

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Efectividad de Lodos Residuales en las Variables de Calidad de Girasol Ornamental, en un
Calcisol.

POR:

EDGAR NOE MORALES BERNABE

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el
título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada
Presidente del Jurado

M. C. Lindolfo Rojas Peña

Asesor

Asesor

Dr. Rubén López Cervantes

M. C. María del Rosario Zúñiga Estrada

Dr. Raúl Rodríguez García
Coordinador de la División de Ingeniería

Buena vista, Saltillo, Coahuila.
Mayo de 2007

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la oportunidad de vivir y a dos personas maravillosas que son mi padre y mi madre que fueron los que me dieron fortaleza para lograr una meta mas en la vida.

A mis hermanos que me dieron el apoyo y su confianza para poder culminar mis estudios profesionales.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO que me permitió culminar con mis estudios profesionales en agronomía.

Al departamento de riego y drenaje por contribuir en mi formación personal y profesional.

Al Dr. Rubén López Cervantes por su asesoría. Tiempo y su gran colaboración en la realización y revisión del presente trabajo.

Al M. C. Lindolfo Rojas Peña Cervantes por su asesoría y el tiempo brindado en la realización y revisión del presente trabajo.

Al M. C. María del Rosario Zúñiga Estrada por su apoyo incondicional y tiempo brindado para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Raúl Rodríguez García Coordinador de la División de Ingeniería por contribuir en la revisión del presente trabajo.

A todas a aquélla personas que me brindaron su apoyo y amistad gracias.

A mis maestros que gracias a sus conocimientos transmitidos moldearon en mi un profesionista.

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por darme el don de vivir y pertenecer a este mundo maravilloso.

CON RESPETO Y CARIÑO A MIS PADRES:
MARIA GUADALUPE BERNABE BALTAZAR
EMILIO MORALES PIO

Por haberme dado la vida, educación, consejos, por brindarme su confianza y la oportunidad de haberme realizado profesionalmente, que gracias a sus consejos y su apoyo logre uno de mis objetivos en la vida.

A MIS HERMANOS:
ISRRAEL MORALES BERNABE
FRANCISCO MORALES BERNABE
YESENIA MORALES BERNABE

Por ser el ejemplo a seguir para lograr mis metas, así como por su apoyo incondicional durante mi formación, cada quien con su puesto que le toco desempeñar para conmigo.

CON MUCHO CARINO Y ADMIRACION A MI ABUELO:
SANTIAGO BERNABE TERRONES

Por su confianza, apoyo moral, por su comprensión y amor en los momentos más difíciles de mi vida. Por el ejemplo sacrificios y consejos que me han encaminado a la formación de mi carrera, por eso y más.

A MI ESPOSA:
IDANIA RAMOS CORTEZ

Por apoyarme siempre en todo, por estar a mi lado y por transmitirme siempre esa fuerza para seguir adelante, además de darme la gracia de ser padre.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS -----	i
AGRADECIMIENTOS -----	ii
INDICE DE CONTENIDO -----	iii
INDICE DE CUADROS -----	vi
INDICE DE FIGURAS -----	v
RESUMEN -----	1
INTRODUCCION -----	2
OBJETIVO -----	4
HIPÓTESIS -----	4
REVISIÓN DE LITERATURA -----	
5	
Características generales del girasol-----	5
Características Morfológicas-----	
5	
Exigencias Edáfo – Climáticas-----	6
Los Lodos Residuales-----	8
Los Lodos Residuales en la Agricultura-----	
9	
MATERIALES Y METODOS -----	13
Características del Área Experimental-----	13
Metodología-----	13
RESULTADOS -----	15

Primer Muestreo-----	15
Segundo Muestreo-----	17

Tercer Muestreo-----	19
DISCUSIÓN -----	24
CONCLUSIÓN -----	25
LITERATURA CITADA -----	26

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1.- Tratamientos y cantidades adicionados a girasol ornamental cv. “sunbright”. ----- -----	14
Cuadro 2.- . Distribución de los tratamientos, adicionados a girasol ornamental cv. “sunbright”. -----	14
Cuadro 3.- Análisis de varianza en el primer muestreo de altura de gira sol ornamental (AG) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla. -----	15
Cuadro 4.- Análisis de varianza en el primer muestreo del diámetro de tallo (DT) de girasol ornamental cv. “Sunbrighth”, producido con lod os residuales de la industria de la mezclilla. ----- -----	16
Cuadro 5.- Análisis de varianza en el segundo muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla. -----	17
Cuadro 6.- Análisis de varianza en el segundo muestreo de diámetro de tallo de girasol ornamental (DT) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de mezclilla. - -----	18
Cuadro 7.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de mezclilla. ----- -----	19
Cuadro 8.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de diámetro de girasol ornamental (DT) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla. ----- -----	20

Cuadro 9.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de diámetro capitulo de girasol ornamental (DC) cv. “Sunbrigth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.----- 21

INDICE DE FIGURAS

Pág.	
	Figura 1.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de diámetro capítulo de girasol ornamental (DC) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.-----15
	Figura 2.- Comparación de medias del primer muestreo del diámetro de tallo (DT) de girasol ornamental cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla. ----- 16
	Figura 3.- Comparación de medias, en el segundo muestreo, de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de mezclilla. -----17
	Figura 4.- Comparación de medias del segundo muestreo del diámetro de tallo (DT) de girasol ornamental cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.-----18
	Figura 5.- Comparación de medias, en el tercer muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla. -----19
	Figura 6.- Comparación de medias, en el tercer muestreo de diámetro de tallo de girasol ornamental (DT) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.----- 20
	Figura 7.- Comparación de medias del diámetro de capítulo de girasol ornamental (DC) cv. “Sunbrighth”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla. ----- 21
	Figura 8.- Contenido de materia orgánica del suelo a la adición de la mezcla de lodos residuales de la industria de la mezclilla y estiércol de bovino. ----- 22

Figura 9.- Contenido de nitrógeno total del suelo a la adición d e la mezcla de lodos residuales de la industria de la mezclilla y estiércol de bovino. -----23

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los lodos residuales de origen industrial en las variables de calidad de girasol ornamental, en un calcisol. Para lograrlo en una “cama” de siembra de 10 m^3 , se separaron parcelas de 1 m^3 , aplicando los siguientes tratamientos: 100 % de lodos residuales (100 LR); 75 % de lodos residuales y 25 % de estiércol de bovino (75LR+25EB); 50 % de lodos residuales y 50 % de estiércol de bovino (50LR+50EB); 25 % de lodos residuales y 75 % de estiércol de bovino; 100 % de estiércol de bovino (100EB), la materia orgánica (MO) y nitrógeno total (NT) al inicio, mitad y fin al del ciclo. Se plantaron 30 plantas m^2 del cv. “Sunbright”. Las variables medidas fueron : altura de girasol (AG), diámetro de tallo (DT) y diámetro del capítulo (DC). En AG al adicionar 100LR a la cantidad de 1000 kg ha^{-1} , en DT al agregar 75LR+25EB con 1000 kg ha^{-1} y en DC con 100EB a la misma cantidad, superaron al testigo en 20.37 %, 55.66 % y 55.66 %, respectivamente. Los contenidos de MO y NT al inicio del ciclo del girasol se redujeron y al final aumentaron. Se concluye que los lodos residuales de la industria de la mezclilla, tienen efecto positivo en la altura de planta y el diámetro del tallo, mientras que el estiércol de bovino lo tiene en el diámetro del capítulo del girasol ornamental cv. “sunbright”, en un calcisol.

INTRODUCCIÓN

El sureste de Coahuila se caracteriza porque existe un buen número de industrias como fuente de empleo para la población, dedicadas a la manufactura de automóviles, productos higiénicos (papel sanitario, toallas sanitarias y pañales, entre otros) y ropa, y cuya materia prima es la celulosa y el algodón. Las fábricas dedicadas a estas actividades, generan desechos del orden de 1000 y 60 ton por semana de lodos residuales (biosólidos) con base en celulosa y algunos compuestos como carbonato y bicarbonato de calcio y pinturas, los que están produciendo una gran contaminación al medio ambiente, principalmente al aire y al suelo.

