

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS PARA LA REHABILITACIÓN DE PASTIZALES
DEGRADADOS: EFECTO SOBRE LA VEGETACIÓN**

Por:

MARVIN FILIBERTO MORALES AGUIRRE

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo de 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS PARA LA REHABILITACIÓN DE PASTIZALES
DEGRADADOS: EFECTO SOBRE LA VEGETACIÓN**

Presentada por:

MARVIN FILIBERTO MORALES AGUIRRE

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**Aprobada por:
Presidente del Jurado**

M.C. Luis Pérez Romero

Sinodal

Sinodal

Dr. Manuela Bolívar Duarte

M.C. Enrique Esquivel Gutiérrez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Ing. Rodolfo Peña Oranday

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo de 2008**

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

ALMA TERRA MATE

A LA EMPRESA FERSINSA Gb

AL CATEDRÁTICO: M.C. LUIS PÉREZ ROMERO.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

A LA CATEDRÁTICA: Dr. MANUELA BOLÍVAR DUARTE.

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

AL CATEDRÁTICO: M.C. ENRIQUE ESQUIVEL GUTIÉRREZ.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

AL CATEDRÁTICO: Dr. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES .

INIFAP CAMPO EXPERIMENTAL LA LAGUNA

AL CATEDRÁTICO: Dr. RAMON FRANCISCO GARCIA CASTILLO

DEPARTAMENTO DE NUTRICION ANIMAL

AL CATEDRÁTICO: M.C. LUIS LAURO DE LEÓN GONZALEZ.

AL CATEDRÁTICO: M.C. LORENZO SUÁREZ GARCIA

AL ING: SANTIAGO MIRELES NAVARRO.

A LA LIC .LAURA OLIVIA FUENTES LARA.

T.A. CARLOS ALBERTO ARÉVALO SANMIGUEL.

DEDICATORIAS

A MI ÁNGEL QUE SE ENCUENTRA EN EL CIELO A UN LADO DE DIOS QUE DESDE ALLÁ ME CUIDA Y QUIERE.

A MI MADRE: MARÍA VENTURA AGUIRRE RODRÍGUEZ.

A MI PADRE Y AMIGO: FILIBERTO MORALES MARTÍNEZ. QUE LO TENGO CON MIGO SIEMPRE.

A MIS HERMANOS: LAI DI ARALY MORALES AGUIRRE Y AURELIO MORALES AGUIRRE. A QUIENES RESPETO Y QUIERO.

A MI CUÑADA: GINA SOLÍS RAMIREZ.

A MI CUÑADO: OSCAR TORRES.

A MIS SOBRINOS: MEZTLI AMILAMIA MORALES SOLÍS Y OSCAR AURELIO MORALES SOLIS.

A MI NOVIA: EILEEN AMPARO VILLAGÓMEZ RUIZ.

**A MIS TIOS Y PRIMOS: OMAR Y LOLIS (OMAR\ MAYELA\ MAGALI\ OMARCITO)
CÉSAR Y EMELIA (BRENDA\ BETTY\ JOSÉANGEL)
ALFONSO Y MARY (ALFONSO\ KARINA\ CRISTINA\ DANIELA\ SUSANA)
YOLANDA (HÉCTOR\ CONCHIS\ MIRNA\ LUPE\ ALEJANDRO)
MALENA (JANETT\ ELSY)
MARY (SONIA\ YESSICA)**

A MIS AMIGOS: GERARDO, ALFONSO, ROBERTO, CACHO, VÍCTOR, PABLO, CHARLY, JAIME, UAAAN, RAMIRO, OSCAR, DAGO, MARIO, NESTOR, JESUS.

INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
1. Definición.....	2
2. Legislación ambiental de los biosólidos.....	2
3. Características de los biosólidos.....	3
3.1. La principal característica física.....	3
3.2. La composición química de los biosólidos.....	4
3.3. pH de los biosólidos.....	5
4. Estabilización de los biosólidos.....	5
5. Opciones de uso y desecho de biosólidos.....	7
5.1. Incineración.....	8
5.2. Confinamiento en rellenos sanitarios.....	9

5.3. Incorporación en suelos.....	9
5.4. Aplicación de biosólidos en terrenos agropecuarios y forestales.	10
5.5. Producción de composta.....	11
6. Aplicación de biosólidos en suelos agrícolas.....	11
6.1. Beneficios.....	11
6.2. Incorpora materia orgánica.....	12
6.3. Mejora la fertilidad del suelo.....	12
6.4. Mejora las propiedades biológicas.....	12
6.5. Beneficios para la sociedad.....	13
7. Normatividad.....	13
7.1. Norma Mexicana.....	13
7.2. Metales pesados.....	14
7.3. Normas Internacionales.....	15
7.4. Metales pesados.....	15
7.5. Patógenos y parásitos.....	16
7.6. Contenido de patógenos.....	19

8. Aplicación de biosólidos en pastizales.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
9. Descripción general del área de estudio.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Producción de forraje.....	29
Cobertura vegetal.....	30
Cobertura por especie.....	33
Calidad del forraje.....	33
CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	53
PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	54
APÉNDICE A.....	55
APÉNDICE B.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Composición química de los biosólidos.....	5
Cuadro 2. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos	14
Cuadro 3. Límites permisibles de metales pesados en biosólidos para aplicación en suelos, (US EPA, CFR 40 Part 503).....	16
Cuadro 4. Límites Máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos.....	17
Cuadro 5. Restricciones de cosecha en parcelas donde se usan biosólidos Clase C como fertilizante.....	18
Cuadro 6. Restricciones al uso de biosólidos Clase B, de acuerdo a la Norma Americana (Parte 503).....	20
Cuadro 7. Restricciones (distancias de separación de sitios de aplicación) al uso de biosólidos de acuerdo a la Norma de Canadá (Provincia de Ontario).....	21

Cuadro 8. Cobertura total del suelo en relación a la aplicación de diferentes dosis de biosólido en un pastizal degradado.....	32
Cuadro 9. Cobertura basal por especie en relación a la aplicación de diferentes dosis de biosólido en un pastizal degradado.....	34
Cuadro 10. Por ciento Proteína. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.....	34
Cuadro 11. Por ciento Cenizas. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.....	35
Cuadro 12. Por ciento Extracto Etéreo. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.....	36
Cuadro 13. Por ciento Fibra. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.....	36
Cuadro 14. Producción.....	39
Cuadro 15. Proteína.....	45
Cuadro 16. Rendimiento Ton /ha, repetición 1.....	55

Cuadro 17. Rendimiento Ton /ha, repetición 2.....	55
Cuadro 18. Rendimiento Ton /ha, repetición 3.....	55
Cuadro 19. Rendimiento Ton /ha, repetición 4.....	56
Cuadro 20. Cobertura por especie.....	56
Cuadro 21. Dosis Aplicadas a los Diferentes Tratamientos.....	57

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Croquis de las Parcelas de 5 x 5 en un Diseño de Bloques al azar con 4 Repeticiones.....	26
Figura 2. Corte del pasto al ras del suelo.....	27
Figura 3. Cobertura basal por especies.....	28
Figura 4. Producción en Ton/ha.....	30
Figura 5. Porcentaje de Proteína.....	35
Figura 6. Proteína.....	45

Resumen.

Palabras clave: biosólidos, *Boutelova gracilis*, *Aristida curvifolia*, *Erioneurion pilosum*, producción, cobertura basal.

Abstract.

Key word, biosolids, *Bouteloua gracilis*, *Aristida curvifolia*, *Erioneurion pilosum* production, basal cover.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales áridos y semiáridos del Norte de México han tenido un largo historial de uso a través del apacentamiento de herbívoros domésticos. Durante este tiempo, estos pastizales han sido degradados. Esta degradación ha sido atribuída a factores tales como sobrepastoreo, ausencia de fuego y la interacción con el aspecto climático. Estos ecosistemas han experimentado una reducción en su biodiversidad, producción, cubierta vegetal y consecuentemente un incremento del suelo desnudo.

Ante este escenario se hace patente la rehabilitación de la funcionalidad de estos ecosistemas, a partir de la recuperación del suelo. Una alternativa es a través de la fertilización por medio de la aplicación de los biosólidos. Los biosólidos son considerados como lodos que han sido sometidos a proceso de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas pueden ser susceptibles de aprovechamiento. La meta de este trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de biosólidos sobre un pastizal degradado. Los objetivos fueron: i) determinar si existe un incremento de la producción de forraje por la aplicación de biosólidos, ii) evaluar la cobertura del suelo y la cobertura basal de especies clave en respuesta a la aplicación de biosólidos y iii) Estimar el valor nutritivo del pastizal siguiente a la aplicación de biosólidos.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Definición

Los biosólidos o lodos orgánicos son un subproducto de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) conocido como “biosolids” o “sewage sludge” en otros países (Jurado *et al* 2004.)

2. Legislación ambiental de los biosólidos

Los biosólidos por ser el resultado de un proceso de estabilización actualmente representan un problema de tipo ambiental debido a su contenido de contaminantes como metales pesados y microorganismos patógenos. Para su aprovechamiento como mejorador de suelo o fertilizante, los biosólidos deben ser declarados “no peligrosos” para el ambiente y humano; en base al análisis de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, infiltrabilidad y biológico-infeccioso (CRETIB) de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) de la SEMARNAT.

