

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**Respuesta a la aplicación de lodos industriales generados por fábricas textiles en
Parras, Coah., y Puebla, Puebla, a sustratos para la producción de
*Gerbera (Gerbera jamesonii) V. Festival.***

POR:

JESÚS ENRIQUE DE LOS SANTOS VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta a la aplicación de lodos industriales generados por fábricas textiles en

Parras, Coah., y Puebla, Puebla, a sustratos para la producción de

Gerbera (Gerbera jamesonii) V. Festival.

TESIS

PRESENTADA POR:

JESÚS ENRIQUE DE LOS SANTOS VÁZQUEZ

**Que Somete a Consideración Del H. Jurado Examinador, Como Requisito Parcial
Para Obtener El Título De:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Presidente del Jurado

Dra. Norma Angélica Ruiz Torres

Sinodal

Sinodal

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Ing. José A. de la Cruz Bretón

Sinodal

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Dr. Mario E. Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio del 2008

AGRADECIMIENTOS

A mi “ALMA TERRA MATER”

Por haberme forjado en el área de la agronomía y haberme dado las herramientas y conocimientos suficientes para seguir adelante por el camino de la vida.

Con mucho respeto a la bióloga, Silvia Pérez Cuellar

Por haberme brindado su amistad, apoyo y confianza durante todo este tiempo en la UAAAN, mil gracias.

Al Ing. Rogelio Pérez Niño gracias por haberme brindado esa oportunidad que muchos necesitan para lograr realizar estudios universitarios, gracias.

A la Dra. Norma Angélica Ruiz Torres por haberme brindado su apoyo en la realización de este trabajo, gracias.

Al Ing. José Ángel De la cruz Bretón

Por haberme brindado su amistad y experiencia.

MC. Felipa Morales Luna

Por haberme dado un herramienta más para defenderme por los caminos de la vida.

A la LCQ. Magdalena Olvera Esquivel por su apoyo en el trabajo de laboratorio.

Al T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel por su apoyo en el trabajo de laboratorio.

A José Leonardo Acosta, Manuel Treviño, Roberto Treviño y Rodolfo Aguirre. Por su apoyo y experiencia brindado en el trabajo de invernadero.

Rodolfo Aguirre. (Don Rodó) Por brindarme su amistad y experiencia y conocimiento en todo momento durante mí estancia en la en la UAAAN, mil gracias.

Al Buitres Gym.

Jorge (Maestro), Abrián (Tom), Jairo (Priezt), Julián (Pequeño) y Belisario (Latín) que nada los detenga y póngale mucho entusiasmo.

Al Ing. Pompeyo Ribera Carretes, a la Ing. Lucia Monroy y al Ing. Martín Ballinas, Gracias por brindarme su amistad y apoyo durante el tiempo que estuvieron en la UAAAN.

A mis compañeros de la Generación CIV de Ing. Agrónomo en Horticultura.

DEDICATORIAS

A quien me enseñó el camino de la vida, que dio un aparte de si misma para darme la vida, que ante lluvia, viento y marea nos sacaste adelante, que me enseñaste a ser humilde y noble pero una fiera ante una ofensa, a ti que en las buenas y en las malas eres mi brazo derecho, que limpiaste mis lágrimas con una sonrisa tierna, que cuidaste de mi con uñas y dientes, que perfumaste mi aliento con amor, a ti que me diste la fuerza para dar la frente a los duros golpes que da la vida, a ti te dedico este documento como tu un día me dedicaste el tiempo suficiente para que yo pudiera aprender a mover las alas y volar, **MAMÀ**

A: Ma. Teresa Vázquez Camacho

Gracias mamá

Con todo mi cariño y corazón.

A: Elin de los Santos Hernández

Es difícil tener te siempre conmigo y empezarte a conocer hasta hoy, papá.

A mis abuelos

Reinol Vázquez y Consuelo Camacho

Gracias por los consejos, cariño y amor

A mi familia con mucho cariño

José Luís, Jorge Alberto, Elidía Guadalupe, Juan Antonio, Roberto, Rodolfo, Martha Elena, Reina Marilit y Karina Margarita. Vamos en la mitad, pónganle ganas y mucho entusiasmo, que nada los detenga.

A ti, aunque no te conocí, gracias (†) Jesús Enrique.

RESUMEN

Respuesta a la aplicación de lodos industriales generados por fábricas textiles en Parras, Coah., y Puebla, Puebla, a sustratos para la producción de *Gerbera (Gerbera jamesonii) V. Festival.*

POR:

JESÚS ENRIQUE DE LOS SANTOS VÁZQUEZ

LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo de 2008

Ph. D. Norma A. Ruiz Torres Asesor.

Palabras clave: lodos industriales, minerales, gerbera jamesonii, producción.

Las plantas para su desarrollo requieren de sales minerales, sin embargo concentraciones elevadas pueden resultar tóxicas y causantes de daños fisiológicos, así como llegar a causar la muerte, por otra parte las industrias generan de los procesos de transformación residuos que pueden ser utilizados. Considerando lo anterior se planteó investigar el uso de lodos de industrias procedentes de las textileras de Parras de la Fuente, Coah. y de Puebla, Puebla, para la producción de plantas de gerbera. Los objetivos del presente trabajo son: 1) Determinar la factibilidad del uso de lodos generados por la industria textil de Parras de la Fuente, Coah. y Puebla, Puebla, en la producción de plantas de gerbera, 2) Identificar posibles modificaciones en variables asociadas a la morfología de la planta (parte aérea), al incluir lodos industriales en el sustrato, 3) Establecer diferencias en metabolismo a través de determinar la concentración de minerales en tejido foliar y de raíz, proveniente de plantas de gerbera cultivadas en sustrato mezclado con 5 % de lodo industrial y 4) Determinar el efecto de

la aplicación del bioproducto Benzoall, en la absorción y distribución de minerales en raíz y tallo.

Se establecieron 7 tratamientos en invernadero de los cuales uno consistió de un testigo absoluto. Los tratamientos 1 al 4 contenían 5 % de lodos en el sustrato más aplicaciones de Benzoall, el 5 y 6 solo aplicaciones de Benzoall en dosis alta y baja, respectivamente. Se evaluaron las variables Altura de planta, cobertura foliar, número de botones por planta, longitud del vástago floral, número de flores y diámetro de flor. El estudio de laboratorio consistió en el análisis de los minerales Fe, Zn, Cu, Mg, Mn, Na, Ca, K, N determinados en tejido de raíz y hoja, a través de absorción atómica y método de Kjendhal.

No se observaron modificaciones en la fonología y morfología de las plantas al incluir lodos industriales en el sustrato. Únicamente se observaron al inicio algunas manchas oscuras en hojas jóvenes, sin embargo desaparecieron al transcurrir el tiempo. En el estudio de laboratorio, se encontraron diferencias significativas en cuanto a la concentración de minerales entre tejidos de raíces y hojas para: Mg, Mn, Ca, K y N. presentándose en mayor concentración en tejido foliar.

La aplicación del bioproducto Benzoall permitió un buen desarrollo del cultivo, presentándose diferencias significativas entre tratamientos para las variables altura de plantas (AL), cobertura foliar (CP) y número de flores (NF). Se observó mejor comportamiento en los tratamientos T5 y T6, los cuales no contenían lodos en el sustrato. El resto de las variables mostraron únicamente diferencias numéricas, lo cual indica la factibilidad de usar lodos generados por la industria textil en la producción de plantas ornamentales.

INDÍCE

	página
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Aplicación de lodo a los suelos agrícolas	5
Fósforo, potasio y otros nutrimentos	9
<i>Gerbera jamesonii</i>	10
Clasificación taxonómica	10
Variedades comerciales	12
Recolección	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
Estudio I. Uso de lodos industriales como parte del sustrato en el cultivo de <i>Gerbera (Gerbera jamesonii)</i>.	17
Fertilización base (todos los tratamientos)	20
Variables Evaluadas	22
Estudio II. Laboratorio. Determinación de Minerales.	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIONES	43
VI. BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE CUADROS

	página
Cuadro 3.1. Análisis microbiológico de los lodos industriales utilizados en los tratamientos T1, T2, T3, T4 en <i>Gerbera jamesonii</i>	18
Cuadro 3.2. Propiedades fisicoquímicas de los lodos industriales utilizados en los tratamientos T1, T2, T3, T4 en <i>Gerbera jamesonii</i>	18
Cuadro 3.3. Composición de minerales en los lodos industriales utilizados en los tratamientos T1, T2, T3, T4 en <i>Gerbera jamesonii</i>	19
Cuadro 3.4. Calendario de riego, Agosto-Noviembre del 2007 en el cultivo de gerbera.	19
Cuadro 3.5. Calendario de fertilizaciones agosto-Noviembre del 2007 en el cultivo de gerbera.	20
Cuadro 3.6. Calendario de aplicaciones de Benzoall agosto-Noviembre del 2007 en el cultivo de gerbera.....	21
Cuadro 3.7. Tratamientos ensayados en gerbera.	21
Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en invernadero.	28
Cuadro 4.2. Comparación de medias para las variables evaluadas en invernadero en cinco fechas.....	29
Cuadro 4.3. Comparación de medias para variables evaluadas en invernadero en dos fechas.....	29
Cuadro 4.4.Comparación de medias por tratamiento para variables evaluadas en invernadero.	32
Cuadro 4.5 Cuadrados medios del análisis de varianza para minerales determinados en raíz y hoja.....	35
Cuadro 4.6 Cuadrados medias del análisis de varianza para minerales determinados en raíz y hoja.....	35
Cuadro 4.7 Comparación de medias de minerales determinados en raíz y hoja	36
Cuadro 4.8 Comparación de medias de minerales determinados en raíz y hoja	

Cuadro 4.9 Cuadro de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz de gerbera.	37
Cuadro 4.10 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz de gerbera.....	38
Cuadro 4.11 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en hojas de gerbera.	39
Cuadro 4.12 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en hojas de gerbera.	39
Cuadro 4.13 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz y hojas de gerbera.	41
Cuadro 4.14 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz y hojas de gerbera.	41

1.INTRODUCCIÓN

Las plantas para su desarrollo requieren de sales minerales, sin embargo concentraciones elevadas pueden resultar tóxicas y causantes de daños fisiológicos, así como llegar a causar la muerte de las mismas.

La FAO calcula que la erosión y acidificación de los suelos, la pérdida de materia orgánica, la compactación de los suelos, la pérdida de elementos nutritivos y la salinización, ha reducido la productividad de más de tres millones de kilómetros cuadrados de tierras agrícolas.

La contaminación de los suelos tiene su principal fuente en desechos sólidos y residuos peligrosos. En muchos casos el volumen y tipo de residuos peligrosos producidos por industrias, carecen de opción para un manejo adecuado.

