

## Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre

CASTRO-Leonor†, RODRÍGUEZ-Apolonia y BALCAZAR-Humberto

*Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias, Calle Calvo N° 132, Sucre, Bolivia.*

Recibido Febrero 14, 2014; Aceptado Junio 27, 2014

### Resumen

La gran cantidad de residuos sólidos, llevado a cabo por más de 270 000 habitantes en la ciudad de Sucre, que se constituyen en un problema por los procesos de contaminación que provocan, alterando negativamente con el agua, los suelos, el aire, el paisaje y la salud. Los residuos procedentes de dos mataderos privados, ubicados en diferentes lugares, sin una evaluación previa de impacto ambiental, y la aprobación de un registro ambiental que garantiza su funcionamiento con la debida adaptación ambiental, son un peligro para el medio ambiente donde están por su naturaleza. La contaminación producida por los residuos orgánicos de los mataderos y otros secretos se constituyó en el factor de constante amenaza, ya que el normativo no se ha completado ambiental respectiva (Ley del Medio Ambiente 1333) y su Reglamento para el Control de la Gestión de Residuos Sólidos de Prevención y Medio Ambiente, disposiciones generales del Título I y el Capítulo I del objeto y ámbito de aplicación, el artículo 9 de: las Iniciales y Definiciones indican de que ellos excretas humanas y animales son residuos sólidos semi patógenos que deben ser eliminados totalmente de toda el área pública o privada. Por estas razones, un proceso de mitigación de la contaminación ha comenzado para los residuos de los mataderos y otros, a través de la lombricultura para la producción de humus de lombriz, que ofrece una alternativa ecológica para motivar a los agricultores hacia la agricultura orgánica. El método experimental se aplicó la implementación de un sistema de producción de humus de lombriz, cuyo resultado fue la reducción de las fuentes de contaminación de los mataderos que producen humus de alta calidad para la recuperación de suelos degradados.

**Humus, lombricultura, lombriz de tierra.**

### Abstract

The great quantity of solid residuals, taken place for more than 270 000 habitants in the city of Sucre, they are constituted in a problem by the processes of contamination that provoke, altering negatively to the water, floors, air, landscape and health. The residuals coming from two private slaughterhouses, located in different places, without previous evaluation of environmental impact, and approval of an environmental record that guarantees their operation with the environmental due adaptation, they are a danger for the environment where they are for their nature. The contamination taken place by organic residuals of slaughterhouses and other secret ones are constituted in factor of constant threatens, since the normative one is not completed environmental respectiva (Environmental Law 1333) and their Regulation for the Prevention and Environmental Control of Management of Solid Residuals, Title I general dispositions and chapter i of the object and environment of application, Article 9 of: The Initials and Definitions indicate of you excrete them human and animals are residuals semi solids pathogenic that should be eliminated totally of all public or private area. For these reasons a process of mitigation of the contamination has begun for slaughterhouse residuals and others, through the lombriculture for the production of worm humus, offering an ecological alternative to motivate the farmers toward the organic agriculture. The experimental method was applied implementing a system of production of worm humus, whose result was the reduction of the sources of contamination of the slaughterhouses producing humus of high quality for the recovery of degraded floors.

**Humus, lombriculture, earthworm.**

**Citation:**CASTRO Leonor, RODRÍGUEZ Apolonia y BALCAZAR Humberto.Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería2014, 1-11: 15-28

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El incremento de la población de la ciudad de Sucre, en los últimos 10 años, es de casi 80 mil habitantes, lo cual ha incidido, en el aumento de consumo de alimentos, también en el incremento de la generación de residuos sólidos, los cuales no son debidamente manejados desde su generación hasta la disposición final. Entre ellos los residuos de los mataderos de reses, aves, cerdos, y otros, se constituyen en una fuente de gran impacto ambiental en los ecosistemas circundantes.

Podemos mencionar que la contaminación producida por este tipo de residuos, es de diferente índole, alterando negativamente el agua, los suelos, el aire, el paisaje y la salud; considerando además la dispersión de esta actividad, ya que el matadero municipal, al haberse privatizado por diferentes propietarios, su domicilio se ha ubicado en dos diferentes lugares, sin una previa evaluación de impacto ambiental, y/o aprobación de una ficha ambiental, que garantice un funcionamiento con la debida adecuación ambiental.

