

# Respuesta de la bovinaza a inoculaciones microbianas

Carolina Bello P.

## Resumen

El presente artículo muestra los resultados de una investigación basada principalmente en la necesidad de conocer la respuesta biológica que ofrece un subproducto de la cadena pecuaria, con énfasis en la bovinaza. Las alternativas presentadas durante la investigación nos dan ideas de manejo sostenible y productivo de este desecho de origen pecuario, cuya finalidad es implementar medidas de aprovechamiento eficiente y optimización en términos de tiempo y calidad microbiológica de esta materia prima.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la investigación con el objetivo central de evaluar la respuesta microbiológica de la bovinaza a la inoculación con microorganismos eficaces (EM) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en el municipio de Mosquera, departamento de Cundinamarca.

Trabajamos bajo un diseño de bloques al azar, con un testigo, y dos tratamientos con 3 réplicas para cada uno, a saber: el estiércol de la vaca sin ningún tipo de inoculación agente, simulando las condiciones que generalmente toma sobre el terreno, la inoculación con microorganismos eficaces (EM) hacer sólo una vez para empezar el proceso, y la inoculación con 1,5 kilogramos de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

El ensayo mostró que el comportamiento mostrado con las inoculaciones que contenían microorganismos eficaces (EM) y la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), presenta el óptimo tiempo de respuesta de 45 días para todas las variables, excepto para el porcentaje de germinación de 75 días fue mejor para el testigo y Para la inoculación con (EM) (microorganismo efectivo).

## Palabras clave

Inoculación, Bovinaza, Lombriz roja, Microorganismos, Germinación, Repollo (*Brassica oleracea*).

## Abstract

This article shows the results of an investigation based mainly on the need to know the biological response that offers a byproduct of the livestock chain, with emphasis on the cow manure. The alternatives presented during the investigation give us ideas of sustainable and productive management of this waste from livestock origin, whose aim is to implement measures to optimize efficiency and optimization in terms of time and microbiological quality of this raw material.

Given the above, the investigation was conducted with the central objective of evaluating the response of the microbiological of the cow manow to inoculation with effective microorganisms (EM) and California red earthworm (*Eisenia foetida*) in the municipality of Mosquera, department of Cundinamarca.

We work under a randomized block design, with a witness, and two treatments with 3 replicates for each, namely: cow manure without any kind of inoculation agent, simulating the conditions which usually takes the field, inoculation with effective microorganisms (EM) do only once to start the process, and inoculation with 1.5 kilograms of red worm Californian (*Eisenia foetida*).

The trial showed that the behavior shown with the inoculations containing effective microorganisms (EM) and the California red earthworm (*Eisenia foetida*), presents the optimum response time of 45 days for all the variables, except for the germination percentage of 75 days was better for the witness and for inoculation with (EM) (effective microorganism).

## Key words

Inoculation, Cow manure, Red worm, Microorganisms, Germination, Cabbage (*Brassica oleracea*).



## I. Introducción

Esta investigación fue realizada como proyecto de grado, con el objetivo central de evaluar la respuesta microbiológica de la bovinaza a la inoculación con microorganismos eficaces (EM) y Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en el municipio de Mosquera, Cundinamarca.

El trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones Agropecuarias CORPOICA, Tibaitatá, durante el primer semestre del año 2008, tiempo durante el cual se inoculó la bovinaza con microorganismos eficaces (EM) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Se dejó una muestra testigo, simulando el tratamiento que el productor comúnmente le da a esta materia prima; es decir, sin ninguna inoculación.

A estas muestras se les realizó un análisis biológico, antes de ser sometidas a tratamiento, los días 45 y 75 del proceso de inoculación, bajo un modelo experimental de bloques al azar.

Para la elaboración del documento de soporte se contó con herramientas bibliográficas acerca del tema, y la información suministrada por los análisis de laboratorio obtenidos en los suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, así como el tratamiento estadístico realizado a esta información.