Los procesos de industrialización, en los cuales se basa la sociedad moderna, han traído consigo una explotación irracional de los recursos naturales renovables y no renovables, así como la generación de residuos altamente tóxicos.

En México, los problemas ambientales son directamente proporcionales al incremento de la población, al grado de desarrollo económico y a la forma en que se explotan los recursos naturales con que contamos, los cuales conforman una gran

diversidad y riqueza de ambientes, como lo son nuestros bosques templados, desiertos y selvas tropicales que albergan a más de ochenta millones de hectáreas.

Aunado a lo anterior, factores ambientales, geológicos, freáticos y biológicos han propiciado la degradación de los suelos que anteriormente eran productivos.

Mantener la productividad de los suelos para abastecer de alimentos a personas y animales, involucra la reposición continua de los nutrientes que las plantas remueven del mismo, y para ayudar y mantener a lo suelos pueden aplicarse residuos sólidos orgánicos.

Como parte de la lucha en contra de la contaminación se han llevado a cabo numerosos estudios en los cuales algunos desechos y subproductos industriales son evaluados como mejoradores de suelos. Se han obtenido resultados positivos en la mayoría de los casos, aunque puede presentarse un factor de riesgo si contiene diversas cantidades de metales pesados como plomo, cadmio, zinc, níquel, entre los más dañinos, también residuos celulósicos, pasando por escorias de industrias metalúrgicas, cenizas de industrias eléctricas hasta biosólidos o lodos biológicos, obtenidos de los tratamientos de aguas residuales, tanto municipales como industriales.

En México, en el centro y en el norte del territorio se encuentran concentradas algunas industrias textiles. Las cuales reciclan los residuos de la tinción de una infinidad de telas. Se a planteado la posibilidad de que estos se han aprovechados para la recuperación de suelos agrícolas, de acuerdo a la composición química, estos residuos pueden contribuir aportando nutrientes al suelo tales como nitrógeno, fósforo y potasio para el desarrollo de plantas, por lo que se ha seleccionado como una línea de estudio.

JUSTIFICACIÓN

La contaminación de los suelos tiene su principal fuente en desechos sólidos y residuos peligrosos. En México, los problemas ambientales son directamente proporcionales al incremento de la población, al grado de desarrollo económico y a la forma en que se explotan los recursos naturales con que contamos. En México, en el centro y en el norte de este territorio se encuentran concentradas algunas industrias textiles. Por lo que surge la inquietud de evaluar los lodos residuales generados en Parras de la Fuente, Coahuila y en Puebla, Puebla, a fin de que estos puedan ser utilizados como complemento en sustratos y de esta manera bajar los costos por fertilización y que permita una reducción de gastos para los productores de gerbera u otras plantas de ornato.

OBJETIVOS

1. Determinar la factibilidad del uso de lodos generados por la industria textil de Parras de la Fuente, Coah. y Puebla, Puebla, en la producción de plantas de gerbera.
2. Identificar posibles modificaciones en variables asociadas a la morfología de la planta (parte aérea), al incluir lodos industriales en el sustrato.
3. Establecer diferencias en metabolismo a través de determinar la concentración de minerales en tejido foliar y de raíz, procedente de plantas de gerbera cultivadas en sustrato mezclado con 5 % de lodo industrial.
4. Determinar el efecto de la aplicación del bioproducto Benzoall, en la absorción y distribución de minerales en raíz y tallo.

HIPÓTESIS

Es factible el uso de lodos industriales en la producción de plantas de gerbera en invernadero, sin modificar su morfología ni la distribución de minerales en la misma. La aplicación del bioestimulante Benzoall favorece la absorción de minerales en la planta

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Lodo residual y biosólidos.

El lodo residual se define como los residuos sólidos, semisólidos o líquidos, removidos en los procesos de tratamientos primarios, secundarios o avanzados del agua residual. El lodo incluye escorias o sólidos removidos en los procesos de tratamiento y cualquier material derivado del lodo (por ejemplo, una mezcla de lodo fertilizante) pero no incluye a los granitos de arena, cribados y cenizas generadas por la combustión del lodo en un incinerador (U. S. EPA, 1995).

Salinidad

La salinidad es un estrés ambiental que limita el crecimiento y desarrollo de las plantas. La respuesta de las plantas a excesos de NaCl es compleja e involucra cambios en su morfología, fisiología y metabolismo (Hilal *et al.*, 1998).

Residuos sólidos

De acuerdo a Bond y Straub (1973) un residuo sólido es “aquel material normalmente sólido resultado de las actividades y de la vida animal o humana desechado permanentemente o temporalmente como residuo. También se incluye a partículas de residuo temporalmente suspendidas en aire o agua”. Según su origen, este tipo de residuos se clasifican en urbanos, agrícolas e industriales.

Residuos industriales

El departamento de sanidad del Estado de Nueva York (1976) en esta parte incluyen todos los desechos sólidos, líquidos y gaseosos que producen las industrias de la transformación y otras (Bond y Straub, 1973).

De acuerdo a Bierman y Rosen (1994), muchos productos de desechos contienen nutrimentos esenciales para las plantas y existe la oportunidad de reciclarlos mediante la aplicación a terrenos agrícolas. Sin embargo, el aprovechamiento de estos

productos requiere de cuidadosa evaluación, porque además de ser potencialmente benéficos para la agricultura, pueden ser potencialmente dañinos para el medio ambiente.

Disposición del lodo

Los métodos de disposición del lodo más usados en la actualidad confinamiento en relleno sanitario, incineración y aplicación al suelo, éste último ha ido incrementando interés en los últimos años por su accesibilidad y factibilidad en comparación con los otros métodos de disposición (Metcalf y Eddy, 1991).

Aplicación de lodo a los suelos agrícolas

La aplicación de lodo a los suelos agrícolas es practicada en la mayoría de los países desarrollados, en E. U. A. se practica casi en todos los estados, y es especialmente común en Colorado, New Jersey, Pennsylvania, Ohio, Illinois, Michigan, Missouri, Wisconsin, Oregon y Minnesota. Cientos de comunidades grandes y pequeñas tienen desarrollados programas exitosos de aplicación de lodo a los suelos agrícolas. Esos programas benefician la municipalidad generando el lodo para una aceptabilidad ambiental actual, y para mejores costos en el control de los lodos, los agricultores se benefician también ya que reciben los nutrientes en el lodo para la producción de cultivos, generalmente a costos menores que con los fertilizantes convencionales.

El lodo aplicado a los suelos agrícolas puede incorporarse en dosis iguales o mayores que las dosis agronómicas. La cantidad de nitrógeno disponible o asimilable (ó fósforo) aplicado a un lugar está basado en los requerimientos del cultivo. Esta cantidad de N puede de otro modo aplicarse a un lugar como fertilizante comercial por el agricultor. Para limitar las cargas de N a las recomendaciones de fertilización, el impacto sobre el agua subterránea no debe ser mayor que las operaciones agrícolas usando fertilizantes comerciales o estiércol (Carmona, 2006).

Ventajas de la aplicación de lodo a los suelos agrícolas.

El lodo contiene varios macronutrientes indispensables para las plantas, principalmente N, P y K, y en muchos casos, variadas cantidades de micronutrientes

tales como boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn).

El lodo también puede ser un valioso acondicionador de los suelos. La adición de materiales orgánicos como el lodo a un suelo arcilloso de textura fina, puede ayudar a que el suelo sea más friable y puede incrementar la cantidad del espacio poroso disponible para el crecimiento de las raíces y para la entrada del agua y aire dentro del suelo. En los suelos arenosos de textura granulosa, los residuos orgánicos como el lodo, pueden incrementar la capacidad de retención del agua en el suelo, suministrar y situar químicos para el intercambio y adsorción de nutrientes. El agua agregada al suelo durante la aplicación del lodo también es un recurso valioso.

Los trabajos de tratamiento para la incorporación de lodos al suelo pueden ser benéficos, y menos costosos que otros métodos alternativos de uso o disposición del lodo. Se puede beneficiar ahorrando costos, resultado de la aplicación del lodo a los suelos agrícolas, y el reciclaje de nutrientes, además es atractivo a la preocupación ciudadana con la conservación de recursos y el medio ambiente.

Otra ventaja de la aplicación a los suelos agrícolas es que usualmente las plantas de tratamiento no tienen que adquirir terrenos. Normalmente se toman lugares con un marco relativamente rural donde las aplicaciones de lodo son similares a las operaciones convencionales, tales como el esparcido del estiércol animal (Pissani y Guzmán, 1999).

Limitaciones de la aplicación de lodo a los suelos agrícolas

Las dosis de aplicación de lodo para los suelos agrícolas (unidad peso seco del lodo aplicada por unidad de área) son relativamente bajas usualmente. De esta manera, pueden requerirse grandes extensiones de suelo, requiriendo la cooperación individual de muchos propietarios de tierras. Además, el transporte del lodo, debe ser tan eficiente como la calendarización de aplicación, requiriendo que sea compatible con la siembra agrícola, la cosecha y posibles condiciones climáticas adversas; además se requiere de manejos cautelosos. Si los agricultores que aceptan el lodo son numerosos y están mal distribuidos, un sistema de distribución caro y complicado puede requerirse (Carmona, 2006).

Métodos de aplicación.

La selección del método de aplicación del lodo dependerá de las características físicas del lodo (líquido o deshidratado), la topografía del terreno y del tipo de vegetación presente (cultivos anuales, cultivos de forraje existentes, árboles o terrenos sembrados) (Carmona, 2006).

Época de aplicación

El periodo de aplicación del lodo deberá calendarizarse cerca de la labranza, siembra y operaciones de cosecha, y también puede estar influenciada por el cultivo, clima y propiedades del suelo. El lodo no puede aplicarse durante periodos de mal tiempo.

La aplicación del lodo a los suelos agrícolas que están inundados, congelados o cubiertos por nieve está prohibida si no se asegura que el lodo no entra a las tierras húmedas o agua superficial. La humedad del suelo es una consideración importante, afectando el periodo de aplicación. La circulación sobre suelos húmedos durante o inmediatamente de precipitaciones pesadas puede resultar en compactación y puede dejar hendiduras profundas en el suelo, haciendo difícil la producción del cultivo y reduciendo la producción (U. S. EPA, 1995).

Características y composición de lodos residuales:

Las propiedades más importantes del lodo que se necesitan caracterizar son:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| ❖ Cantidad | ❖ pH |
| ❖ Nutrientos | ❖ Contaminantes peligrosos |
| ❖ Contenido de sólidos totales | ❖ Materia orgánica |
| ❖ Metales | ❖ Materia orgánica |
| ❖ Contenido de sólidos volátiles | ❖ Patógenos |
| ❖ Químicos orgánicos sintéticos | |

La composición del lodo depende principalmente de las características de los procesos de tratamiento usados. Los requerimientos para los pretratamientos industriales y los programas de prevención de contaminantes, así como los procesos avanzados de tratamiento en las aguas residuales y lodos, generalmente tenderán a

reducir los niveles de contaminantes del lodo final que sale de las plantas de tratamiento (Ostergaad, 1997).

