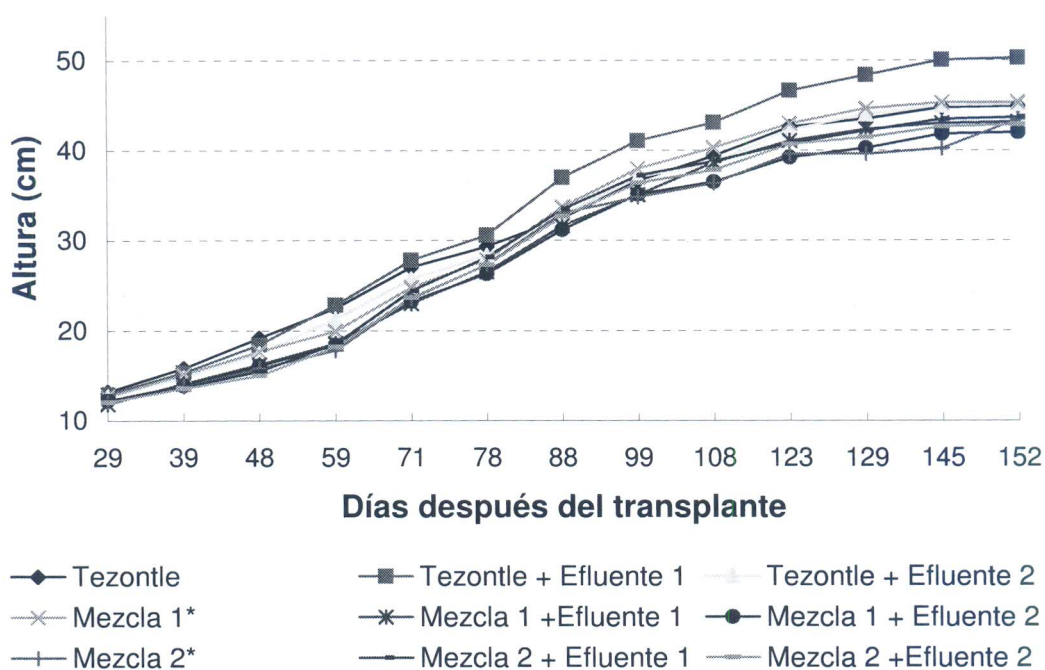


Figura 1. Crecimiento de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta.

* Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

**Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

Estadísticamente sí hubo diferencias significativas con respecto a la variable altura entre los tratamientos (Cuadro 9) mostrando mayor altura el tratamiento a base de tezontle y efluente

1 (50.23cm); el tratamiento que presentó la altura más baja fue la mezcla 1 (turba y vermiculita) con efluente 2 (42.0 cm.).

Cuadro 9. Altura final de plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de dos efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	Altura Final (cm)	Diámetro Final (cm)
Tezontle	44.885 ab ^z	10.693 a
Tezontle+Efluente 1	50.231 a	10.693 a
Tezontle+Efluente2	45.077 ab	10.113 ab
Mezcla 1♣	45.308 ab	9.640 ab
Mezcla 1+Efluente 1	43.154 b	9.573 ab
Mezcla 1+Efluente 2	42.000 b	9.806 ab
Mezcla 2♣♣	43.408 b	9.690 ab
Mezcla 2+Efluente 1	43.654 b	9.888 ab
Mezcla 2+Efluente 2	42.846 b	9.363 b
DMS	6.422	1.198

♣Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

En el Cuadro 10 se muestra que el factor sustrato fue el que influyó directamente en la respuesta de la variable altura, siendo el tezontle el sustrato que promovió mayor crecimiento de las plantas de nochebuena.

Cuadro 10. Efecto de diferentes sustratos en la altura final de plantas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATO	Altura Final (cm)	Diámetro Final (cm)
Tezontle	46.731 a	10.500 a
Mezcla 1♣	43.487 b	9.673 b
Mezcla 2♣♣	43.303 b	9.647 b
DMS	2.7812	0.519

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.4.2 Diámetro de tallo

En el Cuadro 9 se muestra que hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a la variable diámetro de tallo, presentando los tratamientos a base de tezontle y tezontle + efluente 1 el tallo más grueso (10.693 cm). El tratamiento con el menor diámetro de tallo fue el de la mezcla 2 + efluente 2 (9.363 cm.).

Estadísticamente el factor sustrato influyó directamente en la respuesta de la variable diámetro de tallo, así lo muestra el Cuadro 10 siendo el tezontle el sustrato el que presentó el tallo de mayor grosor.

4.4.3 Número de brotes

Esta variable no presentó diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 11), por lo que no hubo efecto de tratamientos.

4.4.4 Número de hojas

Esta variable presentó diferencias significativas entre dos tratamientos (Cuadro 11) el tratamiento con el mayor número de hojas fue el de tezontle + efluente 1 (46.6) y el que tuvo menor número de hojas fue donde se aplicó únicamente la mezcla 2 (31.0). Aunque ambos tratamientos no fueron diferentes estadísticamente con del resto de tratamientos. El factor sustrato influyó directamente en la respuesta de estos tratamientos, resultando el tezontle, el sustrato que promovió mayor número de hojas y la mezcla 2 la de menor número de hojas, cabe mencionar que no hubo diferencias estadísticas significativas con la mezcla 1. El factor efluente no influyó en esta variable.

4.4.5 Número de flores

Esta variable no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 11).

4.4.6 Número de ciatios

En el número de ciatios se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 11), así como interacción significativa entre sustrato y efluente (Cuadros 12 y 13).

El mayor número de ciatios se presentó con el tratamiento a base de tezontle + efluente 1 con 64 ciatios. Posteriormente el tratamiento a base de tezontle y tezontle + efluente 2 con 41.8 y 43 ciatios, respectivamente. El tratamiento con el menor número de ciatios fue el tratamiento con la Mezcla 2 con 24 ciatios.

El sustrato que promovió mayor número de ciatios fue el tezontle con diferencia significativa con los otros dos sustratos (Mezcla 1 y 2) (Cuadro 12).

El factor efluente influyó en la variable número de ciatios (Cuadro 13) siendo el efluente 1 el de mayor número (40.6) y el efluente 2 el de menor número (32.667); aunque el efluente 1 no superó estadísticamente al número de ciatios del tratamiento sin efluente.

Cuadro 11. Número de brotes, hojas, flores y ciatios en nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de dos efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	Brotes	Hojas	Flores	Ciatios
Número / planta				
Tezontle	3.60 a ^z	38.00 ab	3.60 a	41.80 b
Tezontle+Efluente 1	4.00 a	46.60 a	4.00 a	64.00 a
Tezontle+Efluente2	4.00 a	41.60 ab	4.00 a	43.00 b
Mezcla 1 ♣	3.20 a	38.60 ab	3.20 a	33.40 bc
Mezcla 1+Efluente 1	3.40 a	36.40 ab	3.40 a	31.20 bc
Mezcla 1+Efluente 2	4.00 a	40.20 ab	4.00 a	29.20 bc
Mezcla 2♣♣	3.40 a	31.00 b	3.40 a	24.00 c
Mezcla 2+Efluente 1	3.80 a	36.00 ab	3.80 a	26.60 bc
Mezcla 2+Efluente 2	3.80 a	35.20 ab	3.80 a	25.80 bc
DMS	1.73	12.28	1.73	17.73

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa.

Cuadro 12. Efecto de diferentes sustratos en el número de brotes, hojas, flores y ciatios en nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATO	Brotes	Hojas	Flores	Ciatios
Número / planta				
Tezontle	3.867 a ^z	42.067 a	3.867 a	49.600 a
Mezcla 1 ♣	3.533 a	38.400 ab	3.533 a	31.267 b
Mezcla 2 ♣♣	3.667 a	34.067 b	3.667 a	25.467 b
DMS	0.739	5.244	0.739	7.571

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 13. Efecto de efluentes de vermicomposta en el número de brotes, hojas, flores y ciatios en nochebuena cultivar Supjibi roja .

