

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**UTILIZACIÓN DE ESTIÉRCOL FERMENTADO PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA
AGROPECUARIO**

POR

BOGART HUERTA SALAS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**UTILIZACIÓN DE ESTIÉRCOL FERMENTADO PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA AGROPECUARIO**

POR

BOGART HUERTA SALAS


TESIS

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:


M.C. CARLOS FERÉN RAMÍREZ CONTRERAS
ASESOR PRINCIPAL


ING. MANUEL A. ESCOBAR A.
ASESOR


ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



DE CARRERAS AGRONÓMICAS
UAAAN UL

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**UTILIZACIÓN DE ESTIÉRCOL FERMENTADO PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA AGROPECUARIO**

POR

BOGART HUERTA SALAS

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:


M.C. CARLOS EFREN RAMÍREZ CONTRERAS
PRÉSIDENTE


ING. MANUEL A. ESCOBAR A.
VOCAL


M.C. JOSÉ G. GONZÁLEZ QUIRINO
VOCAL


M.C. FEDERICO VEGA SOTELO
VOCAL SUPLENTE


ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



SECRETARÍA DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
TIAAAN - UL

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2002

CONTENIDO

	Página
Dedicatorias.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice de cuadros.....	iii
Índice de figuras.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. METAS.....	3
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
5.1. Historia de la composta.....	4
5.2. Fundamentos del composteo.....	5
5.2.1. Contenido de nutrientes.....	7
5.2.2. Oxígeno.....	7
5.2.3. Temperatura.....	7
5.2.4. Población microbiana.....	8
5.2.5. Humedad.....	8
5.3. El compost como fertilizante.....	9
5.4. Materia orgánica.....	10
5.5. Medidor de nutrientes (tipo tarjeta "kit").....	11
5.5.1. Consideraciones del medidor de nutrientes (tipo tarjeta "kit").....	11
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.1. Localización.....	12
6.1.1. Localización geográfica del área experimental.....	12
6.2. Clima.....	12
6.2.1. Temperatura.....	12
6.2.2. Precipitación.....	13
6.3. Infraestructura, superficie y patrón de cultivos.....	13
6.4. Material utilizado.....	14
6.5. Metodología de fermentación de estiércol.....	15

6.5.1. Método California.....	15
6.5.2. Fermentación de estiércol con el método de la Universidad de California modificado por Escobar (1994).....	15
6.6. Determinación de parámetros del estiércol.....	17
6.6.1. Volumen total de estiércol a tratar.....	17
6.6.2. Volumen de agua por aplicar.....	18
6.6.3. Volumen de estiércol fermentado por aplicar.....	19
6.6.4. Medición de la producción.....	20
6.7. Lecturas y muestreos.....	21
6.7.1 Temperatura.....	21
6.7.2. Muestreo de suelo.....	22
6.8. Lectura de nitrógeno en suelo.....	23
6.9. Lectura de potasio en suelo.....	23
6.10. Análisis químico del suelo.....	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
VIII. CONCLUSIONES.....	26
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	27

DEDICATORIA

A mi Dios:

Por concederme la oportunidad de lograr una meta más, por tantas cosas buenas y maravillosas de la vida que me brinda, por la vida misma que el me dio. Porque gracias a él estoy por concluir una etapa de mi vida y pidiéndole me lleve siempre a prestar ayuda a mis semejantes y principalmente dar amor y seguir superándome.

A mi Madre:

A ella en especial dedico este trabajo, por ser el más grande apoyo que he conocido en mi vida, por las alegrías que siempre me brinda y por darme la herencia que jamás hubiese logrado sin tu apoyo: el amor a la vida, amor al trabajo y sobre todo el amor a mi Dios. Gracias MAMÁ.

A mis Hermanos:

Felipe Carlos, Luz de Galilea.

Con profundo cariño y respeto, por su gran apoyo e inmenso amor en todos los momentos de mi vida, GRACIAS.

A mis Abuelos:

Carlos Salas (+)

Josefa Rancel

Especialmente a mi abuelo por ser padre para mi, porque haya en el cielo se que esta celebrando lo que el un día soñó. Gracias abuelo.

A mi Novia Estela:

Por la gran paciencia y apoyo durante este tiempo.

A todos mis compañeros:

De la XXIX generación de Ingenieros agrónomos especialistas en irrigación, por darme el apoyo necesario para culminar mis estudios.

Especialmente a mis compañeros de trabajo, Gerardo, Rene, Edgar, Gabino, Moisés, Rolando, Octavio, Alonso, Armando.

AGRADECIMIENTO

A dios primero por darme la oportunidad de vivir, por enseñarme el camino correcto para ser un hombre de bien.

A mi "ALMA MATER" por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.