También se tiene información del funcionamiento de varias pequeñas granjas avícolas (1000- 2000 aves), cuyos residuos no son debidamente manejados, ocasionando impacto ambiental en las diferentes zonas circundantes a la ciudad de Sucre. Con menor cantidad, las familias de algunos barrios un tanto alejados del centro, se dedican a la crianza de cerdos y ovejas, cuyo faeneo lo realizan en la misma vivienda.

Por otra parte, observamos que la agricultura en el occidente boliviano se realiza a nivel de subsistencia con un leve desarrollo hacia la tecnología agrícola y en Chuquisaca de la misma manera; aspecto que se agrava por la reducida cantidad de tierra apta para la agricultura.

Donde los sistemas productivos son de monocultivo, excesiva parcelación, y el mal manejo de productos químicos, tales como fertilizantes químicos y plaguicidas, que degradan los agroecosistemas, factor que también provoca una alta dependencia de los agricultores a estos insumos externos.

## Planteamiento del problema

La contaminación producida por residuos orgánicos de los mataderos y otros mataderos clandestinos se constituye en un factor de constante amenaza para los ecosistemas de la ciudad de Sucre, ya que no se cumple la normativa ambiental al respecto (Ley Ambiental 1333) y al Reglamento para la Prevención y Control Ambiental en su Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos, Título I disposiciones generales y capítulo I del objeto y ambito de aplicación, Artículo 9 de: Las Siglas Y Definiciones indica de las excretas humanas y animales Son residuos semisólidos patogénicos que deben ser eliminados totalmente de toda área pública o privada.

Estos factores nos inducen a plantearnos alternativas de solución, que permitan mitigar los efectos negativos de la mala gestión de residuos orgánicos de matadero y otros, además ofrecer alternativas para la producción orgánica de alimentos.

## Objetivos

### Objetivo general

Contribuir a la mitigación de la contaminación por residuos de matadero y otros, a través de la lombricultura, ofreciendo una alternativa ecológica para incentivar a los agricultores del entorno de Sucre, hacia la agricultura orgánica.

### Objetivos específicos

CASTRO-Leonor†, RODRÍGUEZ-Apolonia y BALCAZAR-Humberto. Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2014.

- Mitigar la contaminación por residuos de matadero y otros, reciclando la materia orgánica a través de la implementación un sistema ecoproductivo de humus de lombriz.
- Determinar la proporción de residuos de matadero y otros, para tomar decisiones respecto a la implementación de un ecorenegocio, donde los mismos se constituyan en materia prima para generar una cadena de valor.
- Promover el uso del humus en la Barranca y Llinfi comunidades del entorno del Sistema ecoproductivo.

### Hipótesis

Se planteó la hipótesis nula (Ho) y alternativa (Ha)

Ho = Mediante la lombricultura no se logrará mitigar la contaminación por residuos de matadero y otros en la ciudad de Sucre.

Ha =. Mediante la lombricultura se logrará mitigar la contaminación por residuos de matadero y otros en la ciudad de Sucre.

### Importancia y Justificación

Según las proyecciones del INE sobre el Municipio de Sucre que cuenta con 275.717 habitantes para la gestión 2007, habiéndose incrementado de gran manera en los últimos años en el consumo de alimentos, entre ellos el consumo de carne de res y otros llegando a establecerse más de 27 Kg de carne/habitante/año.

Lo cual genera gran cantidad de residuos de mataderos por el faenéo de reses,

cerdos, y otros, los cuales se constituyen en una fuente de contaminación provocando impacto ambiental negativo en los ecosistemas circundantes.

La contaminación producida por este tipo de residuos (estiércol, sangre, viseras y otros), altera negativamente al agua, los suelos, al aire, al paisaje y la salud de los habitantes del entorno.

También se conoce que mucha gente faenúa en forma clandestina en los alrededores de la ciudad lo cual suma al proceso de contaminación.

No se conoce un programa de gestión de estos residuos ya que al encontrarse un tanto alejados del centro de la ciudad la Empresa de Aseo no ha asumido su responsabilidad, por lo que la eliminación de los residuos de los dos mataderos existentes en Sucre se realiza en forma totalmente inadecuada, ya que por ejemplo se desecha en terrenos baldíos al estiércol y se quema los cuernos y vísceras a cielo abierto a pesar de contar con la ficha ambiental aprobada. Además según recomendaciones internacionales los residuos de matadero deberían ser tratados como residuos peligrosos.

