

# USO Y APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL EN INVERNADERO

Enríque Salazar Sosa<sup>1,2</sup>, José Dimas López Martínez<sup>1</sup>, Rafael Zúñiga Tarango<sup>1</sup>, Cirilo Vázquez Vázquez<sup>1</sup>, Manuel Fórtiz Hernández<sup>1,2</sup>, Jesús Vital Silva<sup>3</sup>

## Resumen.

La Comarca Lagunera es la cuenca con más de 400,000 cabezas de ganado bovino y un número similar de ganado caprino (SAGARPA citado 2002). Sin embargo, también es una de las regiones con más estiércol de ganado bovino producido el cual rebasa el millón de kilogramos por día. Por lo anterior el reciclado apropiado de este abono orgánico es determinante para mejorar la fertilidad natural del suelo y como consecuencia su calidad así como incrementar o mantener la producción de un cultivo determinado bajo condiciones de invernadero o campo. El objetivo del presente estudio fue el de determinar si el estiércol tiene potencial para ser fertilizados como abono orgánico en invernaderos considerando aspectos fitosanitarios, disponibilidad de nutrientes (principalmente nitrógeno) malezas presentes en estiércol solarizado y no solarizado normativos.

Se estudia el comportamiento de microorganismos, bacterias y hongos principalmente con muestras de estiércol de 8 diferentes establos y se compararon estas con estiércol solarizado a uno y seis meses con tres repeticiones cada uno respectivamente. El estudio realizado se realiza en el laboratorio de microbiología de la FAZ-UJED. Adicionalmente se trabajó en invernadero con las mismas muestras para observar en macetas la incidencia de malezas utilizando las mismas muestras de estiércol solarizado y sin solarizar en tres repeticiones.

Los resultados fueron ampliamente significativos demostrándose que el efecto de la solarización elimina totalmente las bacterias y hongos presentes en el estiércol así como las malezas lo que ubica como un importante abono orgánico y una alternativa viable para la producción orgánica en invernadero con siembra directa al suelo y controlado.

**Palabras claves:** *estiércol, solarizado, invernadero*

## INTRODUCCIÓN

---

<sup>1</sup> Profesores Investigadores DEP-FAZ-UJED

<sup>1,2</sup> Profesores Investigadores DEP-FAZ-UJED y SIGA ITA 10

<sup>3</sup> Alumno de Maestría en Agricultura Orgánica DEP-FAZ-UJED

La Comarca lagunera es la cuenca lechera más importante del país, con más de 2'000,000 de litros diarios de leche dado sus 200,000 cabezas de ganado bovino en producción aproximadamente. Sin embargo para tener ese número de cabezas de ganado bovino se requiere tener ganado de reemplazo y en desarrollo por lo que en total se tiene más de 400,000 cabezas con el principal objetivo de producir leche en la región. Lo anterior deriva en mas de 1'000,000 de kilogramos de estiércol base seca, producido por día, por lo que este tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y el agua del acuífero subterráneo (SAGARPA, 2000). Es actualmente ya común entre los productores aplicar más de 100 toneladas por hectárea ( $\text{ton ha}^{-1}$ ) de estiércol en forma continua (por año) al suelo ocasionando problemas serios de salinidad y sodicidad principalmente, por lo que monitorear el suelo antes de la aplicación del estiércol deberá ser una practica útil y necesaria para decidir el cuanto aplicar de estiércol por año. Además el reciclaje apropiado de los nutrientes contenidos en los abonos orgánicos tales como estiércoles, atraves de su incorporación en suelos agrícolas requiere del conocimiento del porcentaje de descomposición o también llamada “tasa de mineralización”. Este porcentaje debe ser estimado para diferentes condiciones edáficas y agro-ecológicas, de tal manera que puedan utilizarse de apoyo para el calculo de dosis del abono orgánico de interés. Una Sub-estimación de la dosis puede ocasionar deficiencias de nutrientes por el cultivo y una reducción en rendimiento y calidad del producto. Por el contrario, una sobre-estimación de la dosis conduce a exceso e nutrientes, toxicidad al cultivo y contaminación del suelo y el agua (Inversen, *et. al.* 1997).