EFLUENTE	Brotes	Hojas	Flores	Ciatios
Número / planta				
Sin Efluente	3.400 a ^z	35.867 a	3.400 a	33.067 ab
E 1 ♣	3.733 a	39.667 a	3.733 a	40.600 a
E 2 ♣♣	3.933 a	39.000 a	3.933 a	32.667 b
DMS	0.739	5.245	0.739	7.572

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.4.7 Área de brácteas

Esta variable presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados (Cuadro 14). El tezontle + efluente 1 fue el tratamiento con mayor área de brácteas (3884.6 cm²/planta) superando al tratamiento con tezontle sin efluente. Los tratamientos con las mezclas no presentaron diferencias entre ellos.

El factor sustrato afectó significativamente la variable área de brácteas, ya que el tezontle fue el sustrato con el mayor valor (Cuadro 15), entre las mezclas 1 y 2 no hubo diferencias significativas.

El factor efluente también afectó directamente la variable área de brácteas, mostrando diferencias significativas entre aplicar y no aplicar efluente. Los mayores valores de área de brácteas se tuvieron al aplicar los efluentes 1 y 2. (Cuadro 16).

4.4.8 Área foliar

En lo que respecta al área foliar, el tratamiento donde se tuvo la mejor respuesta fue el tezontle + efluente 1 (3861.4 cm²/planta) y tezontle + efluente 2 (3580.0 cm²/planta); mientras que el tratamiento a base de mezcla 2 y mezcla 2 + efluentes 1 y 2 resultaron ser los de menor área foliar con 1844.9, 1727.9 y 1734.2 cm²/planta, respectivamente (Cuadro 14). Aunque estos tres tratamientos no mostraron diferencias significativas con los tres tratamientos con la Mezcla 1.

El factor sustrato afectó significativamente la variable área foliar (Cuadro 15), mostrándose el tezontle como el mejor sustrato al presentar el mayor valor de área foliar (3369.9 cm²/planta). El factor efluente no tuvo efecto sobre el área foliar (Cuadro 16).

Cuadro 14. Área de brácteas y foliar en nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluente de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	Área de brácteas cm ² /planta	Área foliar
Tezontle	2341.9 bc ^z	2668.2 b
Tezontle+Efluente 1	3884.6 a	3861.4 a
Tezontle+Efluente2	3373.1 ab	3580.0 a
Mezcla 1 ♣	2319.2 bc	2039.2 bc
Mezcla 1+Efluente 1	2413.6 bc	2374.4 bc
Mezcla 1+Efluente 2	2670.3 bc	2231.9 bc
Mezcla 2 ♣♣	2140.6 c	1844.9 c
Mezcla 2+Efluente 1	2528.2 bc	1727.9 c
Mezcla 2+Efluente 2	1965.0 c	1734.2 c
DMS	1175.6	819.9

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 15. Efecto de diferentes sustratos en el área de brácteas y área foliar total en nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATO	Área de brácteas	Área foliar
	cm ² /planta	
Tezontle	3199.9 a ^z	3369.9 a
Mezcla 1♣	2467.7 b	2215.1 b
Mezcla 2♣♣	2211.3 b	1769.0 c
DMS	492.29	343.33

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 16. Efecto de dos efluentes de vermicomposta en el área de brácteas y área foliar en nochebuena cultivar Supjibi roja .

EFLUENTE	Área de brácteas	Área foliar
	cm ² /planta	
Sin Efluente	2267.2 b ^z	2184.1 a
E 1♣	2942.1 a	2654.6 a
E 2♣♣	2669.5 ab	2515.4 a
DMS	492.29	343.33

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.4.9 Peso seco total

El Cuadro 17 muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados, resultando ser el tratamiento de Tezontle + efluente 1, el que reportó el mayor valor de peso seco (39.633 g / planta). En seguida fue el tratamiento de tezontle + efluente 2 (31|.290 g / planta) ambos tratamientos superando el peso seco obtenido sin efluente. Entre los demás tratamientos no hubo diferencias significativas y resultaron ser los de menor peso seco, variando de 17 a 23g.

Cuadro 17. Peso seco total y peso seco foliar por planta y peso específico foliar por planta de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	Peso seco total g /planta	Peso seco foliar	Peso específico mg·cm ⁻²
Tezontle	23.467 c ^z	9.433 ab	3.573 a
Tezontle+Efluente 1	39.633 a	13.567 a	3.511 a
Tezontle+Efluente2	31.290 b	8.923 ab	2.546 a
Mezcla 1♣	18.900 c	6.900 b	3.407 a
Mezcla 1+Efluente 1	23.567 c	8.500 b	3.584 a
Mezcla 1+Efluente 2	21.567 c	8.467 b	3.803 a
Mezcla 2♣♣	21.700 c	6.167 b	3.337 a
Mezcla 2+Efluente 1	20.933 c	5.900 b	3.483 a
Mezcla 2+Efluente 2	17.633 c	5.600 b	3.224 a
DMS	6.930	4.865	1.600

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

El factor sustrato influyó significativamente en la variable peso seco, ya que como se muestra en el Cuadro 18 el tezontle presentó el mayor valor (31.463 g / planta) los valores de las dos mezclas no fueron diferentes estadísticamente (21 y 20 g/planta).

El factor efluente también influyó de manera directa en la respuesta de peso seco ya que el efluente 1 resultó ser el mejor al reportar el mayor valor de peso seco (28.044 g / planta). Entre el efluente 2 y no aplicar efluente no hubo diferencias estadísticas significativas (Cuadro 19).

Cuadro 18. Efecto de diferentes sustratos en el peso seco total y peso seco foliar por planta en nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATO	Peso seco total g / planta	Peso seco foliar
Tezontle	31.463 a ^z	10.641 a
Mezcla 1 ♣	21.344 b	7.956 b
Mezcla 2 ♣♣	20.089 b	5.889 b
DMS	2.902	2.037

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 19. Efecto de dos efluentes de vermicomposta en el peso seco total y peso foliar por planta en nochebuena cultivar Supjibi roja.

EFLUENTE	Peso seco total g / planta	Peso seco foliar
Sin Efluente	21.356 b ^z	7.500 a
E 1 ♣	28.044 a	9.322 a
E 2 ♣♣	23.497 b	7.663 a
DMS	2.902	2.037

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.4.10 Peso seco foliar

El Cuadro 17 muestra que el tratamiento que presentó el mayor valor con respecto al peso seco foliar de toda la planta fue el tezontle + efluente 1 (13.567 g / planta), la mezcla 2 + efluente 2 reportó el menor valor (5.6 g / planta), pero sin diferencias estadísticas entre el resto de tratamientos, con la excepción del tratamiento antes citado.

El factor sustrato influyó significativamente en el tratamiento aplicado (Cuadro 18) ya que el tezontle fue el sustrato que promovió el mayor peso seco foliar (10.641 g / planta). Entre efluentes no hubo diferencias estadísticas significativas (Cuadro 19).

4.5 Pigmentos

4.5.1 Concentración de antocianinas y carotenoides en brácteas

La variable contenido de antocianinas no presentó diferencias significativas en respuesta a los tratamientos aplicados (Cuadro 20). Con respecto al contenido de carotenoides, la

mezcla 1 y la mezcla 1+ efluente 2 presentaron el mayor contenido de carotenoides con 0.541 y 0.560 mg·g⁻¹m.f., respectivamente; sin diferencias estadísticas entre ellos y con los tratamientos con tezontle y mezcla 2. El tratamiento con menor contenido de carotenoides fue la mezcla 2 con 0.384 mg·g⁻¹m.f. (Cuadro 20).