Al M.C Carlos E. Ramírez Contreras por su dedicación en la colaboración, asesoramiento y revisión del presente trabajo.

Al Ing. Manuel Antonio Escobar Ávila por su gran ayuda en la revisión de este trabajo y por su sugerencia para la terminación del mismo.

Al Ing. Federico Vega Sotelo por su gran ayuda en la revisión de este trabajo y por su sugerencia para la terminación del mismo.

Al Ing. José G. González Quirino por su gran ayuda en la revisión de este trabajo y por su sugerencia para la terminación del mismo.

A todos mis maestros del departamento de riego que contribuyeron en toda mi formación académica.

A Todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que yo lograra uno de mis más grandes sueños.

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis del suelo al momento de la siembra.....	25
Cuadro 2. Análisis de suelo después de la cosecha.....	25
Cuadro 3. Impacto del estiércol fermentado en triticale.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de fermentación.....	17
Figura 2. Mojado del estiércol.....	18
Figura 3. Llenado de camiones	19
Figura 4. Método de ensilaje.....	20
Figura 5. Medición de temperatura.....	21
Figura 6. Muestreo de suelo.....	22

I. INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es una cuenca lechera de ganado vacuno, y por consiguiente, los animales producen grandes cantidades de estiércol que al no proporcionarle un manejo adecuado y al ser almacenado, representa un problema y se convierte en un foco de contaminación debido al alto contenido de microorganismos patógenos existentes en el estiércol, lo cual se convierte en una fuente potencial para el transporte de microorganismos por medio del viento y así generar enfermedades.

El estiércol es la fuente de fertilizantes minerales más económica con que cuentan los productores agropecuarios, sin embargo, la mayoría de ellos hacen un uso inadecuado del estiércol, aplicando grandes cantidades sin un pre tratamiento de fermentación, lo cual ocasiona problemas de; sanidad, fertilidad (absorbe los fertilizantes del suelo para su descomposición) y salinidad (existe un proceso lento de transformación de materia orgánica a humus); esto en conjunto, provoca baja germinación de la semilla al momento de la siembra, desarrollo de malezas y por consiguiente bajos rendimientos de los cultivos establecidos.

Según la SAGARPA, delegación región lagunera, en el año 2001, en la Comarca Lagunera se tenía una población de 239,099 cabezas de ganado vacuno en producción de leche. Un animal estabulado permanentemente produce anualmente alrededor de 20 veces su peso en estiércol fresco con un 85 por ciento de humedad, asumiendo conservadoramente un peso medio de 450 Kg. por animal, es de esperarse una producción individual de 1.35 ton y una producción total de 322,783.65 ton. de estiércol seco anuales (www.infoagro.com/).

El uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento mismo de la agricultura. El incremento en la producción y consumo de fertilizantes químicos en una agricultura intensiva disminuyó la atención hacia los abonos orgánicos

en la época de 1940 a 1970, pero en la actualidad vuelven a cobrar gran importancia (Monroy H., Viniegra G.,1981).

Una de las causas de la disminución de la utilización de abonos orgánicos ha sido el modelo de investigación tradicional de desarrollo y transferencia de tecnología agropecuaria, que se ha utilizado prácticamente en todo el mundo, es insuficiente para enfrentar y resolver problemas tecnológicos de productores rurales. Si bien, con la revolución verde se ha logrado un incremento enorme en el rendimiento de los cultivos, la contraparte de este fenómeno ha sido la degradación de los suelos. Sin embargo, actualmente han surgido enfoques y metodologías como la investigación participativa rural que se vislumbran como una alternativa de investigación y extensión que pueden permitir dar respuestas mas precisas y colaborar al desarrollo no solamente tecnológico sino al desarrollo comunitario en el sector rural (Arriaga et al., 1995).

Esta investigación es un resultado parcial del proyecto. "Sistema de apoyo para la aplicación de riegos en cultivos susceptibles en la comarca lagunera", financiado por la Fundación Produce Coahuila, A.C. y La Cámara Agrícola y Ganadera de Torreón, A.C. llevado acabo en el CENID-RASPA-INIFAP por el M.C. Carlos Efrén Ramírez Contreras, investigador de dicho centro.

Algunas alternativas de mejorar la productividad agropecuaria pueden ser la aplicación de mejoradores de suelo (químicos), sin embargo a través del tiempo resulta perjudicial, destruyendo la materia orgánica del suelo, asimismo la estructura del suelo. Otra alternativa es la aplicación de ácidos humicos, sin embargo, con la desventaja de que resulta costosa. La fermentación aeróbica es una técnica mediante la cual el estiércol puede ser procesado con el fin de eliminar su carga microbiana patógena y generar un producto que puede ser reciclado, vía su reincorporación al suelo como composta (humus). Esta técnica es ventajosa por que es un proceso que ocurre en la naturaleza, y requiere una cantidad considerable de tiempo, pero que bajo condiciones controladas se lleva a cabo el mismo proceso en un tiempo menor: otorgándole a los microorganismos las condiciones apropiadas para realizar su labor. A esta tecnología se le conoce con el nombre de fermentación aeróbica del estiércol.