La composición química del lodo puede variar grandemente, sólidos suspendidos y sólidos disueltos, así como sólidos volátiles que son compuestos orgánicos, son reducidos cuando el lodo es calentado (Ostergaad, 1997).

Algunos lodos contienen patógenos causantes de enfermedades que incluyen a las bacterias, virus, protozoos, y huevecillos de helmintos, frecuentemente, presentes en las aguas residuales y en el lodo crudo. Los patógenos pueden representar un peligro para la salud pública, si éstos son transferidos a los cultivos alimenticios sobre los suelos en el cual el lodo es aplicado, contenido en los escurrimientos de los sitios de aplicación a las aguas superficiales, o transportado lejos de los sitios por los vectores tales como insectos, roedores y aves (Carmona, 2006).

El lodo puede contener también químicos orgánicos sintéticos de las aguas residuales industriales, productos domésticos y pesticidas. La mayoría de los lodos contiene bajos niveles de esos químicos y no representan amenaza significativa para la salud humana y el medio ambiente (U. S. EPA, 1995).

Los químicos orgánicos, cuando son agregados al suelo pueden volatilizarse, descomponerse o ser adsorbido. Consecuentemente, sólo esos que no son volátiles y son relativamente resistentes a la descomposición se acumularán en el suelo.

En los Estados Unidos de Norte América se ha mencionado que la mayoría de los compuestos orgánicos tóxicos, están presentes en los lodos en concentraciones menores de 10.0 mg/kg (Jacobs *et al.*, 1987). Por lo tanto cuando los lodos son aplicados al suelo en dosis que satisfagan las necesidades del N o P y mezclados en la superficie del suelo, las concentraciones de los químicos orgánicos tóxicos en la profundidad 0 - 15 cm del suelo normalmente no excederá los 0.10 mg/kg (U. S. EPA, 1995).

Otro factor importante es el pH del lodo, que puede afectar la producción de los cultivos en los sitios donde es aplicado, ya que altera el pH del suelo e influye en la asimilación de metales por la planta. Los niveles de patógenos y el control de vectores, son las mayores razones para ajustar el pH del lodo. Un pH bajo en el lodo (menos de

6.5) promueve lixiviación de metales, mientras que un pH alto del lodo (mayor de 11) mata muchas bacterias y, en conjunción con el pH neutro o alto del suelo, puede inhibir el desarrollo de las plantas (U. S. EPA, 1995).

Fósforo, potasio y otros nutrimentos

El lodo contiene concentraciones variadas de otros macro y micro nutrimentos requeridos para el crecimiento de las plantas, algunos constituyentes del lodo, tales como fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y fierro (Fe), fácilmente forman compuestos insolubles con los sólidos del lodo y permanecen así en los niveles relativamente altos en el lodo (U. S. EPA, 1995).

Otros constituyentes del lodo, tales como el potasio (K) y el sodio (Na), son solubles en el agua, de los constituyentes solubles en el agua que permanecen en el lodo, se reducirán más sus concentraciones, si el lodo es deshidratado (por centrifugadoras o prensas), mientras que el secado con calor o aire resultará en un incremento de los niveles debido a que esos constituyentes no son volátiles (Ostergaad, 1997).

Metales

El lodo puede contener cantidades variadas de metales; en concentraciones bajas en el suelo, algunos de esos metales son utilizados como nutrimentos o para el crecimiento de las plantas y frecuentemente son agregados por fertilizantes inorgánicos comerciales, tales como el Co, Cu, Fe, Mo y Zn. sin embargo en altas concentraciones, algunos metales pueden ser tóxicos para los humanos, animales y las plantas (U. S. EPA, 1995). Basándose en evaluaciones extensivas del riesgo de los metales del lodo, EPA regula 10 metales en el lodo que será aplicado al suelo, éstos son:

- Arsénico
- Plomo
- Molibdeno
- Cromo
- Cadmio
- Selenio
- Níquel
- Mercurio
- Cobre
- Zinc

Gerbera jamesonii

Origen

El género consiste en cerca de 30 especies que se encuentran en Madagascar África, Asia tropical y América del Sur. Esta especie crece en los jardines a través del mundo. Es además una de las flores de corte más populares, lo cual le dan una gran importancia económica (Oascoaga, 1991).

Originarias de Sudáfrica, más exactamente del Transvaal, provincia del noreste, las Gerberas deben su nombre al naturalista alemán Traug Gerber. El nombre científico viene dado por un coleccionador de plantas llamado Jameson, quien descubrió la gerbera en Transvaal. Hay quienes las apodan margaritas del Transvaal y también sombrillas japonesas, por las características de sus flores coloridas. Las variedades de cultivo comercial proceden de hibridaciones con especies del sur de África (*Gerbera jamesonii* y *G. hálica*), donde el clima es tropical de montaña (Oszkinis y Lisieka, 1990).

La crianza de gerbera comenzó a finales del siglo XIX en Cambridge, Inglaterra, cuando Richard Lynch cruzó *G. jamesonii* y *G. viridifolia*. La mayoría de las variedades cultivadas comercialmente se originaron de este cruzamiento (Oascoaga, 1991).

Por este nombre se engloban más de 70 especies nativas del sur de África y de algunas regiones asiáticas, gracias a los cruzamientos naturales día con día surgen novedoso colores así como nuevos híbridos y variedades (Scheck, 2003).

Clasificación taxonómica

División.....*Espermatophyta*
Subdivisión.....*Angiospermae*
Clase.....*Dicotyledoneae*
Subclase.....*Metchlamydae*
Orden.....*Campanulales*
Familia.....*Compositae*
Tribu.....*Mutisieae*
Género.....*Gerbera*
Especie.....*jamesonii*
Nombre científico.....*Gerbera jamesonii*

Planta

Planta herbácea, vivaz, cuyo cultivo puede durar varios años aunque comercialmente sólo interesa desarrollarla durante dos o tres años, según la variedad y técnicas empleadas de cultivo (Mascarini, 1998).

Sistema radicular

El sistema radicular es pivotante, pero a medida que se desarrolla, se convierte en fasciculado y está compuesto por gruesas raíces de las que parten numerosas raicillas pueden alcanzar hasta 60-80 cm de longitud (Vidalie, 1992).

Tallo

El tallo de la gerbera es un rizoma con entrenudos muy cortos que crecen produciendo hijuelos su alrededor (Herrerros, 1976).

Hojas

Son pubescentes, enteras y lobuladas pinadolanceoladas, con la nervadura principal muy marcada de un color verde brillante, de 20 a 40 cm de longitud, con una larga duración dispuestas sobre el tallo en forma de roseta (Salinger, 1991).

Flores

La gerbera presenta inflorescencia en capítulo, con tres a cuatro filas de florecillas liguladas periféricas femeninas y florecillas tubulares centrales masculinas. Las florecillas asemejan a grandes margaritas con 5 a 12 cm de diámetro sobre pedúnculos menor de 25 cm hasta 45 cm o más. Los capítulos pueden ser simples, dobles y semidobles en una gran diversidad de colores; blancos, crema, amarillos, rosa, salmón, naranja, rojo, violeta castaño, etc. Según sea el cultivar, además el centro de estos puede ser de diferentes tonos de color; amarillo, miel, rosa negro. Las inflorescencias dobles pueden ser bicolors (Albertos *et al.*, 1997).

Solo las flores liguliformes y las flores tubulosa exteriores están aptas para la fecundación y la formación de las semillas. Después de la polinización, la corona, los estambres y el cuello del pistilo se caen, formándose un aquenio (fruto). Este es más angosto hacia arriba, rodeado por una corona de pelos del vilano que sirve de ayuda para su diseminación (Oszkinis y Lisieka, 1990).

Las inflorescencias en menor o mayor grado, dependiendo de la especie, se abren en las horas matutinas y se cierran al anochecer (Oszkinis y Lisieka, 1990).

Fruto

Los frutos en este caso corresponden a las semillas son aquenios castaños en forma de botella ovalada o fusiformes, cada fruto es una semilla. Presenta un vilano en el extremo posterior, de unos 8 -10 mm de longitud lo que facilita su diseminación. Una flor produce de 40 a 100 semillas (Save y Olivella, 1995).

Variedades comerciales

En la clasificación varietal de la gerbera se tienen en cuenta una serie de factores como son el color de la inflorescencia, si son simples, semidobles y dobles, según el número, disposición y tamaño de las coronas de flores liguladas. También se emplea el término corazón negro o verde, según sea el color de la parte central de la inflorescencia, además del diámetro del capítulo (Larson, 1988).

Existe una enorme cantidad de cultivares distintos, con múltiples apariciones nuevas en el mercado año tras año. En el cuadro siguiente se recogen los cultivares de mayor importancia económica y sus principales características (Larson, 1988).

Propagación

Propagación por semilla.

Este método de propagación se realiza para la mejora de esta planta, pero también se emplea para la obtención de cultivares de gerbera para maceta (Infoagro, 2007).

La semilla debe venir envasada en paquetes a prueba de humedad, y almacenados bajo condiciones frescas, lejos de luz fuerte del sol hasta la siembra ya que la semilla pierde su viabilidad rápidamente en contacto con condiciones ambientales (Oszkinis y Lisieka, 1990).

Los medios recomendados para sembrar varían, pero la mayoría consisten en 40-60 % de turba y perlita con un pH de 5.8-6.0 y una buena fertilidad (Vidalie, 1983).

La semilla se puede sembrar en campo abierto en pequeña escala, o así como en diferentes contenedores. Sin embargo, el trasplante en bandejas abiertas requiere de más trabajo y retrasa el establecimiento en los contenedores nuevos. La práctica más común es sembrar en una variedad de bandejas grandes. Algunos cultivadores siembran en pequeño, después las transplantan hacia bandejas o recipientes más grandes.

Esto permite que las plantas de semillero sean clasificadas por tamaño para una cosecha más uniforme pero requiere de más trabajo (Oszkinis y Lisieka, 1990).

La semilla se germina usando un sistema que mantenga una humedad cerca del 100 %. Se utiliza un calor inferior para mantener una temperatura de 21-23.8 °C. Algunos productores colocan bolsas plásticas en la parte superior por 7 a 14 días. Las bandejas deben recibir por lo menos 12 h de luz incandescente por día (Oascoaga, 1991).