Un manejo inadecuado de este importante residuo puede conducir a problemas ambientales, por ejemplo la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos declarará el estiércol como desecho tóxico debido a que se ha manejado en forma incorrecta con riesgos de contaminación por nitratos al acuífero (Florez-Margez, *et. al.* 2002).

La aplicación apropiada de abonos orgánicos en suelos agrícolas aumenta como medio de disposición, reciclaje de nutrientes y conservación del agua (Walker, 1999) en vista que la mayoría del N en los residuos orgánicos está en forma orgánica, trabajos de investigación son necesarios para determinar la tasa de mineralización y predecir la disponibilidad de

nutrientes, particularmente N para un uso adecuado y eficiente en la producción agropecuaria (Sweeten, *et. al.* 1982).

La descomposición de materia orgánica depende de los microorganismos presentes y es un concepto general de una secuencia completa de procesos muy detallados en los cuales los organismos utilizan los compuestos orgánicos como fuente de alimento (Ross, 1998).

De acuerdo con la fuente de energía principal, los organismos vivos se clasifican en fototróficos (utilizan la radiación) los quimotróficos (utilizan la energía liberada de oxidaciones químicas). Además, los organismos pueden ser subdivididos con base en su fuente de energía principal en autótrofos los cuales usan el carbono inorgánico (CO<sub>2</sub>) y heterótrofos los cuales utilizan compuestos de carbono orgánico tales como carbohidratos. Los organismos responsables principalmente de la descomposición de materia orgánica son quimioheterótrofos (todos los animales vertebrados e invertebrados, principalmente bacterias y hongos) los cuales fraccionan las moléculas orgánicas complejas para obtener energía y nutrientes simples que requieren para construir sus propios tejidos corporales. (Horak, E. 1968). Por lo tanto conocer los microorganismos presentes en el estiércol es de vital importancia ya que algunos de ellos pueden ser patógenos para los humanos, proceso que en el estiércol de la Laguna no se ha llevado a cabo. Además, se desconoce que tipo de malezas son las que están presentes y que pasa cuando el estiércol es solarizado tanto con microorganismos como con malezas. Las principales especies de hongos detectados son las Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes. Esto debido a que el estiércol es un producto rico en carbono el cual es una fuente nutrimental básica para los hongos encontrados (Lincoff, 1981).

(Aguirre y Ulloa en 1983) encontraron resultados similares indicando que después que el carbono en estructuras bioquímicas fácilmente biodegradables los Mucorales mueren quedando estructuras más fáciles de degradar por hongos de los Ascomycetes y Basidiomycetes, respectivamente.

Por otra parte Castro (2000) mediante recorridos durante los años 1988 y 1998 para identificar las principales especies de maleza que se encuentran en alfalfares de la Comarca Lagunera, se determinó que las especies con mayor frecuencia y grado de infestación durante el ciclo de otoño-invierno se presentaron: *Mostacilla Sisymbrium irio L.*; *Malva Malva parviflora L.*; *Borraja Sonchus oleraceus L.*; *Bolsa de pastor, Capsella bursa-*

*pastoris L.*; Oreja de ratón, *Polygonum aviculare L.*; y durante el ciclo primavera-verano se presentaron: Zacáte pegarropa, *Setaria verticillata L.*; Zacate chino, *Cynodon dactylon.*; Quelite, *Amaranthus palmeri S.*; Cuscuta, *Cuscuta sp.*

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del Sitio Experimental .**

Los trabajos del presente estudio se realizaron en el laboratorio de microbiología , de suelos y el invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango, respectivamente. Localizada entre el Km 35 de la carretera Gómez Palacio –Tlahualilo, Durango.