II. OBJETIVO

Inducir al productor al cambio de una agricultura intensiva a una agricultura de utilización de residuos orgánicos, aprovechando los recursos disponibles en el predio (estiércol, residuos de raciones alimenticias de ganado lechero, residuos vegetales, etc.), de tal manera que genere un incremento en la productividad agropecuaria.

III. HIPÓTESIS

Es posible mediante la aplicación del estiércol fermentado, reducir costos de producción de cultivos forrajeros tales como triticale. Además de mejorar las condiciones físico- químicas y biológicas del suelo que repercuten en la respuesta inmediata de la productividad de los recursos naturales que intervienen en el sistema agropecuario de producción de leche.

IV. METAS

En un tiempo de 15 días fermentar 1000 toneladas de estiércol crudo e incorporarlas al suelo para incrementar la productividad agropecuaria.

Mediante la Incorporación de residuos agrícolas al suelo (estiércol fermentado) dar seguimiento al proceso físico-químico del suelo y de la respuesta del cultivo durante un ciclo agrícola.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. HISTORIA DE LA COMPOSTA

El uso de materiales orgánicos va unido a la actividad agrícola desde sus orígenes, y su empleo esta ligado de manera histórica, directamente con la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas. El nivel de materia orgánica mínimo recomendado en el suelo es del 2 por ciento, reflejándose este contenido en la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, entre otros aspectos. En la naturaleza, la materia orgánica se descompone formando humus, ácidos humicos y otros compuestos que enriquecen la fertilidad de un suelo, este proceso tarda mínimamente un año tratándose de estiércol por ejemplo, por lo que elaborar una composta es manipular las condiciones físicas y bioquímicas de materiales orgánicos para acelerar el proceso de descomposición y obtener compuestos humicos en un menor lapso de tiempo que el de la naturaleza, disminuyendo además por efecto de altas temperaturas que se producen, semillas de mala hierbas y organismos patógenos (SEMARNAT 2002).

Cuando los desechos orgánicos (residuos de plantas, fracción orgánica municipal, estiércoles, etc.), son atacados por microorganismos que se encuentran en ellos mismos o en el medio ambiente, son eventualmente reducidos a humus, una sustancia que cubre los minerales arcillosos del suelo, formando un ambiente benéfico para el crecimiento de las plantas, a este proceso se le conoce como fermentación aeróbica.

Debido a que es un proceso natural, resulta difícil imaginar el origen de la elaboración de humus por el hombre, sin embargo, se tiene conocimiento de que 1000 a de C, los mesopotámicos usaban el estiércol en los suelos para agricultura.

La elaboración de humus fue conocida también por los romanos, los griegos y por las tribus de Israel, El uso de la fermentación aeróbica en el continente americano data de antes del siglo XVII por las tribus indígenas.

El compost es pues un caso especial de fermentación aeróbica. En la literatura se denomina a toda fermentación aeróbica, composteo.

La fermentación aeróbica, ya como una técnica, empieza a inicios del siglo XX por sir albert howard, a quien se le conoce como el padre del composteo, en sus trabajos en la india.

La historia del composteo es entonces antigua y al mismo tiempo moderna. La composta fue reconocida desde los romanos como una fuerza transaccional en el ciclo de la vida. Pero apenas hace 200 años que el hombre depende de la composta para aumentar su productividad en el campo (Figarola A., 1992).

5.2. FUNDAMENTOS DEL COMPOSTEO

El compostaje ha sido una técnica utilizada siempre por los agricultores como una manera de estabilizar los nutrientes del estiércol y otros residuos para su uso como fertilizante.

Puede definirse el compost como el producto que se obtiene al someter la materia orgánica a un proceso de fermentación aerobia que la transforma en una mezcla estable, lo más homogénea posible y que guarde una relación entre sus componentes que le confieran un buen valor agronómico.

Destacamos entre sus cualidades:

- a) Ahorro económico en abonos químicos.
- b) Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización del residuo (www.emison.com/).

El compostaje es la descomposición biológica, en condiciones controladas, aerobias y termófilas, de residuos orgánicos. La producción de humus es el resultado final del compostaje. El humus es la vida del suelo y debe estar presente en el para ser fértil. Un total de solo un uno o dos por ciento es necesario para diferenciar un suelo fértil y otro que no lo es. La mayoría de los nutrientes de los minerales del suelo permanecerán no asimilables por las plantas en los suelos pobres o carentes de humus (<http://personal13>).