Las condiciones climáticas más favorables se dan con temperaturas ligeramente elevadas, de 22-24 °C y una humedad relativa entre el 40 y 50 %. Desde la polinización hasta la maduración de la semilla transcurren de 4 a 8 semanas, obteniéndose de 40 a 100 semillas por capítulo. El poder germinativo se reduce al 50 % después de tres meses y al 5 % después de seis meses (Jiménez y Caballero, 1990).

Es el método más sencillo, pero comercialmente no se emplea por su baja tasa de propagación. Para ello se arranca la planta adulta de más de un año, podándose las raíces a una longitud de 10-12 cm, y seleccionando varias hojas adultas cuyos limbos se recortan dejando un tercio de ellas. Posteriormente se divide el rizoma en pequeñas porciones que contendrán raíces y parte aérea. Estas porciones se desinfectan con un caldo fungicida antes de su plantación y se colocan a continuación bajo mist-system a 25 °C o bajo pequeños túneles de polietileno y se toman para el esquejado los brotes que se desarrollen cuando tienen 2 a 3 hojas, los cuales se colocan en mesas de multiplicación a 25 °C y HR del 80 %. Se obtienen entre 4 y 10 plantas por cada planta madre. El enraizamiento se efectúa a los 15-20 días (Infoagro, 2003).

Con la micropropagación se obtiene de una planta un gran número de plántulas anualmente, frente a las menos de 100 que permiten obtener los métodos clásicos

de propagación vegetativa. Sin embargo, requiere de un laboratorio y de personal calificado. Se cultivan primero en tubos de ensayo y luego en frascos o cajas de polipropileno, fragmentos de capítulos muy jóvenes o meristemas. Se obtienen plantas a los 3 ó 4 meses (Infoagro, 2003).

Plantación

La fecha de plantación que se considera conveniente es a finales de mayo, para que a los 3 meses la gerbera comience a florecer.

Una vez recibida la planta se deberá transplantar enseguida, manteniéndola hasta entonces en un lugar fresco y ventilado. El cuello de la planta no debe enterrarse para evitar la incidencia de enfermedades (Infoagro, 2007)

La plántula deberá transplantarse en maceta, manteniéndola hasta entonces en un lugar fresco y ventilado. El cuello de la planta no debe enterrarse para evitar la incidencia de enfermedades (Vidalie, 1992).

La gerbera es una planta muy sensible a cualquier manipulación mecánica ya que puede provocar la rotura del sistema radicular. Por ello hasta que la planta no está completamente arraigada no se aconseja su manipulación, ni el aclareo de las primeras hojas y de botones florales no comerciales. El desbotonado tendrá lugar cuando los pedúnculos tengan unos 15 cm de largo. Los tratamientos fitosanitarios posplantación serán a baja presión y no dirigidos a la planta. La escarda de las malas hierbas será manual (Canovas y Díaz, 1993).

Deshojado

Esta operación influye en el comportamiento del cultivo y junto a las labores de recolección y preparación de la flor, constituye hasta el 80 % de gasto del cultivo. El objetivo del deshojado es eliminar todas aquellas hojas envejecidas o partes de la planta que impiden una correcta iluminación y ventilación y que son foco de parásitos y enfermedades. Se realiza en la primavera siguiente de la plantación, evitando que las hojas rocen con los botones florales y puedan provocar deformaciones en las flores y torceduras en los pedúnculos (Save y Olivella, 1995).

Si la plantación continúa en producción durante el verano, cada dos o tres meses, se aconseja realizar un repaso de deshojado que permita mejorar la lucha contra las plagas estivales. El último deshojado severo se realiza a finales de verano

(Septiembre) y en otoño e invierno se retirarán los restos de hojas envejecidas y rotas, para evitar la proliferación de enfermedades (Save y Olivella, 1995).

Reposo vegetativo

El clima, la fecha de plantación, el deshojado y la intensidad de la producción, pueden modificar el comportamiento fisiológico de las plantas (Save y Olivella, 1995).

La gerbera tiene una fase en que experimenta un reposo vegetativo y que coincide con la estación invernal. Debido a que en invierno es cuando se consiguen los mejores precios en la venta de flor, se trata de desplazar este reposo a épocas en que los precios y calidades de la flor resultan menos interesantes, como es el verano (Albertos *et al.*, 1997).

El reposo estival en gerbera se induce a partir del segundo año, suprimiendo las prácticas culturales de fertirrigación, recolección y deshojado desde finales de mayo a mediados de agosto, periodo productivo menos importante en condiciones climáticas mediterráneas. Dependiendo del sustrato será o no necesario suministrar los aportes hídricos mínimos que garanticen la supervivencia de la planta. La supresión de la recolección procura una disminución en la formación de nuevos brotes y por tanto una reducción en la movilización de reservas de la planta (Infoagro, 2007).

Operando de esta forma se consigue recuperar la producción de hojas y flores, posibilitando una abundante cosecha de flores de calidad a partir de finales de septiembre (Infoagro, 2007).

Fertilización

Riego En el cultivo de gerbera realizado directamente sobre el suelo, el manejo del riego constituye una operación cultural muy importante. El agua aportada debe ser de buena calidad y con reducidos contenidos en calcio y otras sales solubles (Jiménez y Caballero, 1998).

Después de la plantación se puede producir un estrés hídrico que provoque un retraso en el crecimiento de las plantas, debido a que las raíces no son capaces de extenderse y de explorar el suelo. Para evitarlo es conveniente combinar con el riego las

operaciones de sombreo y de ventilación para que el suelo no se caliente y la planta pueda vegetar. Se aportarán de 15 a 20 l/m² de agua después de la plantación y de dos a tres riegos diarios hasta que la planta se asiente, manteniendo el terreno húmedo, aireado y sin encharcamientos, para evitar la pudrición del cuello de las plantas. El riego será aéreo o localizado, una vez que las plantas hayan enraizado, los riegos serán menos intensos y más distanciados en el tiempo (Albertos *et al.*, 1977).

Recolección

La flor de gerbera es muy delicada en la manipulación, por lo que se deben adoptar una serie de precauciones en su manejo desde el instante de su recolección. El capítulo de la inflorescencia debe presentar dos filas de flores masculinas abiertas, lo que se pone de manifiesto por la presencia de las anteras, aunque existen variedades en las que esta observación es difícil, y en las que se recolecta observando el cierre del corazón y la forma en que están desplegadas las lígulas. El realizar el arranque de la flor indicado, incrementará la vida de ésta y su aptitud para el transporte, momento en el que ha alcanzado su desarrollo máximo, tanto de diámetro de la inflorescencia como de longitud y rigidez del pedúnculo (Herreros, 1976).

III.MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio I. Uso de lodos industriales como parte del sustrato en el cultivo de *Gerbera (Gerbera jamesonii)*.

Localización

Este proyecto de investigación se realizó en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, a 7 kilómetros al Sur de la Cd. de Saltillo, Coahuila. Con una temperatura media anual de 18.2 °C, una latitud norte de 25° 23' y 101° 01' longitud oeste con una altitud de 1743 msnm y con una precipitación total anual 469.3 mm. La temperatura dentro del invernadero durante la conducción del experimento fue de de 25/ 28 ° C ± 3 ° C (noche/día).

Características del invernadero

El invernadero en el que se llevó a cabo el experimento tiene las siguientes características: Tipo semicircular con 9.15 m de frente por 30.5 m de largo y 4.75 m de alto. Cubierta de acrílico TR12 que contó durante el experimento con el 60 % de intensidad de luz. Cuenta también con dos extractores, pila de enfriamiento, termostatos y camas de siembra.

Material experimental

Se utilizó semilla de *Gerbera jamesonii* variedad festival obtenidas en los invernaderos de investigación de la UAAAN a través del Proyecto de Investigación en Producción de Semillas de Gerbera, del Programa de Recursos Filogenéticos de la UAAAN.

Siembra

Se realizó en forma manual en charolas para germinación con una capacidad de 200 cavidades para después trasplantarlas a masetas, esto se llevó acabo el día 28 de febrero de 2007, el sustrato que se utilizó fue Promix PGX.

Trasplante

El trasplante se realizó en macetas de 5 litros de color negro y etiquetadas con el tratamiento, repetición y número de planta., Como sustrato se utilizó una mezcla de Promix PGX, Perlita y Vermiculita en relación de 1:1/2:1/2 más 5% de lodo industrial, obtenidos de empresas textiles de Parras de la Fuente, Coahuila y de Puebla, Puebla y se llevó a cabo el 25 de mayo del 2007.

Cuadro 3.1. Análisis microbiológico de los lodos industriales utilizados en los tratamientos T1, T2, T3, T4 en *Gerbera jamesonii*.

Lodo	Coliformes		Huevos de
	Fecales	Salmonella	Helminto
Puebla	700	93	6
Parras	4300	75	6

Cuadro 3.2. Propiedades fisicoquímicas de los lodos industriales utilizados en los tratamientos T1, T2, T3, T4 en *Gerbera jamesonii*.

Salinidad y Sodicidad		
Propiedad	Puebla	Parras
Conductividad eléctrica (mmhos cm ⁻¹)	11.62	16.81
pH	6.30	6.70
Calcio (meq L ⁻¹)	27.308	43.389
Magnesio (meq L ⁻¹)	79.710	108.878
Sodio (meq L ⁻¹)	6.463	11.997
Potasio (meq L ⁻¹)	2.936	4.141
Carbonatos (meq L ⁻¹)	0.000	0.000
Bicarbonatos (meq L ⁻¹)	60.480	48.856
Sulfatos (meq L ⁻¹)	11.172	65.310
Relación de Absorción de Sodio (RAS)	0.883	1.375
Cloruros (meq L ⁻¹)	44.526	54.292

Análisis Físico		
Propiedad	Puebla	Parras
pH en agua	5.10	5.15
% HCC	42.45	68.10
% PNP	22.28	35.75
Densidad aparente (g cm ⁻³)	0.701	0.786
Materia orgánica (%)	2.24	2.31
Carbonatos (%)	8.98	8.75

Cuadro 3.3. Composición de minerales en los lodos industriales utilizados en los tratamientos T1, T2, T3, T4 en *Gerbera jamesonii*.

Minerales	Puebla	Parras
Azufre (ppm)	9.30 medio	10.40 medio
Fósforo (ppm)	19.96 moderado bajo	18.73 moderado bajo
Calcio (ppm)	1617.50 medio	2966.25 moderado alto
Zinc (ppm)	5.48 alto	14.88 muy alto
Cobre (ppm)	0.76 moderado bajo	2.58 alto
Manganeso (ppm)	5.48 moderado bajo	14.88 moderado alto
Hierro (ppm)	32.06 alto	22.70 moderado alto
Magnesio (ppm)	360.0 medio	337.50 medio
Potasio (ppm)	241.50 moderado bajo	355.00 medio
Boro (ppm)	2.19 alto	1.46 medio
Nitrógeno inorgánico (ppm)	63.77	89.30
N disponible (kg ha ⁻¹)	246.15	344.69

Para facilitar el drenado de las macetas se usó una capa de grava previamente desinfectada, antes de llenar hasta el borde con el sustrato.