Cuadro 20. Contenido de antocianinas y carotenoides en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	Antocianinas	Carotenoides
	mg·g ⁻¹ m.f.	
Tezontle	525.89 a ^z	0.494 ab
Tezontle+Efluente 1	488.39 a	0.441 ab
Tezontle+Efluente2	502.23 a	0.438 ab
Mezcla 1 ♣	520.98 a	0.541 a
Mezcla 1+Efluente 1	477.68 a	0.505 ab
Mezcla 1+Efluente 2	404.54 a	0.560 a
Mezcla 2♣♣	460.49 a	0.384 b
Mezcla 2+Efluente 1	482.37 a	0.428 ab
Mezcla 2+Efluente 2	431.70 a	0.440 ab
DMS	137.79	0.148

♣Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

El factor sustrato influyó directamente en el contenido de carotenoides (Cuadro 21) presentándose diferencias significativas entre los tres sustratos estudiados. El sustrato con mayor contenido de carotenoides fue la mezcla 1 (turba y vermiculita en relación 2:1) con

0.535 mg·g⁻¹m.f., mientras que el tezontle y la mezcla 2 presentaron el menor contenido de carotenoides con 0.458 y 0.417 mg·g⁻¹m.f. respectivamente.

Cuadro 21. Efecto de diferentes sustratos en el contenido de antocianinas y carotenoides en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATOS	Antocianinas	Carotenoides
	mg·g ⁻¹ m.f.	
Tezontle	505.51 a ^z	0.458 b
Mezcla 1 ♣	467.73 a	0.535 a
Mezcla 2 ♣♣	458.18 a	0.417 b
DMS	57.702	0.061

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.5.2 Contenido de clorofilas a, b y total en hojas

En el Cuadro 22 se muestra que no hubo diferencias significativas entre las variable contenido de clorofila a, b y total, es decir, ni el factor sustrato, ni el factor efluente repercutieron en estas variables.

Cuadro 22. Contenido de clorofilas a, b y total en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluente de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

SUSTRATOS	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
	mg·g ⁻¹ m.f.		
Tezontle	2.091 a ^z	1.082 a	3.172 a
Tezontle+Efluente 1	2.316 a	1.086 a	3.402 a
Tezontle+Efluente2	1.918 a	0.941 a	2.859 a
Mezcla 1 ♣	2.159 a	1.096 a	3.255 a
Mezcla 1+Efluente 1	1.884 a	1.077 a	2.960 a
Mezcla 1+Efluente 2	2.270 a	1.097 a	3.366 a
Mezcla 2 ♣♣	2.007 a	0.951 a	2.957 a
Mezcla 2+Efluente 1	2.129 a	0.951 a	3.080 a
Mezcla 2+Efluente 2	2.089 a	1.029 a	3.117 a
DMS	0.470	0.346	0.667

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.5.3 Color en brácteas

Los tratamientos no tienen efecto en esta variable, dado que no se presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 23).

Cuadro 23. Color en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

Tratamiento	Croma	Ángulo de Hue	Luminosidad
Tezontle	53.117 a ^z	24.237 a	39.523 a
Tezontle+Efluente 1	54.733 a	33.980 a	39.980 a
Tezontle+Efluente2	44.490 a	24.283 a	35.030 a
Mezcla 1 ♣	54.930 a	24.610 a	40.687 a
Mezcla 1+Efluente 1	53.880 a	24.967 a	39.973 a
Mezcla 1+Efluente 2	56.007 a	25.130 a	40.557 a
Mezcla 2♣♣	54.123 a	25.230 a	38.617 a
Mezcla 2+Efluente 1	55.660 a	25.243 a	39.123 a
Mezcla 2+Efluente 2	53.823 a	25.050 a	39.223 a
DMS	18.482	15.588	9.327

♣ Mezcla 1: Turba y Vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

El tratamiento a base de Tezontle + Efluente 1 fue el que proporcionó los mejores resultados para la mayoría de las variables de crecimiento y calidad de la nochebuena, tales como: altura, diámetro de tallo, número de hojas, número de ciatios, área de brácteas, área foliar, peso seco total y peso seco foliar. Estos resultados se atribuyen a que en forma general el tezontle reúne las características físicas ideales para el desarrollo de la nochebuena. Además la fertilización diaria a base de solución nutritiva también influyó en

los resultados, ya que complementó la fertilización foliar con el efluente lo que coincide con Compagnoni (2001), quien comenta que en una investigación realizada con la nochebuena, utilizando el 20 % de humus de lombriz, se ha podido constatar una notable influencia sobre la altura, el número de hojas y el número de inflorescencias. Sin embargo menciona que los compuestos de lombriz cuando se les emplea sin integrar otros fertilizantes no pueden sustituir el abonado normal. De esta manera también se demuestra que como tal, el Efluente 1 no tuvo un efecto directo en la respuesta de las variables: altura, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, peso seco foliar, contenido de antocianinas y carotenoides. Lo anterior no coincide con Chen (1990), quien comenta que la aplicación foliar o en solución nutritiva de sustancias húmicas aumentó el crecimiento de tallos y hojas en tomate, begonia y remolacha; o con lo que comenta Fernández- Escobar (1996), sobre la aplicación foliar de sustancias húmicas extraídas de leonardita (una forma oxidada de lignina) en árboles de olivo que estimuló el crecimiento de raíces e incrementó la concentración de Fe y otros nutrientes en las hojas.

4.6 Concentración nutrimental en hojas de nochebuena

4.6.1 Macronutrientes

4.6.1.1 Nitrógeno (%)

El Cuadro 24 muestra diferencias estadísticas significativas entre algunos tratamientos aplicados con respecto al contenido de nitrógeno, resultando ser las plantas desarrolladas en tezontle y con fertilización a base de solución nutritiva, las que presentaron mayor contenido de nitrógeno (1.631%), presentando este tratamiento sólo diferencias estadísticas con los tratamientos con Mezcla 2 + efluentes.

El factor sustrato influyó significativamente en la concentración de nitrógeno, siendo el tezontle y la Mezcla 1 los de mayor contenido (Cuadro 25), con 1.52 %N y 1.41 %N respectivamente, el factor efluente no presentó efecto significativo en la concentración foliar de N.

4.6.1.2 Fósforo (%)

El Cuadro 24 muestra diferencias significativas como efecto de los diferentes tratamientos en el contenido de fósforo. La concentración de fósforo fue igual estadísticamente entre los tratamientos con tezontle y los de la Mezcla 1 con las mayores concentraciones . El menor contenido de P lo presentó el tratamiento con la Mezcla 2 + efluente 2 con 0.756 % de fósforo, pero sin diferencias con los dos tratamientos con esta mezcla.

El factor sustrato influyó significativamente en la concentración de fósforo, tal como lo muestra el cuadro 25, donde la Mezcla 1 presenta el mayor valor (1.68 % P), mientras que la mezcla 2 reporta el menor valor (0.848 %P). El factor efluente no tuvo efecto significativo.

4.6.1.3 Potasio (%)

El Cuadro 24 muestra diferencias significativas entre los diferentes tratamientos aplicados, con respecto a la concentración de potasio siendo la Mezcla 2 y Mezcla 2 + efluente 2 las que presentan mayor contenido de K (4.162 y 3.741 %K), valores con semejanza estadística con los obtenidos con la mezcla 1 sin efluente y Mezcla 1 + efluente 1.

El factor sustrato no presentó efecto significativo en el contenido de potasio. Mientras que el factor efluente sí presentó efecto significativo con respecto al contenido de potasio en hojas (Cuadro 25), resultando ser el tratamiento sin efluente el que mostró el mayor valor (3.256 % K).