## II. Metodología

El ensayo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación CORPOICA Tibaitatá, localizado a los 4°42'00", latitud Norte; 74°12'00", longitud Oeste; a una altitud de 2.543 metros sobre el nivel del mar; una temperatura promedio de 14° centígrados; y, una precipitación promedio de 750 mm/año.

Para el desarrollo de este ensayo se utilizó un sustrato base (bovinaza), cuya procedencia fue del ganado existente en el centro de Investigación CORPOICA Tibaitatá, conformado por *Bos Taurus*, en su totalidad.

La bovinaza recolectada se dispuso en un lugar bajo techo para agregarle agua, hasta homogenizar el producto y lograr un 80% de humedad. Esta muestra húmeda se depositó en las camas y allí se realizaron las inoculaciones con microorganismos eficaces (EM), correspondiente al tratamiento 2 (T2) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), denominado tratamiento 3 (T3). Se contó con 50 kilos de bovinaza por cada cama.

Las inoculaciones se realizaron utilizando 3 litros de microorganismos eficaces (EM), disueltos en 3 litros de agua, los cuales fueron aplicados en forma homogénea con regadera, a 3 de los cajones dispues-

tos con bovinaza. A esta inoculación se le realizó la introducción de 3 tubos de PVC de 1 pulgada de 90 cms., con la intención de dar oxigenación a las muestras, suprimiendo la necesidad de hacer volteos manuales.

La inoculación con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se llevó a cabo pesando 1.5 kilogramos de estas, para inocularlas en 3 de las camas dispuestas con bovinaza; además se hizo un conteo preliminar de las lombrices, con el ánimo de determinar al final del proceso el comportamiento de la población.

Las camas restantes no se sometieron a ninguna inoculación, y su manejo simuló las condiciones que usualmente el productor realiza en campo; es decir, en el suelo sin ningún tratamiento, esta muestra se denominó tratamiento 1 (T1). Cabe anotar, que estas inoculaciones se hicieron de manera única al inicio de la investigación, el día 15.

Durante el proceso de inoculación se llevaron muestras de sustrato al laboratorio para evaluar la respuesta microbiológica de la bovinaza a las inoculaciones, estas mediciones se realizaron durante los días 15, 45 y 75.

### Variables medidas

Microorganismos:

- Hongos UFC/ g sustrato
- Bacterias UFC/g sustrato.
- Microorganismos celulolíticos UFC/ g sustrato.

El método de investigación para este ensayo se trabajó a partir de un diseño de bloques al azar, un análisis de varianza y la prueba múltiple de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ). Como herramienta estadística se utilizó el programa SPSS, versión 11.5.

### El estiércol como fuente de materia orgánica

El estiércol es de los subproductos agrícolas más abundantes e importantes para el suelo, toda vez que se trata de una importante fuente de nitrógeno, fósforo, potasio y elementos rápidamente disponibles para las plantas que, aplicada al suelo, mejora sus propiedades físicas mediante el aumento de la capacidad de retención de humedad, la tasa de infiltración, la porosidad y puede mejorar la estructura, (Burbano, 1989).

Se considera que el suelo y su fertilidad se mantienen más fácilmente con un sistema agrícola ganadero, que con un sistema netamente agrícola. Guardadas proporciones, esto es cierto, porque gran parte del

nitrógeno y de los minerales ingeridos por el animal, son excretados por ellos. No obstante, se debe tener en cuenta que no todos los nutrientes consumidos por los animales son eliminados en el estiércol.

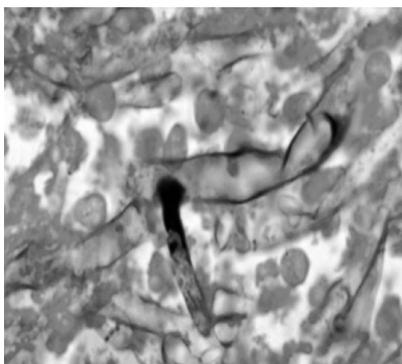
Para tener una visión más clara de las propiedades que tiene como abono, es necesario conocer los cambios químicos que sufren los alimentos en el tracto digestivo de los animales, los componentes del estiércol, la cantidad y composición de los excrementos, así como las condiciones de manejo y almacenamiento, (Burbano, 1989).