Riegos

Los riegos se realizaron cada cuarto día, ya que la mezcla de sustrato tubo una buena retención de humedad, el riego se aplicó con regadera manual.

Cuadro 3.4. Calendario de riego, Agosto-Noviembre del 2007 en el cultivo de gerbera.

Mes	Fecha							
Julio	17	21	25	29				
Agosto	02	06	10	14	18	22	26	30
Septiembre	03	07	11	15	19	23	27	
Octubre	01	05	09	13	17	21	25	29
Noviembre	02	06	10					

Fertilización base (todos los tratamientos)

La fertilización utilizada, fue a base de Peters, Mastergrow y Florigan.

Peters: Es un fertilizante químico granulado soluble en agua que contiene 20-10-20 (NPK) y se aplicó una vez por semana a partir del ocho de agosto del 2007 a una dosis de 3 g/planta.

Mastergrow: Es un compuesto químico concentrado con microelementos necesarios para el desarrollo de las plantas y adicionado con agentes químicos como, agentes de penetración rápida y agentes de aceleración del proceso biológico de las células. Este fertilizante se aplicó de manera foliar una vez cada quince días a una dosis de 2.5 gr/L H₂O.

Florigan: Es un compuesto auxiliar nutritivo que contiene 0-15-15. Producto diseñado para usarse como un suplemento foliar en los programas de manejo para mejorar el rendimiento de muchos cultivares, además puede ser usado en conjunto con muchos productos. Además contiene extractos naturales con auxinas y citoquininas. Fue aplicado cada cuatro días en la etapa de floración para obtener mayor cantidad de flores, la dosis fue de 5 ml/L H₂O asperjado vía foliar sobre las hojas de cada planta.

Cuadro 3.5. Calendario de fertilizaciones Agosto-Noviembre del 2007 en el cultivo de gerbera.

Mes	Fecha			
Agosto	8	16	24	
Septiembre	01	09	17	25
Octubre	03	11	19	27
Noviembre	04	12		

Deshojado

El deshojado se hizo solamente en hojas basales, y en hojas avejentadas y dañadas físicamente.

Plagas Las plagas que se presentaron a principios de verano fue la mosquita blanca que fue controlada con Confidor 350 SC a una dosis de 4 ml / L H₂O.

Enfermedades

Las enfermedades fueron cenicilla polvorienta y tizón, que fueron controlados con Strike a una dosis de 3g/L H₂O y Tecto 60 a una dosis de 1g/L H₂O en diferentes etapas del cultivo.

Tratamientos

Se aplicó al sustrato cada 10 días el bioestimulante orgánico Benzoall, que contiene benceno carboxílico en porción de 12.20 %, (Equivalente a 122.0 g de I.A./g).

Dosis de aplicación

Dosis alta: 1g por cada 10 L de agua

Dosis baja: 0.5 g por cada 10 L de agua

Cuadro 3.6. Calendario de aplicaciones de Benzoall Agosto-Noviembre del 2007 en el cultivo de gerbera.

Mes	Fecha			
Agosto	02	12	22	
Septiembre	01	11	21	
Octubre	01	11	21	31
Noviembre	10			

Cuadro 3.7. Tratamientos ensayados en gerbera.

TRATAMIENTO	CONTENIDO
1	Sustrato + lodo Puebla + Benzoall dosis alta
2	Sustrato + lodo Puebla + Benzoall dosis baja
3	Sustrato + lodo Parras + Benzoall dosis alta
4	Sustrato + lodo Parras + Benzoall dosis baja
5	Sustrato sin lodo+ Benzoall dosis alta
6	Sustrato sin lodo + Benzoall dosis baja
7	Testigo absoluto

Variables Evaluadas

Altura de Planta (AL). Se midió con una regla de la base de la planta hasta la hoja más alta, cada quince días y se reporta en centímetros.

Cobertura (CP). Se midió largo por ancho de cada unidad experimental, cada quince días y se reporta en centímetros.

Número de Botones por Planta (NBP). Se llevó a cabo tomando como base el número de botones por unidad experimental de cada tratamiento durante el desarrollo del experimento.

Longitud de Vástago Floral (LVF). Se midió desde la base del pedúnculo hasta la base del escapo floral y se reporta en centímetros.

Número de Flores (NF). Se llevó a cabo contando el número de flores abierta por unidad experimental.

Diámetro Floral (DF). Se evaluaron únicamente las dos flores principales de cada unidad experimental y se tomo una medición, se reporta en centímetros.

Diseño del experimento

El experimento se estableció con un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + R_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = respuesta en la j-ésima unidad experimental con el tratamiento i-ésimo;

μ = efecto de la media general; α_i = efecto de la fecha; β_j = efecto de los tratamientos;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interacción de factores; R_k = Efecto del bloque k-ésimo; ϵ_{ijk} = error experimental.

Estudio II. Laboratorio. Determinación de Minerales.

El trabajo de laboratorio comenzó con la extracción de las plantas de las macetas, posteriormente se lavaron las raíces así como las hojas con agua corriente.

Las plantas se secaron en una cámara a una temperatura de 60°C durante 28 h para hojas y 24 h para raíz.

Después se molieron por aparte hojas y raíces en un mortero y se guardaron en bolsas de celofán, previamente etiquetadas con el número repetición, tratamiento y número de planta.

Primeramente se pesó un gramo de muestra seca y molida para llevarlo a cenizas, se colocó en un crisol para eliminar la humedad de la muestra en una parrilla eléctrica y posteriormente se metió a una mufla a una temperatura de 600 °C por 3 h a continuación se sacaron las muestras y la ceniza se pasó de los crisoles a vasos de precipitado de 50 ml y se le agregó 20 ml de mezcla de ácido perclórico y ácido nítrico. A la mezcla con una concentración de 1 porción de ácido perclórico y tres de ácido nítrico, se le adicionó tres perlas de vidrio para amortiguar la ebullición y después se cubrió con un vidrio de reloj. A continuación se llevó a una plancha a una temperatura de 200 °C para digerir la muestra, la digestión se llevó a cabo cuando se observó un cambio de color en la muestra, de oscuro a claro, enseguida se dejó enfriar y se filtró con papel sin cenizas calibre 42, el filtrado se aforó a 100 ml con agua desionizada en un matraz de aforación. En seguida se pasaron a frascos de plástico previamente etiquetados con los datos de la muestra, posteriormente se llevaron a lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica modelo Varían AA V275. Con los datos obtenidos en el espectrofotómetro, se calculó la cantidad exacta en partes por millón de cada elemento, el cual se llevó a cabo multiplicando por cien para Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Magnesio (Mn), que es la concentración con la que contó la solución

de la cual se tomó la lectura, y por diezmil para manganeso (Mg), sodio (Na), fósforo (K) y calcio (Ca), ya que fueron diluidas una vez más para poder ser leídas por el espectrofotómetro. Esta dilución se llevó a cabo tomando un mililitro de solución con una micro pipeta y se llevó a un matraz de aforación de cien ml, posteriormente la muestra diluida se pasó a un frasco de plástico con los datos de la muestra y a continuación se tomó la lectura por el espectrofotómetro.

Determinación de nitrógeno por el método de Kjendhal

Se denomina proteína bruta por que no sólo se determinan proteínas sino también compuestos nitrogenados que no son estrictamente proteínas. Las proteínas son compuestos nitrogenados que están integrados por cadenas de aminoácidos que son necesarios para realizar las funciones fisiológicas de las plantas. El principio básico de este método se basa en la conservación del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas en amonio.

Para determinar nitrógeno se pesó un gramo de muestra previamente molida y seca en papel sin cenizas calibre 42, posteriormente se envolvió la muestra para colocar la muestra en el fondo del un matraz Kjendhal, enseguida se le agregó una cucharada de mezcla de selenio (catalizador) y se le agregaron de 6-7 perlas de vidrio. Posteriormente, se le agregó 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, a continuación se colocó el matraz en el digestor Kjendhal y se encendió la parrilla entre 4-5. Después se encendió el motor aspirador de gases y posteriormente se esperó que la muestra cambiara de color café oscuro a verde claro. A continuación se colocó el matraz en la llave del agua con cuidado y se le agregó 300 ml de agua destilada, después se preparó en un matraz Erlenmeyer 50 ml de ácido bórico al 4 % y se le añadió de 5 a 6 gotas de indicador mixto. En seguida se colocó la manguera del destilador Kjendhal dentro del

matraz. A continuación se agitó el matraz Kjendhal para que se disolviera la muestra y después se abrió la llave del agua y se colocó el matraz con cuidado, procurando no agitar el matraz y a continuación se le agregó lentamente por las paredes del matraz ciento diez ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 45 % y se le agregó de 6 a 7 granallas de zinc y se llevó con cuidado al aparato de destilación de Kjendhal; y se colocó en la parte de arriba. Se encendió la parrilla y a continuación se abrió la llave del agua y se esperó hasta que hubiera 300 ml de filtrado y se retiró primero el matraz Erlenmeyer de la manguera para evitar que la muestra se succione y regresara al matraz Kjendhal. A continuación se apagó la parrilla y se llevó el filtrado a titular con una bureta digital, para la titulación, se hizo con ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual se indica con el cambio de color en la solución de verde-azul a rosado transparente y se tomó la cantidad gastada de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Para calcular el porcentaje de nitrógeno en las muestras, después se corrió un blanco (sin muestra) y a continuación se repitió el mismo procedimiento para las demás muestras. A continuación se obtuvo la cantidad de nitrógeno de cada muestra mediante la siguiente fórmula.

$$\% N = ((\text{ml de ácido gastados en la muestra} - \text{ml de ácido gastados en el banco}) \times 0.014 \times \text{Normalidad del ácido} \times 100) / \text{gramos de muestra}.$$

El por ciento de nitrógeno es igual a los mililitros de ácido sulfúrico gastados por la muestra en la titulación menos los mililitros de ácido gastados en el blanco que en este caso fue de punto cinco mililitros por los miliequivalentes de nitrógeno que es de punto cero catorce y multiplicado por la normalidad del ácido clorhídrico que fue de punto once mil ciento setenta y tres normal por cien y luego dividido entre la cantidad de gramos utilizados.

Diseño del experimento

El experimento se estableció con un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + R_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = respuesta en la j-ésima unidad experimental con el tratamiento i-ésimo;

μ = efecto de la media general;

α_i = efecto de raíz y hoja;

β_j = efecto de los tratamientos;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interacción de factores

R_k = Efecto del bloque k-ésimo

ϵ_{ijk} = error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio I. Uso de lodos industriales como parte del sustrato en el cultivo de *Gerbera* (*Gerbera jamesonii*).