En los Estados Unidos (USA), de todos los biosólidos producidos, se usan menos del 50 % y en la agricultura se emplea menos del uno % (EPA, 1994). En México no existen datos al respecto, pero sin duda, prácticamente no hay ocupación de estos residuos orgánicos en la agricultura, aunque es conocido que éstos pueden ser reciclados y aplicados como fertilizantes para mejorar y mantener la productividad de los suelos y así estimular el crecimiento de los vegetales.

En la región existen dos tipos de productores agrícolas: el empresario y el ejidatario. El primero se enfoca a la producción de cultivos rentables como la papá y la manzana, cultivos altamente demandantes de insumos y de grandes extensiones de terreno por lo que es necesaria una fuerte inversión, además, es por ello y por algunos problemas fitosanitarios, que el éxito económico ha disminuido considerablemente. El segundo, solo produce maíz y frijol bajo condiciones de temporal (precipitación muy azarosa en la región), en la mayoría de los casos y a causa de su situación económica, solo espera los programas de gobierno para poder realizar esta actividad, por lo que sus posibilidades de éxito se ven sumamente disminuidas y por la apertura comercial, mediante el tratado de libre comercio con América del Norte (USA y Canadá) (NAFTA), se debe ser competitivo, lo cual reduce enormemente las posibilidades de éxito, con los cultivos mencionados para el productor mexicano.

Los suelos de los municipios de Saltillo, Arteaga, Ramos Arizpe, Parras y General Cepeda, Coahuila, son Calcisoles (WRB-FAO/ UNESCO, 1994), que se caracterizan por poseer pH alcalino, más del 25 % de carbonatos de calcio, baja capacidad de intercambiar cationes, textura limosa, con horizontes superficiales muy compactos, baja dimensión de poros y por

consiguiente prevalecen condiciones desfavorables de estabilidad estructural, retención de humedad, alta compactación y velocidad de infiltración.

El composteo es una técnica muy antigua que consiste en mezclar desechos animales, vegetales, ceniza, elementos minerales proporcionándoles niveles de humedad, aireación y temperatura favorables a la actividad de los microorganismos capaces de convertir esos materiales en compuestos orgánicos estabilizados (Leal y Madrid, 2005). El proceso de composteo de la materia orgánica (MO), es utilizado por los microorganismos aeróbicos como sustrato de crecimiento, pues éstos son organismos heterótrofos que demandan compuestos orgánicos para su ciclo de vida (Trewavas, 2004). Las materias primas utilizadas en el composteo representan una amplia gama de residuos orgánicos tales como los residuos sólidos municipales, los lodos de aguas negras (biosólidos), residuos secos y frescos de jardín y estiércoles, entre otros (Chafetz *et al.*, 1998).

Actualmente, una inadecuada gestión y manejo de los residuos supone, por un lado, un derroche de energía y recursos insostenible y por otro, éstos constituyen una fuente de problemas ambientales, entre los que se encuentran: la contaminación de las aguas subterráneas, la emisión de gases perjudiciales, humos y malos olores, el impacto sobre el paisaje o el incremento del riesgo de los incendios forestales y aunque la aplicación de residuos orgánicos, lodos de aguas negras, residuos agrícolas e industriales a la tierra, pueden beneficiar la calidad del suelo debido a la incorporación de elementos nutrimentales y materia orgánica (MO). Los residuos pueden contener metales pesados, compuestos orgánicos y organismos patógenos, los cuales son nocivos para la calidad del suelo y los cultivos (SEPA, 2001).

Por lo comentado, es necesario dar un uso agrícola a los residuos industriales de la región, con la búsqueda de alternativas económicamente factibles y ecológicamente posibles, por lo que el

OBJETIVO

Determinar el efecto de los lodos residuales de origen industrial en las variables de calidad de girasol ornamental, en un calcisol.

HIPÓTESIS

Los lodos residuales de origen industrial, aumentan la calidad de girasol ornamental, en un calcisol.

REVISIÓN DE LITERATURA

Características Generales del Girasol

El origen del girasol se remonta a 3,000 años a.C. en el norte de México y Oeste de Estados Unidos, ya que fue cultivado por las tribus indígenas de Nuevo México y Arizona. El girasol era uno de los principales productos agrícolas empleados en la alimentación por muchas comunidades americanas antes del descubrimiento del nuevo continente. La semilla fue introducida en España por los colonizadores y después se extendió al resto de Europa, fue cultivado durante más de dos siglos en España y en el resto de Europa por su valor ornamental, debido al porte y sobre todo a la belleza de sus inflorescencias.

Características Morfológicas

Según Ortigón (1993), describe al girasol de la siguiente forma:

Se trata de una planta anual, con un desarrollo vigoroso en todos sus órganos. Dentro de esta especie existen numerosos tipos o subespecies cultivadas como plantas ornamentales, oleaginosas y forrajeras.

El sistema radicular está formada por una raíz pivotante y un sistema de raíces secundarias de las que nacen las terciarias que exploran el suelo en sentido horizontal y vertical. Normalmente la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del tallo.

La raíz profundiza poco, y cuando tropieza con obstáculos naturales o suelas de labor desvía su trayectoria vertical y deja de explorar las capas profundas del suelo, llegan a perjudicar el desarrollo del cultivo y por tanto el rendimiento de la cosecha.

El tallo es de consistencia semileñosa y maciza en su interior, cilíndrico, con un diámetro variable entre dos y seis centímetros y una altura hasta el capítulo entre 40 y 200 cm. La superficie exterior del tallo es rugosa, asurcada y vellosa, excepto en su base. En la madurez el tallo, se inclina en la parte terminal debido al peso del capítulo.

Las hojas son alternas, grandes, trinervadas, largamente pecioladas, acuminadas, dentadas y de áspera vellosidad tanto en el haz como en el envés. El número de hojas varía entre 12 y 40,

según las condiciones de cultivo y la variedad. El color también es variable y va de verde oscuro a verde amarillento.

En la inflorescencia: el receptáculo floral o capítulo puede tener forma plana, cóncava o convexa. El capítulo es solitario y rotatorio y está rodeado por brácteas involucrales. El número de flores varía entre 700-3000 en variedades para aceite, hasta 6000 o más en variedades de consumo directo. Las Flores del exterior del capítulo (pétalos amarillos) son estériles, están dispuestas radialmente y su función es atraer a los insectos polinizadores. Las flores del interior están formadas por un ovario inferior, dos sépalos, una corola en forma de tubo compuesta por cinco pétalos y cinco anteras unidas a la base del tubo de la corola.

Flores liguladas se encuentran en el verticilo o anillo exterior del capítulo, está formado normalmente por una o dos filas de flores liguladas estériles, el color de estas l ígulas suele ser amarillo dorado, amarillo claro o amarillo anaranjado, las l ígulas son lanceoladas, con una función de exhibición y atracción visual para los insectos polinizadores. También hay flores tubulares: situadas en el interior del capítulo, son las flores propiamente dichas, ya que contienen los órganos reproductores, son sésiles, hermafroditas y de cada flor se obtendrá una semilla; forman círculos espirales desde el centro hasta el anillo de flores liguladas que lo rodea. En la mayoría de los cultivares para flor cortada, que suelen ser híbridos, las flores tubulares son estériles, no forman polen, ni producen semilla.

La polinización es alógama y la abeja melífera es el principal insecto polinizador, cuya presencia repercute directamente en la fecundación y fructificación. Para favorecer la polinización se deben instalar dos ó tres colmenas por hectárea.

El fruto es un aquenio de tamaño comprendido entre 3 y 20 mm de largo y entre 2 y 13 mm de ancho. El pericarpio es fibroso y duro, quedando pegado a la semilla. La membrana seminal crece con el endospermo y forma una película fina que recubre al embrión y asegura la adherencia entre el pericarpio y la semilla.

Exigencias Edáfo-Climáticas

El girasol es una planta que necesita al menos 5 °C, durante 24 horas, para poder germinar, cuanto más alta es la temperatura, más rápidamente germinará. Si la temperatura es menor de 4 °C no llegará a hacerlo (Alba, 1990).