4.6.1.4 Calcio (%)

El Cuadro 24 presenta diferencias significativas en la concentración de Ca en hojas de nochebuena en respuesta a la aplicación de los diferentes tratamientos. Para los tratamientos con tezontle fue indiferente la aplicación de los efluentes; la mayor concentración de Ca la presentaron los tratamientos con tezontle (2.756 %, 2.293 %, 2.287 %) así como la Mezcla 1 + efluente 2 (2.470 %). La Mezcla 1 y Mezcla 2 sin efluente presentaron la concentración más baja de calcio (1.527 y 1.633 % respectivamente), con semejanza estadística a los tratamientos con la Mezcla 2 con los 2 efluentes.

El factor sustrato influyó en la concentración de Ca en hojas de nochebuena, siendo el tezontle el de mayor concentración (2.446 %) seguido de la Mezcla 1 y Mezcla 2 (1.996 y 1.750 % respectivamente).

El factor efluente no mostró diferencias estadísticas por lo que no influyó en la concentración de Ca.

4.6.1.5 Magnesio (%)

La aplicación de los diferentes tratamientos, manifestó diferencias estadísticas significativas tal como lo muestra el Cuadro 24 dónde se observa que la Mezcla 1 + efluente 2 presentó la mayor concentración de Mg (1.273 %), con igualdad estadística con los tratamientos con la mezcla 2. La concentración más baja de Mg se observó en el tratamiento a base de la Mezcla 1 sin efluente sin diferencias estadísticas con los tratamientos con tezontle.

El factor sustrato tubo una influencia significativa en la concentración de Mg (Cuadro 25), resultando las Mezclas 1 y 2 las de mayor concentración (0.773 y 0.939 % Mg

respectivamente). El factor efluente no mostró influencia en la concentración de magnesio (Cuadro 26).

Cuadro 24. Concentración de macronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluente de vermicomposta, obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Tezontle	1.631 a ^z	1.341 abc	2.718 bc	2.756 a	0.613 bcd
Tezontle+Efluente 1	1.506 ab	1.442 ab	2.434 c	2.293 abc	0.273 cd
Tezontle+Efluente2	1.437 ab	1.437 ab	2.516 bc	2.286 abc	0.250 d
Mezcla 1 ♣	1.396 ab	1.712 a	3.298 abc	1.526 d	0.236 d
Mezcla 1+Efluente 1	1.390 ab	1.640 a	3.396 ab	1.990 bcd	0.810 abcd
Mezcla 1+Efluente 2	1.451 ab	1.688 a	0.444 d	2.470 ab	1.273 a
Mezcla 2♣♣	1.292 ab	0.935 bcd	3.741 a	1.633 d	0.986 ab
Mezcla 2+Efluente 1	1.218 b	0.851 cd	0.296 d	1.756 cd	0.940 ab
Mezcla 2+Efluente 2	1.241 b	0.756 d	4.162 a	1.860 cd	0.890 abc
DMS	0.353	0.555	0.930	0.574	0.634

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 25. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de macronutrientos en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATO	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Tezontle	1.525 a ^z	1.407 b	2.556 a	2.437 a	2.446 a
Mezcla 1 ♣	1.413 a	1.680 a	2.379 a	1.994 a	1.996 b
Mezcla 2 ♣♣	1.251 b	0.848 c	2.733 a	2.518 a	1.750 c
DMS	0.148	0.233	0.376	1.662	0.241

♣ Mezcla 1: Turba y Vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 26. Efecto de efluentes en la concentración de macronutrientos en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

EFLUENTE	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Sin Efluente	1.440 a ^z	1.329 a	3.256 a	1.972 a	0.612 a
E 1 ♣	1.371 a	1.311 a	2.046 b	2.013 a	0.674 a
E 2 ♣♣	1.371 a	1.293 a	2.374 b	2.205 a	0.804 a
DMS	0.148	0.232	0.376	0.240	0.265

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.6.2 Micronutrientes

4.6.2.1 Hierro ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

La concentración de hierro no se vio afectada por ninguno de los tratamientos aplicados, tal como se muestra en el Cuadro 27, donde no se aprecian diferencias estadísticas significativas.

Tampoco los factores sustrato ni efluentes influyeron en la concentración de hierro en las hojas de nochebuena (Cuadros 28 y 29).

4.6.2.2 Cobre ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

La concentración de cobre no se vio afectada por ninguno de los tratamientos aplicados, tal como se muestra en el Cuadro 27, donde no se aprecian diferencias estadísticas significativas. Tampoco los factores sustrato y efluentes presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadros 28 y 29).

4.6.2.3 Zinc ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

El Cuadro 27 muestra las diferencias estadísticas significativas con respecto a la concentración de Zn en respuesta a los diferentes tratamientos aplicados. El tezontle + efluente 1 fue el tratamiento con el mayor contenido de Zn ($27.0 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$) pero no presentó diferencias estadísticas con los otros dos tratamientos con tezontle y con la Mezcla 1 + efluente 1 y efluente 2, los valores más bajos los presentaron los tratamientos con la Mezcla 2 con los dos efluentes y la Mezcla 1 sin efluente.

El factor sustrato influyó significativamente en la concentración de Zn (Cuadro 28), siendo el tezontle, el sustrato que condujo a una mayor concentración de este micronutriente ($20.111 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$). Las mezclas 1 y 2 no presentaron diferencias significativas entre sí; y

las concentraciones fueron inferiores a la obtenida con tezontle. El factor efluente no presentó efecto significativo en la concentración de Zn (Cuadro 29).

4.6.2.4 Manganeso ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

El Cuadro 27 presenta las diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos con respecto a la concentración de manganeso en las hojas de nochebuena. Los tratamientos con tezontle presentaron las mayores concentraciones (200, 177 y 209 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$, respectivamente). Los tratamientos con la Mezcla 2, presentaron las concentraciones de Mn más baja, (33, 31.67 y 37.67 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$, respectivamente).

El factor sustrato influyó significativamente en la concentración de Mn (Cuadro 28), presentando el tezontle la mayor concentración (195.33) seguido de la Mezcla 1 y Mezcla 2 con 119.22 y 34.11 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ respectivamente. No se observó efecto significativo del factor efluente (Cuadro 29).

4.6.2.5 Boro ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

Se presentaron diferencias significativas en la concentración de B entre los diferentes tratamientos, tal como lo muestra el Cuadro 27. Los tratamientos con tezontle y con la mezcla 1 mostraron la mayor concentración de boro. El resto de los tratamientos mostraron valores bajos y sin diferencias significativas entre ellos. El factor sustrato influyó en la concentración de B, al presentar diferencias estadísticas significativas. El tezontle presentó la mayor concentración de B (112.444 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$), la mezcla 2 presentó el valor más bajo (39.444 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$) (Cuadro 28).

El factor efluente también influyó significativamente en la concentración de B en las hojas de nochebuena, tal como se muestra en el Cuadro 29. La mayor concentración de B se dio sin aplicar efluente ($112.444 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$) y la menor con el efluente 1 ($69.78 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$).