El objetivo del composteo es la rápida degradación de la materia orgánica, para convertirla en un producto estable, rico en sustancias húmicas, además de la destrucción de organismos patógenos y la reducción de masa y volumen del residuo. El producto obtenido es de alta utilidad como acondicionador de suelos (Figarola A., 1992).

Durante este proceso las sustancias orgánicas son utilizadas por las bacterias, hongos y actinomiceto, presentes en el mismo desecho o en el medio ambiente, como fuente de energía y nutrientes (Figarola A., 1992).

El compostaje que se practica en la actualidad es de un proceso aeróbico que combina fases mesofilas (15 a 45° C) y termofilas (45 a 70° C) para conseguir la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, aplicable al suelo como abono. El proceso lo llevan acabo los microorganismos (bacterias y hongos), y nuestra intervención se limita a proporcionar las condiciones idóneas para que el proceso se realice con la máxima rapidez y eficacia (<http://personal13>).

La descomposición eficiente ocurrirá si las siguientes variables están en su valor óptimo, en la medida de lo posible. Todas están, a su vez, influenciadas por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar, la técnica de compostaje, la manera en que se desarrolla la operación y la interacción entre ellas. Los principales parámetros a considerar son los siguientes:

5.2.1. Contenido de Nutrientes.

Todos los organismos necesitan nutrientes para crecer y reproducirse. Las cantidades varían de elemento a elemento manteniendo una relación constante unos con respecto a otros. El mantenimiento de este balance es especialmente importante para el C y N.

Al inicio de la fermentación la relación C/N debe estar próxima a 30, añadiendo, si es preciso, elementos vitrificantes o carbonatantes. Al finalizar el proceso debe estar próxima a 10. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica.

5.2.2. Oxígeno.

Para conseguir un rápido compostaje es necesario un buen aporte de O₂. El oxígeno se requiere para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Debe ser suficiente para mantener la actividad microbiana. También existe la descomposición anaerobia, sin O₂. El proceso es más lento, da lugar a un producto de inferior calidad y hay problemas de olores por la putrefacción de los restos orgánicos.

5.2.3. Temperatura.

Es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. Debe mantenerse entre 35 - 65 °C. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: Criófilos, de 5 a 15 °C. Mesófilos, de 15 a 45 °C. O Termo filios, de 45 a 70 °C.

El grupo favorecido descompondrá la materia orgánica para obtener materia y energía, y en la operación se emitirá calor que puede hacer variar la temperatura de la pila de residuos, dependiendo del volumen de la pila y de las condiciones ambientales.

En general, las temperaturas conseguidas en el proceso, junto con la competencia por los nutrientes y la producción de fermentos (antibióticos) que impiden

su desarrollo, llegan a eliminar los microorganismos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas llegados con los residuos.

5.2.4. Población Microbiana.

A lo largo del proceso van apareciendo formas resistentes de los microorganismos cuando las condiciones de temperatura hacen imposible su actividad. Diferentes especies de microorganismos pueden sucederse o coincidir en el tiempo, su procedencia puede ser a través de la atmósfera, del agua, del suelo o de los mismos residuos. Una población comienza a aparecer mientras otras están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose las actividades de los diferentes grupos.

En la primera etapa aparecen bacterias y hongos mesófilos con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega a 40 °C, aparecen bacterias y hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de los 70° cesa la actividad microbiana. Al bajar de nuevo la temperatura, reaparecen las formas activas, detectándose también la actividad de protozoos, miriápodos, etc.

Las bacterias se encuentran distribuidas por toda la pila, mientras que los hongos y actinomicetos están situados a 5-15 cm. de la superficie, dándole un aspecto grisáceo característico.

5.2.5. Humedad.

En teoría, los valores de humedad para que pueda darse una fermentación aerobia están entre el 30 y el 70 por ciento, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica se deben evitar valores altos, pues desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso pasaría a anaerobio. Si la humedad es demasiado baja disminuirá la actividad de los microorganismos.

Para conseguir la humedad adecuada se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales. La humedad adecuada es esencial para la

actividad microbiológica. Una pila seca no favorecerá para nada la descomposición, por eso se debe humedecer periódicamente (www.emison.com/).

5.3. EL COMPOST COMO FERTILIZANTE

El grado de mecanización logrado en la agricultura y la modernización generalizada de las explotaciones ganaderas han provocado la desaparición de numerosas actividades que tradicionalmente se venían desarrollando en el campo, tales como trabajo con animales, pastoreo, labores culturales, barbechos, explotaciones ganaderas complementarias, etc., a partir de las cuales se reincorporaban importantes cantidades de materia orgánica al suelo.