En el Cuadro 4.1 se concentran los resultados del análisis de varianza para las variables AL, CP, NBP, LVF, NF, DF, evaluadas en invernadero en plantas de gerbera. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre repeticiones para la variable NF, y diferencias significativas ($P \leq 0.1$) en fechas y tratamientos para las variables AL y CP. La variable NF mostró diferencias altamente significativas para las fuentes de variación fecha y la interacción fecha*tratamiento.

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de medias para las variable AL y CP en las diferentes fechas de muestreo. Para AL se observaron diferencias significativas entre las fechas 1 y 4, siendo la fecha 1 la más baja y la fecha 4 el valor más alto, ya que presentaron 8.66 y 11.33 cm, respectivamente. Esto se debió a que en la fecha 1 las plantas estaban recién trasplantadas, y se fueron desarrollando conforme al paso del tiempo de evaluación. Las fechas intermedias mostraron valores intermedios, el comportamiento promedio fue de 10.01 cm. Para la variable CP se presentaron diferencias significativas entre fechas de evaluación, siendo la fecha uno la de menor área foliar con 309.48 cm², seguida de la fecha dos con 371.29 cm² y la fecha cinco fue superior con 621.31 cm². Esto se debió al desarrollo progresivo del cultivo.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en invernadero.

F V	gl	AL (cm)	CP (cm ²)	gl	NBP (número)	LVF (cm)	NF (número)	DF (cm)
rep	2	1.47 ns	28308.90 ns	2	11.42 ns	7.58 ns	3.99 *	14.63 ns
Fecha	4	53.39 **	1080517.40 **	1	19.72 ns	46.80 ns	0.05 ns	1.49 ns
Tratamiento	6	398.54 **	1456936.40 **	5	1.77 ns	47.27 ns	5.07 **	7.22 ns
Fecha* trat	24	13.33 ns	42903.50 ns	5	11.95 ns	6.69 ns	6.24 **	1.69 ns
Error	258	11.68	36255.20	38	5.00	19.35	1.15	8.44
c v %		34.11	41.25	76	76.04	24.50	41.65	39.87

FV = fuente de variación; c.v = coeficiente de variación; gl grados libertad; AL=altura de planta; CP= cobertura de planta; NBP= número de botones por planta; LVF= longitud de vástago floral; NF= número de flores; DF= diámetro de flores; *= significativo al 0.05 de probabilidad; **= significativo al 0.01 de probabilidad, ns: no significativo.

Cuadro 4.2. Comparación de medias para las variables evaluadas en invernadero en cinco fechas.

Fecha	Al (cm)		CP (cm ²)	
1	8.66	b	309.48	c
2	9.68	ab	371.29	bc
3	10.23	ab	437.33	b
4	11.33	a	598.84	a
5	10.23	a	621.31	a
\bar{X}	10.01		461.48	
Tukey	1.73		96.45	

AL=altura de planta; CP= cobertura de planta;
Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

En el Cuadro 4.3 se presenta la comparación de medias para las variables NBP, LVF, NF y DF, no se encontraron diferencias significativas, sin embargo numéricamente se observó mayor NBP, NF y DF en la fecha 1, con 3.56, 2.65 y 7.31cm, respectivamente. Para LVF, en la fecha 2 se obtuvo 18.45 cm, en comparación a la fecha 1 que presentó 17.37 cm. La diferencia mínima entre el número de botones y el de flores, indica que no todos los botones llegan a desarrollarse en flores.

Cuadro 4.3. Comparación de medias para variables evaluadas en invernadero en dos fechas.

Fecha	NBP (número)		LVF (cm)		NF (número)		DF (cm)	
1	3.56	a	17.37	a	2.65	a	7.31	a
2	2.37	a	18.45	a	2.52	a	7.26	a
\bar{X}	2.94		17.95		2.58		7.28	
Tukey	1.25		2.75		0.67		2.90	

NBP= Número de botones por planta; LVF= Longitud de vástago floral;
NF= Número de flores por unidad experimental; DF= Diámetro de flores; Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

En el Cuadro 4.4 se presenta la comparación de medias por tratamiento para las variables AL, CP, NBP, LVF, NF, y DF. Se observó que el T6 presentó la mejor altura con 14.28 cm, seguido del T5 con 12.02 cm, el T7 presentó la altura más baja con 4.23 cm. Esto se debió a que este tratamiento (T7) no contó con la aplicación base de fertilización, a través del desarrollo de las plantas. Para la variable CP se observó diferencias significativas, el T6 presentó la mayor cobertura con 682.78 cm², seguido del T5 con 521.35 cm² y no se observó diferencias entre los tratamientos T1, T2, T3, T4. Sin embargo, numéricamente existieron diferencias. El T7 obtuvo la menor cobertura (83.41 cm²), lo cual se atribuye a la carencia de nutrientes en el sustrato. Para las variables NBP y LVF no se encontraron diferencias significativas, sin embargo numéricamente el T2 presentó el mayor número de botones por unidad experimental con 3.75, seguida del T1 con 3.27 botones. Al respecto Vázquez (2006) trabajando con diferentes proporciones de compuestos orgánicos en Lilies encontró que existe un aumento en el número de botones, al adicionar compuestos orgánicos en una mezcla de 50 % de lodos residuales y el 50 % de estiércol de bovino. Para la variable LVF el T6 presentó estadísticamente los vástagos más largos con 21.55 cm, seguida del T5 con 21.16 cm y el T3 con 17.54; el T2 presentó los vástagos más cortos con 15.37 cm. Es importante mencionar que el tratamiento 7, no presentó botones y flores por lo que no se tiene información sobre longitud de vástagos florales.

Para la variable NF existió diferencia significativa entre el T5 con 5.00 flores y el resto de los tratamientos, los que mostraron ser estadísticamente iguales. Numéricamente se observó que el T2 obtuvo 3 flores por unidad experimental, seguida por el T6 con 2.88 flores y el T1 obtuvo el menor número con 1.85. Oszkinis y Lisiecka (1990) citan que las plantas de gerbera reaccionan muy fuerte a la deficiencia de cobre en el sustrato, teniendo como consecuencia poca floración e inflorescencias

frecuentemente deformadas. Para la variable DF no se encontraron diferencias estadísticas significativas, numéricamente el T3 obtuvo el mayor diámetro floral con 8.36 cm, seguido del tratamiento T6 que presentó 7.38 cm y el T5 con 7.33 cm, después del T1 con 6.98 cm y el T2 obtuvo el menor diámetro floral con 5.90 cm. En general se observó que el T6, que consistió en mezcla de sustrato más dosis baja de benzoall mostró mejor afecto en cuanto a las variables altura de planta y cobertura foliar, sin embargo no reflejó el efecto en la inducción a botones florales, ya que en esta variable todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales. Por otra parte, para la variables LBF, los tratamientos T5 y T6, que consistieron en mezcla de sustrato más dosis alta y baja de Benzoall respectivamente, mostraron valores muy próximos entre si y numéricamente superiores al resto de los tratamientos.

El T5 mostró superioridad en la variable NF con 5 flores. La variable diámetro de capítulo (DF) mostró diferencias numéricas, siendo el T3 el que obtuvo mayor valor con 8.36 cm. Se observó que la inclusión de lodos industriales al sustrato, en una porción del 5 % del total, no causa daño alguno en el desarrollo de la planta. Al respecto Guerra (2004) menciona que las plantas fertilizadas con mayor dosis de nitrógeno ($500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) desarrollaron mayor diámetro de capítulo.

Cuadro 4.4. Comparación de medias por tratamiento para variables evaluadas en invernadero.

T	AL (cm)		CP (cm ²)		NBP (número)		LVF (cm)		NF (número)		DF (cm)	
1	10.61	bc	503.63	b	3.27	a	16.78	a	1.85	b	6.98	a
2	9.99	bc	519.63	b	3.75	a	15.37	a	3.00	b	5.90	a
3	9.37	c	471.25	b	2.76	a	17.54	a	1.90	b	8.36	a
4	9.38	c	441.11	b	2.44	a	16.20	a	2.40	b	6.94	a
5	12.02	b	521.35	b	2.25	a	21.16	a	5.00	a	7.33	a
6	14.28	a	682.78	a	2.85	a	21.55	a	2.88	b	7.38	a
7	4.23	d	83.41	c	†		†		†		†	
\bar{X}	10.01		461.48		2.94		17.95		2.58		7.28	
Tukey	2.22		123.50		3.45		7.75		1.89		5.33	

AL=altura de planta; CP= cobertura de planta; NBP= número de botones por planta; LVF= longitud de vástago floral; NF= número de flores; DF= diámetro de flores; valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$)

†= No se determino ya que el cultivo no lleo a hasta producción de flor.

Estudio II. Determinación de minerales en raíz y tallo

En los Cuadros 4.5 y 4.6 se presentan las comparaciones de medias para Fe, Zn, Cu, Mg, Mn, Na, Ca, K, N en *Gerbera*, en la cual para Fe se observó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la fuente de variación tratamiento y diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para fecha*tratamiento. Para Mg y Mn se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para la variable estructura (raíz vs. tallo) y para Zn y Cu no se encontraron diferencias significativas en todas las fuentes de variación. Ambos minerales participan como cofactores en reacciones enzimáticas, por lo que juegan un papel vital tanto en tejido verde como en raíz. Por otra parte, para Na se observó diferencias significativas para la fuente de variación tratamiento y estructura*tratamiento, para Ca y K se observaron diferencias altamente significativas para la variable estructuras (raíz vs. tallo). Para N se observó diferencias significativas únicamente para la variable estructuras (raíz vs. tallo). En los Cuadro 4.7 y 4.8 se presenta la comparación de medias para concentración de minerales en raíz y hojas de *Gerbera*, se observó para la variable Fe diferencias significativas. La raíz presento mayor cantidad de Fe con 353.08 ppm que las hojas con 288.21 pmm. Lo anterior indica que el Cu fue acumulado principalmente en la raíz, esto es no fue traslocado por el floema en su totalidad a las hojas. Para las variables Zn y Cu no se encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo numéricamente se observó mayor presencia de ambos minerales en tejido de raíz. Para el mineral Mg se obtuvieron diferencias significativas entre raíz y hojas, en el cual las hojas presentaron mayor concentración con 16068.00 ppm, a diferencia en tejido de raíz se obtuvo 6531.00 ppm. Lo anterior debido principalmente a la presencia de Mg en las moléculas de clorofila. Por otra parte, para Mn, Ca, K, los estudios indican que hubo diferencias significativas en la concentración de estos minerales entre raíz y hojas, observándose numéricamente

mayor concentración en tejido foliar. Lo anterior hace sentido, ya que el Mn participa activamente en el fotosistema II en el transporte de electrones, el Ca es parte estructural de las paredes celulares y el K desempeña un papel importante en el transporte de otros minerales. Otra función del K se observa en el proceso de cierre y apertura de estomas, regulando la conductancia estomatica en las hojas. Hernández (2006) al utilizar lodos industriales en porciones de 2:1:1:5 %. Concluye que el utilizar lodos industriales como parte del sustrato, es factible ya que no afectó el comportamiento agronómico del cultivo en invernadero y recomienda incluirlo para reducir costos de producción de gerbera.