### **Espacios de Exploración Estudiados.**

Se evaluaron 8 muestras de estiércol de diferentes establos principalmente por la variación que existe entre estos en cuanto a características físicas y químicas Cuadro 1. Comparándose estos con muestras de estiércol solarizado a un mes y otra a seis meses del establo de la FAZ-UJED. En total se tuvieron un total de 10 muestras de estiércol y un testigo con tres repeticiones siendo estos los siguientes:

**Cuadro 1. Establos Bovinos Muestreados para su Estudio**

ESTABLO	CATEGORIA	No. DE MUESTRAS
FAZ-UJED	Pequeña Propiedad	3 (dos solarizados, 1 sin solarizar)
Fresno del Norte	Ejido	1
Ana	Ejido	1
DESLAC	Pequeña Propiedad	1
Porvenir	Pequeña Propiedad	1
Hormiguero	Pequeña Propiedad	1
Polca	Pequeña Propiedad	1
San Gabriel	Pequeña Propiedad	1
TOTAL	8	10

## **Establecimiento y Conducción de los Trabajos en Invernadero y Laboratorio.**

### **Laboratorio.**

Se selecciona una muestra de cada tipo de estiércol (aproximadamente 2 gramos) y se colocaron en una caja petri con papel filtro en su interior humedeciéndose y dejándose en una incubadora a 30° C para detectar la proliferación de hongos los cuales después del tercer día empezaron a desarrollarse. En lo que respecta a bacterias el método fue mas complicado tanto para la salmonelas como cocí siendo el procedimiento siguiente:

### **Invernadero .**

En invernadero se trabajo en botes de plástico de 20 litros llenados con arena esterilizada hasta 15cm. del borde superior.

La alfalfa fue sembrada pero previamente se aplicaron las dosis de estiércol calculándose de acuerdo al área del bote en función de lo que se utiliza por hectárea , posteriormente se iniciaron los conteos del tipo y numero de malezas que se desarrollaron por tratamiento y repetición.

### **VARIABLES EN RESPUESTA.**

Las variables en respuesta fueron la presencia o No. de los microorganismos y el tipo presente en el caso del laboratorio.

Y con respecto a el invernadero se cuantifico con el numero y especie de maleza encontrados

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Características físico-químicas del Estiércol.**

Los cuadros del 2 al 4 muestran las características físicas y químicas del estiércol de bovino para cuatro muestras tomadas a diferentes profundidades de una pila de 1 m de alto.

Como el estiércol en su composición no solo lleva la parte sólida que se desecha al animal, sino también otras sustancia como la orina, paja, etc. Es importante tener una

referencia lo mas completa posible de todos los elementos solubles e intercambiables y así estar en condiciones de explicar los posibles cambios físicos, químicos, y biológicos que ocurrirán en el suelo después de la aplicación de estiércol. Por ejemplo el por ciento de Sodio intercambiable es extremadamente alto y rebasa los limites permisibles del suelo (15%). Otro factores la conductividad eléctrica la cual esta en un rango de 5.52 a 7.72  $Dsm^{-1}$ , que rebasa también los limites permisibles del suelo, esto indica que la concentración salina del estiércol es alta debido a las dietas que se les da a los animales la cual es muy rica en sales. Esto justifica aun mas el estudio porque dosificar y observar la biodegradación del estiércol es ya una necesidad en la laguna, ya que el productor de leche lo esta aplicando en cantidades muy altas hasta mas de 200  $ton\ ha^{-1}$  y esto saliniza al suelo pero lo mas crítico es que lo sodifica, contaminando este recurso con efectos reversibles pero de recuperación costosa.

**Cuadro 2. Características físicas del estiércol bovino 2003.**

Numero de Muestra	Profundidad Cm.	Temperatura °C	Densidad aparente Grs /cm <sup>3</sup>	P. S % Humedad
1	0-15	32	0.44	50.3
2	15-30	44	0.46	28.7
3	30-45	45	0.49	28.5
4	45-60	44	0.46	22.4

**Cuadro 3. Características químicas (intercambiables) del estiércol bovino 2003**

Numero Muestra	Prof. mCmm	%N total	P X	K %	Ca %	Mg %	Na %	Mn Ppm	Fe Ppm	Zn Ppm	Cu Ppm	Bo Ppm
1	0-15	1.51	0.356	3.27	3.38	0.71	0.97	560	10960	200	49	390
2	15-30	1.39	0.388	3.32	3.47	0.76	1.02	620	12300	198	45	450
3	30-45	1.3	0.344	3.4	3.41	0.72	1.07	600	11250	206	53	410
4	45-60	1.27	0.358	3.3	3.31	0.71	0.98	590	11200	198	47	400