Para ello se decreto la norma oficial mexicana sobre lodos y biosólidos. La Norma Oficial Mexicana NOM-004-semarnat-2002 (semarnat 2003) Protección Ambiental – Lodos y Biosólidos – Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición fiscal, fue publicada en el Diario oficial de la Federación el 15 de agosto del 2003. Dicha norma contiene los lineamientos para el manejo y disposición de lodos y biosólidos en México. Por otra parte se considero que las tres opciones de manejo para el uso y la depuración final de biosólidos son la confinación en rellenos sanitarios, la incineración y la reutilización en agricultura y bosques (Jurado *et al.*, 2004.)

3. Características de los biosólidos

Durante el tratamiento del agua residual, el material sólido o semi-sólido se remueve produciendo agua limpia como producto principal y el sub-producto es un material rico en materia orgánica y nutrientes. Este subproducto es tratado por diferentes métodos (como la aplicación de cal, la digestión anaeróbica, etc.) para reducir los niveles de patógenos y la atracción de vectores transmisores de enfermedades a niveles que son seguros para el hombre y los animales. Una vez que este material ha pasado todo este proceso se le conoce como biosólidos y deja de ser un desecho para ser un recurso útil que puede ser utilizado en la agricultura, en los jardines e invernaderos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

3.1. La principal característica física

Es el contenido de sólidos o humedad, dependiendo del método de tratamiento y deshidratado, el porcentaje de sólidos varía del 5 al 90 por ciento. Cuando el contenido de sólidos es muy bajo, los biosólidos son de aspecto casi líquido y a medida que los sólidos aumentan, su aspecto cambia a una masa sólida, suave como lodo. Respecto al color de los biosólidos es negro y el olor fuerte. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Ya que parte de las aguas residuales son de uso doméstico, los biosólidos generalmente contienen los cuatro principales tipos de organismos patógenos que atacan al ser humano: bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Sin embargo, mediante el proceso de estabilización que reciben los biosólidos el contenido de patógenos se reduce a niveles que los hacen no peligrosos cuando se usan en la agricultura. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

3.2. La composición química de los biosólidos

Hace que sean atractivos para la aplicación en terrenos agrícolas. Los biosólidos contienen nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y materia orgánica que mejora las condiciones del suelo. En general, los biosólidos son ricos en nitrógeno y fósforo y una tonelada de biosólidos puede tener hasta 176 kg. de nitrógeno y 143 kg. de fósforo, además de contener otros nutrientes esenciales como zinc y cobre, entre otros. El (Cuadro 1) muestra el rango y el valor típico del contenido de nutrientes en los biosólidos y en el estiércol animal. El contenido de materia orgánica de los biosólidos es alto y puede llegar al 70 por ciento. Esto es de gran beneficio ya que la materia orgánica, además de liberar nutrientes al descomponerse, mejora la estructura el suelo y su capacidad de infiltración y retención de agua. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Cuadro 1. Composición química de los biosólidos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Nutriente		Rango	Valor típico
Nitrógeno (seco)	(% peso)	<0.1 - 17.6	3.0
Fósforo	"	<0.6 - 1.5	1.0
Potasio	"	0.02 - 2.6	0.3
Calcio	"	0.1 - 2.5	4.0
Magnesio	"	0.03 - 2.0	0.4
Fierro	"	<0.1 - 15.3	1.7
Manganeso (seco)	(mg/kg peso seco)	18 - 7,100	250
Molibdeno	"	2 - 976	10
Zinc	"	101 - 27,800	1200
Cobre	"	608 - 3,120	750
Boro	"	4 - 757	25

3.3. pH de los biosólidos

Este cambia de acuerdo al tratamiento de estabilización. Cuando son estabilizados mediante un tratamiento alcalino (cal) el pH se incrementa a 12 durante el tratamiento, posteriormente el pH baja llegando a un valor de 8 el cual es similar al de los biosólidos digeridos anaeróbicamente. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

4. Estabilización de los biosólidos

El propósito de la estabilización de los lodos es reducir en etapas subsecuentes el proceso de biodegradación de los compuestos orgánicos, la estabilización puede ser efectuada por procedimientos de tipo biológico o bien químico. La mayoría de los procesos de estabilización causan al mismo tiempo una desactivación de los organismos patógenos y virus. Esta condición de lodos estabilizados también reduce la atracción de vectores, como son las moscas, roedores y todos aquellos animales que pueden ser atraídos por los lodos no

estabilizados y que son capaces de transmitir enfermedades infecciosas. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

En el proceso de estabilización biológica, la materia orgánica contenida es reducida por una degradación biológica, en un proceso controlado. Comúnmente los lodos de las aguas residuales doméstico-municipal son estabilizados biológicamente en forma líquida, en digestores anaeróbicos en el que la producción de gas metano se da como producto resultante y un menor volumen de lodos se genera al final del proceso. Los lodos líquidos pueden también ser estabilizados biológicamente en digestores aeróbicos, en los cuales se requiere la adición de oxígeno. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Otro proceso muy conocido es el composteo, proceso biológico que permite la estabilización de lodos ya desaguados. Este proceso de composteo es ordinariamente un proceso aeróbico, que se lleva a cabo con la adición de otros materiales acondicionadores, tales como madera astillada o bien materia orgánica ligeramente gruesa, que mejora la estructura y permite la aireación. La composta muestra temperaturas denominadas termofílicas (± 55 C) debido al calor generado por las reacciones bioquímicas facilitadas por los microorganismos presentes. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

La estabilización química de los lodos, es efectuada no como un proceso para reducir la cantidad de materia orgánica biodegradable, sino para crear condiciones que inhiban la acción de los microorganismos, y de esta manera retardar la degradación de la materia orgánica y prevenir la generación de olores. La manera más común de estabilización química es la de elevar el pH de los lodos, utilizando cal o material alcalino. Los lodos pueden ser químicamente estabilizados en forma líquida o desaguados. Cuando se lleva a cabo la estabilización con lodos

desaguados, la reacción exotérmica de la cal con el agua presente, causa un calentamiento que ayuda a destruir los organismos patógenos y evaporar el agua. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Dependiendo de los procesos de estabilización y reducción de atracción de vectores utilizados, los biosólidos pueden ser de clase A o B. Los biosólidos de clase A prácticamente están libres de patógenos por lo que no hay ninguna restricción en cuanto a su uso y tiempos de espera para cosechar los cultivos, incluso se utilizan en jardines de casa y parques públicos sin ninguna restricción. Tal es la reducción de patógenos de los biosólidos clase A que pueden ser tratados y manejados como un fertilizante convencional. Por otra parte, los biosólidos clase B contienen mayores cantidades de patógenos, y aunque no presenten riesgos de salud, estos se utilizan sólo con fines agrícolas y no para jardines o parques. Cuando se usan biosólidos clase B, se tienen restricciones en cuanto al tiempo de cosecha para eliminar todo riesgo de salud. Dependiendo del tipo de cultivo las restricciones de tiempo de cosecha varían desde 30 días a 38 meses. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

5. Opciones de uso y desecho de biosólidos

Los biosólidos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser removidos continuamente de ellas para evitar grandes acumulaciones que entorpezcan las operaciones de las plantas. Así, los biosólidos removidos pueden ser desechados o utilizados benéficamente, sin embargo, cualquiera que sea la elección debe ser económica y ecológicamente viable. Los métodos de desecho de los biosólidos son básicamente la incineración, el confinamiento en rellenos sanitarios y la incorporación en suelos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

5.1. Incineración

La incineración de biosólidos consiste en la práctica de quemarlos en un horno cerrado a altas temperaturas reduciéndolos a cenizas. Los sistemas de incineración constan del incinerador más equipos de control de contaminación del aire que atrapan pequeñas partículas y los metales adheridos en ellas y en los gases emitidos durante la combustión de los biosólidos. La incineración presenta ventajas y desventajas. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Ventajas:

- La ceniza resultante de la quema tiene un volumen considerablemente menor que los biosólidos lo que facilita su desecho final, especialmente en donde no ha áreas disponibles para confinar o utilizar los biosólidos.
- Es una forma de desechar los biosólidos que no reúnen la calidad para su uso en actividades agropecuarias.
- Si la ceniza no se clasifica como peligrosa se puede utilizar en productos de construcción como ladrillos o desecharla en rellenos sanitarios.

Desventajas:

- Puede producir contaminación del aire por los gases y ceniza que se liberan durante la combustión.
- Hay presencia de malos olores si la combustión no es adecuada.
- Los costos de operación son altos.
- Los incineradores requieren mantenimiento frecuente.

5.2. Confinamiento en rellenos sanitarios

Otro método de desecho de los biosólidos es su confinamiento en áreas dedicadas para este fin. Las ventajas y desventajas del desechar los biosólidos en áreas de confinamiento son: (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Ventajas:

- Se pueden mezclar con otro tipo de desechos sólidos, por ejemplo, basura.
- Se pueden utilizar como la última capa de los rellenos sanitarios, lo que promovería el establecimiento de vegetación sobre estas áreas.
- Se puede desechar biosólidos que no cumplen con los requerimientos para la aplicación en terrenos agropecuarios y forestales.

Desventajas:

- Puede ocurrir contaminación de mantos acuíferos por lixiviación de metales pesados y nitratos contenidos en los biosólidos.
- Difícil de maniobrar especialmente con biosólidos con alto contenido de humedad.
- Requiere de mucha maquinaria.
- La maquinaria requiere de limpieza diaria.
- Mucha mano de obra.
- Altos costos de operación.