El empleo de semillas seleccionadas y el mejor conocimiento de técnicas de cultivo ha permitido obtener mayores rendimientos en las cosechas. Este incremento de la producción exige una mayor demanda de abonos, con lo cual se va incrementando el grado de mineralización de los suelos que sufren una disminución de su contenido en materia orgánica y humus.

Además, la quema de rastrojeras y residuos de cosechas son factores que inciden negativamente en el mantenimiento de la materia orgánica del suelo. El compostaje de residuos es una técnica que permite la reducción de los mismos y la obtención de un valioso producto. El compost actúa aportando nutrientes directamente asimilables por la planta y mejorando las condiciones del suelo, aportando humus y materia orgánica que será mineralizada.

El compost se obtiene industrialmente por la transformación biológica de la materia orgánica que contienen los residuos. De esta transformación resulta una enmienda orgánica de características importantes que sitúan al compost en un lugar destacado en la fertilización de todo tipo de terrenos agrícolas, tanto por la mejora del suelo como soporte fisicoquímico, como en relación con la capacidad de retención de agua y otras características que aumentan su fertilidad inicial.

Los ácidos resultantes de los procesos de degradación de la materia orgánica disuelven parte de los productos minerales del suelo y los hacen aprovechables para la nutrición de las plantas. La acción microbiana favorece la desaparición del efecto residual de la aplicación de herbicidas y otros productos fitosanitarios.

El nitrógeno contenido en el compost se encuentra en forma asimilable por las raíces, con la ventaja de ser retenido en el horizonte A - B (capa cultivable del suelo), evitando ser arrastrado por las aguas de lluvia o de riego a capas más profundas fuera del alcance del sistema radicular. La modificación que produce en la población microbiana del suelo la hace más apta para la asimilación del nitrógeno.

El contenido en fósforo y potasio del compost no suele ser elevado, pero, la modificación de las características físico - químicas del terreno hace que se incremente el grado de disponibilidad de estos elementos para la planta. El compost incorpora al terreno micro elementos (cobre, magnesio, cinc, manganeso, hierro, boro, etc.) que son muy necesarios para la actividad y desarrollo vegetativo de las plantas.

También reduce la necesidad de pesticidas químicos al producir plantas saludables que son menos susceptibles a plagas de insectos y enfermedades. También proporciona un saludable entorno biológico por el alimento que provee para microorganismos beneficiosos, gusanos e insectos de suelo.

El compost reduce la erosión y mejora la estructura del suelo: los suelos arenosos retendrán mejor el agua mientras que las arcillas desaguarán más rápido. El mejor drenaje permite al agua fluir a capas más profundas en vez de encharcar la superficie y correr por la línea de pendiente. También ayuda al crecimiento de raíces que retienen el suelo ([//personal13.iddeo.es/](http://personal13.iddeo.es/)).

5.4. MATERIA ORGÁNICA

Como M.O. se entienden por una parte los estiércoles y residuos vegetales más o menos fermentados que se incorporan al suelo, y por otra los humus, que es el resultado de la fermentación completa de los anteriores. Las propiedades físico-químicas de ambas partes, y su actuación sobre las propiedades agronómicas del

suelo, pueden ser diferentes. Los materiales en descomposición, con una fuerte actividad microbiana, intervienen activamente en los ciclos de los nutrientes, ya sea absorbiéndolos para su metabolismo, o liberándolos posteriormente, a menudo en una forma más estable y asimilable para la planta. Los humus por el contrario tienen una baja actividad bioquímica, pero colabora decisivamente en el CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), esto es, la capacidad de retención de algunos nutrientes del suelo, evitando que los lave el agua de riego, o precipiten en sales insolubles (www.ediho.es/).

5.5. MEDIDOR DE NUTRIENTES (TIPO TARJETA “KIT”)

Aplicar la cantidad adecuada de nutrientes (nitrógeno, potasio) en el tiempo apropiado, es el mejor manejo de nutrientes que ofrece beneficios económicos a los agricultores y mejor conservación del recurso agua y suelo.

El medidor de nitrógeno y potasio presenta un nuevo concepto con medición de muestras y aplicación de nutrientes y rendimientos esperados, el cual trabaja con suelo, planta medio inerte y soluciones.