Cuadro 27. Concentración de micronutrientes en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	$\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$				
Tezontle	93.00 a ^z	15.33 a	19.66 ab	200.00 a	121.33 a
Tezontle+Efluente 1	112.33 a	18.33 a	27.00 a	177.00 ab	104.33 ab
Tezontle+Efluente2	92.00 a	17.33 a	13.66 ab	209.00 a	111.67 ab
Mezcla 1 ♣	101.33 a	18.00 a	7.00 b	115.67 bc	108.33 ab
Mezcla 1+Efluente 1	97.33 a	27.33 a	13.00 ab	109.33 c	54.00 cd
Mezcla 1+Efluente 2	112.33 a	13.67 a	8.66ab	132.67 bc	73.67 bc
Mezcla 2 ♣♣	97.00 a	21.00 a	6.66 b	33.00 d	38.67 cd
Mezcla 2+Efluente 1	96.00 a	24.00 a	6.66 b	31.67 d	51.00 cd
Mezcla 2+Efluente 2	100.67 a	27.00 a	7.00 b	37.67 d	28.67 d
DMS	59.66	42.67	19.60	64.78	43.82

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 28. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de micronutrientos en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATOS	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg · Kg ⁻¹				
Tezontle	99.11 a ^z	17.00 a	20.11 a	195.33 a	112.44 a
Mezcla 1 ♣	103.67 a	19.67 a	9.56 b	119.22 b	78.67 b
Mezcla 2 ♣♣	97.89 a	24.00 a	6.78 b	34.11 c	39.44 c
DMS	24.98	17.87	8.21	27.13	18.35

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 29. Efecto de dos efluentes en la concentración de micronutrientos en hojas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

EFLUENTE	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg · Kg ⁻¹				
Sin Efluente	97.111 a ^z	18.111 a	11.111 a	116.220 a	89.444 a
E 1 ♣	101.889 a	23.222 a	15.556 a	106.000 a	69.778 b
E 2 ♣♣	101.667 a	19.333 a	9.778 a	126.440 a	71.333 ab
DMS	24.985	17.868	8.208	27.128	18.351

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

La mayor concentración de Nitrógeno en las hojas de nochebuena, se dio con el tratamiento a base de Tezontle y la solución nutritiva. Sin embargo, se observa que la mayor concentración de N (1.631%) está por debajo del intervalo normal para nochebuena (4 a 6 %) (Jones, 1991). Los resultados no coinciden con Albuzio (1986) quien comenta que en las plantas herbáceas las sustancias húmicas incrementan la absorción de N en forma de nitratos. El resultado coincide con Domaar (1975) quien encontró que en *P. vulgaris* y *F. Scabrella* la aplicación de ácidos húmicos no presentó incremento en la absorción de nutrimentos.

Para Fósforo el Tezontle y la Mezcla 1 (Turba y Vermiculita en relación 2:1) ambos con y sin efluentes presentaron las concentraciones más altas de 1.3 a 1.7 % P, concentración que no está dentro del intervalo óptimo en nochebuena 0.3 a 0.5 % P (Jones, 1991) sino que están en concentraciones altas. En este caso el mejor tratamiento sería el de la Mezcla 2 con efluente 2 que permite alcanzar una concentración de P de 0.7 % en las hojas, concentración mas cercana al nivel óptimo. El efecto fue por los sustratos ya que los efluentes no se asocian con estos resultados, dado que se encontró efecto significativo de los efluentes.

En la concentración de K los tratamientos que reportan mayor concentración son la Mezcla 2 (3.741 % K) y Mezcla 2 + efluente 2 (4.162 %K) y Mezcla 1 (3.298 %K) y Mezcla 1 + Efluente 1 (3.396 % K), valores muy cercanos al nivel óptimo de K en nochebuena (1.5 a 3.5 %) (Jones, 1991). El efecto fue dado por el efluente, ya que sin efluente se obtuvo la mayor concentración de potasio.

En la concentración de Ca la mayoría de los tratamientos están dentro del intervalo de la concentración óptima (0.7 a 2%) (Jones,1991). Los tratamientos con mayor concentración

de Calcio y que están fuera del intervalo óptimo son los de Tezontle, con lo que se demuestra que hubo efecto de sustrato.

Para Magnesio todos los tratamientos están dentro o muy cercanos al nivel óptimo (0.3 a 1 %) (Jones,1991). El tratamiento con Mezcla 1 + Efluente 2 fue el que tuvo mayor concentración de Mg (1.273 %), sin embargo, de manera general el efecto de los tratamientos está dado por el sustrato, dando mayor concentración el tezontle y la mezcla 1.

Kreij y Basar (1995), probaron el efecto de las sustancias húmicas en la absorción de nutrientes en algunas herbáceas. Las sustancias húmicas no tuvieron efecto en la absorción de K, Ca y Mg pero bajaron la absorción de Fe, Mn, Cu y Zn.

En Fe no hubo diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos aplicados. Sin embargo, en la literatura se reporta un efecto directo entre la aplicación de ácidos húmicos y la concentración de hierro. Nikolic *et al.* (2003) reporta que la aplicación foliar de Fe extraído de sustancias húmicas, como fuente natural de Fe, puede mejorar el estado nutrimental de Fe de las plantas principalmente en los primeros estados de deficiencia de Fe. Cabe señalar que la concentración de Fe se encuentra dentro de los niveles óptimos propuestos por Jones (1991), aunque en el límite inferior de dicho intervalo (100 a 300 ppm).

Para Cu no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, la concentración de este nutrimento está dentro del intervalo propuesto por Jones, 1991 (3 a 25 ppm) alcanzando los niveles superiores de dicho intervalo.

En la concentración de Zn se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, resultando ser el Tezontle + Efluente 1 el de mayor concentración (27 ppm). El resto de los

tratamientos están por debajo del nivel óptimo de Zn. Pilinali (2003) encontró que la aplicación de ácidos húmicos en forma líquida tuvieron un efecto significativo en el contenido de Zn en plantas de fresa, el cual disminuyó.

El efecto de los tratamientos con respecto al contenido de Zn se atribuye al sustrato, siendo el tezontle con el que se obtuvo una mayor concentración. Probablemente por ser el sustrato donde se aplicó diariamente tanto Zn como otros nutrimentos mediante una solución nutritiva.

En la concentración de Manganeseo hubo diferencias significativas entre tratamientos resultando ser el Tezontle + Efluente 2 el de mayor concentración de Mn ($209 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$) este efecto lo dio el sustrato.

Los tratamientos con Mezcla 2 con y sin efluentes tuvieron deficiencia de Mn ya que las concentraciones son menores a las establecidas por Jones (1991) (45 a 300 ppm). El efecto es dado por el sustrato, que en este caso es a base de tierra de monte y por lo tanto la aportación de nutrimentos varía con el tipo de bosque de donde proviene y el grado de descomposición que tenga (Ballester-Olmos, 1992).

La concentración de Boro en hojas de nochebuena, varió en respuesta a los tratamientos aplicados, los cuales presentaron diferencias significativas. Los tratamientos con mayor concentración de B fueron los de Tezontle con y sin efluentes y la Mezcla 1. Aunque cabe señalar que la concentración de B rebasa un poco el intervalo establecido por Jones (1991) (30 a 100 ppm). A excepción del tratamiento de Mezcla 2 + Efluente 2 ($28.67 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$) el resto de los tratamientos dieron concentraciones óptimas de B. Estos resultados estuvieron afectados tanto por el sustrato como por el efluente, resultando ser el Tezontle y sin aplicación de efluente los que presentaron mayor concentración de B.

estos tratamientos solo mostraron diferencias estadísticas con el tratamiento con la Mezcla 2 + efluente 1, el que presentó la menor concentración de K (2.959 %).

El factor sustrato presentó diferencias significativas en el contenido de potasio (Cuadro 31) el tezontle y la Mezcla 1 los que presentan los valores más altos. El factor efluente no presentó efecto significativo sobre el contenido de potasio (Cuadro 32).

4.7.1.4 Calcio (%)

El Cuadro 30 no presenta diferencias significativas en la concentración de Calcio en brácteas de nochebuena en respuesta a la aplicación de los diferentes tratamientos. En consecuencia no hubo influencia de los factores sustrato y efluente por separado, así lo indican los Cuadros 31 y 32.

4.7.1.5 Magnesio (%)

La aplicación de los diferentes tratamientos, no generó diferencias estadísticas significativas tal como lo muestra el Cuadro 30 y por tanto no se observaron diferencias por parte de los factores sustrato y efluente por separado, así lo indican los Cuadros 31 y 32.