Se observó también, que el sodio (Na) fue traslocado a la parte aérea de la planta y almacenado posiblemente en las vacuolas, ya que se encontró en mayor proporción en tejido foliar.

Para N se observó mayor concentración en hojas con 4.05 %, que en raíz, que fue de 3.47 %. El nitrógeno es nutriente importante en la síntesis de ADN, ARN y Proteínas, así como otros compuestos nitrogenados que se encuentran en gran proporción en hojas, como lo es la clorofila.

En general se observó lo siguiente, mayor concentración de minerales Mg, Mn, Na, Ca, K, N en tejido de hoja que en raíz, lo cual indica que fueron traslocados a la parte aérea de la planta, por el floema.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios del análisis de varianza para minerales determinados en raíz y hoja.

F V	gl	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Repetición	2	3587.12 ns	340.41 ns	1.04 ns	3806873.2 ns	13480.99 ns
Tratamiento	6	32750.15 *	841.15 ns	3.43 ns	24228117.5 ns	18777.13 ns
Estructura	1	34084.98 ns	273.23 ns	0.00 ns	946237937.1 **	538721.15 **
Estructura*trat	5	100761.86 **	1368.50 ns	3.37 ns	40630701.3 ns	12475.31 ns
Error	49	13499.09	1369.38	2.21	36178658.00	10545.91
C V %		36.93	44.87	31.63	49.32	56.27

FV = fuente de variación; C.V = coeficiente de variación; gl=grados libertad; *= significativo al 0.05 de probabilidad; **= significativo al 0.01 de probabilidad; ns: no significativo.

Cuadro 4.6 Cuadrados medias del análisis de varianza para minerales determinados en raíz y hoja.

F V	gl	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	N (%)
Repetición	2	81404189.00 ns	9697172.6 ns	28478267.00 ns	0.66 ns
Tratamiento	6	247398201.00 *	57640867.9 ns	159859013.00 ns	0.69 ns
Estructura	1	633406197.00 ns	328283699.4 **	3863065902.00**	1.45 *
estructura*trat	5	4217712926.00 *	12177578.1 ns	18558100.00 ns	0.39 ns
Error	49	1314058377.00	34728483.00	158037163.00	0.30
C V %		143.19	44.33	26.07	14.49

FV = fuente de variación; C.V = coeficiente de variación; gl grados libertad; *= significativo al 0.05 de probabilidad; **= significativo al 0.01 de probabilidad, ns: no significativo.

Cuadro 4.7 Comparación de medias de minerales determinados en raíz y hoja

Est	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Raíz	353.08 a	86.73 a	4.73 a	6531.00 b	56.23 b
Hoja	288.21 b	79.55 a	4.68 a	16068.00 a	268.84 a
\bar{X}	314.56	82.46	4.70	12193.75	182.46
Tukey	59.42	18.92	0.76	3076.50	52.52

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

Cuadro 4.8 Comparación de medias de minerales determinados en raíz y hoja

Est	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	N (%)
Raíz	20285.00 a	9796.00 b	36638.00 b	3.47 b
Hoja	28758.00 a	15684.00 a	56121.00 a	4.05 a
\bar{X}	25315.63	13292.19	48206.25	3.81
Tukey	18541.00	3014.20	6429.90	0.28

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

En los Cuadros 4.9 y 4.10 se presenta la comparación de medias por tratamiento para concentración de minerales en raíz de gerbera, en el cual se observó que para Fe, Zn, Cu, Mg, Mn, no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, numéricamente existieron diferencias, las cuales para Fe el T5 obtuvo la mayor concentración con 550.20 ppm y el T7 observó 380 ppm, y por último el T1 fue el que presentó menor concentración con el 41.61 % en relación al T5. Para Zn el tratamiento con mayor concentración fue el T6 con 110.20 ppm y el T4 observó la menor concentración con 47.00 ppm. Por otra parte, para Cu se observó valores bajos en un rango de 3.80 (T1) a 6.0 (T7). Para Mg el T6 observó la concentración más alta con 8880.00 ppm, seguido del T5 con 6900 ppm, mientras que el T3 obtuvo la

concentración más baja con 4650.00 ppm. El análisis para Mn mostró para el T6 la mayor concentración con 97.80 ppm y enseguida el T1 con 86.60 ppm.

Estos resultados indican que la mezcla de sustrato al agregarle lodos industriales no causaron daños al cultivo, aunque al principio se observaron manchas en forma de puntos negros en el envés de las hojas. Para Na se observó diferencias significativas entre el tratamiento T4 y los demás tratamientos que presentaron concentraciones muy bajas con respecto al tratamiento en mención. Para Ca no se presentaron diferencias significativas, más sin embargo numéricamente el T6 presentó la concentración más alta con 13700.00 ppm, seguido del T1 con una concentración de 11340.00 ppm, siendo el T2 el más bajo con una concentración del 45.49 % en relación al T6 que fue el más alto. Para K numéricamente las concentraciones de los tratamientos varían, para el T1 el más bajo presentó una concentración de 54.12 % menor al T7 que mostró una concentración de 53500.00 ppm. Para N no se encontraron diferencias significativas, más sin embargo el T3 presentó la mayor concentración con 4.12 % y el T5 presentó la concentración más baja con 3.11 %. En el T7 no se contó con material suficiente para llevar a cabo la determinación de N.

Cuadro 4.9 cuadro de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz de gerbera.

T	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
1	229.00 a	69.40 a	3.80 a	6160.00 a	86.60 a
2	316.67 a	97.33 a	4.66 a	5000.00 a	31.17 a
3	313.50 a	91.25 a	4.00 a	4650.00 a	43.50 a
4	311.00 a	47.00 a	6.00 a	6900.00 a	25.00 a
5	550.20 a	72.20 a	5.00 a	7820.00 a	30.80 a
6	316.67 a	110.20 a	5.80 a	8880.00 a	97.80 a
7	380.00 a	61.00 a	6.00 a	5300.00 a	50.00 a
\bar{X}	314.56	82.46	4.70	12193.75	182.46
Tukey	326.10	112.94	4.07	14003.00	268.52

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

Cuadro 4.10 comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz de gerbera.

T	Na (ppm)		Ca (ppm)		K (ppm)		N (%)	
1	8660.00	b	11340.00	a	28960.00	a	3.48	a
2	14567.00	b	6233.00	a	36683.00	a	3.38	a
3	36275.00	b	10300.00	a	38675.00	a	4.12	a
4	140000.00	a	6300.00	a	39000.00	a	4.09	a
5	12020.00	b	8920.00	a	37660.00	a	3.11	a
6	10300.00	b	13700.00	a	41140.00	a	3.31	a
7	4800.00	b	6500.00	a	53500.00	a	ND	
\bar{X}	25315.63		13292.19		48206.25		3.81	
Tukey	42297.00		21745.00		33772.00		1.48	

ND=No se determino; Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

En los Cuadros 4.11 y 4.12 se presenta la comparación de medias para minerales en hojas de *gerbera*, en el cual se observó diferencias significativas entre tratamientos para Fe y Mn. En Fe la mayor concentración se presentó en el T1, seguido por el T2 con 500.67 y 365.67, respectivamente. El T6 obtuvo la concentración más baja con 183.2 ppm. Para Zn no se observaron diferencias significativas, el tratamiento que obtuvo la concentración más alta fue el T2 con 93.83 ppm y el T4 presentó la concentración más baja con 67.40 ppm. En el análisis para Cu no se observaron diferencias significativas, numéricamente el T5 fue superior a los de más tratamientos con un concentración de 6.00 ppm y el valor más bajo lo obtuvieron los tratamientos T1 y T2 ambos con 4.00 ppm. Para Mg estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, numéricamente el T1 presentó la mayor concentración con 18967.00 ppm, seguido del T6 con 18640 ppm y el T5 fue mas bajo con 9980.00 ppm. Por otra parte, para Mn se observó un rango de 123.80 ppm en T5 a 361 ppm en T1. Para Na, Ca, K y N no se observaron diferencias significativas. Numéricamente el T6 para Na obtuvo la mayor concentración con 69500.00 ppm, seguida del T5 con 48.51 % del valor obtenido por T6, y el mas bajo fue el T1 con 7100 ppm. Para Ca, numéricamente el T7 presentó

mayor concentración con 19050.00 ppm, seguido del T6 con 18400 ppm y el mas bajo fue el T2 con 13883 ppm. Para K no se observaron diferencias significativas, numéricamente el T6 fue el de mayor concentración con 62180.00 ppm seguido del T3 con 60840 ppm y el más bajo fue el T1 con 49500 ppm. Para N no se observaron diferencias significativas, el T4 observo el porcentaje más alto con 4.69 %seguido del T7 con 4.46 % y el T1 presentó el menor porcentaje con 3.66 %. De acuerdo a los análisis, las plantas fueron capaces de asimilar minerales que en los lodos se encuentran en gran concentración, sin presentar daño alguno.

Cuadro 4.11 comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en hojas de gerbera.

T	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
1	500.67	85.00	4.00	18967.00	361.00
2	365.67	93.83	4.00	16983.00	280.33
3	210.80	74.00	5.60	16560.00	307.00
4	252.80	67.40	5.20	13980.00	279.20
5	259.00	81.80	6.00	9980.00	126.80
6	183.20	62.40	4.20	18640.00	260.40
7	204.17	87.00	4.16	16517.00	250.17
\bar{X}	314.56	82.46	4.70	12193.75	182.46
Tukey	239.60	71.45	2.99	13333.00	215.40

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada cuadro son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Cuadro 4.12 comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en hojas de gerbera.