Por otra parte, observamos que la agricultura en el occidente boliviano se realiza a nivel de subsistencia con un leve desarrollo hacia la tecnología agrícola, esto se repite en Chuquisaca.

Aspecto que se agrava por la reducida cantidad de tierra apta para la agricultura, donde los sistemas productivos son de monocultivo, excesiva parcelación, y el mal manejo de productos químicos, tales como plaguicidas y fertilizantes químicos.

Que degradan los sistemas agrícolas, factor que también provoca una alta

dependencia de los agricultores a estos insumos externos.

Otro factor de degradación es la topografía que a través de la erosión hídrica arrastra gran cantidad de suelo agrícola cada año, empobreciendo cada vez más a los mismos.

Es muy importante hoy en día considerar la utilización de productos orgánicos para reponer los componentes nutritivos del suelo y de esta forma rehabilitar la actividad agrícola en las regiones mas afectadas, esta acción permitiría un impacto positivo a nivel ecológica, económico y social, es decir que la mejora del suelo agrícola (base económica de las familias), permitirá a las familias de la zona de intervención mejorar su nivel económico y por ende su nivel de vida.

Cantón	Comunidad	Hombres	Mujeres	Total	N° Flias.
San Sebastián	La Barranca	302	318	620	124
	Llinfi	193	202	390	79
Total		495	520	1010	203

**Tabla 1**

Algunas Tesis realizadas en la Facultad de Ciencias Agrarias sobre procesamiento y utilización de Residuos Sólidos del Matadero Municipal (1996), demostraron que el uso de vísceras, rúmen y otros productos del faenéo del ganado vacuno en especial tenía una gran efectividad de transformación para humus el único problema es que la tensión superficial del humus era difícil de romper por el leve porcentaje de grasas que se generaba en este tipo de residuos de matadero.

También se realizó un Proyecto de Grado en la Facultad de Ciencias Agrarias con el objeto de impulsar la creación de una PLANTA PILOTO procesar residuos de matadero con Lombricultura, con el fin de reciclar dichos residuos (2001).

En esta oportunidad el contexto es diferentes ya que se privatizaron los mataderos

y el procesamiento de ganado y la generación de residuos de matadero se realiza a partir de la aprobación de una ficha ambiental y de la entrega de una licencia ambiental de funcionamiento que rara vez tiene un seguimiento desde las instancias de control ambiental del municipio.

Se constató que si bien se pretende tener un sistema de reciclaje en uno de los mataderos el mismo está abandonado y no cumple las mínimas recomendaciones técnicas, y la mayor parte de los residuos son amontonados en el entorno de los mataderos con algo de tierra contaminando, en la época de lluvia la corriente de agua más cercana arrastra lo residuos además se contamina el aire y el paisaje.

Técnicos de EMAS (Empresa Municipal de Aseo Sucre), manifestaron que - no están enterados, qué se hace con los residuos de matadero. Todos estos antecedentes nos demuestran la gran importancia que tiene la realización del presente trabajo de investigación., sobre mitigación de la contaminación por residuos de matadero y otros, a través de la lombricultura, ofreciendo una alternativa ecológica para incentivar a los agricultores del entorno de Sucre, hacia la agricultura orgánica.

## Materiales y métodos

### Materiales

#### Material de campo

- Tablero, cuaderno, lápices.
- Cámara fotográfica más rollo.
- Pala
- Romana

Otros gastos personales:

- Pasajes
- Vivienda
- Comida

**Material de manipulación**

- Guantes de Trabajo
- Overol
- Botas
- Microscópico
- Análisis microbiológico de laboratorio, (cantidad 4).
- Barbijo industrial

**Materiales para presentación a Feria**

Baners, Cartulina, Documentos en archivo digital y escrito

**Materiales para la construcción**

Los materiales utilizados fueron: Ladrillo de 6 huecos, cemento, arena, ripio, piedra y cobertores.