5.3. Incorporación en suelos

El uso benéfico de los biosólidos se refiere a tomar ventaja de su contenido de nutrientes y materia orgánica y aprovecharlos como fertilizante orgánico y mejorador de suelo o elaborar composta. Bajo este punto de vista los biosólidos en lugar de ser un desecho se consideran como un valioso recurso para la producción agropecuaria

y forestal. Los métodos de uso benéfico de biosólidos comprenden la aplicación de biosólidos en terrenos agropecuarios y forestales y la producción de composta. A continuación se da una breve descripción de ellos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

5.4. Aplicación de biosólidos en terrenos agropecuarios y forestales

Este método de utilización de biosólidos se refiere a la aplicación de biosólidos en terrenos agrícolas, de pastizal y forestales con el objetivo de acondicionar el suelo y/o fertilizar los cultivos o la vegetación que crece en ellos. La aplicación de los biosólidos en terrenos agrícolas puede ser: 1) Esparciéndolos o asperjándolos sobre la superficie e incorporarlos con un rastreo dentro de las 24 horas siguientes o dejándolos sobre la superficie cuando la incorporación no es posible como en terrenos de pastizal o forestales. 2) inyectándolos directamente bajo la superficie del suelo sin necesidad de otra labor de labranza. Los biosólidos líquidos se aplican con equipo especializado en tanto los desecados se esparcen con equipo similar a una "estercoladora" convencional. Actualmente el uso benéfico de biosólidos esta incrementándose en tanto el desecho esta disminuyendo. La aceptación del uso benéfico es debido a que representa un ahorro de dinero para los agricultores y menor costo para los gobiernos, es ecológicamente seguro porque sólo se aplica la tasa agronómica requerida por el cultivo, lo que minimiza el riesgo de contaminación de las fuentes de agua y los biosólidos utilizados cumplen con la ley respecto al contenido de metales pesados, patógenos y poder de atracción de vectores diseminadores de patógenos por lo que no representan peligro para la población y el medio ambiente. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

5.5. Producción de composta

Otra forma de dar un uso benéfico a los biosólidos es la producción de composta. En este proceso los biosólidos se mezclan con un material acondicionador (paja de cereales, hojas, aserrín, astillas de madera, etc.) y se controla el contenido de humedad y circulación de aire para promover la actividad microbiana que reduce la masa de biosólidos y eleva la temperatura eliminando los patógenos presentes. La ventaja de este método es que la composta producida puede ser utilizada en terrenos agrícolas, jardines y parques. La desventaja puede ser el costo de producción y la falta de mercado. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

6. Aplicación de biosólidos en suelos agrícolas

Como se indicó anteriormente la aplicación de biosólidos a terrenos agrícolas es el esparcido, asperjado o inyectado de biosólidos sobre o debajo de la superficie del suelo con el propósito de fertilizar los cultivos y/o vegetación y mejorar el suelo. Los biosólidos utilizados con este fin cumplen con los estándares de calidad respecto a contenido de metales y patógenos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

6.1. Beneficios

Para los agricultores los beneficios obtenidos de la aplicación de biosólidos es el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo que se traducen en un mayor rendimiento de los cultivos. Los beneficios se pueden resumir de la siguiente manera:

6.2. Incorpora materia orgánica

- Mejora las propiedades físicas del suelo.
- Aumenta la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua de suelo.
- Mejora la estructura del suelo ya que al descomponerse los biosólidos se liberan sustancias que unen las partículas del suelo.
- Disminuye la erosión del suelo al aumentar la cobertura vegetal lo que reduce el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y el escurrimiento superficial.
- Los suelos se cultivan con más facilidad.

6.3. Mejora la fertilidad del suelo

- Incorpora nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en formas fácilmente aprovechables por la planta, lo que significa una mayor fertilidad del suelo.
- Los nutrientes del suelo son liberados más fácilmente.
- El costo del suministro de los nutrientes es menor en comparación con los fertilizantes inorgánicos ya que en muchas ciudades los biosólidos son gratuitos.

6.4. Mejora las propiedades biológicas

- Aporta carbón y nitrógeno lo que estimula la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica del suelo.
- Incrementa la actividad de las lombrices de tierra mejorando las características físicas del suelo.

6.5. Beneficios para la Sociedad

- Los costos son menores cuando los biosólidos se utilizan en la agricultura que cuando se desechan mediante la incineración o confinamiento.
- Reduce la necesidad de buscar lugares apropiados para confinar los biosólidos.
- Se reduce la contaminación de aire y agua al evitar la incineración o la acumulación de grandes cantidades de biosólidos en una pequeña área lo que aumenta el riesgo de que se lixivien al acuífero nutrientes y metales pesados en cantidades que son contaminantes.
- Se reduce el uso de fertilizantes inorgánicos.
- Se reduce los olores que se producen al almacenar grandes cantidades de biosólidos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

7. Normatividad

7.1. Norma Mexicana

Para que los lodos de plantas tratadoras de agua residual sean usados benéficamente en suelos agrícolas deben cumplir con ciertas normas o leyes. La Norma en México que regulará el uso de los biosólidos está actualmente en proceso y en ella se ha incorporado la experiencia de un gran número de países en el mundo y en lo particular de los Estados Unidos y Canadá. En la reglamentación Mexicana se establecerán los valores máximos permitidos de metales pesados y de organismos patógenos contenidos en los biosólidos, así como las disposiciones para su manejo y aprovechamiento. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

7.2. Metales pesados

Los biosólidos por su origen, pueden contener metales pesados además de los nutrimentos para las plantas. La concentración de estos metales define el destino de estos materiales. En el (Cuadro 2). Se presenta la clasificación de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, en la cual se distinguen dos tipos: Excelentes y Buenos. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Cuadro 2. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos.
(<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Contaminante Determinados En forma total	Excelentes mg/kg base seca	Buenos mg/kg base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cromo	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Niquel	420	420
Zinc	2800	7500

Adaptado de: NOM-004-ECOL-2003

Las concentraciones más bajas de metales en los biosólidos (Calidad Excelente), indican que pueden utilizarse sin restricción y ser distribuido a todo el público. Cuando las concentraciones exceden a la calidad Excelente, pero es menor que los Buenos, estos biosólidos pueden utilizarse agrícolamente, en recuperación de paisajes o usos forestal. Si un elemento excede los límites, este material no debe llamarse o considerarse biosólidos y no puede aplicarse a tierras de cultivo.

7.3. Normas Internacionales

En los Estados Unidos de América, la norma que rige el uso de biosólidos es la conocida como Parte 503 del Código Federal de Regulaciones 40. Algunos puntos relevantes de esta Norma en relación al uso de biosólidos en suelos agrícolas son:

- Se especifican los valores límites de metales pesados en biosólidos, y clasifica a los biosólidos por la concentración de estos elementos.
- Establece límites y clasifica a los biosólidos por la presencia de organismos patógenos.
- Contiene procedimientos para reducir la atracción de agentes transmisores de patógenos.
- Menciona el criterio para calcular las dosis de aplicación de biosólidos que minimicen la contaminación del acuífero por lixiviación de nitratos.

(<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

7.4. Metales Pesados

De acuerdo a la Norma Americana, si la concentración media mensual de metales en los biosólidos es menor a los valores de la columna 2 (Cuadro 3), los biosólidos se clasifican de "Excelente calidad" (EC) y pueden aplicarse en suelos agrícolas sin más restricciones por metales pesados. Si la concentración de algún metal supera el límite de EC, pero es menor a los valores límite de la columna 1 (Cuadro 3), los biosólidos se clasifican como de "No excelente calidad" (NEC).

Estos biosólidos pueden aplicarse al suelo, pero debe registrarse la cantidad total aplicada al suelo en kg/ha de cada metal; cuando alguno de los metales rebasa

el valor límite acumulado de la columna 3 (Cuadro 3), entonces debe suspenderse la aplicación de biosólidos en dicho predio de por vida.

Los límites contenidos en la Norma Americana están basados en estudios de riesgos a la salud; esto es, asumiendo aplicaciones anuales de 10 ton/ha (peso seco) de biosólidos de excelente calidad al mismo suelo durante 100 años, no se rebasarían los valores límite de la columna 3 (Cuadro 3).(<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Cuadro 3. Límites permisibles de metales pesados en biosólidos para aplicación en suelos, (US EPA, CFR 40 Part 503).

Metal	(1)	(2)	(3)
	No Excelente Calidad (NEC) Mg/kg	Excelente calidad (EC) Mg/kg	Tasa acumulativa máxima Kg/ha
Arsénico	75	41	41
Cadmio	85	39	39
Cromo	3000	1200	3000
Cobre	4300	1500	1500
Mercurio	840	300	300
Níquel	57	17	17
Plomo	420	420	420
Zinc	7500	2800	2800

7.5. Patógenos y parásitos

Basado en el contenido microbial, la Norma Oficial Mexicana estableció tres categorías: Clase A, B y C. Los biosólidos Clase A y B, son materiales con niveles muy bajos de patógenos, existiendo únicamente diferencias en el número de huevos

viabiles de helmintos entre ellos, como lo muestra el (Cuadro 4). Los biosólidos Clase A, pueden ser aplicados en la misma forma que los fertilizantes comerciales (agricultura, jardines, parques públicos, etc.) sin las restricciones que gobiernan los biosólidos Clase C. Se sabe que los procesos para elaborar los biosólidos Clase C tienen como objetivo reducir el indicador bacteriológico por debajo de 2,000,000 de coniformes fecales por gramo de peso seco (las bacterias no patogénicas, coniformes fecales comunes que provienen del intestino humano, son considerados como “organismos indicadores” para mostrar con que eficiencia el tratamiento elimina todos los patógenos). Para los lodos Clase C, los tratamientos aprobados incluyen la digestión aeróbica y anaeróbica, el composteo, tratamientos con calor y secado. Estos tratamientos pueden reducir drásticamente el conteo bacterial. De acuerdo a la USEPA en USA, las aguas residuales crudas contienen típicamente cerca de 1,000,000,000 de las bacteria coliformes fecales por 100 ml de agua residual; en los biosólidos tratados varían de 30,000 a 6,000,000 por 100 ml. También, 100 ml de agua residual cruda contiene un promedio de 8,000 bacterias de Salmonella, mientras que en los biosólidos tratados varían entre 3 a 62 unidades. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Cuadro 4. Límites Máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos.