T	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	N (%)
1	7100.00	14833.00	49500.00	3.66
2	8600.00	13883.00	55883.00	3.77
3	39360.00	15860.00	60840.00	3.86
4	21620.00	16420.00	50440.00	4.69
5	33720.00	11200.00	56960.00	3.95
6	69500.00	18400.00	62180.00	4.01
7	29600.00	19050.00	58033.00	4.46
\bar{X}	25315.63	13292.19	48206.25	3.81
Tukey	88050.00	9659.20	26175.00	1.15

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

En los Cuadros 4.13 y 4.14 se presenta la comparación de medias por tratamiento para minerales evaluados en tejido de *Gerbera*, incluye hoja y raíz. Se observó diferencias significativas para Fe entre el T7 y el T1, el T5 presentó el número más alto con 404.60 ppm y el T7 el más bajo con 204.17 ppm. El T2 mostró 341.17 ppm, seguido de los tratamientos T6, T4 y el T3 en el cual presentó 256.50 ppm. Para Zn no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, numéricamente el T2 obtuvo mayor concentración de Zn con 95.58 ppm, seguida del T7 que presentó 87 ppm y del T6 con 86.30 ppm, el más bajo fue el T4 con 64 ppm. Para Cu igualmente no se observaron diferencias significativas, sin embargo numéricamente el T4 presentó el valor más alto, con 5.50 ppm, seguido del T5 y T6 ya que ambos presentaron 5 ppm. El T3 obtuvo 4.88 ppm y el más bajo fue el T1 con 3.90 ppm. Para Mg no se encontraron diferencias significativas, numéricamente el T7 fue superior a los demás tratamientos con 16517.00 ppm, seguido del T6 con 13760 ppm y el T1 con 13145 ppm, el tratamiento más bajo fue el T5 con 8900 ppm.

Mn presentó diferencias significativas entre tratamientos en un rango de 78.80 ppm a 236.83 ppm. Los tratamientos T1, T4 y T7 resultaron estadísticamente iguales, y superiores al T5, que obtuvo menor concentración con 78.80 ppm. Para Na no se encontraron diferencias significativas, numéricamente se observó que el T4 presentó mayor concentración de Na con 41350.00 ppm, seguido del T6 con 39900 ppm, el T3 con 37989 ppm, el T1 presentó la concentración más baja con 5809.00 ppm. Para Ca no se encontraron diferencias significativas, numéricamente el T7 presentó la concentración más alta con 29600 ppm, seguido del T6 con 16050 ppm y el T4 y T3 con 14733 ppm y 13389 ppm respectivamente, el T2 presentó la concentración más baja con 10058 ppm. En el análisis para K no se observaron diferencias significativas, numéricamente el T7 presentó la concentración más alta con 58033.00 ppm, seguida del

T6 con 51660.00 ppm y el T3 con 50989 ppm, el T1 presentó la concentración más baja con 40164 ppm. Para N se observaron diferencias significativas entre el T4 y los tratamientos T1, T2, T5, para los cuales el T4 obtuvo el mayor porcentaje con 4.59 % seguido del T7 con 4.46 % siendo el T5 el más bajo con 3.53 % de concentración en Nitrógeno. Con respecto

Cuadro 4.13 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz y hojas de gerbera.

T	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
1	377.18	77.91	3.90	13145.00	236.83
2	341.17	95.58	4.33	10992.00	155.75
3	256.50	81.67	4.88	11267.00	189.89
4	262.50	64.00	5.50	12800.00	236.83
5	404.60	77.00	5.00	8900.00	78.80
6	273.50	86.30	5.00	13760.00	179.10
7	204.17	87.00	4.16	16517.00	250.17
\bar{X}	314.56	82.46	4.70	12193.75	182.46
Tukey	172.74	55.01	2.21	8942.50	152.68

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

Cuadro 4.14 Comparación de medias por tratamiento para minerales determinados en raíz y hojas de gerbera.

T	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	N (%)
1	7809.00	13245.00	40164.00	3.58
2	11583.00	10058.00	46283.00	3.57
3	37989.00	13389.00	50989.00	3.97
4	41350.00	14733.00	48533.00	4.59
5	22870.00	10060.00	47310.00	3.53
6	39900.00	16050.00	51660.00	3.66
7	29600.00	19050.00	58033.00	4.46
\bar{X}	25315.63	13292.19	48206.25	3.81
Tukey	53894.00	8761.50	18690.00	0.82

Valores seguidos con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha = 0.05$)

En general los resultados en cuanto al análisis de AL, CP, NBP, LVF, NF, DF, evaluadas en invernadero en plantas de gerbera fue el T6, el tratamiento que observo los mejores resultados en cuanto a AL, CP, LVF y DF. En cuanto a los minerales en la comparación de raíz y hojas, las hojas observaron los resultados mayores en cuanto a Mg, Mn, Na, Ca, K, N. Observándose que los minerales fueron trasladados de las raíces hacia las hojas encontrándose en estas con mayor concentración. En cuanto al análisis de minerales en raíz los resultados indicaron que los tratamientos T4, T5, T6, fueron los que respondieron mejor ante la aplicación de lodos y Benzoall con mayor absorción de Fe, Zn, Cu, Mg, Mn, Ca. En hojas los tratamientos T1, T3 y T6 obtuvieron los valores más altos de absorbancia de los minerales Fe, Zn, Mg, Mn, Na, Ca y K. En la comparación de medias de raíz y hojas los tratamientos T1 y T4 observaron los valores más altos en absorbancia de los minerales Fe, Cu, Mn, Na, Ca y N. Estos resultados indican que la aplicación de 0.5 % de lodos industriales de parras y puebla son factibles para la producción de gerbera, por otro lado la aplicación del bioestimulante Benzoall favorece la absorción de minerales en la planta.

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que es factible el uso de lodos generados por la industria textil de Parras de la Fuente, Coah, y de Puebla Puebla, como parte del sustrato para la producción de planta de gerbera.
- No se observaron modificaciones en la fonología y morfología de las plantas al incluir lodos industriales en el sustrato. Únicamente se observaron al inicio algunas manchas oscuras en hojas jóvenes, sin embargo desaparecieron al transcurrir el tiempo.
- Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la concentración de minerales entre tejidos de raíces y hojas para: Mg, Mn, Ca, K y N. presentándose en mayor concentración en tejido foliar.
- La aplicación del bioproducto Benzoall permitió un buen desarrollo del cultivo, presentándose diferencias significativas entre tratamientos para las variables altura de plantas (AL), cobertura foliar (CP) y número de flores (NF). Se observó mejor comportamiento en los tratamientos T5 y T6, los cuales no contenían lodos en el sustrato. El resto de las variables mostraron únicamente diferencias numéricas, lo cual indica la factibilidad de usar lodos generados por la industria textil en la producción de plantas ornamentales.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Albertos, J. F, L. M. Vencer, J. M. Herreros, J. Odriozola, M. Salmeron y M. Pedro. 1997. Diez temas sobre plantas ornamentales. Ministerio de Agricultura. Madrid, España 219 p.
- Albertos, J., F. Vencer, I.M. Herreros., J.M. Odriozola., J. Salmerón., M. San Pedro., (1977). Diez temas sobre plantas ornamentales. Ministerio de Agricultura. Madrid. 219 pp.
- Bierman, P.M.; Rosen C.J. (1994). Sewage sludge incinerator ash effects on soil chemical properties and growth of lettuce and corn. *Commun. Soil Sci. Plant.*
- Bond, R.G. C. Straub, P. R. Prober. Handbook of Environmental Control; CRC: Cleveland, OH, 1973; Vol. 111, 155 p.
- Canovas, F. y J. R. Díaz. 1993. Cultivos sin suelo. Curso superior de especialización. Ed. Instituto de Estudios Superiores Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería, España.
- Carmona P. E. 2006. Efectos de la aplicación de lodo residual como mejorador de suelos agrícolas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila.
- Hernández Gomez G. A. (2006). Producción de semilla de Garbera (*Gerbera jamesonii*) en invernadero, con diferentes dosis de fertilización y el uso de lodos industriales en sustrato. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila. 104 p.
- Herreros Delgado, L. M. 1976. Cultivo de gerbera. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura. N° 1-76 HD. Publicaciones de extensión Agraria. Madrid, España. 12 p.

- Hilal M, A. M. Zenoff, G. Poressa, H. Moreno y E. D. Massa. 1998. Saline stress alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidase expression in developing soybean roots. *Plant Physiol.* 117, 695 701.
- Infoagro. 2003. Flores. El cultivo de la Gerbera. En línea en la página: www.infoagro.com. Fecha de consulta. 02 de mayo de 2008.
- Infoagro. 2007. Flores. El cultivo de la Gerbera. En línea en la página: www.infoagro.com. Fecha de consulta. 15 de abril de 2008
- Jacobs, L., S. Carr, S. Bohm, and J. Stukenberg. 1987. Document long term experience of biosolids land application programs. Project 91. isp - 4, Water Environment Research Foundation, Alexandria, VA.
- Jiménez, R. y M. Caballero. 1990. El cultivo industrial de plantas en maceta. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus, España. 674 p.
- Larson, R. A. 1998. Introducción a la floricultura. AGT editor. México. 551 p.
- López, M y J. M. Pérez. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla, España.
- Mascarini, L. 1998. El cultivo de la gerbera en sustrato. *Revista Horticultura Internacional*. Nº 19. pp. 86-88.
- Metcalf, D. y Z. Heddy. 1996. Ingeniería de Aguas Residuales (Redes de Alcantarillado y Bombeo). McGraw - Hill. Inc., USA.
- Metcalf, D. y Z. Heddy. 1996. Ingeniería de Aguas Residuales (Tratamiento y Vertido). McGraw - Hill. Inc., USA.
- Oascoaga, R. 1991. Cultivo de la gerbera. Primer Congreso Nacional de Floricultura, México. 435 p.
- Ostergaad H.B.1997. Sewage sludge amended soils and heavy metals. Birgitpr.htm at weber.u.Washington.edu. 8 p.

- Oszkinis, K. y A. Lisieka. 1990. Gerbera. EDAMEX. México. 248 p.
- Pissani, Z. J. F. y J. L. Guzmán, R. 1999. Evaluación preliminar de la aplicación de lodos en el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.). FAUANL – DYCUSA - SADM. Marín N. L. México. 46 p.
- Salinger, J. P. 1991. Producción comercial de flores. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 371 p.
- Save, R y C. Olivella. 1995. Estrés en gerbera. Estrategias de tolerancia al estrés hídrico en gerbera. Revista Horticultura N° 105. pp. 13-17.
- Scheck, N. 2003. Simplemente Gerberas. En línea en la página: www.elpaís.com. Fecha de consulta: 03 de abril de 2008.
- Vázquez Mallan, j. j. 2006. Obtención de composta a base de lodos residuales y su uso en la producción de lilies en maceta. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila. P 26.
- Vidalie, H. 1983. Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundi - Prensa. Pág. 123-126.
- Vidalie, H. 1992. Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- U. S. EPA. 1995. Technical support document for land application of sewage sludge. Vol. I. EPA/822/12 - 93900/9 (NTIS PB93110583). Washington, D. C.