Cuadro 30. Concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTO	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Tezontle	0.703 a ^z	1.186 ab	4.004 a	1.013 a	0.433 a
Tezontle+Efluente 1	0.639 a	1.073 bcd	3.500 ab	0.870 a	0.380 a
Tezontle+Efluente2	0.708 a	1.126 abcd	3.998 a	0.886 a	0.383 a
Mezcla 1 ♣	0.704 a	1.222 ab	3.807 ab	1.063 a	0.403 a
Mezcla 1+Efluente 1	0.701 a	1.174 abc	3.445 ab	1.070 a	0.416 a
Mezcla 1+Efluente 2	0.760 a	1.228 a	3.911 ab	1.070 a	0.423 a
Mezcla 2 ♣♣	0.656 a	1.025 cd	3.249 ab	0.930 a	0.413 a
Mezcla 2+Efluente 1	0.610 a	1.019 d	2.959 b	1.003 a	0.396 a
Mezcla 2+Efluente 2	0.606 a	1.025 cd	3.183 ab	0.846 a	0.353 a
DMS	0.194	0.151	1.01	0.358	0.089

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 31. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATO	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Tezontle	0.683 ab ^z	1.128 b	3.880 a	0.923 a	0.398 a
Mezcla 1♣	0.721 a	1.208 a	3.363 ab	1.067 a	0.414 a
Mezcla 2♣♣	0.624 b	1.023 c	2.629 b	0.926 a	0.387 a
DMS	0.081	0.063	1.023	0.150	0.037

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 32. Efecto de efluentes en la concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena cultivar Subjibi roja.

EFLUENTE	N	P	K	Ca	Mg
			%		
Sin Efluente	0.688 a ^z	1.144 a	3.639 a	1.002 a	0.416 a
E 1 ♣	0.651 a	1.088 a	2.944 a	0.981 a	0.397 a
E 2♣♣	0.691 a	1.126 a	3.289 a	0.934 a	0.386 a
DMS	0.081	0.063	1.023 a	0.150	0.037

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

4.7.2 Micronutrientes

La concentración de hierro, cobre, zinc y boro, no se vio afectada por ninguno de los tratamientos aplicados, tal como se muestra en el Cuadro 33, donde no se aprecian diferencias estadísticas significativas.

Tampoco los factores sustrato ni efluentes influyeron en la concentración de hierro, cobre, zinc y boro en las brácteas de nochebuena (Cuadros 34 y 35)

Manganeso ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

El Cuadro 33 presenta las diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos con respecto a la concentración de manganeso en las brácteas de nochebuena. Los tratamientos con tezontle y la Mezcla 1 presentaron los valores más altos de concentración de Mn, sin diferencias estadísticas entre ellos. Los valores más bajos se observaron con los tratamientos a base de la Mezcla 2 con y sin efluente.

El factor sustrato, influyó directamente en la concentración de Mn (Cuadro 34) presentándose el tezontle y la Mezcla 1 como los sustratos con los valores más altos (35.111 y $32.556 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$, respectivamente). El factor efluente no mostró efecto estadístico significativo (Cuadro 35).

Cuadro 33. Concentración de micronutrientos en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja en diferentes sustratos y con fertilización foliar a base de efluentes de vermicomposta obtenidos uno en 2003 y otro en 2004.

TRATAMIENTOS	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg · Kg ⁻¹				
Tezontle	140.67 a ^z	24.667 a	20.000 a	39.667 a	49.000 a
Tezontle+Efluente 1	128.00 a	18.333 a	13.667 a	33.667 a	44.667 a
Tezontle+Efluente2	132.33 a	16.333 a	14.000 a	32.000 a	40.000 a
Mezcla 1♣	119.33 a	15.333 a	12.333 a	32.333 a	37.333 a
Mezcla 1+Efluente 1	130.33 a	15.667 a	11.333 a	31.000 a	47.333 a
Mezcla 1+Efluente 2	183.33 a	20.333 a	14.333 a	34.333 a	42.667 a
Mezcla 2♣♣	120.33 a	13.333 a	10.667 a	14.000 b	40.333 a
Mezcla 2+Efluente 1	128.67 a	19.000 a	11.000 a	18.667 b	32.000 a
Mezcla 2+Efluente 2	104.67 a	21.000 a	10.333 a	17.667 b	42.333 a
DMS	99.912	18.371	20.245	11.682	22.822

♣Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 34. Efecto de diferentes sustratos en la concentración de micronutrientos en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

SUSTRATOS	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg · Kg ⁻¹				
Tezontle	133.67 a ^z	17.778 a	15.889 a	35.111 a	44.556 a
Mezcla 1 ♣	144.33 a	17.711 a	12.667 a	32.556 a	42.444 a
Mezcla 2 ♣♣	117.89 a	17.778 a	10.667 a	16.778 b	38.222 a
DMS	41.84	7.693	8.478	4.892	9.557

♣ Mezcla 1: Turba y vermiculita en relación 2:1

♣♣ Mezcla 2: Tierra de monte, tezontle, turba y agrolita en relación 3:1: 0.75: 0.75

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

Cuadro 35. Efecto de efluentes en la concentración de micronutrientos en brácteas de nochebuena cultivar Supjibi roja.

EFLUENTES	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg · Kg ⁻¹				
Sin Efluente	126.78 a ^z	17.778 a	14.333 a	28.667 a	42.222 a
E 1 ♣	129.00 a	17.667 a	12.000 a	27.778 a	41.333 a
E 2 ♣♣	140.11 a	19.222 a	12.889 a	28.000 a	41.667 a
DMS	41.84	7.693	8.478	4.892	9.557

♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2003

♣♣ Efluente obtenido en la cosecha del año 2004

^z Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

DMS diferencia mínima significativa

De manera general, para la concentración de macronutrientes en brácteas de nochebuena, los efluentes de vermicomposta aplicados foliarmente, no afectaron el resultado de los tratamientos. Esto pudo deberse a que las aplicaciones de efluentes se hicieron directamente al follaje una vez que se observó que las brácteas presentaban pequeñas manchas tipo quemaduras al contacto con el fertilizante foliar, es decir, se evitó durante las aspersiones el contacto del fertilizante foliar con las brácteas.

El efecto en la concentración de Nitrógeno la dio la Mezcla 1 (turba y vermiculita en proporción 2:1), cabe mencionar que no hubo diferencias estadísticas con el tezontle.

Para fósforo la mayor concentración en brácteas se dio con la Mezcla 1.

Para potasio no se presentaron diferencias estadísticas entre la mayoría de los tratamientos, únicamente el tratamiento con la Mezcla 2 se diferenció por la menor concentración de K.

En la concentración de Ca y Mg no se presentaron diferencias significativas ni entre tratamientos, ni entre efluentes.

En la concentración de los micronutrientes Fe, Cu, Zn y B en brácteas no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Únicamente en la concentración de Manganeso se presentaron diferencias significativas entre tratamientos por el efecto del sustrato, presentando mayor concentración con Tezontle y Mezcla 1.