Clase	Indicador Bacteriológico de contaminación	Patógenos	Parásitos
	Coniformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp NMP/en base seca	Huevos de helmitos/g En base seca
A	Menos de 1000	Menor de 3	Menor de 1 ^(a)
B	Menos de 1000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menos de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

Una preocupación importante con los biosólidos Clase C, son los huevos de helmintos, los cuales pueden sobrevivir al tratamiento aplicado a los lodos. Para

prevenir la transmisión de éstos y otros organismos resistentes, los agricultores deberán esperar el tiempo necesario, como se sugiere en el (Cuadro 5), antes de cosechar los cultivos en las tierras que recibieron esta clase de biosólidos, esto es, los patógenos son eliminados por exposición al sol, condiciones de humedecimiento y secado, pH desfavorable y otros factores ambientales.

Cuadro 5. Restricciones de cosecha en parcelas donde se usan biosólidos clase C como fertilizante. (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Cultivos con partes comestibles en contacto con el suelo	Cosechar 14 meses después de la aplicación
Cultivos con partes comestibles subterráneas	Cosechar 20 meses después de la aplicación, si los biosólidos se expusieron cuando menos cuatro meses antes de ser incorporados al suelo Cosechar 38 meses después, si la incorporación de biosólidos se hizo antes de cuatro meses
Otros cultivos comestibles, forrajes, fibras y praderas para pastoreo.	Cosechar 30 días después de la aplicación
Sitios con alto potencial de acceso público (parques, campos de golf, etc.)	Restringir el acceso por un año
Sitios con bajo potencial de acceso público (aéreas agrícolas).	Restringir el acceso 30 días después de la aplicación de biosólidos.

7.6. Contenido de Patógenos

De acuerdo al contenido de patógenos, los biosólidos son clasificados en la Parte 503 en Clase A (menos de 1000 coliformes fecales/100 gr. de sólidos -peso seco- o menos de 3 salmonelas/4 gr. de sólidos -peso seco-), o Clase B (menos de 2,000,000 de coliformes fecales/100 gr. de sólidos -peso seco-).(<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

Los biosólidos Clase A se obtienen mediante procesos adicionales a la estabilización para reducir significativamente los patógenos, por ejemplo tratamientos con calor, pasteurización o composteo. Esta clase de biosólidos puede aplicarse prácticamente sin restricciones, aún en parques públicos y jardines. Los biosólidos Clase B son los que comúnmente se producen en las plantas tratadoras de agua residual después del proceso de estabilización. Esta clase de biosólidos puede aplicarse en suelos agrícolas con las restricciones que se anotan en el (Cuadros 6 y 7). Para reducir la característica de los biosólidos de atraer agentes transmisores de patógenos (moscas y otros insectos), la Norma Americana establece, entre otras cosas:

- Que los sólidos volátiles sean menores al 38%.
- Que el pH sea elevado y mantenerse en 12 o más por 2 horas con la adición de cal, y permanecer a 11.5 o más por 22 horas adicionales sin añadir más cal.
- Inyectar los biosólidos bajo la superficie del suelo.
- Cuando los biosólidos son esparcidos sobre la superficie del suelo, deben incorporarse dentro de seis horas después de la aplicación.

Cuadro 6. Restricciones al uso de biosólidos Clase B, de acuerdo a la Norma Americana (Parte 503). (<http://www.coecyt-coah.gob.mx>).

	Restricción
Frutos con partes comestibles en contacto con la mezcla suelo-biosólido	<ul style="list-style-type: none"> • Cosechar después de 14 meses de aplicados los biosólidos
Frutos con partes comestibles subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> • Si la incorporación se realiza a los 4 meses o más después de la aplicación de los biosólidos: Cosechar después de 20 meses de la aplicación • Si la incorporación se realiza antes de 4 meses después de la aplicación de los biosólidos: Cosechar después de 38 meses de la aplicación
Cultivos comestibles, forrajes, fibras	<ul style="list-style-type: none"> • Cosechar después de 30 días de aplicados los biosólidos
Pastos para forraje	<ul style="list-style-type: none"> • Pastar ganado después de 30 días de aplicados los biosólidos
Sitios con alto potencial de acceso público (parques)	<ul style="list-style-type: none"> • Restringir el acceso por un año después de aplicados los biosólidos
Sitios con bajo potencial de acceso público (tierras de cultivo)	<ul style="list-style-type: none"> • Restringir el acceso por 30 días después de aplicados los biosólidos

Con el objeto de evitar riesgos de contaminación del acuífero por la lixiviación de nitratos, la Parte 503 establece que los biosólidos deben ser aplicados en tal cantidad que aporten sólo el nitrógeno que el cultivo requiere para alcanzar un rendimiento esperado. Por lo anterior, para formular una dosis de biosólidos se requiere la siguiente información:

- Concentración de nitrógeno en el biosólido,
- Concentración de nitrógeno residual en el suelo,
- Cantidad de nitrógeno inorgánico que aporta el agua de riego,
- Cantidad de nitrógeno que requiere el cultivo para alcanzar un rendimiento esperado o potencial.

En la Parte 503 se establece que las parcelas que recibirán biosólidos deben estar a más de 10 m de aguas naturales. Adicionalmente, la norma de Canadá regula distancias de separación en parcelas tratadas con biosólidos, de la siguiente manera:

Cuadro 7. Restricciones (distancias de separación de sitios de aplicación) al uso de biosólidos de acuerdo a la Norma de Canadá (Provincia de Ontario)

	Restricción
Manto freático	• 0.9 m (medidos verticalmente)
Roca madre	• 1.5 m (medidos verticalmente)
Pozos de bombeo con profundidad mayor de 15 m.	• 15 m (medidos horizontalmente)
Pozos de bombeo con profundidad mayor de 15 m.	• 15 m (medidos horizontalmente)
Pozos de bombeo con profundidad menor de 15 m.	• 90 m (medidos horizontalmente)
Casas habitación	• 90 m
Área Urbana	• 450 m

8. Aplicación de biosólidos en pastizales

El uso de biosólidos como fertilizante y/ o mejorador de los suelos ha sido evaluado en pastizales áridos y semiáridos. Los biosólidos aplicados superficialmente en dosis moderadas han mostrado efectos benéficos en la

funcionalidad de estos ecosistemas degradados (White et al 1997, Walton et al. 2001 Jurado 2003, Jurado et al. 2004).

Fresquez et al. (1990) reporta un incremento en la producción y calidad del forraje de *Bouteloua gracilis* como un resultado de la aplicación de biosólidos a niveles de 45 y 90 ton ha¹ en un pastizal semiárido.

Brenton y Wester (1998) mencionan un incremento en la producción de *Hilaria mutica* en respuesta a una aplicación de 7.28 y 34 ton ha⁻¹. *Hilaria mutica* incrementa su altura de la planta, 25.5, 26.6 y 27.0 cm respectivamente los cuales fueron más altos que a tasas de 0 y 17 ton ha⁻¹ dado que la respuesta es de 23.1 y 23.6 cm. respectivamente. Una respuesta similar ocurre con *Obolus airoides* observándose un incremento de altura mayor cuando se aplica en julio. Sin embargo en ambas especies la respuesta es mayor cuando se aplica durante la época de letargo.

Mata et al. (2001) reportan que la fitomasa aérea de *Bouteloua gracilis* e *Hilaria mutica* incrementa como un resultado de aumentar los niveles de biosólidos e irrigación. Así mismo es afectada por la estación de aplicación siendo mayor cuando se aplica en primavera que en verano. Plantas tratadas en primavera tuvieron un 100 por ciento y 200 por ciento más fitomasa aérea que plantas tratada en verano a tasas de 34 y 90 ton ha⁻¹ o menores la estación de aplicación no produce diferencias.

Pierce et al. (1998) aplicaron tasas de biosólidos de 0 a 40 ton ha⁻¹ sobre un matorral de *Artemisia spp*. La aplicación de biosólidos incrementa la fitomasa de las gramíneas hasta un 300 por ciento a tasas de 25 ton ha⁻¹ de biosólidos después de dos años de su aplicación. A nivel especie se reportó un incremento de 60 y 70 % en la concentración de N en especies tales como., *Agropyron smithii*, *A. spicatum* y

Orizopsis hymenoides, por lo que la cantidad y calidad nutritiva de algunas gramíneas mejoran tanto para el ganado como para la fauna silvestre, con la aplicación de biosólidos.

La cubierta vegetal del suelo y la producción del forraje incrementa con la aplicación de biosólidos en una comunidad de *Bouteloua –Gutierrezia* (Fesques et al 1990). La cobertura y producción de *Bouteloua gracilis* incremento de 2 a 3 veces más que el control, mientras que la densidad de *Gutierrezia sarothrae* decrece. La mejor respuesta resultó con tasas de aplicación de 22.5 y 45.0 ton ha⁻¹ de biosólidos.

En los pastizales semiáridos de Sierra Blanca, Texas (Rostagno y Sosebee, 2001 a) evaluaron los efectos de la aplicación superficial y única de lodos orgánicos en dosis de 7, 18, 34 y 90 Mg.Ha⁻¹ sobre la hidrológica de dos tipos de suelo. Las evaluaciones se realizaron en áreas recién tratadas y en áreas tratadas 18, 12, o 6 meses atrás con lodo orgánico y simulación de lluvia. Las concentraciones P en el agua de escurrimiento sobrepasaron los límites (0.03 mg.L⁻¹) establecido para la eutrificación de agua dulce.