### **Principales microorganismos descomponedores de estiércol**

El suelo está formado por cinco componentes principales: materia mineral, agua, aire, materia orgánica y seres vivos. La cantidad de estos constituyentes no es la misma en todos los suelos. El aire y el agua juntos representan aproximadamente la mitad del volumen del suelo. El agua que se mueve por la gravedad se encuentra en los poros más grandes del suelo, que con frecuencia están llenos de aire. Parte del agua es retenida por interacciones con otros constituyentes del suelo y solo una fracción de esta es aprovechable por los organismos vivos. La aireación y la humedad están directamente relacionadas, toda vez que los poros que no contienen agua están llenos de gas.

### **Hongos**

Comprenden un grupo muy amplio de protistas superiores, incluidos por los botánicos entre las Talofitas (vegetales, sin clorofila). Son todos heterótrofos, lo que quiere decir que absorben sustancias orgánicas o minerales al estado disuelto, ya sea del medio (saprófitos) o de otros organismos (parásitos). Sintetizan gran cantidad de enzimas que difunden al medio exterior y degradan las moléculas complejas en subproductos difusibles, y representan la última etapa en la escala de evolución de los protistas. (Figura 1)

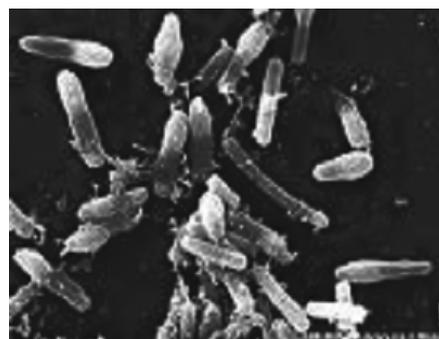


**Figura 1.** Hongo del suelo del género *Mucor pusillus*. Tomada de: <http://pathmicro.med.sc.edu/mycology/mucor.jpg>

Una de las principales actividades de los hongos es la descomposición de la celulosa, hemicelulosa, pectinas, almidón, grasas y compuestos de lignina. Los hongos participan en la formación del humus y contribuyen al reciclaje de nutrientes y a la estabilidad de agregados, mediante la degradación de residuos vegetales y animales. (Coyne, 2000)

### **Bacterias**

En apariencia, las bacterias son muy pequeñas y pasan casi inadvertidas porque sus estructuras internas son invisibles. Esto guarda relación con el hecho de que representan un grupo muy diverso de organismos. A las bacterias se les puede definir como organismos procarióticos que no tienen semejanzas particulares ni de vegetales ni de animales, que generalmente no son fotosintéticos, y si lo son, no liberan oxígeno.



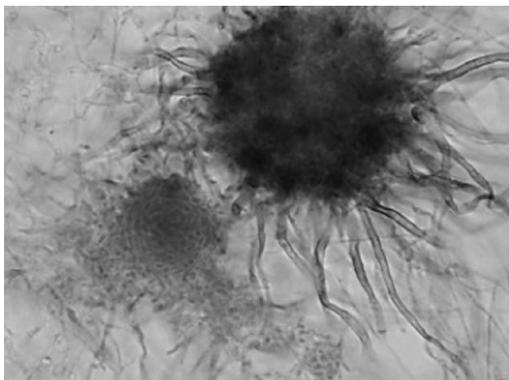
**Figura 2.** Bacteria del género *Thiobacillus thiooxidans*. Tomada de: <http://www.bact.wisc.edu/themicrobialworld/nutgro.html>

La materia orgánica es uno de los factores de mayor incidencia en la distribución de las bacterias, que como se sabe son heterótrofas. Suelos ricos en humus poseen mayor densidad bacteriana y la incorporación de restos frescos o abonos verdes inicia una rápida estimulación microbiana, muy marcada en los primeros meses, disminuyendo a medida que el sustrato se degrada. (Figura 2)

### **Microorganismos celulolíticos**

Por lo general, son Ascomicetos y hongos imperfectos con velocidades de crecimiento más lentas que los hongos; no compiten en forma adecuada con ellos por los compuestos orgánicos simples, y aparecen así al final de la descomposición. Como respuesta a la actividad de los hongos celulolíticos suele aparecer una segunda sucesión de hongos, los hongos secundarios. Estos explotan los azúcares resultantes de la hidrólisis de la celulosa y de las hemicelulosas. El pH óptimo para el crecimiento de los hongos celulolíticos suele estar comprendido entre 4,5 y 6; mientras que el pH óptimo de las enzimas celulolíticas, suele ser algo menor de 6.