5. CONCLUSIONES

1. El tezontle y la mezcla 2 proporcionaron la mayoría de las características físicas ideales para la producción de nochebuena; sólo en lo que respecta a la densidad aparente, el tezontle resultó ser un sustrato ligero mientras que por su parte la Mezcla 2 retiene poco agua.
2. Los dos efluentes fueron diferentes en sus características químicas a pesar de que ambos se obtuvieron a partir del vermicomposteo, lo que refleja la variabilidad que pueden presentar estos productos. El efluente 2, obtenido en 2004, presentó mayor contenido de minerales.
3. La mezcla 2, por la diversidad de sus componentes (tierra de monte, turba y agrolita), presentó la mayor fertilidad.
4. El mejor tratamiento fue el tezontle con efluente 1 y sin efluente, solo con la solución nutritiva, a pesar de que la mezcla 2 presentó la mayor fertilidad.
5. En general la efectividad de los efluentes fue baja, en muchos casos no superó al riego con solución nutritiva.
6. No se encontró correspondencia entre la fertilidad de los efluentes y la concentración nutrimental en las hojas y brácteas

6. LITERATURA CITADA

- Abad, M.** 1992. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de las I Jornadas de Sustratos. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. España.
- Abad, M.; Martínez, P.F.; Martínez, M.D. y Martínez, J.** 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura 11: 141-154.
- Abad M. y Noguera P.** 1997. Los Sustratos en los Cultivos sin Suelo. Manual de Cultivos sin Suelo. Servicio de Publicaciones. Universidad de Almería, España.
- Aguilar-Manjarrez, D.** 1995. Cambios químicos de un Andisol por porqueraza y encalado en respuesta de maíz. Tesis M.C. Especialidad de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Aiken, G. R., D. M. McKnight, R. L. Wershaw, y P. McCarthy.** 1985. An Introduction to Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization. Wiley. New York. U. S. A.
- Albuzio, A., Ferrari, G., and Nard, S.** 1986. Effects of the humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. Can J. Soil Sci., 66:731-736.
- Almendros, G.** 1989. An analysis of some wheat straw humification factors and their bearing on the response to compost of soil and plant. The Soil of the Total Environment 81/82: 569-578
- Anónimo.** 1997. SUNGRO Analytical Laboratories. Graphic interpretation guide. 177 Sanfordville Road. Warwick, New York 10990 U.S.A.
- Anónimo.** 2001. Floriculture Crops 2000 Summary, National Agricultural Statistics Service, Agricultural Statistics Board. U. S. Department of Agriculture.

- Anónimo.** 2004. Anuarios Estadísticos del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).
- Anónimo.** 2004. Soil Improvement Committee California Plant Health Association. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Editorial Limusa.
- Ansorena, M.J.** 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Atiyeh, R. M. ; Arancon, N.; Edwards, C.A.; Metzger, J.D.** 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technol.* 75 (3): 175-180.
- Avnimelech, Y.** 1986. Organic residues in modern agricultura. pp 1-10. *In: The Role of Organic Matter in Modern Agriculture.* Y. Y. Chen and Y. Avnimelech (eds.). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht. The Netherlands.
- Ayuso, M., T. Hernández, C. García & J. A. Pascual.** 1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Thechnology* 57:251-257.
- Ballester – Olmos, J.F.** 1992. Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. Hojas divulgadoras Núm. 11/92 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España.
- Barois B. I.; Aranda D.E.** 1999. Desarrollo y perspectivas de la lombricultura en México. p. 182-185. En: Simposio Internacional y Primera Reunión Nacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo y Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Bastida, T. A.** 1999. El Medio de Cultivo de las Plantas. Chapingo, México. Serie de Publicaciones Agribot #4.

- Broadbent, F.F.** 1986. Effects of organic matter on nitrogen and phosphorus supply to plants. pp. 13-27. *In: The Role of Organic Matter in Modern Agriculture.* Y. Chen and Y. Avnimelech (eds.). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Bunt, A.C.** 1988. Media and Mixes for Container-Grown Plants. Unwin Hyman. London, Great Britain.
- Cabrera, R.I.** 1995. Fundamentals of Container Media Management, Part. 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension Factsheet No. 950. 4p.
- Cabrera, R. I.** 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 (1): 5-11.
- Cadahia, L.C.** 2000. Fertirrigación . Cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-prensa. España. 475 p.
- Carmichael, J. L.** 1990. Manual de Nochebuena. PLANTEC. Num. 4, Amacuzac, Morelos. 23 p.
- Casenave, D. S. E., Arguello, J. A. Abdala, G.; Oriolo, G. A.** 1990. Content of auxin, inhibitor and gibberellin like substances in humic acids. *Biologia plant.* 32(5) 346-351.
- Chapman, H. D.; Pratt, P.E.** 1973. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Editorial Trillas.
- Chen, Y. & T. Aviad** 1990. Effects of humic substances on plant growth. P.161-186. *In: Humic Substances in Soil and Crop Sciences.* Mc Carthy P., Clapp C. E., Malcolm R. L. and Bloom P. R. (Eds.). American Society of Agronomy.
- Compagnoni, L.; Potzolu, G.** 2001. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus. Editorial de Vecchi. Barcelona, España. 127 p.

- Coyné, M.** 2000. Microbiología del Suelo. Un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 416 p.
- Csicsor, J.; Gerse, J.; Titkos, A.** 1994. The biostimulant effect of different substance fractions on seed germination. pp. 557-562. *In: Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health.* Senesi, N., Miano, T. M. (eds.); Elsevier, Science; Amsterdam Netherlands.
- Davidson, H.; Peterson, C.; Mecklenburg, R.** 1994. Nursery Management: Administration and Culture. 2nd. Ed. Prentice Hall Career & Technology, New Jersey, USA. 486 p.
- De Boodt, M. and O. Verdonck.** 1972. The physical properties of substrates in horticulture. *Acta Horticulturae* 342: 313-323.
- Dell' Agnola, G.; Nardi, S.** 1987. Hormone-like effect and enhanced nitrate uptake induced by depolycondensed humic fractions obtained from *Allolobophora rosea* and *A. Caliginosa faeces*. *Biol Fertil Soils* 4: 115-118.
- Domínguez, J.; Edwards, C. A.; Subler, S. A.** 1997. Comparison of vermicomposting and composting. *Biocycle*, 38, 57-59.
- Dormaer, J. F.** 1975. Effects of humic substances from Chernozemic Ah horizons on nutrient uptake by *P. vulgaris* and *F. scabrella*. *Can. J. Soil Sci.*, 55, 111-118.
- Ecke, P. Jr., Matkin, O.A. and Hartley D.E.** 1990. The Poinsettia Manual, 3th ed., Paul Ecke Poinsettias. Encinitas, Calif., USA.
- Ecke, P. III; J. E. Faust; J. Williams, and A. Higgins.** 2004. The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA. 287 p.

- Fassbender, H. W. y Bornemisza, E.** 1987. Química de Suelo. Con énfasis en Suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 420 p.
- Fernández Escobar, R.; Benlloch, M.; Barranco, D.; Dueñas, A.; Gutiérrez Gañan, J. A.** 1996. Response olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. *Sci. Hort.*, 66, 191-199.
- Fonteno, W.C.; Cassel, D.K. and Larson, R.A.** 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 106: 736-741
- García, E.** 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Cöpen. México, D.F.
- García, C. N.** 1999. Cambios en las características de las sustancias húmicas por la actividad de las lombrices de tierra. pp. 67-73. *In: Simposium Internacional. Primera Reunión Nacional. UACH-Colegio de Postgraduados. México.*
- García C. O.** 1999. Materiales orgánicos como sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Gislerød, H.R.** 1994. The rooting of poinsettia cuttings and the physical conditions of the substrate, p. 39-43. *In: The Scientific Basis of Poinsettia Production.* Strømme E. (ed.). Agric. Univ. of Norway. Aas, Norway.
- Hanan, J.J.; W.D. Holley and K.L. Goldsberry.** 1978. Greenhouse Management. New York: Springer- Verlag Berlin Heidelberg. U.S.A.
- Handreck, K.A. and N. Black.** 1994. Growing media for ornamental plants and turf . Revised edition. New South Wales University Press. Kensington, Australia.