Una vez que ha germinado, se adapta a un amplio margen óptimo de temperaturas, que van desde 25-30 a 13-17 °C. en este último caso la floración sufre retraso. El margen óptimo de temperaturas oscila entre 21 y 24° C. En periodos de corta duración, puede resistir temperaturas de hasta 6 u 8° C. Bajas temperaturas pueden dañar el ápice de la planta y ello puede provocar la ramificación de los tallos (Alba, 1990).

La influencia negativa de las altas temperaturas durante la fase de floración, varía según el régimen de temperaturas que ha soportado la planta en la fase anterior de crecimiento y desarrollo foliar. Si estas han sido altas en la fase anterior, la planta aguantará mejor las altas temperaturas en la fase de floración. Si no es así, la planta podría sufrir situaciones de estrés (Alba, 1990).

La luz influye en su crecimiento y desarrollo, y su influencia varía en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo (Del Valle, 1987). Al principio, en la formación de las hojas, el foto período, acelera o retrasa el desarrollo del girasol, si la duración del día es corta, los tallos crecen muy alargados y la superficie foliar disminuye. Muchos cultivares pueden adelantar o retrasar más de 15 días la fecha de floración como respuesta al foto período (Alba, 1990).

La densidad de plantas influye en la formación y productividad del aparato fotosintético. En densidades altas se demora la formación de las hojas de los niveles superiores y de este modo disminuye su participación en la actividad fotosintética general, sobre todo en las últimas fases de vegetación. La densidad de plantas influye en forma considerable en la radiación fotosintetizante activa (Alba, 1990).

Durante la época de crecimiento activo y sobre todo en el proceso de formación y llenado de semillas, el girasol consume importantes cantidades de agua, el consumo de esta será máximo durante el periodo de formación de capitulo, ya que el girasol toma casi la mitad de la cantidad total del agua necesaria. La secreción de néctar está influida por la humedad atmosférica durante la floración (Alba, 1990).

El girasol explora muy bien el terreno, aprovechando los elementos nutrimentales disponibles, extrayendo cantidades relativamente importantes de nitrógeno, fósforo y potasio y agotando en muchos casos suelos bien provistos (Gómez, 1988). No es una planta muy exigente en cuanto a calidad del suelo se refiere. Crece bien en la mayoría de texturas, aunque prefiere terrenos arcillo - arenosos. Además no requiere una fertilidad tan alta como otros cultivos para obtener un rendimiento aceptable. Sí necesita, sin embargo un buen drenaje (Alba, 1990).

El girasol no es muy tolerante a salinidad, ya que presenta un rango de tolerancia entre 2 y 4 mmhos/cm (en términos de conductividad eléctrica de extracto de saturación del suelo a 25 °C). El girasol no es una planta muy sensible a variaciones del pH en el suelo, tolera suelos con pH que van desde 5,8 hasta más de 8. En los suelos neutros o alcalinos no suelen aparecer problemas de tipo nutricional. Un exceso de alcalinidad puede ocasionar problemas de deficiencia de hierro, pero no es frecuente (Alba, 1990).

Los Lodos Residuales

Un lodo residual es una materia orgánica húmeda con una cierta cantidad de aditivos, entre los cuales hay algunos que resultan de interés aprovechar por su importancia como nutrientes del suelo y otros cuya presencia es indeseable por su posibilidad de contaminación. El fango digerido o lodo residual de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, constituyen una fuente importante de nutrientes y de microorganismos. Las características físicas y químicas de los lodos varían en función de su origen: urbana o industrial y del tipo de proceso al que han sido sometidos. (Ameneiros, 2003).

Algunas de las más importantes limitaciones para la aplicación de lodos son las relacionadas con los cambios que la degradación de éstos puede provocar en las condiciones edáficas, ya que se pueden generar intermedios metabólicos que interfieren en el desarrollo de las plantas (Zucconi *et al.*, 1981). Existen también aspectos positivos, como son el aumento de la estabilidad de los agregados (Guidi *et al.*, 1983), la mejora del balance hídrico (Díaz-Burgos, 1990), el incremento de la capacidad de intercambio catiónico (Morel, 1977) y del contenido de materia orgánica del suelo (Hue *et al.*, 1988, Díaz-Burgos, 1990), así como el aporte de nutrientes, principalmente P y N. Sin embargo debe tenerse en cuenta que se puede modificar la relación C/N del suelo, generar amoníaco y provocar competencia por el N disponible entre los microorganismos y las raíces.

La aplicación de lodos residuales a suelos agrícolas es una práctica habitual en países desarrollados por razones prácticas y económicas (Ottaviani *et al.*, 1991). Los lodos residuales tienen valor fertilizante y mejoran también las propiedades físicas de los suelos (Tester, 1990).

La dosis de aplicación se suele fijar en función de los requerimientos del cultivo en N y P. La productividad del suelo aumenta frecuentemente, a causa del llamado efecto de la materia orgánica que se produce después de la aplicación de lodos residuales.

La materia orgánica juega un importante papel en la movilización y adsorción de diferentes elementos en los suelos (Schnitzer, 1991), por tanto, el análisis de las distintas fracciones orgánicas suministrará información sobre la mineralización de los lodos y la formación de humus (Genevini *et al.*, 1986). También diversos metales pesados y micro contaminantes orgánicos pueden estar presentes en los lodos, esto afecta a la cadena alimentaría a través de los cultivos y contaminar las aguas freáticas (Legret *et al.*, 1988; Gennaro *et al.*, 1991). El Consejo de las Comunidades Europeas ha establecido límites obligatorios para las concentraciones de metales pesados en los lodos residuales que se apliquen a los suelos, para prevenir riesgos de contaminación. (CEC, 1986). Dichos límites han sido fijados para suelos con pH comprendido entre 6.0 y 7.0. Si los lodos se añaden a suelos con pH menor de 6, debe tenerse en cuenta un posible aumento de la asimilabilidad de dichos metales por las plantas.

El reciclaje de lodos de distintos orígenes como fertilizante en terrenos agrícolas, forestales o espacios degradados, es la vía de eliminación más aceptada hoy en día, ya que ofrece la posibilidad de que estos residuos se conviertan en humus el cual sirve para mejorar las propiedades físicas del suelo. Sin embargo, su empleo conlleva ciertos riesgos que es necesario evaluar, como son: la incorporación al medio de metales pesados (O'Riordan *et al.*, 1994; Berti y Jacobs, 1998), compuestos orgánicos tóxicos (Kirchmann y Tengsved, 1991; Wild *et al.*, 1992; Beck *et al.*, 1995), sales (Guidi *et al.*, 1982; Rodgers and Anderson, 1995) o patógenos (Costa *et al.*, 1987; Felipó, 1995).

Los Lodos Residuales en la Agricultura

Dentro de este tipo de residuos suelen incluirse los lodos procedentes de agroindustrias, como es el caso de las industrias transformadoras y envasadoras de leche. Estas factorías generan aguas residuales compuestas por restos de leche, agua y productos de limpieza de las instalaciones, que han sido y son ampliamente utilizadas directamente para el riego y fertilización de terrenos agrícolas (Morisot y Gras, 1974; Jump *et al.*, 1981). De Lauzanne y

Merillot, (1986), Guichet, (1987) y López *et al.*, (1998a) obtuvieron un lodo rico en macro nutrientes, especialmente en N y P y bajo contenido en metales pesados, estudiaron las modificaciones que a corto plazo (6 y 25 semanas después de la fertilización con lodo), producen distintas dosis de este lodo (0, 80, 160 y 240 m³ ha⁻¹ sobre las propiedades químicas de un Cambisol húmico dedicado a pradera mixta y obtuvieron que con la dosis de 80 m³ ha⁻¹ se obtienen producciones que duplican las conseguidas en las parcelas control. No se producen modificaciones negativas en suelo y se mejora la producción en un 65 por ciento con respecto a las parcelas control.