Es importante señalar que uno de los subproductos metabólicos de los hongos celulósicos es el peróxido de hidrógeno, agente catalítico principal en la reacción de Fenton (oxidación catalítica de la celulosa mediante radicales OH). La temperatura que favorece su desarrollo se encuentra en el intervalo de 20-35 ° centígrados, para la mayoría de especies. La humedad relativa que más les favorece es 65-100%. El contenido de humedad mínimo para que las esporas puedan desarrollarse es de un 8-10%. Las bacterias celulolíticas se desarrollan de mejor manera a una temperatura de 22-35 ° centígrados. La humedad relativa que más les favorece es 90-100%. El contenido de humedad mínimo para que las esporas puedan desarrollarse es de un 8-10%.



**Figura 3.** Microorganismo celulolítico del genero *Chaetomium*. Tomada de: <http://fungifinder.com/chaetomium2ofw10.jpg>

En los suelos bien aireados la celulosa es degradada y utilizada por varios microorganismos aerobios (hongos, mixobacterias y otras eubacterias). (Figura 3)

En el rumen, bajo condiciones anaeróbicas, la celulosa es atacada por bacterias y unos pocos hongos anaeróbicos del grupo Chytridiomycetes. Los hongos tienen más éxito que las bacterias durante la celulólisis, en los suelos ácidos o en la madera (lignocelulosa). Excretan celulasas que pueden ser aisladas del medio de cultivo así como del micelio. Las bacterias deslizantes y las mixobacterias no excretan celulasas al medio, pero se adhieren a las fibras de celulosa para digerirlas. En los ambientes anaeróbicos la celulosa es degradada por eubacterias meso y termófilas por ejemplo *Clostridium thermocellum*.

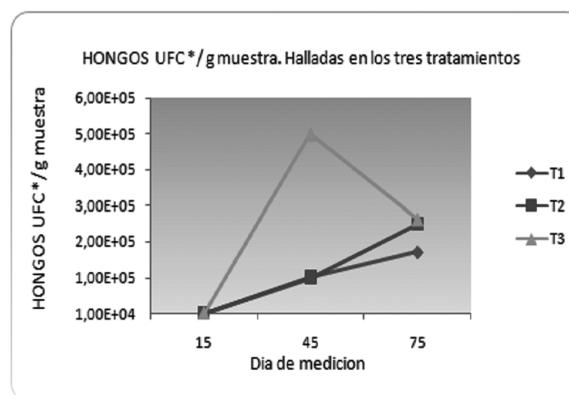
### III. Resultados

#### Hongos

Respecto a las UFC /g de sustrato encontramos que, para T 1 y T2, aumentaron hasta  $10 \times 10^4$ , mientras para el tratamiento 3 llegaron a  $50.0 \times 10^4$  UFC/ g sustrato. Esta tendencia continuó para el día 75, ma-

nifestándose así un incremento exponencial en el T1 hasta  $17, 2 \times 10^4$  UFC / sustrato, mientras para T2, llegó hasta  $24.8 \times 10^3$  UFC/ g sustrato; pero el T3 tuvo una disminución a  $26.2 \times 10^4$  UFC/ g sustrato. (Tabla 1). Por observación en campo se detectó descenso de la población inicial de lombriz.