Las concentraciones de N y algunos metales en el agua de escurrimiento después de la aplicación superficial de lodos orgánicos en pastizales de Colorado en dosis hasta 41 Mg.Ha⁻¹ se estimaron por de bajo de los límites tóxicos para ganado (Harris- Pierce et al, 1995).

En estudios realizados en New México para evaluar los efectos a largo plazo (8 años) de la aplicación superficial de lodos orgánicos en pastizales semiáridos (White et al, 1997) se reporta resultados favorables en algunas propiedades del suelo.

Los efectos de lodos orgánicos sobre las propiedades químicas de los suelos en pastizales han sido documentados en algunos trabajos desde los años 80s hasta la fecha. En un pastizal degradado de zacate navajita, la aplicación de lodos orgánicos en dosis de 22.5 hasta 90 Mg.Ha⁻¹ mostró resultados muy promisorios para la utilización de nutrientes en pastizales nativos (Fresquez et al., 1990) ya que se obtuvieron incrementos en el contenido de suelo de algunos macro y micro nutrientes en el suelo.

La evaluación de los efectos de aplicación de lodos orgánicos en pastizales se inicio en la década de los 80s en New México (Whitford, 1989) donde se evaluó la aplicación superficial única de 1 Mg.Ha⁻¹ de lodos orgánico domésticos en unos pastizales degradados de navajita (*Bouteloua gracilis*).

Whitford (1989) al aplicar lodos orgánicos en dosis de 1 Mg.Ha⁻¹ en pastizales de navajita no detectó efectos positivos sobre el pastizal. Sin embargo, investigaciones recientes con dosis más altas (7-90 Mg.Ha⁻¹) han encontrado incrementos en la producción de forraje en gramíneas (C3 y C4) (Fresquez et al. 1990).

MATERIALES Y MÉTODOS

9.- Descripción general del área de estudio

La aplicación de los lodos orgánicos se estableció en el Rancho “Los Ángeles” propiedad de la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, en el cual se encuentra situado a 34 Km. al Sur de Saltillo, Coah. México, por la carretera Saltillo Concepción del Oro, Zacatecas.

En noviembre de 2004, biosólidos deshidratados fueron aplicados sobre la superficie en un pastizal mediano abierto en condición regular. El sitio de pastizal se encuentra en un potrero del rancho Los Ángeles ubicado en las coordenadas geográficas 26° 26' de latitud norte y 101° 06' de Longitud Oeste a una altitud de 1200 msnm. Presenta una precipitación promedio anual de 300 mm siendo el período de precipitación de mayo a septiembre y con una temperatura extremosa. Cuenta con una extensión total de 6478 Ha, divididas en 20 potreros de diferentes dimensiones. Esta superficie está compuesta por mas de 35 por ciento de sierra, 10 por ciento de lomeríos y 55 por ciento de valles.

Los biósólidos fueron aplicados a tasas de 0 (testigo), 30, 60, 90 y 120 Mg ha⁻¹ en parcelas de 5 x 5 en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones (Figura 1). En el potrero No. 10, se procedió a cortar el pasto al ras del suelo implementando un tractor con una chapoliadora (Figura 2). El área fue cercada para prevenir el apacentamiento por bovinos. El sitio se clasifica como un pastizal mediano abierto conformado por *Bouteloua gracilis*, *Aristida curvifolia*, *Erioneron pilosum*, *Sitanion hystix*, *Panicum halli*, *Stipa tenuissima* entre otros.

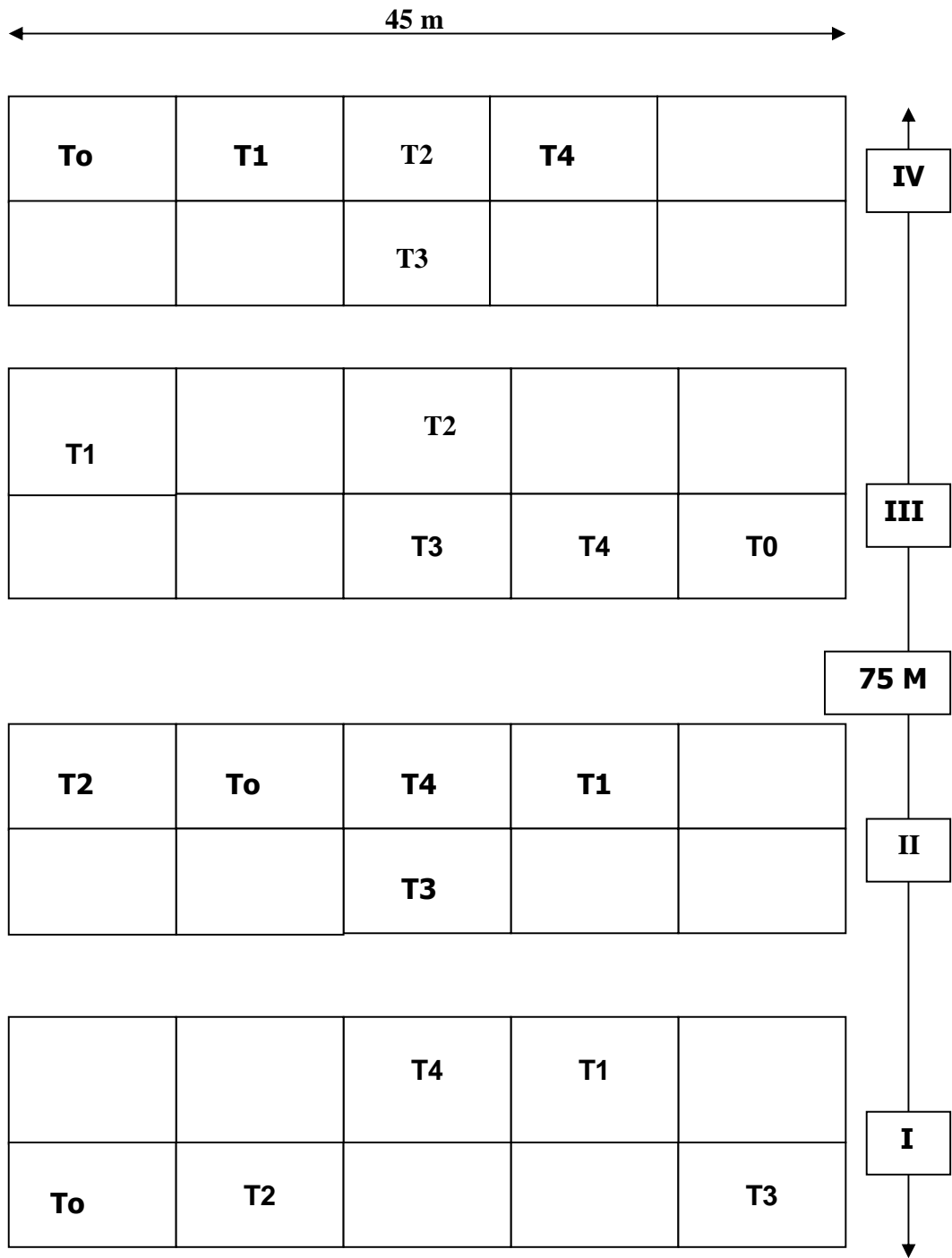


Figura 1. Croquis de las Parcelas de 5 x 5 en un Diseño de Bloques al azar con 4 Repeticiones.

Carretera Saltillo - Hedionda



Figura 2. Corte del pasto al ras del suelo.

La producción de forraje fue determinada por el método de parcela al final de la estación de crecimiento. En cada uno de los 20 tratamientos, un cuadrante de 0.25 m^2 fue tirado al azar y 3 repeticiones por tratamiento fueron cosechadas, para posteriormente ser secado en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60°C por 48 horas y pesado posteriormente.

La cobertura basal de *Bouteloua gracilis*, *Aristida curvifolia* y *Erioneuron pilosum*, fue determinada antes y después de la aplicación de biosólidos. La cobertura basal de estas especies fue medida cortando la planta al ras del suelo y midiendo el macollo al centímetro más cercano (0.1) para después aplicar la fórmula de $A = \pi r^2$ para estimar la cobertura por especie. Para evaluar y monitorear su cobertura basal se colocaron estacas enterradas para localizarlos posteriormente los mismos individuos por especie (Figura 3).



Figura 3. Cobertura basal por especies.

La cobertura del suelo fue evaluada a través de la línea de Canfield (1941) antes y después de la aplicación de los biosólidos. Las líneas fueron de 3.0 m de longitud. En cada parcela se evaluaron 4 líneas de Canfield (1941) antes y después de la aplicación de biósolidos.

La respuesta de la vegetación, producción de forraje, cobertura basal y cobertura del suelo de los diferentes tratamientos fue analizado usando un ANVA para bloques al azar a un 5 por ciento de probabilidad. Para la comparación de medias, la diferencia significativa se realizó por medio de la prueba de Tukey.