En Galicia se genera más del 30% de la producción láctea nacional, originándose volúmenes de lodos importantes, cuya vía de eliminación más adecuada parece ser su reciclado en terrenos agrícolas como han mostrado trabajos (Moirón *et al.*, 1997; López Mosquera *et al.*, 1998a; López Mosquera *et al.*, 1998b). Sin embargo, para ser utilizado con total garantía es necesario evaluar todos aquellos aspectos negativos que pueda causar. Así, con este trabajo se valoró, en condiciones de campo, el posible efecto salino producido por la aplicación de un lodo procedente de industria láctea, en comparación con el abonado mineral que normalmente se utiliza en praderas mixtas de Galicia.

Según Quinteiro-Rodríguez *et al.*, (1998), en un trabajo realizado con lodos procedentes de la planta depuradora de aguas residuales de Santiago de Compostela, España, comentan que la disponibilidad de níquel en un suelo fuertemente calcáreo y su incidencia sobre la solubilidad de calcio y magnesio, muestra que la adición de lodos residuales aumenta el rendimiento de los cultivos, incluso cuando la dosis de aplicación no supere los requerimientos de nitrógeno calculados. Se ha apreció un significativo incremento del pH, de los suelos tratados con las dosis mayores de lodos. Los niveles de materia orgánica y metales pesados no se ven, en general, significativamente afectados por la aplicación de los lodos y no se observaron síntomas de toxicidad en los cultivos. En todos los suelos el contenido de cadmio (Cd), es inapreciable y los niveles para los restantes metales están por debajo de los valores límite recomendados para suelos tratados con lodos residuales.

Con el fin de establecer el valor como fertilizante de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas, de la comunidad de Paine y San Bernardo, Chile, Marambio y

Ortega (1999), lo aplicaron a trigo, avena, tomate, poroto verde, maíz, uva de meza y durazno, encontraron que los mejores resultados en productividad se han alcanzado, en todas las especies, satisfaciendo los requerimientos de nitrógeno de los cultivos evaluados, a la adición de una mezcla equivalente al 50 por ciento en base a fertilizantes minerales y el 50 por ciento en base a lodo. Los lodos presentan una concentración de 2 a 3 por ciento de Nitrógeno. En frutales se ha observado un incremento del diámetro de bayas, en uva de mesa y de los frutos en durazneros. Los tratamientos que consideran el uso de lodos en frutales, han evidenciado un mayor desarrollo radicular y raíces de mejor calidad. Del mismo modo, en esas plantas se ha alcanzado un mayor contenido de nitrógeno en sus hojas. La aplicación de lodos permite incrementar gradualmente el nivel de materia orgánica de los suelos. No se evidenció la presencia de metales pesados en las estructuras comestibles en todas las especies estudiadas. La adición de lodos aporta aproximadamente 1,6 por ciento de fósforo, lo que ha permitido, en muchos casos, reemplazar en gran medida la aplicación de fertilizantes fosfatados minerales.

Las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estudios Ambientales del Japón, entre 1978 y 1984, sobre los efectos ambientales de la aplicación de lodos a los terrenos agrícolas, establecen que en muchos casos la agregación de más de tres o cuatro veces de estos lodos de aguas residuales domesticas, o de un total que exceda de las 30 a 50 t hab⁻¹, causan un pH desfavorable, disminución del número de microbios del suelo, reducción de las cosechas y síntomas anormales en algunos cultivos. También debido a la tasa de adición por hectárea se detectó un exceso de concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas. Sin embargo, en la ausencia de fosfatos y quelatos aumentó el crecimiento de algas y la aplicación de lodo estimuló la formación de óxido de nitrógeno. El autor opina que no se debe continuar aplicando el lodo después de haberlo hecho por tres veces con un total de 30 t hab⁻¹.

Esparza (2004), al evaluar el efecto de la adición de lodos de tratamiento secundario de la industria de la celulosa en suelos andisoles, sobre el crecimiento del ballico (*Lolium multiflorum*), encontró que la germinación de semillas de esta especie fue favorecida por la aplicación de los lodos y además los niveles de N, P y capacidad de intercambio catiónico (CIC), aumentaron. También se incrementó la producción de materia seca con respecto a los

suelos sin tratamiento, por lo que concluye, que la adición de lodos a este tipo de suelo es una alternativa válida y rentable.

Acosta *et al.*, (1999), estudiaron el efecto directo que produjeron seis cantidades de diferentes tipos de lodos residuales, sobre plantas de maíz (*Zea mays* L.) y algunas características físicas – químicas del suelo y encontraron que la adicción del lodo residual en las proporciones antes mencionadas podría cubrir las deficiencias mínimas de estos parámetros en suelos de esta naturaleza, favoreciendo el crecimiento de las plantas, significando también una alternativa de solución al problema ambiental que representa su almacenamiento y disposición.

Aunque son escasas las referencias bibliográficas sobre el empleo de este tipo de lodos en terrenos agrícolas, un aspecto negativo que suele señalarse es su posible efecto salino, dada su riqueza en sodio (Na) y elevada conductividad eléctrica (García *et al.*, 1999). Es necesario considerar este aspecto, ya que la aplicación de lodos con elevados contenidos en sales solubles podría causar deterioro en la estructura del suelo, así como disminución de la capacidad de germinación de las semillas y crecimiento de las plantas (Sommers and Sutton, 1980).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del Área Experimental

Este trabajo de investigación se realizó en una “cama” de siembra del Departamento de Ciencia del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (U.A.A.A.N), que se encuentra geográficamente situada a 25° 22’ de latitud Norte, una longitud Oeste de 101° 00’ y a una altitud de 1,742 msnm, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

La temperatura media anual de la región es de 17.8 °C, con una oscilación media anual de 10.4 °C. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas que alcanzan los 37 °C, mientras que en los meses de enero y diciembre se registran las temperaturas más bajas de hasta -10.4 °C, presentándose heladas regulares de octubre a abril. La precipitación pluvial media anual es de 490 mm, siendo los meses más lluviosos julio, agosto y septiembre; en la época de invierno las lluvias que se presentan son moderadas, Sánchez, L.R y D. Rodríguez V. 2005. Reporte Agro meteorológico Regional. Departamento de Agro meteorología. Universidad Autónoma Agraria “ Antonio narro” (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Metodología

En charolas de poli estireno de 200 cavidades, con peat moss empleado como sustrato, se sembraron semillas de girasol ornamental del cultivar híbrido “sunbrigh”, para producir la plántula. Cuando la plántula contenía cuatro hojas verdaderas, es decir, ocho centímetros de altura, fueron trasplantadas en una “cama” de siembra de 1 m de ancho por 10 m de largo y 1 m de alto (10 m³), la que fue rellena con el horizonte Ap de un calcisol, del área experimental de la UAAAN denominada “El Bajío”. La “cama” se separó en 10 áreas de 1 m² en las cuales se distribuyeron al azar los tratamientos: 100 por ciento de lodos residuales (100 LR); 75 por ciento de lodos residuales y 25 % de estiércol de bovino (75LR+25EB); 50 % de lodos residuales y 50 % de estiércol de bovino (50LR+50EB); 25 % lodos residuales y 75 % de estiércol de bovino; 100 % de estiércol de bovino (100EB). Se plantaron 30 plantas m².

Cuadro1. Tratamientos y cantidades adicionados a girasol ornamental cv. “sunbright”.

Tratamientos	Cantidad (kg ha ⁻¹)
1.-100 LR	1000
2.-100 LR	1500
3.-100 LR	2000
4.-100 EB	1000
5.-100 EB	1500
6.-100 EB	2000
7.-75 LR 25 EB	1000
8.-75 LR 25 EB	1500
9.-75 LR 25 EB	2000
10.-TA	0

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos, adicionados a girasol ornamental cv. “sunbright”.

3	8	6	1	9	5	2	4	7	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Las variables medidas a la planta fueron: la altura del girasol (AG), el diámetro del tallo (DT) y el diámetro de capitulo (DC); las dos primeras se efectuaron dos ocasiones.