Para el día 75, los hongos nativos siguieron creciendo dentro de un comportamiento natural sobre el sustrato colonizado, pero el ensayo no contempla la identificación de estos hongos, por otra parte la adición del EM duplicó la población al día 75, posiblemente, debido a un proceso de ambientación que no se había expresado el día 45. Pero, se debe tener en cuenta que estas poblaciones pueden corresponder a los del sustrato o a los del EM, resultado que no se obtuvo, porque no hubo identificación de los hongos. (Figura 4)



**Figura 4.** Comparación de las UFC\*/ g sustrato de Hongos, encontradas en los tres tratamientos.

Día/trat.	T1 (testigo)	T2 (EM)	T3 (LOMBRIZ)
15	$1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$
45	$10 \times 10^5$	$10 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
75	$1,72 \times 10^5$	$2,48 \times 10^5$	$2,62 \times 10^5$

**Tabla 1.** UFC\* g sustrato de Hongos, reportados por el laboratorio para las tres fechas de monitoreo.

#### Bacterias

Las bacterias heterótrofas presentes en el sustrato muestran un comportamiento elevado en el T1, el día 15 de muestreo, con un valor de  $32,0 \times 10^7$  UFC/g sustrato; pero, para el T 1 muestran una disminución considerable el día 45, que se podría explicar por el aumento de hongos en las poblaciones, mientras la disminución a una tercera parte de la población inicial de bacterias reportadas para el T 2, corresponde seguramente a la competencia que pueden estar ejerciendo los microorganismos contenidos en el EM. (Tabla 2).

Para el T 3, la población también disminuye, pero con relación a las anteriores es la más alta. Al igual que los hongos, esta situación puede verse favorecida por la acción enzimática de la lombriz, que durante las primeras etapas del proceso de descomposición del sustrato, en el cual no existen aún las suficientes cantidades de carbohidratos fermentados, las bacterias permanecen numéricamente limitadas y metabólicamente latentes, por lo que se asiste a un desarrollo preponderante de los actinomicetos. En esta fase la acción antibiótica de la lombriz no logra prevalecer debido a que el número de bacterias es muy elevado, (Compagnoni, L; Putzolu, G. 1999).

El comportamiento de las UFC / g sustrato a los 75 días tienen la misma tendencia en el T1 y en el T2, pero el T3 muestra una tendencia a la disminución, lo que podría estar sucediendo porque son microorganismos nativos del sustrato y pueden regular más fácilmente el tamaño de las poblaciones para estos microorganismos específicamente. (Figura 5)

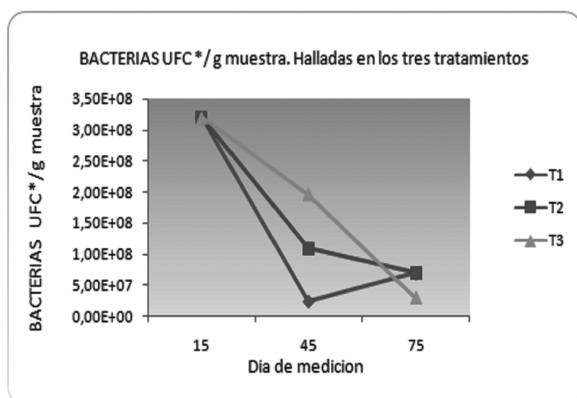


Figura 5. Contenido comparativo de UFC/g sustrato de bacterias heterótrofas encontradas en los tres tratamientos.

Día/trat.	T1 (testigo)	T2 (EM)	T3 (LOMBRIZ)
15	3.20X10 <sup>7</sup>	3.20X10 <sup>7</sup>	3.20X10 <sup>7</sup>
45	2.40X 10 <sup>7</sup>	1.08 X10 <sup>8</sup>	1.96X10 <sup>8</sup>
75	6.90X10 <sup>7</sup>	6.90X10 <sup>7</sup>	2.90X10 <sup>7</sup>

Tabla 2. UFC\* g sustrato de bacterias heterótrofas, reportadas por el laboratorio para las tres fechas de monitoreo.