- Hartmann, H.T., y D.T. Kester.** 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Compañía Editorial Continental S.A. Octava reimpresión. México D. F.
- Hirell, S. S. Riley, T.; Andersen, G. R.** 2000. Composting; University of Arkansas, Cooperative Extension Service, University of Arkansas: Fayetteville, A. R.; Publ. No FSA2087.
- Jackson, M.L.** 1964. Análisis Químico de Suelos. Trad. De la 1ra. Edición norteamericana por José Belmont. Barcelona, España.
- Jiménez, M.R. y M. Caballero, R.** 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Ediciones de horticultura SL Reus-España, Barcelona, España, pp.419-426.
- Jones, J. B. Jr.; Wolf, and H.A. Mills.** 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing Inc. Georgia. 213p.
- Jurcsik, I.** 1994. Investigation in the mechanism of electron transmission and active oxygen generating humic acids supported by redoxindicator. pp.311-316. *In: Humic Substances in the Global Environment an Implications on Human Helth.* Senasi, N.; Miano, T. M. (eds). Elsevier Science: Amsterdam, Netherlands.
- Kannangara, G. G., and M. Hansson.** 1998. Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. *Plant Physiol. Biochem.* 36 (12): 843-848.
- Kononova, M.** 1966. Soil Organic Matter, Pergamon Press., Oxford, UK.
- Kreij, C. ; Basar, H.** 1995. Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. *J. Plant Nutr.* 18(4), 793-802.
- Kristoffersen T.** 1969. Influence of day lengh and temperature on the growth and development in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd). *Acta Hort.* 14:73-89

- Lamanna, D.; M. Castelnuevo and G. D' Angelo.** 1991. Compost based media as alternative to peat on ten pot ornamentals. *Acta horticulturae* 294: 125-129.
- Lara, H.A.** 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra* 17(3): 221-229.
- Larson, R. A.; T. A. Nell, J. E. Barret and P. A. Hammer.** 1998a. Poinsettia face-off 1997. *Grower Talks* 61:44-52.
- Larson, R. A., T. A. Nell, J. E. Barret, and P. A. Hammer.** 1988b. Testing 69 poinsettias north and south. *Grower Talks* 62: 40-48.
- Lichtenthaler, H. K.** 1987. Chrophylls and carotenoides: Pigments of photosynthetic biomembranes. 351-382. *In: Methods in Enzymology* Packer L., and R. Douce (eds.). Vol. 148. Academic Press. London.
- Logan, T. J.; Faber, W. R. and Smith, E. M.** 1984. Use of composted sludge on different crops. Ohio Agricultural Research and Development Center, USA. In *Research and Development in Agriculture Home Economics and Natural Resources*. 69:3,37-40 pp.
- Martínez, F.X.; J. Valero y M. Viñals.** 1992. Predicción del contenido en agua de los sustratos en condiciones de capacidad de contenedor. *Actas de la I Jornadas de Sustratos*. Sociedad Española de las Ciencias Hortícolas.
- Martínez, M. F.** 1995. Manual de Producción de Nochebuena. Consultoría Oasis, Morelos, México. 87p.
- Martínez S., M.** 1996. Evaluación de mezclas de sustratos y sus componentes en la flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) cv. Freedom. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. México.

McCarthy, P., Malcolm, R.L., Clapp, C.E. y Bloom, P.R. 1990. Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Reading. American Society of Agronomy Inc. Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.

Metzger, J. 1998. Growing plants with worm poop vermicompost as an amendment for soilless Media. Ohio State University Floriculture Research Update; Ohio State University: Columbus, OH. 5(3).

Morales M. J. 2003. Efecto de la aplicación de sustancias húmicas en los cultivos de *Lilium* (*Lilium* Híbrido asiático). Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. México.

Nappi, P. 1993. Compost as growing medium: chemical, physical and biological aspects. *Acta horticulturae* 342:249-256

Nelson, P. V. 1991. Greenhouse operation and management. Chapter 5 Root media. Prentice-Hall, Inc.

Nikolic M.; Cesco F.; Römhild V.; Varanini Z.; Pinton R. 2003. Uptake of Iron (^{59}Fe) complexed to water-extractable humic substances by sunflower leaves. *Journal of Plant Nutrition*. 26 (10 & 11) pp. 2243-2252.

Niembro R.A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México, D. F. 206 pp.

Orozco, G. R. 1997. Los Sustratos Hortícolas: importancia de sus propiedades físicas. Expoinvernadero. V Ciclo de Conferencias sobre producción en invernaderos. 19-22 de 1997. Guadalajara, Jalisco.

Panuccio, M.R.; Muscolo, A; Nardi, S. 2001. Effect of humic substances on nitrogen uptake and assimilation in two species of *Pinus*. *Journal of plant Nutrition*. 24 (4&5), 693-704.

- Pascual, J. A.; Ayuso, M.; Hernández, T.; García, C.** 1997. Fitotoxicidad y valor fertilizante de diferentes enmendantes orgánicos. *Agrochimica*, XLI (1-2), 50-61.
- Pilanali, N.; Kaplan M.** 2003. Investigation of effects on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition* 26 (4): 835-843
- Pinton, R.; Cesco, S.; Santi, S.; Varanini, Z.** 1997. Soil humic substances stimulate proton release by intact oat seedlings roots. *J. Plant Nutr.* 20, 857-869.
- Raviv, M.; Y. Chen and Y. Inbar.** 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container- grown plants. pp: 257-287. *In: The role of organic matter in modern agriculture.* Y. Chen y Y. Avnimelech (eds). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Rauthan, B. S. ; Schnitzer, M.** 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil*, 63, 491-495.
- Resh, Ph. D. y Howard M.** 1992. Cultivos Hidropónicos. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. 285-289 pp.
- Shanks , J.B.** 1976. Poinsettias. The Maryland florist reports. *Florist Rev.*, June 24:25-74.
- Shanks, J.B.** 1980. Poinsettias, p.273-295,301-326. *In: Introducción a la floricultura.* R.A. Larson (ed.). AGT editor, S.A. México, D.F.
- Soliba, M.** 1998. Aplicación del compostaje a la obtención de productos alternativos a los sustratos tradicionales. *In: Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal.* Pastor, J. N. (ed.). Universitat de Lleida, España.

- Stevenson, F. J.** 1994. Humic chemistry: genesis, composition and reaction. Second edition, Wiley, New York.
- Strojay Z., Nowak J. S.** 2003. Effect of different peat-based substrates on poinsettia growth. *Acta Hort.* 608: 283-287.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton.** 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Mac Millan Publishing Company, New York pp 5-18.
- Trinidad- Santos, A.** 1987. El uso de Abonos Orgánicos en la Producción Agrícola. Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Vaughan, D., and Malcolm, R.** 1985. Soil organic matter y biological activity. Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands.
- Verdonck, O. and Gabriëls,R.** 1988. Substrate requirements for plants. *Acta Horticulturae.* 221: 19-23
- Warncke, D.** 1988. Recommended test procedure for greenhouse growth media. In: Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. Bulletin No. 499. North Dakota Agricultural Experiment Station.
- Winsome, T.; Mc Coll, J. G.** 1998. Changes in chemistry and aggregation of California forest soil worked by the earth worm *argilophilus popillifer eisen* (Megascoleidae). *Soil Bio. Biochem.*, 30(13), 1677-1687.
- Witham, F. H.; D. F. Blaydes and R. M. Devlin.** 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York.

7. ANEXOS

Cuadro 1A. Datos estadísticos del valor de la producción de nochebuena en México (2000).

ESTADO	Valor de la producción (pesos)				
	2000	2001	2002	2003	2004
D. F.	16,250,000	16,250,000	12,600,000	19,500,000	53,400,000
MÉXICO	▪	3,645,000	5,832,000	4,860,000	12,576,000
MICH.	▪	▪	▪	▪	4,160,560
MORELOS	3,825,000	3,780,000	▪	▪	54,000,000
PUEBLA	▪	▪	▪	▪	1,440,000
TOTAL	20,075,000	23,675,000	18,432,000	24,360,000	125,576,560

▪ No se reporta

FUENTE: Anuarios estadísticos del Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).