El Diseño Experimental utilizado fue un completamente al Azar con 10 tratamientos y tres repeticiones; cinco plantas fueron una repetición. El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA), con la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$), para lo cual se empleó el paquete para computador MINITAB, versión 14 para WINDOWS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer Muestreo

Los tratamientos de lodos residuales de la industria de la mezclilla, adicionados al suelo, no hubieron efecto sobre la altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, sin embargo, la repetición si produjo efecto significativo (Cuadro 3). Pero, de manera gráfica, al adicionar el 100 por ciento de lodos residuales a la cantidad de 1000 kg ha⁻¹ (100LR10), la AG se incrementó en 29.31 % sobre el testigo absoluto (TA) (Figura 1).

Cuadro 3.- Análisis de varianza en el primer muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamiento	9	144.79	16.09	1.26	0.323NS
Repetición	2	84.40	42.20	3.30	0.060*
Error	18	230.05	12.78		
Total	29				

* significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

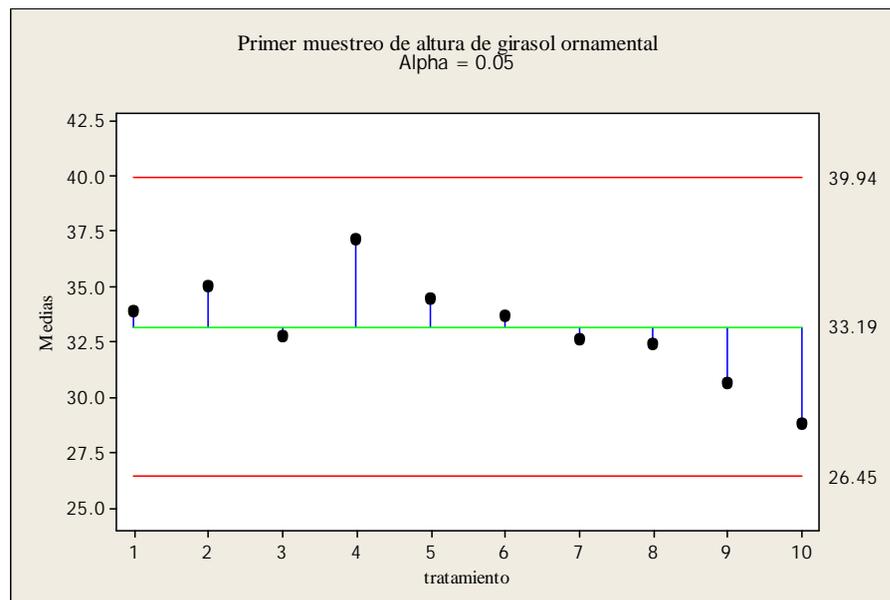


Figura 1.- Comparación de medias, en el primer muestreo, de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Los tratamientos, de igual forma que en la AG, en el diámetro del tallo (DT) no presentaron efecto significativo, mientras que la repetición si mostró diferencia (Cuadro 4). Cuando se adicionó el 100 % de los lodos residuales a razón de 1500 kg ha^{-1} (100LR15), el DT sobrepasó en 7.27 por ciento al TA (Figura 2).

Cuadro 4.- Análisis de varianza en el primer muestreo del diámetro de tallo (DT) de girasol ornamental cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamiento	9	7.6252	0.8472	1.21	0.349
o					9NS
Repetición	2	4.0854	2.0427	2.91	0.080
					2*
Error	18	12.6296	0.7016		
Total	29				

* significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

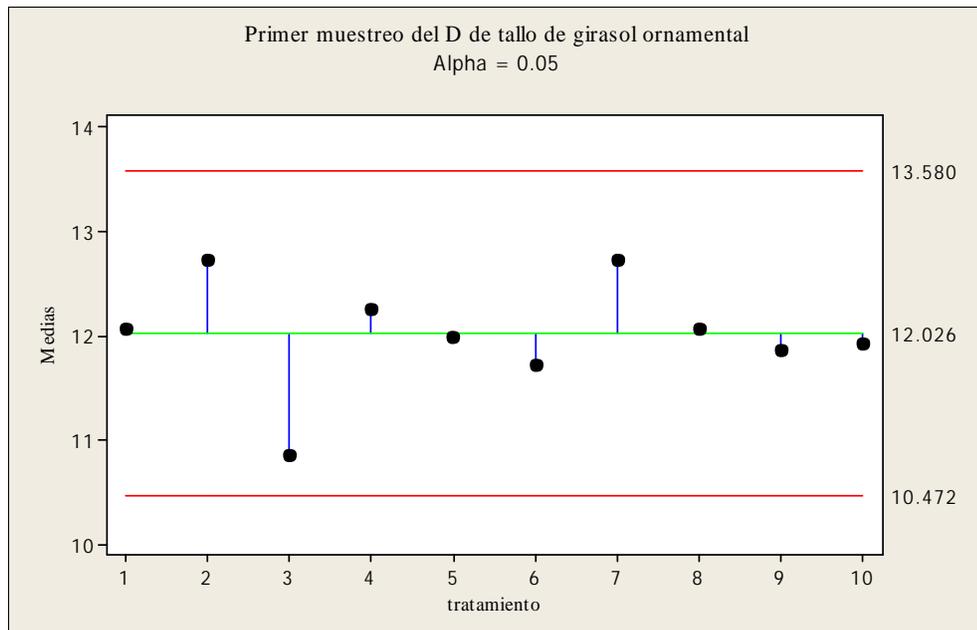


Figura 2.- Comparación de medias del primer muestreo del diámetro de tallo (DT) de girasol ornamental cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Segundo Muestreo

Los tratamientos de lodos residuales de la industria de la mezclilla, en el segundo muestreo, adicionados al suelo no presentaron efecto sobre la AG cv. “Sunbrigh”, en cambio la repetición si produjo efecto altamente significativo (Cuadro 5). Esto es, al adicionar los lodos residuales solos al valor de 1000 kg ha^{-1} (100LR10), la AG se incrementó en 72.30 % en comparación al TA (Figura 3).

Cuadro 5.- Análisis de varianza en el segundo muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Fuente	g.l.	SC	SM	F	P
Tratamiento	9	5576.3	619.6	1.79	0.141 NS
Repetición	2	5102.1	2551.1	7.35	0.005 **
Error	18	6246.9	347.1		
Total	28				

** alta significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

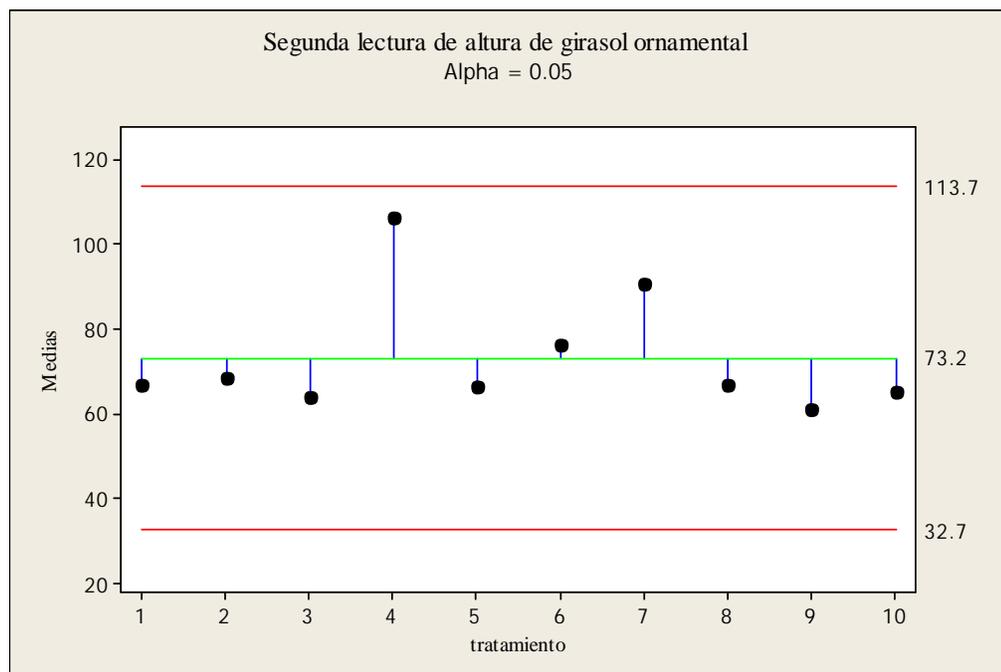


Figura 3.- Comparación de medias, en el segundo muestreo, de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de mezclilla.