**Cuadro 4. Características químicas (solubles) del estiércol bovino 2003.**

Numero Muestra	Profundidad cm	pH	Ca Meq /l	Mg Meq /l	Na Meq /l	RAS	PSI	C.E. Dsm <sup>-1</sup>
1	0-15	8.09	4.04	0.74	31.52	20.4	22.4	6.87
2	15-30	8.2	4.11	0.68	32.17	20.8	22.7	7.72
3	30-45	8.27	4.1	0.61	31.35	20.4	22.4.	7.76
4	45-60	8.04	3.96	0.67	32.87	21.6	23.4	5.52

### **Hongos**

Las principales especies de hongos detectados son las Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes. Esto debida a que el estiércol es un producto rico en carbono el cual es una fuente nutrimental básica para los hongos encontrados. (Aguirre y Ulloa en 1983) encontraron resultados similares indicando que después que el carbono en estructuras bioquímicas fácilmente biodegradables los Mucorales mueren quedando estructuras más fácil de degradar por hongos de los Ascomycetes y Basidiomycetes, respectivamente.

Es importante mencionar que el estiércol solarizado en primavera-verano con temperaturas al ambiente mayores a 40 °C no presenta ninguno de los hongos mencionados ni otros encontrados en estiércol no solarizado de las especies del genero *Paneolus* las cuales son típicamente fimícolas cuyo crecimiento esta íntimamente ligado a altas condiciones de humedad, determinándose que estas eran *Paneolus antillarum*. Guzmán y Pérez en 1972, encontraron especies del genero *Paneolus* en estiércol como *Paneolus semiovatus* y *Paneolus antillorum*.

### **Bacterias**

#### **Coliformes fecales**

El procedimiento de filtros de membrana utilizados para determinar si *Escherichia coli* estaba presente en le estiércol solarizado y no solarizado fue todo un éxito y como este tipo de bacterias no son visibles a simple vista una lámpara black Light fue utilizada observándose claramente que estas bacterias si están presentes en el estiércol no solarizado no siendo así en el estiércol solarizado, lo que nos permite demostrar que la solarización si

elimina este tipo de bacterias del estiércol bovino. El método completo utilizado en este proceso esta disponible para quien lo solicite al autor principal de este articulo.

La reacción en cadena polimeraza fué el método utilizado para determinar otras bacterias patógenas en humanos como salmonelas. El proceso se basa en la amplificación de regiones con altas temperaturas de DNA. El reactivo utilizado en el proceso es una termoestable enzima polimeraza de DNA extraída de bacterias *Thermus aquaticus*.

## **NORMAS DE APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE BOVINO AL SUELO**

### **Legislación sobre residuos ganaderos**

En México se cuenta con una Norma Oficial Mexicana para las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. Se encuentran registradas 15 Agencias de Certificación, de las cuales 3 son de origen mexicano (CERTIMEX, CUCEPRO y CADS) y una agencia internacional (OCIA) división México (SCFI, 2000, y CODEES 1997). Las empresas extranjeras más importantes que operan en nuestro país son: Organic Crop Improvement Association Internacional (OCIA), con sede en Estados Unidos; Naturland, de Alemania, y Quality Assurance International, de Estados Unidos. La certificación nacional corresponde al Comité Universitario Certificador de Productos Orgánicos de la Universidad de Colima, a la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos S.C. (Certimex), que realiza procesos de cocertificación con empresas internacionales; a la Asociación Civil Dana y otros (FDA y CFSAN 1999 y IEM. R, 1956).

Muchos programas de certificación requieren medidas adicionales de protección del ambiente, por ejemplo, en las esferas relativas a la conservación de suelos y aguas, la lucha contra la contaminación o el uso de agentes biológicos se aplican por lo general medidas específicas (UMFDA, 2002).