5.5.1. Consideraciones del Medidor de Nutrientes (tipo tarjeta “kit”)

1. El muestreo se realiza a una profundidad de 0-30 cm.
2. Del extracto de la muestra compuesta se recomienda hacer mediciones de Conductividad Eléctrica (C.E) y Ph.
3. Iniciar los proyectos de fertilización en predios que ya tengan estudio de irrigación.
4. Registrar procedimientos de aplicación de fertilizantes y adición de estiércol.
5. Proponer procedimientos de aplicación de fertilizantes.
6. Utilizar muestreo de suelo para manejo de fertilización.
7. Utilizar análisis foliares para manejo de problemas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. LOCALIZACIÓN

La Comarca Lagunera esta ubicada en la parte suroeste del estado de Coahuila y noroeste del estado del estado de Durango, comprendida entre los meridianos 101° 41° y 105° 01° de longitud oeste y los paralelos 24° 59° latitud norte, con una altitud de 1096 msnm. Comprende los municipios de San Pedro de las Colonias, Viesca, Torreón, Matamoros y Fco. I. Madero del estado de Coahuila y Gómez Palacio, Tlahualilo, Lerdo, Ciudad Juárez del estado de Durango.

6.1.1. Localización Geográfica del Área Experimental.

El experimento se llevó a cabo en la Pequeña Propiedad Porvenir, que se encuentra ubicada en el municipio de Fco. I. Madero, Coahuila, en la carretera Gómez Palacio Dgo. – Fco. I Madero Coah. A un costado del Ejido El Porvenir de Arriba, Coah. Con longitud de 103° 11'9", una latitud de 25° 58'02" y una altitud de 1150 msnm.

6.2. CLIMA

De acuerdo con el sistema de clasificación de Copen modificado por García (1973), correspondiente a un BWHW (e) que indica un clima muy seco con lluvias en verano y de 5 a 10.2 mm. de precipitación pluvial en invierno.

6.2.1. Temperatura.

La temperatura promedio en los últimos 20 años es de 20.3° C, con un máximo de 36.6° C y de un mínimo de 5.7° C, cada año se presenta un periodo con

posibilidades de heladas que va desde el mes de Noviembre hasta el mes de Marzo (SARH, 1994).

6.2.2. Precipitación.

El promedio de precipitación pluvial anual en los últimos años es de 240 mm, fluctuando entre 160 mm en años secos; hasta 430 mm en años húmedos (SARH, 1994).

6.3. INFRAESTRUCTURA, SUPERFICIE Y PATRÓN DE CULTIVOS

La Pequeña Propiedad cuenta con una superficie de 92 has de las cuales se explotan 82 has de forrajes, como infraestructura de riego, cuenta con un estanque revestido con una capacidad de 2700 m³ y un sistema de válvulas alfileras con capacidad para regar toda la superficie las cuales operan a partir de un rebombeo con capacidad de 120 lps; el sistema opera a partir de un pozo profundo con un gasto total 44 lps.

El programa de transferencia de tecnología integral en riegos (PROTTIR) en la Comarca Lagunera de Coahuila, innovó una metodología para fermentar el estiércol y en conjunto con la pequeña propiedad El Porvenir, localizada en el municipio de Fco. I Madero, han decidido utilizar el estiércol generado por el ganado para la elaborar un producto que pueda utilizarse en aplicaciones agrícolas. La pequeña propiedad cuenta con una capacidad de 1730 cabezas de ganado con lo cual se producirán aproximadamente 2335.5 toneladas de estiércol seco anuales, para ser fermentados en un lapso de tiempo mínimo para poder incorporarlo al suelo como abono orgánico (composta).

6.4. MATERIAL UTILIZADO

- 5 hectáreas de cultivo
- 1000 toneladas de estiércol de bovino lechero
- Trascabo
- Arado
- Rotavator
- Rastra
- Fuente de agua a presión
- Termómetro de rayo infrarrojo
- Tractor
- Camiones
- Escrepa
- Kit de fertirrigación
- Barrena vehimeyer

6.5. METODOLOGÍA DE FERMENTACIÓN DE ESTIERCOL

6.5.1. Método California.

- Día 1.- Juntar tres partes de esquilmos por una de estiércol, picarlos y mojarlos.
- Día 2.- Checar la temperatura la cual debe estar en 110° F y mantener la humedad, pero sin saturar.
- Día 4.- Voltear la mezcla, checar la temperatura la cual debe estar en 130° F, reponer la humedad; pero sin saturar.
- Día 7.- Voltear la mezcla, checar la temperatura la cual debe estar en 130° F. reponer la humedad; pero sin saturar.
- Día 10.- Voltear la mezcla, checar la temperatura la cual debe ser igual o menor a 110° F.
- Día 14.- La mezcla esta lista para su aplicación.

6.5.2. Fermentación de Estiércol con el Método de la Universidad de California Modificado por Escobar (1994).

Escobar en 1994 modificó el método California utilizando solamente estiércol vacuno y maquinaria agrícola disponible en el predio tal como: arado, rotavator, rastra (para su molienda, oxigenación y homogenización). Para su distribución e incorporación al suelo se utiliza la escrepa y rastra; de acuerdo al siguiente cronograma se presentan las actividades por día descritas en este método.