Los tratamientos presentaron un efecto altamente significativo en el DT y la repetición no (Cuadro 6). Al agregar los lodos residuales solos a la cantidad de 1000 kg ha⁻¹ (100LR10), éste no aventajó al TA en el DT, sin embargo, de forma gráfica al agregar el mencionado tratamiento, superó al adicionar la mezcla de 75 % de lodos residuales y 25 % de estiércol de bovino a la cantidad de 1000 kg ha⁻¹ (75LR25EB10), con 88.44 por ciento (Figura 4).

Cuadro 6.-Análisis de varianza en el segundo muestreo de diámetro de tallo de girasol ornamental (DT) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de mezclilla.

Fuente	g.l.	SC	CM	F	P
Tratamiento	9	119.499	13.278	2.07	0.091**
Repetición	2	6.368	3.184	0.50	0.617NS
Error	18	115.685	6.427		
Total	29				

**alta significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

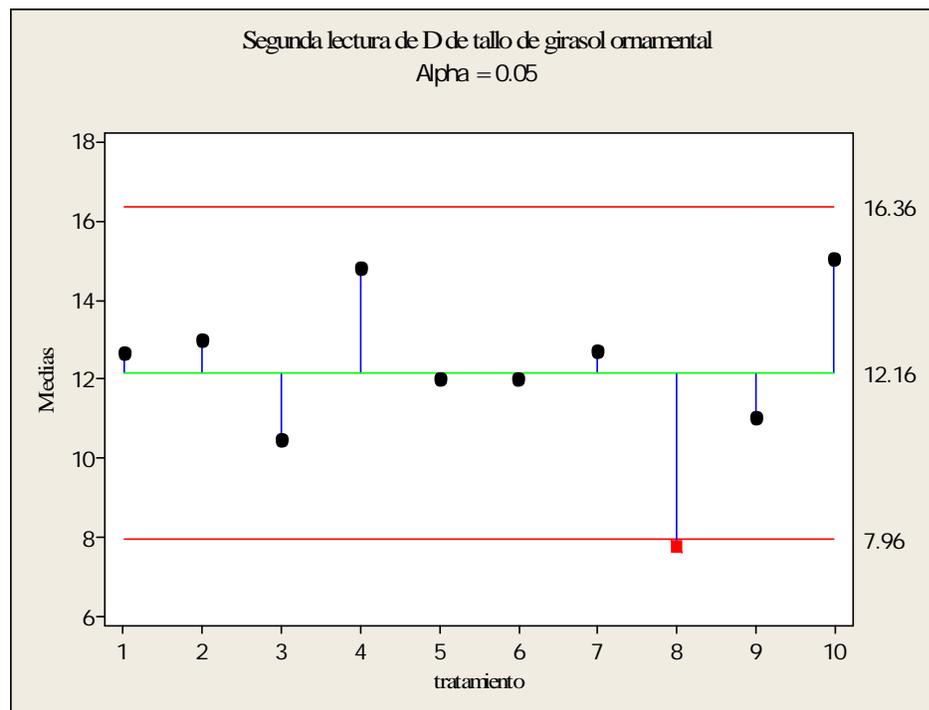


Figura 4.-Comparación de medias del segundo muestreo del diámetro de tallo (DT) de girasol ornamental cv. "Sunbrigh", producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Tercer Muestreo

Los tratamientos de lodos residuales de la industria de la mezclilla, en el tercer muestreo aplicados al suelo, presentaron efecto sobre AG cv. “Sunbrigh”, en cambio la repetición no produjo efecto significativo (Cuadro 7). Al adicionar los lodos residuales solos a la cantidad de 1000 kg ha⁻¹ (100LR10), adelantaron al TA en 20.37 % y al tratamiento de la mezcla de 75 % de lodos residuales y 25 % de estiércol de bovino, a la cantidad de 2000 kg ha⁻¹ (75LR25EB20), fue mayor en 160 % (Figura 5).

Cuadro 7.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de mezclilla.

Fuente	g.l.	SC	CM	F	P
Tratamiento	9	12393.9	1377.1	3.24	0.016*
Repetición	2	778.0	389.0	0.91	0.419NS
Error	18	7657.9	6425.4		
Total	29				

* significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

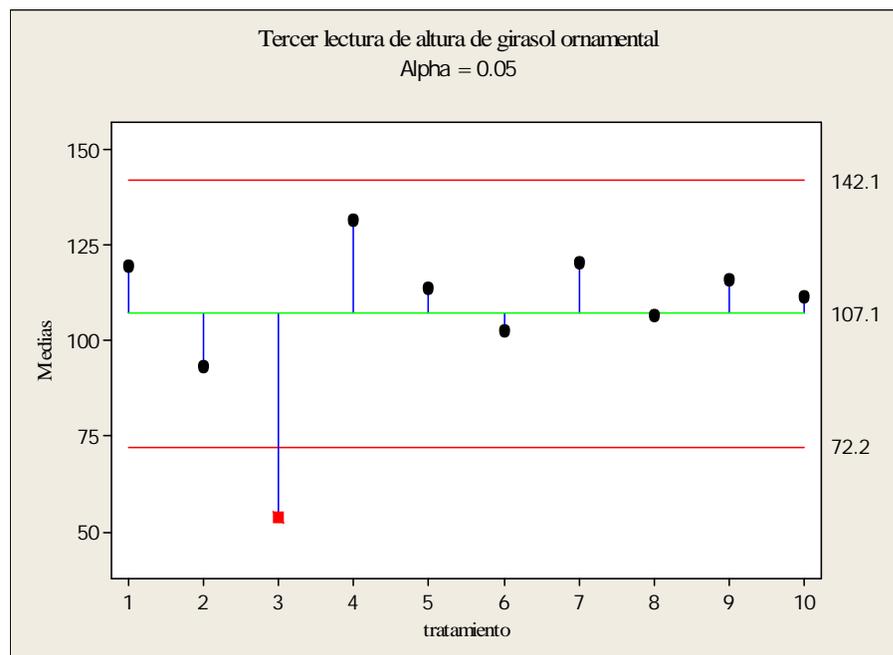


Figura 5.- Comparación de medias, en el tercer muestreo de altura de girasol ornamental (AG) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

En el DT, en el tercer muestreo, hay efecto altamente significativo de los tratamientos, pero de la repetición no (Cuadro 8). De manera gráfica se puede determinar que en el TA, se incrementó el DC en 55.66 % más que al agregar la mezcla de 75 por ciento de lodos residuales y 25 % de estiércol de bovino, a razón de 1000 kg ha^{-1} (75LR25EB10) (Figura 6).

Cuadro 8.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de diámetro de girasol ornamental (DT) cv. "Sunbrigh", producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Fuente	g.l	SC	CM	F	P
Tratamiento	9	80.181	8.909	4.85	0.002**
Repetición	2	5.594	2.797	1.52	0.245NS
Error	18	33.086	1.838		
Total	29				