El análisis bromatológico, se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal considerando los siguientes atributos: Cenizas (C), Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Fibra Cruda (FC) con metodologías ad oc. La respuesta de la calidad de los forrajes en los diferentes tratamientos fue analizado usando un ANVA completamente al azar a un 5 por ciento de probabilidad. Para la comparación de medias, cuando existió diferencia significativa, se realizó por medio de la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje

La aplicación superficial de biosólidos sobre la respuesta del pastizal degradado muestra un cambio ligero a un año de aplicación. La respuesta de producción de forraje a diferentes dosis de biosólidos se ve afectada significativamente a una $P < 0.05$. Dosis de 30 ton ha^{-1} de biosólidos producen $1936 \text{ kg. de MS ha}^{-1}$ el cual es 43.1 por ciento y 52.5 por ciento más con respecto a la aplicación de biosólidos de 90 y 120 ton ha^{-1} , respectivamente (Figura 4). En el pastizal sin aplicación de biosólidos se producen $1701 \text{ kg. MS ha}^{-1}$. La respuesta del pastizal al primer año de aplicación es inversa al incremento de la aplicación de biosólidos. Las diferentes dosis producen un rango de producción de $1.93 - 0.92 \text{ ton ha}^{-1}$ para dosis de 30 a 120 ton ha^{-1} de biosólidos aplicados al pastizal. Fresquez et al. (1990) reporta un incremento en la producción de *Bouteloua gracilis* con dosis de 45 y 90 ton ha^{-1} . La producción de *Bouteloua gracilis-Gutierrezia sarothrea* incremento de 2 a 3 veces más que el control, la mejor respuesta resultó con tasas de aplicación de 22.5 y 45.0 ton ha^{-1} de biosólidos (Fresquez et al. (1990). Sin embargo, en investigaciones recientes con dosis más altas ($7-90 \text{ Mg ha}^{-1}$) han encontrado incrementos en la producción de forraje en gramíneas (C3 y C4) (Fresquez et al. (1990).

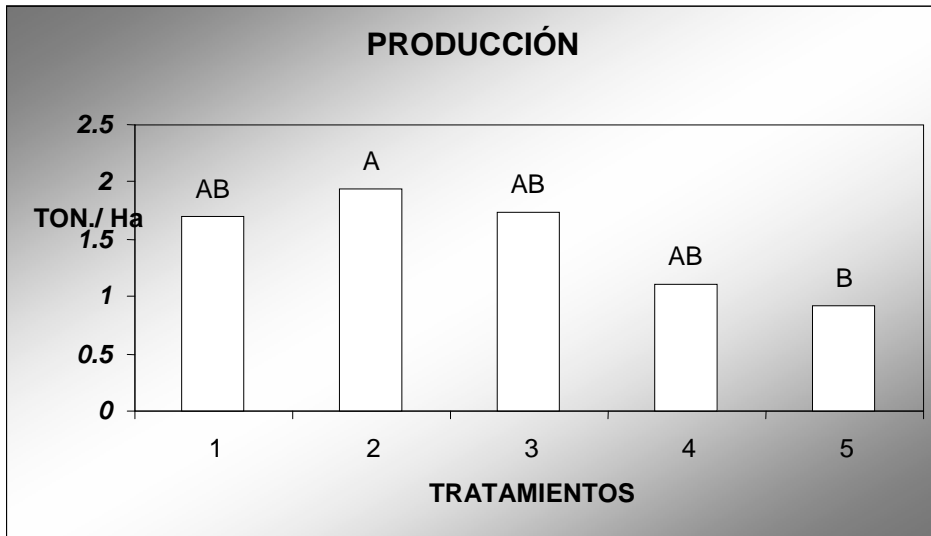


Figura 4. Producción Ton/ha.

Cobertura vegetal

A nivel comunidad se observa que existe una mejor cobertura vegetal a dosis de 30 y 60 ton ha⁻¹ de biosólidos, teniendo un cambio de 24 por ciento y 16 por ciento respectivamente (Cuadro 8). No obstante, sitios sin aplicación de biosólidos muestra un cambio de 14 por ciento en cobertura vegetal. Por otra parte, se observa que después de un año de aplicar tasas de 60 la mejor respuesta resultó con tasas de aplicación de 22.5 y 45.0; Sin embargo existe todavía hasta un 50 por ciento de biosólidos sin incorporarse al suelo, mientras que a tasas de 30 la mejor respuesta resultó con tasas de aplicación de 22.5 y 45.0, observandose una presencia aproximada de un 22 por ciento de biosólidos sobre la superficie. La cobertura vegetal del suelo se incrementó con la aplicación de biosólidos en una comunidad de *Bouteloua gracilis*- *Gutierrezia sarothrea* (Fresquez et al. (1990). La cobertura del *Bouteloua gracilis* de 2 a 3 veces más que el control, mientras que la densidad de *Gutierrezia sarothrea* decrece la mejor respuesta resultó con tasas de aplicación de 22.5 y 45.0 ton ha⁻¹ de biosólidos.

Cuadro 8. Cobertura total del suelo en relación a la aplicación de diferentes dosis de biosólido en un pastizal degradado.

Cobertura del Suelo (%)															
Atributo	t ₀			t ₁			t ₂			t ₃			t ₄		
	A	D	Dif.	A	D	Dif.	A	D	Dif.	A	D	Dif.	A	D	Dif.
Vegetación	12	26	14	12	36	24	7	23	16	12	18	6	8	16	8
Suelo desnudo	51	48	-3	57	17	-40	68	20	-48	59	14	-45	64	8	-56
Piedra	5	5	0	3	2	-1	8	4	-4	4	2	-2	4	2	-2
Mantillo	32	21	-11	28	23	-5	17	16	-1	25	12	-13	24	4	-20
Biosólidos				80	22	58	100	57	43	100	54	56	100	70	30

A = Antes

D = Después

Dif = Diferencia

Cobertura por especie

La respuesta a nivel individuo., se observa que *Bouteloua gracilis* presenta una tendencia positiva al cambio de su cobertura basal en respuesta a la aplicación de biosólidos superficiales, mientras que *Erioneuron pilosum* y *Aristida curvifolia*, muestran una tendencia negativa (Cuadro 9).

Calidad del forraje

La respuesta de la calidad de forraje en las distintas especies como consecuencia de la aplicación de biosólidos, únicamente la proteína mostró un efecto a dicha aplicación. Sin embargo, solo *Bouteloua gracilis* tiende a mostrar un efecto positivo con respecto a *Erioneuron pilosum* y *Aristida curvifolia* (Cuadro 10). En el se observa que *Bouteloua gracilis* responde a la aplicación de biosólidos hasta de un 32.59 por ciento con dosis de 120 ton ha⁻¹ con respecto al control. Existe una variación de 9.05 % a 9.88 % en proteína. (Figura 5). (Fresquez et al. (1990) Reporta un incremento en la calidad del forraje de *Bouteloua gracilis* como un resultado de la aplicación de biosólido a nivel de 45 y 90 ton ha⁻¹ en un pastizal semiárido.

Cuadro 9. Cobertura basal por especie en relación a la aplicación de diferentes dosis de biosólido en un pastizal degradado.

TRATAMIENTO	<i>Erioneuron pilosum</i>			<i>Aristida curvifolia</i>			<i>Bouteloua gracilis</i>		
	A	D	Dif.	A	D	Dif.	A	D	Dif.
t₀	11.06	27.16	16.10	6.48	8.97	2.49	7.28	18.55	11.27
t₁	31.35	28.07	-3.27	13.94	9.72	-4.22	2.43	4.00	1.57
t₂	9.16	14.31	5.15	13.55	8.44	-5.11	9.75	26.50	16.75
t₃	44.76	2.13	-42.64	9.03	9.75	0.72	14.72	19.65	4.93
t₄	17.03	11.40	-5.63	20.88	15.25	-5.63	15.77	12.84	-2.93

A = Antes

D = Después

Dif = Diferencia

Cuadro 10. Proteína. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.

TRATAMIENTO	<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Erioneuron pilosum</i>	<i>Asistida curvifolia</i>
0	6.66b	6.08ns	6.14ns
30	9.40a	4.97ns	8.81ns
60	9.63a	7.60ns	9.61ns
90	9.05a	5.05ns	8.11ns
120	9.88a	7.43ns	8.10ns

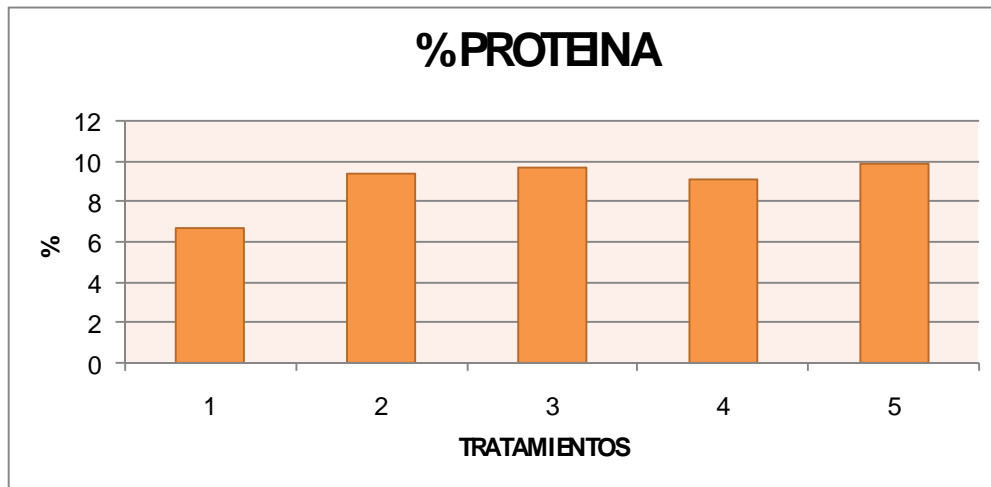


Figura 5. Porcentaje Proteína.

Con respecto a Cenizas (Cuadro 11), Extracto Etéreo (Cuadro 12) y Fibra (Cuadro 13) no se observa efecto a la aplicación de distintas dosis de biosólidos.