- Día 1 establecer la cantidad de estiércol a fermentar en una superficie que se encuentre a la intemperie, inmediatamente después de establecido se procede a humedecer al menos un 50 por ciento y no excederse del 70 por ciento, una vez humedecido el estiércol se procede a dar de dos a tres pasos de arado. Para homogenizar el picado del estiércol se utilizan de dos a tres pasadas de rotavator.

- Día 2 revisar la temperatura la cual debe estar aproximadamente a 110° F.
- Día 4 reponer la humedad si es necesario hasta un 50 por ciento, una vez humedecido el estiércol se procede a dar de dos a tres pasos de arado. Para homogenizar el picado del estiércol se utilizan de dos a tres pasadas de rotavator, para checar la temperatura se debe de tomar cuando se este arando el estiércol, la cual debe de estar mayor o igual a 130° F.
- Día 7 reponer la humedad si es necesario, dar de dos a tres pasos de arado, para homogenizar el picado del estiércol se utilizan de dos a tres pasadas de rotavator, para checar la temperatura se debe de tomar cuando se este arando el estiércol, la cual debe de estar mayor o igual a 130° F.
- Día 10 reponer la humedad si es necesario, dar de dos a tres pasos de arado, para homogenizar el picado del estiércol se utilizan de dos a tres pasadas de rotavator, para checar la temperatura se debe de tomar cuando se este arando el estiércol, la cual debe de estar por debajo de los 110° F.
- Día 14 la temperatura de la composta estará a temperatura ambiente, lo cual es indicio de que la fermentación esta terminada y el estiércol listo para su aplicación al suelo.

6.6. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DEL ESTIÉRCOL

6.6.1. Volumen Total de Estiércol a Tratar.

Debido a que se pretende incorporar dosis de 100 Ton/ha de estiércol fermentado en una superficie de 5 hectáreas, se fermentaron al menos 1000 toneladas de estiércol para el experimento (Figura 1).



Figura 1. Área de fermentación.

6.6.2. Volumen de Agua Por Aplicar.

Se pone en operación una bomba sumergible con descarga de 2" con chiflón de plástico en la punta, se afora con un recipiente de plástico con volumen conocido y se determina el gasto, para estimar el tiempo de humedecimiento. La literatura reporta que el contenido de humedad del estiércol para la fermentación debe ser entre el 30 y 70 por ciento (Figura 2).



Figura 2. Mojado del Estiércol.

6.6.3. Volumen de Estiércol Fermentado por Aplicar.

Medir largo y ancho de melga, y pesar un camión de estiércol fermentado, con estos dos datos determinamos el número de camiones por aplicar en cada melga para alcanzar la dosis especificada.



Figura 3. Llenado de Camiones.

6.6.4. Medición de la Producción.

Para determinar la producción por melga o por tabla se pesan todos los camiones que recogen la cosecha.



Figura 4. Método de Ensilaje.

6.7. LECTURAS Y MUESTREOS

6.7.1. Temperatura.

Detrás del arado, al ir volteando el estiércol se mide la temperatura con un termómetro de lectura instantánea de rayo infrarrojo, revisando que todas las lecturas se encuentren acordes a la especificación del método de la Universidad de California.



Figura 5. Medición de temperatura.

6.7.2. Muestreo de suelo.

En base al manual de operación del Kit de fertirrigación, el muestreo de suelo se recomienda hacerlo en el perfil 0-30 esto es debido a que en este perfil se encuentra la mayor cantidad de nutrientes, el método de muestreo es usando un patrón en forma de zigzag. El número de muestras recolectadas es de 25 con barrena Vehimeyer, esta cantidad de muestras representa una superficie de 5 hectáreas.



Figura 6. Muestreo de Suelo.

6.8. LECTURA DE NITRÓGENO EN SUELO

De la muestra compuesta de suelo separar 60 g y prepararlo para obtener extracto de saturación, tomar unas gotas con la piseta y colocar una o dos en la almohadilla del medidor de nitrógeno tipo tarjeta.

6.9. LECTURA DE POTASIO EN SUELO

De la muestra compuesta de suelo separar 60 g y se prepara para obtener el extracto de saturación, tomar unas gotas con la piseta y colocar una o dos en la almohadilla del medidor de potasio tipo tarjeta.