**alta significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

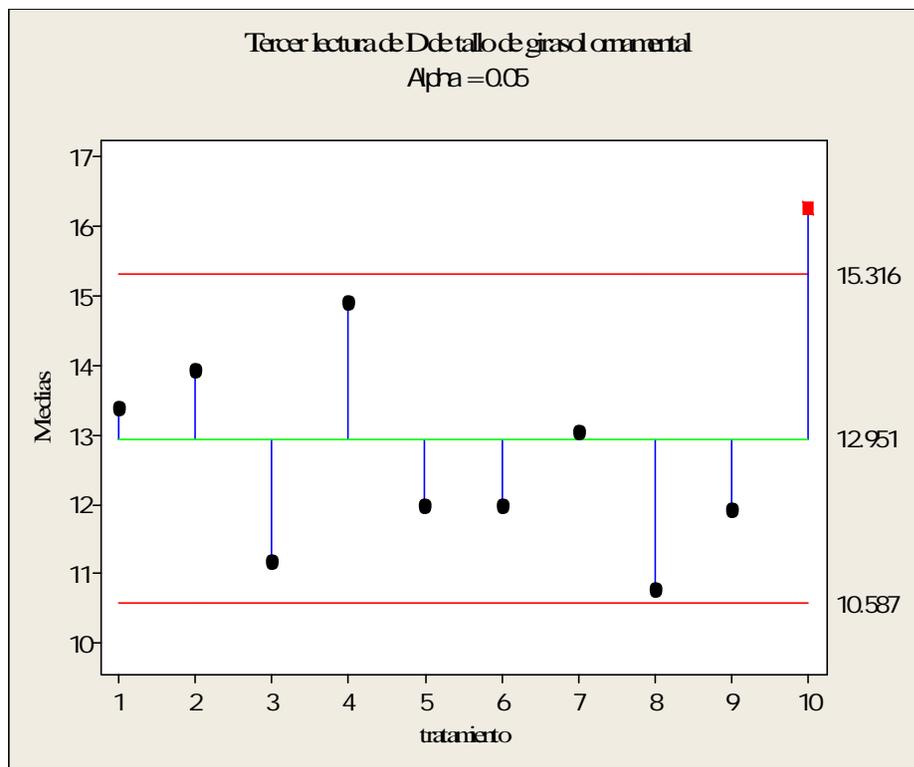


Figura 6.- Comparación de medias, en el tercer muestreo de diámetro de tallo de girasol ornamental (DT) cv. "Sunbrigh", producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Los tratamientos, presentaron un alto efecto significativo en el diámetro del capítulo (DC) y la repetición no (Cuadro 9). Aquí, se puede establecer que a la adición del tratamiento de 1000 kg ha-1 del estiércol de bovino solo (100EB10), el DC aventajó en 55.66 por ciento al TA (Figura 7).

Cuadro 9.- Análisis de varianza en el tercer muestreo de diámetro capítulo de girasol ornamental (DC) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Fuente	g.l.	SC	CM	F	P
Tratamiento	9	80.181	8.909	4.85	0.002**
Repetición	2	5.594	2.797	1.52	0.245NS
Error	18	33.086	1.838		
Total	29				

**alta significancia con Tukey ($P \leq 0.05$)

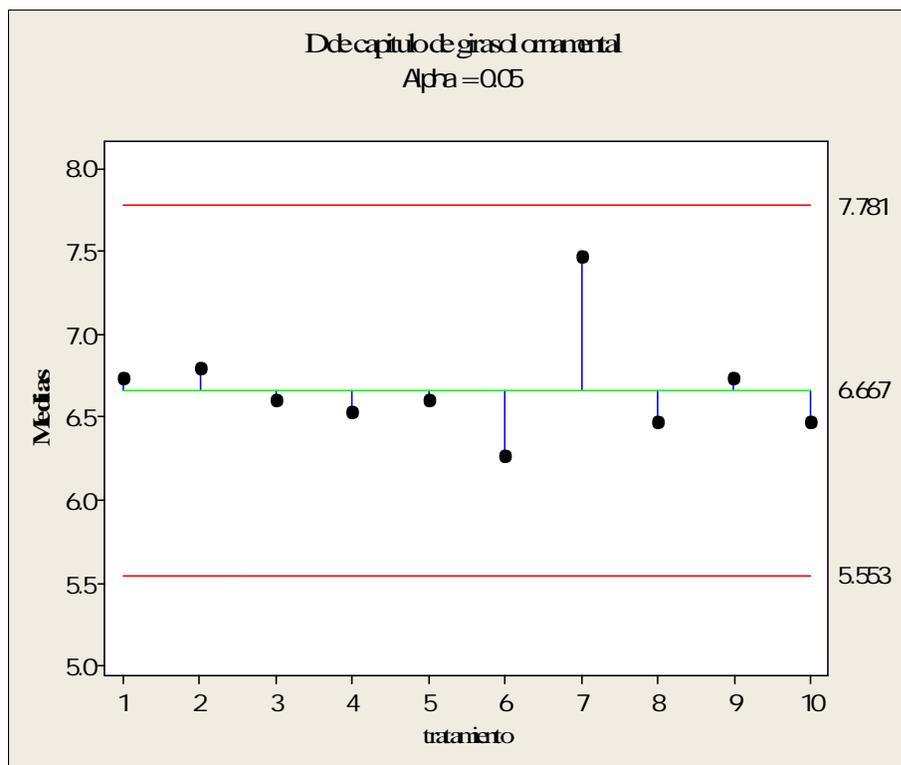


Figura 7.- Comparación de medias del diámetro de capítulo de girasol ornamental (DC) cv. “Sunbrigh”, producido con lodos residuales de la industria de la mezclilla.

Los contenidos de materia orgánica del suelo (MOS), en forma general, al inicio de la experiencia fueron inferiores con respecto al final del experimento, sin embargo, esta situación no sucedió en el suelo donde se adicionó el tratamiento consistente en solo estiércol de bovino (100EB), a razón de 2000 kg ha^{-1} (Figura 8). Existe una relación directa con las cantidades de nitrógeno total (NT) del suelo donde se aplicaron los tratamientos (Figura 9).

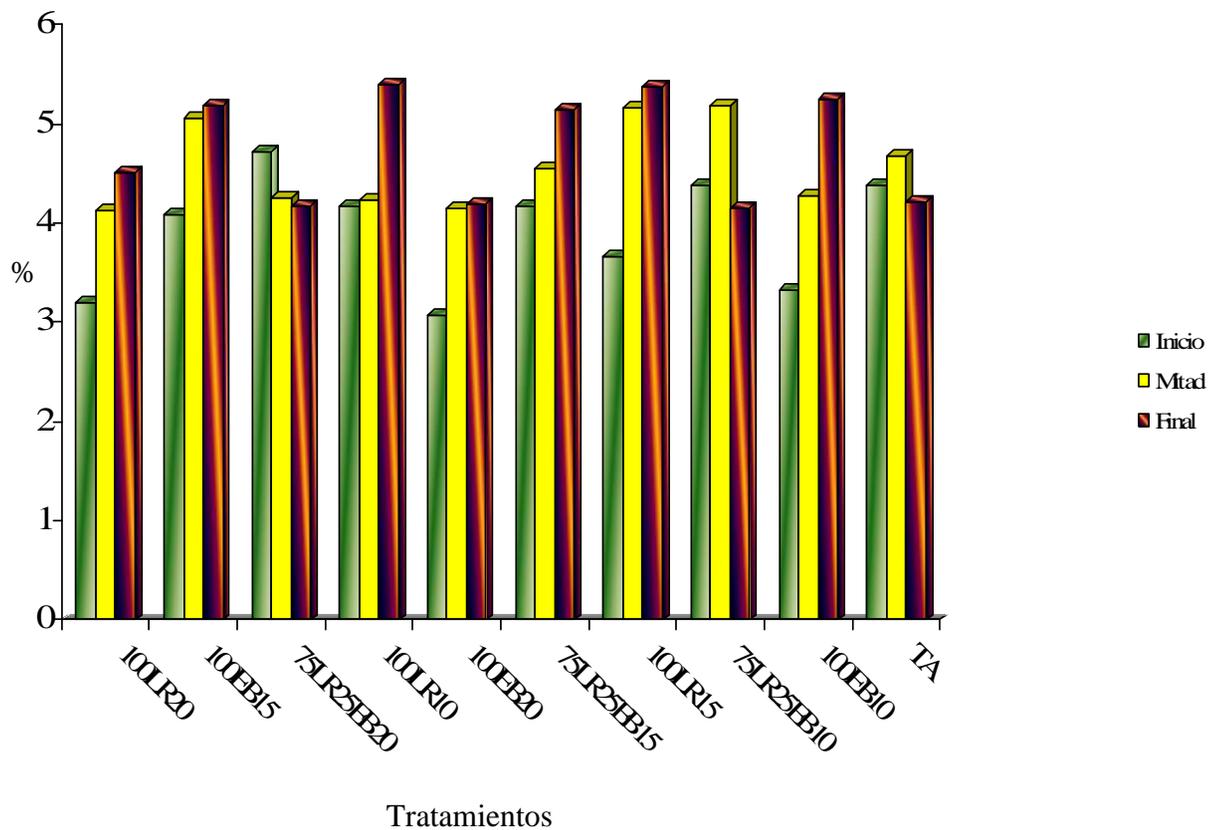


Figura 8.- Contenido de materia orgánica del suelo a la adición de la mezcla de lodos residuales de la industria de la mezclilla y estiércol de bovino.