En nuestro país la producción de productos orgánicos se rige por la Norma Oficial Mexicana NOM-307 -Fito-1995 / 1997 (Cuadro 10), en la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, aunque la producción y comercialización orgánica ha estado inserta en el mercado internacional a través de empresas certificadoras e intermediarias de países

industrializados que han fijado las pautas para los productores nacionales y para la exportación.

La normatividad de la agricultura orgánica comprende el establecimiento de estándares para la producción y el procesamiento de los productos orgánicos, así como los instrumentos que posibilitan el cumplimiento de los sistemas de regulación.

### **Tratamientos para reducir los riesgos asociados con el estiércol**

Para transformar los desechos orgánicos en fertilizantes seguros (abono), es preciso seguir un método que reduzca la presencia de bacterias patógenas. La creación de abono es un proceso natural, biológico, mediante el cual el material orgánico se degrada y descompone. El proceso de transformación en abono es llevado a cabo por bacterias y hongos que fermentan el material orgánico y lo reducen a un humus estable. Debido a que el proceso de fermentación genera mucho calor, reduce o elimina los riesgos biológicos en la materia orgánica. (Lamkin, 1998 y Kéller Andreas, 2002). Los tratamientos de transformación en abono pueden ser divididos en dos grupos, tratamientos pasivos y tratamientos activos.

#### **Tratamientos pasivos**

Los tratamientos pasivos se basan en el mantenimiento de los desechos orgánicos bajo condiciones naturales. No se remueven las pilas de abono y el oxígeno libre presente en ellas es utilizado con rapidez, dando lugar a condiciones anaeróbicas, que retrasan el proceso de transformación en abono. Sin embargo, los factores ambientales tales como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta, si actúan con un tiempo suficiente, inhiben el crecimiento de organismos patógenos y, eventualmente, los destruyen.

El mayor obstáculo con que se enfrenta este método es que toma demasiado tiempo para reducir de manera significativa el número de patógenos en la materia y resulta difícil determinar el tiempo necesario para que este proceso tenga lugar. La cantidad de tiempo que se necesita depende del clima, de la región y de la estación del año, así como del origen y el tipo de estiércol y de materia orgánica utilizada. Debido a estas incertidumbres, la transformación pasiva en abono no está recomendada.

## **Tratamientos activos**

Los tratamientos activos son aquellos en los que las pilas de materia son tratadas en condiciones que aceleraron el proceso de transformación de los desechos en abono. El tratamiento activo para transformar materia orgánica en abono es el tratamiento más ampliamente utilizado por los agricultores.

Con los tratamientos activos, las pilas de materias son removidas con frecuencia o bien se les suministra otro tipo de aeración con miras a mantener condiciones adecuadas de oxígeno (aeróbicas) dentro de la pila. Se controlan los niveles de temperatura y humedad y se añaden suplementos si es necesario para obtener una humedad óptima y una tasa adecuada de carbono-nitrógeno que complete el proceso de transformación en abono, Dicho proceso está completo cuando la pila cesa de estar caliente. Bajo condiciones adecuadas, la elevada temperatura generada durante el proceso de fermentación destruye la mayor parte de los patógenos en un período de tiempo relativamente corto. .

Se puede entonces proceder al análisis microbiano del abono para determinar si el procedimiento fue eficaz y eliminó las bacterias patógenas. La presencia de E. coli y Salmonella suele ser utilizada como indicador, puesto que si están presentes en el abono, el fertilizante orgánico no deberá ser añadido al suelo y será necesario proceder a tratamientos adicionales del fertilizante.

Es posible proceder a tratamientos adicionales, tales como la pasteurización, el secado con calor, la digestión anaeróbica, la estabilización con álcalis, la digestión aeróbica o una combinación de todos ellos, con miras a acelerar el proceso de formación de abono.

## **Estiércol animal no tratado**

El uso de estiércol animal no tratado (sin proceso de formación de abono) en la producción de productos vegetales comestibles da lugar a un mayor riesgo de contaminación que el uso de estiércol tratado y, por lo tanto, NO se recomienda.