Cuadro 11. Cenizas. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.

TRATAMIENTO	<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Erioneuron pilosum</i>	<i>Asistida curvifolia</i>
0	11.90ns	13.13ns	8.78ns
30	10.08ns	7.51ns	8.98ns
60	9.99ns	11.19ns	8.44ns
90	11.18ns	11.83ns	8.59ns
120	10.62ns	14.32ns	8.58ns

Cuadro 12. Extracto Etéreo. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.

TRATAMIENTO	<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Erioneuron pilosum</i>	<i>Asistida curvifolia</i>
0	1.59ns	1.35ns	1.82ns
30	1.98ns	0.86ns	1.91ns
60	1.78ns	1.17ns	2.34ns
90	1.83ns	0.88ns	1.80ns
120	1.74ns	1.11ns	2.02ns

Cuadro 13. Fibra. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de biosólidos sobre tres gramíneas en un pastizal degradado.

TRATAMIENTO	<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Erioneuron pilosum</i>	<i>Asistida curvifolia</i>
0	30.52ns	21.51ns	37.42ns
30	29.91ns	14.18ns	35.15ns
60	28.99ns	21.12ns	33.22ns
90	28.24ns	10.72ns	34.81ns
120	29.09ns	20.66ns	33.45ns

CONCLUSIONES

En la producción de forraje la mejor dosis fue de 30 ton ha⁻¹ de biosólidos producen 1936 kg. MS ha⁻¹ el cual es 43.1 por ciento y 52.5 por ciento más con respecto a la aplicación de biosólidos de 90 y 120 ton ha⁻¹ respectivamente. En el pastizal sin aplicación de biosólidos se producen 1701 kg. MS ha⁻¹.

En la cobertura vegetal a dosis de 30 y 60 ton ha⁻¹ de biosólidos, teniendo un cambio de 24 por ciento y 16 por ciento respectivamente. No obstante, sitios sin aplicación de biosólidos muestra un cambio de 14 por ciento en cobertura vegetal.

En la cobertura por especie se observa que *Bouteloua gracilis* presenta una tendencia positiva al cambio de su cobertura basal en respuesta a la aplicación de biosólidos superficiales, mientras que *Erioneuron pilosum* y *Aristida curvifolia*, muestran una tendencia negativa.

En la calidad del forraje únicamente la proteína muestra un efecto a dicha aplicación. Sin embargo, solo *Bouteloua gracilis* tiende a mostrar un efecto positivo con respecto a *Erioneuron pilosum* y *Aristida curvifolia*. *Bouteloua gracilis* responde a la aplicación de biosólidos hasta de un 32.59 por ciento con dosis de 120 ton ha⁻¹ con respecto al control. Existe una variación de 9.05 por ciento a 9.88 por ciento en proteína.

Con respecto a Cenizas, Extracto Etéreo y Fibra no se observa efecto a la aplicación de distintas dosis de biosólidos.

DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: PRODUCCIÓN

TRATA.	BLOQUES			
	1	2	3	4
1	1.7850	2.2650	1.6360	1.1180
2	2.0060	2.1760	1.9940	1.5670
3	2.9840	1.3810	1.1400	1.4430
4	1.3780	1.0110	0.9350	1.0840
5	1.3170	0.9310	1.1200	0.3190

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	3.108498	0.777124	4.6183	0.017
BLOQUES	3	1.648232	0.549411	3.2651	0.059
ERROR	12	2.019234	0.168269		
TOTAL	19	6.775963			

C.V. = 27.73%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	1.701000
2	1.935750
3	1.737000
4	1.102000
5	0.921750

COMPARACIÓN DE MEDIAS (TUKEY)

TRATAMIENTO	MEDIA
2	1.9358 A
3	1.7370 AB
1	1.7010 AB
4	1.1020 AB
5	0.9218 B

NIVEL DE SIGNIFICANCÍA = 0.05

TUKEY = 0.9250

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01) = 4.51, 5.84

Cuadro 14. Producción.

Tratamiento	0	30	60	90	120
	1.785	2.006	2.984	1.378	1.317
	2.265	2.176	1.381	1.011	0.931
	1.636	1.994	1.140	0.935	1.120
	1.118	1.567	1.443	1.084	0.319
suma	6.804	7.743	6.949	4.408	3.688
media	1.701	1.936	1.737	1.102	0.922

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: CENIZAS *Aristida curvifolia*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	2.9100	3.0300	3.2100	3.3200
2	3.2000	3.3700	2.9400	3.1000
3	2.9500	3.2000	3.2600	2.8400
4	3.0200	2.8200	3.3000	3.2000
5	3.1900	2.8900	3.4500	2.8000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.019989	0.004997	0.1048	0.976
ERROR	15	0.715195	0.047680		
TOTAL	19	0.735184			

C.V. = 7.04%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	3.117500
2	4	3.152500
3	4	3.062500
4	4	3.085000
5	4	3.082500

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: CENIZAS *Bouteloua gracilis*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	3.4300	3.5100	3.5900	3.8100
2	3.2100	3.5600	3.2100	3.3000
3	3.1700	3.3700	3.3900	3.3200
4	3.4800	3.2300	3.7300	3.4800
5	3.1500	3.3500	3.6500	3.4500

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.211182	0.052795	1.7710	0.187
ERROR	15	0.447159	0.029811		
TOTAL	19	0.658340			

C.V. = 5.05%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	3.585000
2	4	3.320000
3	4	3.312500
4	4	3.480000
5	4	3.400000

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: CENIZAS *Erioneurion pilosum*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	4.8500	3.4800	0.0000	4.4400
2	4.1700	0.0000	0.0000	3.8200
3	3.6600	3.2100	4.8900	0.0000
4	0.0000	4.9000	5.0200	0.0000
5	4.2000	4.8600	4.3600	0.0000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	4.911346	1.227837	0.2206	0.921
ERROR	15	83.490829	5.566055		
TOTAL	19	88.402176			

C.V. = 84.47%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	3.192500
2	4	1.997500
3	4	2.940000
4	4	2.480000
5	4	3.355000

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: PROTEINA *Aristida curvifolia*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	2.4800	2.9300	2.2900	2.9100
2	3.0500	2.9600	2.8600	3.5800
3	3.3300	3.0900	3.4300	2.4300
4	3.0400	3.0900	3.0100	2.9100
5	3.2500	2.7600	3.1400	2.8800

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.678406	0.169601	1.6058	0.224
ERROR	15	1.584305	0.105620		
TOTAL	19	2.262711			

C.V. = 10.85%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	2.652500
2	4	3.112500
3	4	3.190000
4	4	3.012500
5	4	3.007500

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: PROTEINA *Bouteloua gracilis*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	2.4900	2.9000	2.9500	2.6900
2	3.0800	3.0500	3.3400	3.3900
3	3.3500	3.0100	3.3700	3.2800
4	3.2600	3.1800	3.2400	2.9800
5	3.4500	3.3800	3.1600	3.1800

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.753632	0.188400	6.7318	0.003
ERROR	15	0.419815	0.027988		
TOTAL	19	1.173447			

C.V. = 5.33%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	2.757500
2	4	3.215000
3	4	3.252500
4	4	3.165000
5	4	3.292500

COMPARACIÓN DE MEDIAS (TUKEY)

 TRATAMIENTO MEDIA

5 3.2925A
 3 3.2525 A
 2 3.2150 A
 4 3.1650 A
 1 2.7575 B

 NIVEL DE SIGNIFICANCÍA = 0.05

TUKEY = 0.3655

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01) = 4.51, 5.84

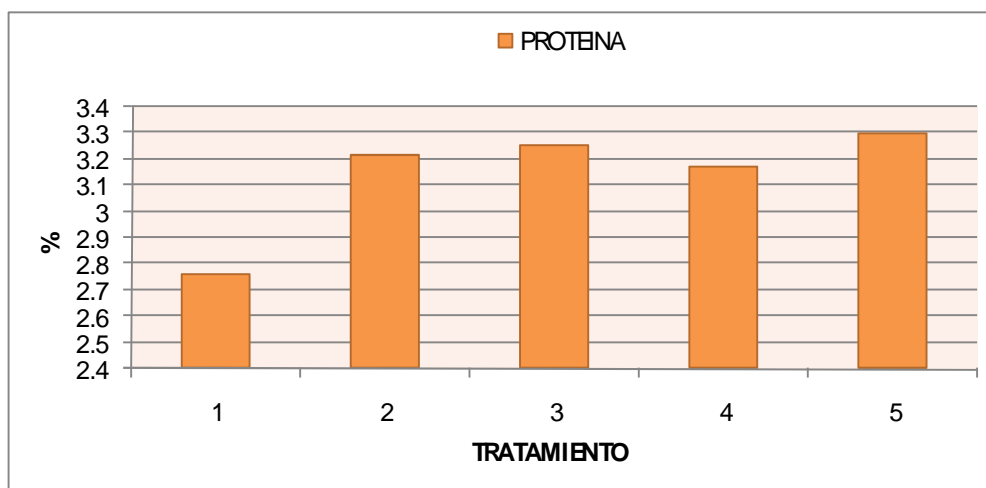


Figura 6. Proteína.