### Microorganismos celulolíticos

Los microorganismos celulolíticos medidos en el ensayo pueden corresponder a hongos, bacterias o actinomicetos, situación que no fue evaluada en este ensayo. Vale la pena tener en cuenta que al igual que en las poblaciones anteriores, la tendencia es a la disminución de las poblaciones; pero, lo mismo que las bacterias a los 75 días, las poblaciones son

más altas que a los 45. Cabe anotar que el T2 muestra las poblaciones más altas de celulolíticos en ambos días de medición, lo que puede ocurrir debido al alto contenido de celulosa que tiene el estiércol, según los reportes de literatura, toda vez que en este estudio no fue analizado. (Tabla 3)

Vale la pena resaltar que los microorganismos contenidos en el EM pueden ser clasificados como celulolíticos, y teniendo en cuenta que en las primeras fases de descomposición de la materia orgánica el desarrollo activo y la colaboración de los actinomicetos con otros grupos bacterianos, procederán a completar la humificación con la poli condensación de ácidos húmicos; en la fase que corresponde a esta acción fermentante, se verifican una serie de reacciones exotérmicas que elevan la temperatura del sustrato a descomponer. (Compagnoni, L & Putzolu, G. 1999). (Figura 6)

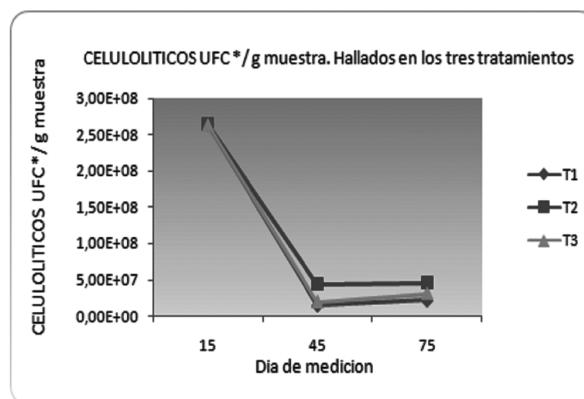


Figura 6. Contenido comparativo de UFC/g sustrato de microorganismos celulolíticos encontrados en los tres tratamientos.

Día/trat.	T1 (testigo)	T2 (EM)	T3 (LOMBRIZ)
15	2.64X10 <sup>8</sup>	2.64X10 <sup>8</sup>	2.64X10 <sup>8</sup>
45	1.43 x 10 <sup>7</sup>	4.35 X10 <sup>7</sup>	1.90X10 <sup>7</sup>
75	2.10X10 <sup>7</sup>	4.50X10 <sup>7</sup>	3.10X10 <sup>7</sup>

Tabla 3. Cuento de microorganismos celulolíticos en las tres fechas de monitoreo.

### IV. Conclusiones

- La bovinaza responde de manera positiva a las inoculaciones con microorganismos eficaces (EM) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), toda vez que la diferencia microbiológica entre el testigo y las inoculaciones demuestran mejoras en el producto final obtenido.
- El momento óptimo para aprovechar las propiedades microbiológicas de la bovinaza inoculada, con microorganismos eficaces (EM) y lombriz roja cali-

iforniana (*Eisenia foetida*), se encuentra en el día 45, factor que indica los parámetros de manejo que se deben establecer en el momento de incorporar lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en un programa de aprovechamiento de bovinaza.

- Las inoculaciones realizadas con microorganismos eficaces (EM) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), se encuentran dentro del mismo rango de precios, factor importante a la hora de tomar decisiones acerca de cuál es el agente a escoger para inoculación.
- El tiempo estimado para obtener un producto microbiológicamente estable, se encuentra alrededor

de 45 días, en contraposición con lo señalado por la literatura, que estima este proceso en alrededor de 2 meses, para obtener un producto final estable.

## V. Referencias

[1] Burbano O., Hernán. (1989). El suelo: una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

[2] Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. Madrid, España. Editorial Paraninfo.

[3] Compagnoni, L & Putzolu, G. (1999). Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Editorial de Vecchi S.A.

**Martha Carolina Bello Parra.** *Técnica Profesional en Producción Agrícola, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Ingeniera en Agroecología, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Uniminuto. carolinabello452@hotmail.com*