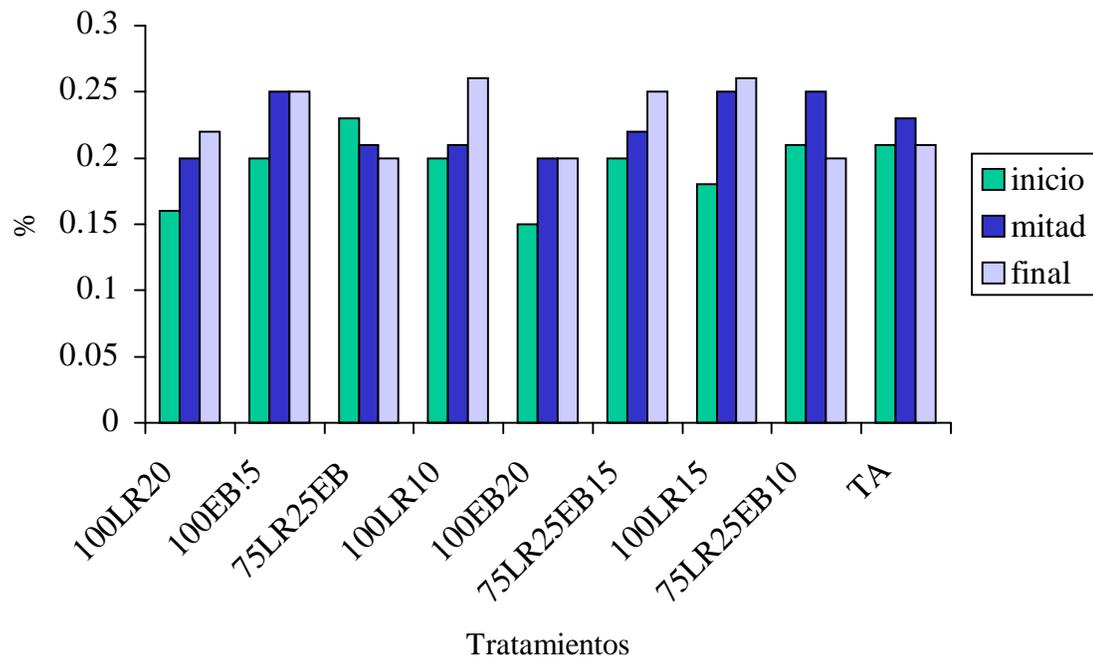


Figura 9.- Contenido de nitrógeno total del suelo a la adición de la mezcla de lodos residuales de la industria de la mezclilla y estiércol de bovino.

A forma de discusión se puede establecer que en el primer muestreo, la adición de los lodos residuales solos a las cantidades de 1000 y 1500 kg ha⁻¹, respectivamente, realizaron efecto significativo en la altura de la planta (AG) y en el diámetro del tallo (DT). En estas mismas variables, solo que en el segundo muestreo, el mismo material residual a la cantidad de 1000 kg ha⁻¹ realizó el efecto significativo, además, en el tercer muestreo, este tratamiento lo efectuó sobre la AG, mientras que el girasol desarrollado en el testigo absoluto (TA), presentó el DT superior. Cuando se agregaron 1000 kg ha⁻¹ de estiércol de bovino sin mezclar, el diámetro de capítulo (DC) aventajó a todos los demás tratamientos. Lo anterior y los contenidos de NT, pone de manifiesto que al inicio del ciclo del cultivo, los lodos se mineralizaron y proporcionaron a la planta del nitrógeno necesario para su crecimiento, mientras que a la mitad del ciclo y al finalizar éste, algunos otros elementos nutrimentales diferentes al nitrógeno se mineralizaron y ayudaron para la formación del capítulo del girasol ornamental. Esto concuerda con lo establecido por Esparza (2004), al comentar que los lodos residuales aumentan los contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo, lo cual beneficia el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

CONCLUSIÓN

Los lodos residuales de la industria de la mezclilla, tienen efecto positivo en la altura de planta y el diámetro del tallo, mientras que el estiércol de bovino lo tiene en el diámetro del capítulo del girasol ornamental cv. “sunbright”, en un calcisol.

LITERATURA CITADA

- Costa F., (1999). Influence of Sewage Sludge Application on Crop Yields and Heavy Metal Availability. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia. España. Soil Science. Plnt Nutr, 37(2), 201 -210
- Costa F. M. 1987. Felipe 1995. Influence of Sewage Sludge Application on Crop, Yields and Heavy Metal Availability. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia. España. Soil Science Pint Nutr, 37(2), 201 - 210
- De Lauzane R. y Merillot (1986). “Estudio del proceso de Estabilización de Lodos Residuales provenientes de plantas de tratamiento de Aguas Servidas Urbanas mediante el uso de cal Hidratada. Diseño de una planta modelo, Trabajo de título para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad de la Frontera.
- Guichet M. A1987. Interés Agrícola de los Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales. Anula. Ea fol. Y Agrobiol. Pág. 211 -228
- http://www.epa.gov/owmitnet/alkaline_stabilization.pdf. Washington.D.C. Actualizada el 10 de noviembre del 2003
- Kirchmann y Tengsued 1995. Analysis of Barley Grains grown on sludge fertilized soil. Swedish Journal Agriculture Research 21:115 -119 f
- López A., (1998). Valorización Agrícola como Fertilizante de los Lodos provenientes de plantas de tratamiento de Aguas Servidas, Potencialidades y Restricciones Organizado.
S: A: Thames Water. Conception Chile.
- Morisoto y Gras 1974, Jump et al., 1981. Efectos del Lodo Residual en el rendimiento y concentración de metales pesados en hortalizas y granos básicos. Tesis Doctoral,

Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín N: L., pp. 43 – 123

- Ortega, R. A. 1999. Uso Potencial de Lodos derivados del tratamiento de aguas Servidas en la Producción de Cultivos en Chile. Informe. Departamento de Ciencias Vegetales Pág. 23
- Esparza 2004. Uso de lodos Biológicos provenientes del tratamiento de efluentes de la industria de la celulosa como mejorador de suelos degradados. Tesis para optar al grado académico de Magíster en Ciencia de Recursos Naturales. Universidad de la Frontera. Facultad de Ingeniería, Ciencia y administración. Departamento de Ciencias Químicas.
- Ortega R.A., G:A: Peterson 2002. Residue accumulation and changes in soil organic matter as affected by cropping intensity in no-till dry land agro ecosystems. Agron. J: 94: 944 -954
- O. Riordan 1994. Berty y Jacobs 1998. Efectos de la adición de un Lodo Residual sobre las propiedades del suelo; experiencia de campo. Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo. Edafología No. 5. Universidad de Vigo. España. Pp. 1 -10
- Quintero Rodríguez M. P 1998. Disponibilidad del Níquel en un Suelo fuertemente Calcáreo y su incidencia internacional de contaminación Ambiental. Universidad Autónoma de México. SIN (Version impresa): 0188-4999 México Volumen 21
- Summers and Sutton 1980. Utilización de Residuos Urbanos como Fertilizantes Orgánicos. Suelo y Planta 2, 373 –383
- Walkey, A. y T. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37 - 38

- Zucconi F. 1981. Contenido Evaluación de Nutrientes y Productividad en un Suelo tratado con Lodos Residuales Urbanos. Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo. Universidad de Vigo. Edafología Volumen 7-3 Septiembre 2000. Pág. 21-29
- Zucconi F., 1981 Evaluating Compost. *Biocycle* 22 (4):54 -55