6.10. ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Al suelo se analizo con un Kit de lectura rápida y se determinaron los siguientes parámetros:

- 1.- Nitrógeno NO_3 .
- 2.- Potasio (KO).
- 3.- Conductividad eléctrica (C.E.)
- 4.- pH.
- 5.- Materia orgánica (se determinó en el laboratorio).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información y comparando los Cuadros 1 y 2 se observa una pequeña variación en pH al momento de la siembra con respecto al análisis del suelo después de la cosecha, la conductividad eléctrica del suelo al momento de la siembra se observa que se encuentra ligeramente salino, sin embargo después de cosechar la conductividad eléctrica disminuyó un poco en la aplicación de fertilizante y estiércol fermentado.

La materia orgánica del suelo presentó una variación con la aplicación de fertilizante y estiércol fermentado, la variación con la aplicación de fertilizante se debió a que la materia orgánica absorbió fertilizante para su descomposición, lo cual generó una disminución en el contenido de materia orgánica presente en el suelo, con lo que respecta a la concentración de materia orgánica donde se aplicó estiércol fermentado, ésta tendió a disminuir en vez de aumentar (aplicación de 100 ton/ha), esto indica que el estiércol fermentado no necesitó absorber fertilizante para su descomposición lo cual se manifestó en un aumento en producción (Cuadro 3), ya que en el ciclo de aplicación, los nutrientes se encontraron disponibles para la planta. Además de prolongar por lo menos tres días después del intervalo de riego debido a la retención de humedad producida por el estiércol fermentado.

Cuadro 1. Análisis de Suelo al Momento de la Siembra.

Parámetros	Fertilizante (750 kg/ha)	Estiércol fermentado (100 ton/ha)
pH	7.61	7.62
Conductividad eléctrica (ms/cm)	3.64	3.96
Materia orgánica (%)	2.39	2.56
Nitrógeno (ppm)	300	290
Fósforo (ppm)	44.62	71.73
Potasio (ppm)	90	150

Cuadro 2. Análisis de Suelo Después de la Cosecha.

Parámetros	Fertilizante (750 kg/ha)	Estiércol fermentado (100 ton/ha)
pH	8.04	7.75
Conductividad eléctrica (ms/cm)	2.05	2.41
Materia orgánica (%)	2.11	2.36
Nitrógeno (ppm)	140	180
Fósforo (ppm)	48.52	51.01
Potasio (ppm)	32.76	53.82

Cuadro 3. Impacto del Estiércol Fermentado en Triticale.

TRATAMIENTO	Rendimiento (ton/ha)	
	Materia verde	Materia seca
Fertilizante (750 ton/ha)	21.8	11.1
Estiércol 100 (T/ha)	25.9	12.4

VII. CONCLUSIONES

Fue posible fermentar 1000 toneladas de estiércol crudo en un tiempo de 15 días e incorporarlo al suelo.

Mediante la aplicación de estiércol fermentado fue posible reducir los costos de fertilización en un 100 por ciento y se mejoraron las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, las cuales repercutieron en la disminución de la salinidad en un 30 por ciento, además de alargar el calendario de riego en un 15 por ciento, debido a que el estiércol fermentado amortiguo las pérdidas de agua en el suelo por percolación y evaporación, aunado a esto se logró un aumento en producción de un 11 por ciento.

Se logró el convencimiento del productor de adoptar la metodología de fermentar el estiércol y aplicarlo a su sistema de producción agrícola como una practica indispensable.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Escobar A., 1994, Fermentación de Estiércol con el Método de la Universidad de California modificado por Escobar (1994).

Bishop Philip, 1984, Organic Gardening, The great compost quiz, pag.78-82.

C. Arriaga, E. Sánchez, A. Espinoza y L. Velásquez, 1995, desarrollo participativo de tecnología: el caso de forrajes cultivados en sistemas de producción campesinos en el estado de México, <http://serpiente.dgsca.unam.mx/rer/carriaga1.html>.

El compost como fertilizante, 2002, <http://personal.13.ideo.es/plantas/compostaje.htm>, 2002, información de internet.

El Siglo de Torreón, 2001, resumen económico de la Comarca Lagunera, Pág.29

Figarola F. 1992, ingeniería básica para la fermentación anaerobia y composteo, tesis de maestría, ÍTEMS, Campus Monterrey.

Monroy H., Viniegra G. 1981, biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos, ed. Agt editora, s.a., México D.F.

Materia Orgánica. Necesidad, ventaja o perjuicio en cultivos intensivos, 2002, http://www.adhio.es/horticom/tem_aut/sustr/mat_org.html

Fertilización Orgánica, 2002, http://w.w.w.infoagro.Com./agricultura_ecología/agricultura_ecología_05_esp.

compostaje, 2002, w.w.w.emison.com, información de Internet

Como elaborar una composta, 2002,
<http://www.semarnat.gob.mx/tamaulipas/composta.shtml>.