Cuadro 15. Proteína.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	
1	2.4900	2.9000	2.9500	2.6900	
2	3.0800	3.0500	3.3400	3.3900	
3	3.3500	3.0100	3.3700	3.2800	
4	3.2600	3.1800	3.2400	2.9800	
5	3.4500	3.3800	3.1600	3.1800	
Suma	11.03	12.86	13.01	12.66	13.17
media	2.7575	3.215	3.2525	3.165	3.2925

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: PROTEINA *Erioneurion pilosum*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	3.0000	3.0600	0.0000	2.9700
2	3.3300	0.0000	0.0000	3.2800
3	3.4100	3.2300	3.3500	0.0000
4	0.0000	3.2900	3.3600	0.0000
5	3.3100	3.3000	3.2900	0.0000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	2.858772	0.714693	0.2367	0.912
ERROR	15	45.282806	3.018854		
TOTAL	19	48.141579			

C.V. = 82.38%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	2.257500
2	4	1.652500
3	4	2.497500
4	4	1.662500
5	4	2.475000

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: EXTRACTO ETereo *Aristida curvifolia*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	1.5700	1.6800	1.4700	1.9400
2	1.6000	1.4900	1.6600	2.0200
3	1.7300	2.0400	1.8600	1.6300
4	1.6200	1.6300	1.6700	1.7600
5	1.8000	1.7400	1.6400	1.7500

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.061356	0.015339	0.5744	0.688
ERROR	15	0.400543	0.026703		
TOTAL	19	0.461899			

C.V. = 9.53%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	1.665000
2	4	1.692500
3	4	1.815000
4	4	1.675000
5	4	1.732500

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: EXTRACTO ETereo *Bouteloua gracilis*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	1.5900	1.5800	1.6000	1.6500
2	1.7200	1.7300	1.6400	1.8000
3	1.6900	1.7400	1.6500	1.5800
4	1.6100	1.6400	1.8000	1.6500
5	1.6600	1.7500	1.5100	1.6900

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.028637	0.007159	1.3025	0.313
ERROR	15	0.082451	0.005497		
TOTAL	19	0.111088			

C.V. = 4.46%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	1.605000
2	4	1.722500
3	4	1.665000
4	4	1.675000
5	4	1.652500

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: EXTRACTO ETereo *Erioneurion pilosum*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	1.5700	1.7700	0.0000	1.6600
2	1.5600	0.0000	0.0000	1.7200
3	1.6000	1.7400	1.4300	0.0000
4	0.0000	1.0000	1.7500	0.0000
5	1.6200	1.4800	1.6100	0.0000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	1.031469	0.257867	0.3587	0.835
ERROR	15	10.782820	0.718855		
TOTAL	19	11.814289			

C.V. = 82.68%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	1.250000
2	4	0.820000
3	4	1.192500
4	4	0.687500
5	4	1.117500

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: FIBRA *Aristida curvifolia*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	6.2900	6.4000	6.2300	5.8400
2	6.0300	6.1300	6.0800	5.7900
3	6.0100	5.8500	5.5600	5.9400
4	5.9500	6.0600	5.9500	5.9600
5	5.6500	6.1300	5.6600	6.0000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.315002	0.078751	2.1519	0.124
ERROR	15	0.548950	0.036597		
TOTAL	19	0.863953			

C.V. = 3.20%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	6.190000
2	4	6.007500
3	4	5.840000
4	4	5.980000
5	4	5.860000

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: FIBRA *Bouteloua gracilis*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	5.7100	5.5400	5.5200	5.6600
2	5.4800	5.4400	5.7500	5.5400
3	5.4300	5.5100	5.4300	5.5100
4	5.3100	5.3100	5.4900	5.4900
5	5.4100	5.5100	5.5900	5.4200

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	0.101929	0.025482	2.6751	0.072
ERROR	15	0.142883	0.009526		
TOTAL	19	0.244812			

C.V. = 1.77%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	5.607500
2	4	5.552500
3	4	5.470000
4	4	5.400000
5	4	5.482500

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

TABLA DE DATOS

VARIABLE: FIBRA *Erioneurion pilosum*

TRATA.	REPETICION			
	1	2	3	4
1	5.2600	5.6900	0.0000	5.3700
2	5.2900	0.0000	0.0000	5.5300
3	5.5200	5.7500	4.8800	0.0000
4	0.0000	4.8700	4.5900	0.0000
5	5.7100	5.0100	5.2700	0.0000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	11.092880	2.773220	0.3534	0.838
ERROR	15	117.702744	7.846849		
TOTAL	19	128.795624			

C.V. = 81.50%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	REP.	MEDIA
1	4	4.080000
2	4	2.705000
3	4	4.037500
4	4	2.365000
5	4	3.997500

BIBLIOGRAFIA

Brenton M.W., and Wester D.B. 1998. Biosolid effects on tobosagrass and alkali zacaton in a Chihuahua Desert grassland. *J. Environ, Qual.* 27:199-208.

Fresquez P.R., Francis R. E. And Dennon G.L. 1990 Soil and vegetation responses to sewage studge on a degraded semiarid broom snakeweed/blue grama plant community *J. Range Manage* 43:325-331

Harris-Pierce RL, Redente EF, Barbarik KA. 1995. Sewage-sludge application effects on runoff water quality in a semiarid rangeland. *J. Environ. Qual.* 24:112-115.

Jurado G.P. 2003. Beneficios del uso de lodos orgánicos o biosólidos en pastizales áridos y semiáridos 14 p. En *1er Seminario Internacional sobre manejo de pastizales*, mayo 2-4 Aguascalientes Ags.

Jurado G.P., Luna L.M., Barretero H. R. 2004. Aprovechamiento de biosólidos como abonos orgánicos en pastizales áridos y semiáridos. *Tec. Pecuaria México* 42: 379-395.

Mata González R., Sosebee R.E., and Wan Ch. 2002 Shoot and root biomass of desert grasses as affected by biosolids application *J. Arid Environmental* 50:477-488.

Outwater, B.A. 1994 "Reuse of sludge and minor wastewater residuals". Lewis Publishers. Unuted States of America. PP280.

Pierce B.L., Redente E.F. Barberick K.A. Brobst R.B., and Hegeman P. 1998. Plant biomass and elemental change in shrub and forages following biosolids application *J. Environ. Qual.* 27:789-794.

Rostagno CM, Sosebee RE. 2001. Biosolids application in the Chihuahuan desert: Effects on runoff water quality. *J. Environ. Qual.* 30:160-170.

Walton M., Herrick J.E., Gibbens R. P., Remmenga M.D. 2001. Persistence of municipal biosolid in Chihuahuense desert rangeland 18 years after application. *Arid Land Research Mage* 15:223 232

White C.S., Loftin S.R. and Aguilar R., 1997. Application of biosolids to degrade semiarid rangeland: nine year response. *J. Environ. Qual.* 26: 1663-1671.

Whitford WG, Aldon EF, Freckman DW, Steinberger Y, Parker LW. 1989. Effects of organic amendments on soil biota on a degraded rangeland. *J. Range Manage.* 42:56-60.

PAGINAS WEB CONSULTADAS

http://www.coecyt-coah.gob.mx/01/02_02_03/coecyt/3-2-10ok.htm

APENDICE A

Cuadro 16. Rendimiento Ton /ha, repetición 1.

RENDIMIENTO (Ton /ha)			
REPETICIÓN.	I	II	III
TESTIGO	3,378	1,204	0.774
1	2,906	3,026	0.085
2	0.983	3,756	4,214
3	1,892	0.408	1,835
4	1,272	1,472	1,208

Cuadro 17. Rendimiento Ton /ha, repetición 2.

RENDIMIENTO (Ton /ha)			
REPETICIÓN.	I	II	III
TESTIGO	3,536	2,320	0.940
1	2,032	2,118	2,379
2	0.872	1,296	1,976
3	1,355	0.831	0.847
4	0.112	1,472	1,208

Cuadro 18. Rendimiento Ton /ha, repetición 3.

RENDIMIENTO (Ton /ha)			
REPETICIÓN.	I	II	III
TESTIGO	2,174	1,399	1,334
1	2,136	2,882	0.964
2	1,384	1,511	0.526
3	0.392	0.916	1,496
4	1,388	0.649	1,324

Cuadro 19. Rendimiento Ton /ha, repetición 4.

RENDIMIENTO (Ton /ha)			
REPETICIÓN.	I	II	III
TESTIGO	0.898	1,648	0.808
1	1,324	0.290	3,088
2	0.592	1,798	1,940
3	2,192	0.560	0.500
4	0.272	0.507	0.179

APENDICE B

Cuadro 20. Cobertura por especie.

TRATAMIENTO	<i>Erioseuron pilosum</i>	<i>Aristida curvifolia</i>	<i>Bouteloua gracilis</i>
T ₀ I	81.74	76.96	86.41
T ₁ I	79.63	73.48	83.76
T ₂ I	69.47	68.83	76.70
T ₃ I	66.90	73.46	0
T ₄ I	81.90	78.33	74.72
T ₀ II	83.19	73.93	85.44
T ₁ II	75.37	76.38	0
T ₂ II	84.77	89.15	87.69
T ₃ II	72.26	66.08	81.85
T ₄ II	68.44	64.68	82.83
T ₀ III	80.85	73.19	0
T ₁ III	72.70	71.25	0
T ₂ III	77.96	70.30	79.36
T ₄ III	68.92	70.87	76.88
T ₀ IV	59.29	70.78	55.61
T ₁ IV	72.78	84.03	85.25
T ₂ IV	76.99	67.52	0
T ₃ IV	71.40	65.82	0
T ₄ IV	71.57	64.84	0

Cuadro 21. Dosis Aplicadas a los Diferentes Tratamientos.

Tratamiento	Dosis (ton/ha) MS	ton/ha	ton/125 m ²
T ESTIGO			
T ₁	30	136	1.7
T ₂	60	272	3.4
T ₃	90	409	5.11
T ₄	120	545	6.8

*Considerando un 22% de concentración de sólidos.