A pesar de que el estiércol no tratado nunca está recomendado para su uso como fertilizante, en algunas regiones se utiliza. En este caso, deberá ser añadido a la tierra durante la preparación del suelo y antes de la siembra. Los microorganismos en el suelo pueden reducir el número de organismos patógenos en el estiércol. No obstante, el tiempo transcurrido es un factor importante. El estiércol ha de ser incorporado al suelo y la tierra

removida de manera periódica para facilitar la reducción de patógenos. Es necesario dejar pasar al máximo de tiempo entre la aplicación del estiércol y la siembra. La cantidad de tiempo que las bacterias patógenas pueden sobrevivir en el estiércol se desconoce, pero algunos investigadores estiman que dependiendo de las condiciones ambientales, el período de supervivencia puede llegar a un año o más.

No se recomienda añadir en los campos estiércol animal no tratado (sin proceso de transformación en abono) durante el periodo de cultivo.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguirre Acosta, E. y M. Ulloa, 1982 a. Mohos que se desarrollan en el estiércol de algunos ratones silvestres de México. Bol. Soc. Mex. Mic. 17:55-66.
- Aguirre Acosta, E. y M. Ulloa, 1983. primer registro en México sobre la sucesión de hongos en el estiércol de vaca. Bol. Soc. Mex. Mic. P.p. 76-88.
- Castro, E. M. 2000. Maleza de alfalfa in Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro técnico No. 2. Ed. INIFAP-SAGARPA. México. 2000. Pp. 19.
- Comisión del CODEX Alimentarius 1997. Manual de procedimientos. Roma, Italia.
- Dennis, R. G. 1961. Fungi venezuelani, IV. Kew Bull. 15:57-156.
- FDA y CFSAN (Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition). 1999. Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales. Washington, D.C.
- Florez-margez J. P., R. P. Fynn, W. C. Lindemann and M. Remmenga. 2000. Total nitrogen content of dairy manures in New Mexico. Agricultural experimental station, bulletin 785, Colege of Agriculture and home Economics, NMSU.
- Guzmán, G. y A. M. Pérez-Patracá, 1972. Las especies conocidas del genero *Paneolus* en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 6: 17-53.
- Horak, E., 1968. Sinopsis generum *Paneolus* agaricalium. Beitr. Zur kryptogamenflora der Schweizer 13.
- IEM. R., 1956. les champignons divinatories utiles dans les rites des indes Mazateques, recuellis au cours de leur premier voyage au Mexique, en 1953, par Mme.

- Valentina pavlovna Wasson et M. R. Gordon Wasson. comp.. Rend. Acad. Sei. 242:965-967.
- Iversen, K. V., J. G. Davis and M. F. Vigil, 1997. Variability of manure nutrient content and impact on manure sampling protocol. Colorado State University . p. 4.
- Keller Andreas. 2002. Good Agricultural Practices (GAPs). Curso sobre inocuidad alimentaria. USA.
- Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica. Editorial Mundi-Prensa.
- Lincoff, G. H. 1981. Field guide to North American mushrooms. Knopf Inc. Nueva York, 926 p.
- OCIA. México (Asociación para el Mejoramiento de Cultivos Orgánicos). 1998. Normas de Certificación Internacional. En línea <http://www.ocia.org> (revisada 15/06/05).
- Ross, S. 1989. Soil processes: a Systematic approach. Chapman and Hall inc New York, N.Y. p. 39-74
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2002. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo Dgo.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2000. Normas. México. D.F.
- Sweeten J. M. Jr., A. C. Maters and G. R. McEachern, 1982. Improving soil with manure application. Texas A&M University. P. 74.
- University of Maryland and Food Safety (UMFDA). 2002. Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: manual de formación para instructores. Symons Hall, College Park, MD 20742. USA.
- Walker, J. K. 1999. Suitability of composted dairy manure for plant production in New Mexico Master's Thesis. New México State University. Las Cruces Nm.
- Zhang H and D. Halmilton, 1998. Sampling and analysis of animal manure. [Clay.agr.okstate.edu/animal\\_waste/bindex.htm](http://Clay.agr.okstate.edu/animal_waste/bindex.htm).