**Metodología**

La metodología aplicada fue experimental y de investigación participativa. Para cumplir el primero y segundo objetivo se aplicara el método experimental y la investigación participativa para el tercer objetivo de acuerdo a la siguiente tabla:

Objetivo Esp.	Método	Técnicas	Datos
Mitigar la contaminación por residuos de matadero y otros, reciclando la materia orgánica a través de la implementación un sistema cooperativo de huera de lombrera.	Experimental	Procesamiento de residuos sólidos Construcción de lechos Cosecha	Cantidad de residuos a utilizar por periodo de procesamiento Cantidad de huera generada/ periodo de procesamiento Población actual de lombricias Incremento de la población de lombricias Días a descomposición de residuos Días a procesamiento de huera Días a cosecha
Determinar la propensión de residuos de matadero y otros, para tomar decisiones respecto a la implementación de un ecoturismo, donde los mismos se convierten en materia prima para generar una cadena de valor	Historias Lógicas Análisis, descriptivo	Observación directa Encuestas Revisión bibliográfica	Cantidad de mataderos clandestinos Cantidad de residuos por matadero Distancia a los hueros de residuos sólidos Tipos de residuos alternativos Costos de obtención de residuos
Promover el uso del huera en la Barranca y Lirio comunal del sistema cooperativo	Investigación participativa, aplicando el enfoque de sistemas. Experimental Análisis descriptivo	Estudio de casos con puntaje cooperativo Días de campo Taller práctico	Cantidad de residuos del huera Área cultivada Estructura de hueros agrícolas Tipos de hueros Tipos de fertilizantes utilizados Fertilidad de hueros.

**Tabla 2**

Como se puede observar en el cuadro la metodología fue experimental, con enfoque de investigación participativa, donde socios de ASE y estudiantes participan de los procedimientos.

**Resultados y discusión**

Los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos planteados son los siguientes:

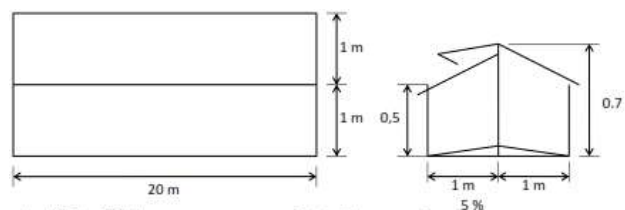
**Para el objetivo N° 1**

**Infraestructura**

La construcción de los lechos se la realizo en primera instancia después de haber firmado el convenio con la facultad de Agronomía Tec. Superior para el préstamo del predio con las dimensiones que a continuación se detallan.

**Diseño de los lechos**

Las características de los lechos son las siguientes:



**Figura 1**

Planta (lecho doble) Corte Transversal	
Largo	20
Ancho	1 m
Altura tabique central	0.70 m
Altura pared lateral	0.50 m
Pendiente entre tabique y pared latera	15 %
Cantidad de lechos dobles	2
Espacio entre lechos	1.20 m
Área total de infraestructura	92 m <sup>2</sup>
Cubierta para sombra (portátil)	c/ 2.5 m

Además, a lo largo de los 20 m del lecho, en la parte basal se colocarán tubos de PVC de 1" de diámetro para drenaje de los excesos de agua existente.

Con la finalidad de proteger los lechos se construirán cubiertas portátiles cada 2.5 m de largo. Los materiales a utilizarse serán: bastidores de madera liviana, agrofilm de vivero.

### Cantidad de residuos

El matadero de COPROCACH llega a faenar un promedio de 100 cabezas de bovinos al día y teniendo una cantidad promedio de 20 kg de residuos sólidos por cabeza entre (carga estomacal, sangre, y viseras decomisadas) haciendo un total al día de 2000 kg y al mes de 40000 kg.

En primera instancia se traslado una cantidad de 8 m<sup>3</sup> de residuos, lo cual se introdujo a los lechos una cantidad de 953 kg. Por lecho haciendo un total de 7624 kg.

El porcentaje de mitigación de la contaminación ambiental producida por los residuos de mataderos y otros, a través de la lombricultura. Alcanza a un 20% del total producido por el matadero al mes, y haciendo dos viajes al mes podríamos mitigar un 40 %.

### Población de lombrices

La población inicial de lombrices fue de 40 kg distribuidos equitativamente entre los 8 lechos tenemos 5 kg de lombrices por lecho y a los tres meses se tiene 19.95 kg de lombrices por lecho haciendo un total por los 8 lechos de 159.6 kg.

En la siguiente tabla se muestra los valores de la producción de lombricompuesto; siendo el promedio una lombriz adulta de un gramo de peso, que ingiere lo que pesa por día y excreta el 60% en forma de humus (0.6 gramos).

0 Mes	A los 3 Meses	A los 6 Meses	A los 9 Meses	A los 12 Meses
Población inicial de lombrices	1ª Generación	2ª Generación	3ª Generación	4ª Generación
88888.8	354695.04	1418780.16	5675120.64	22700482.56
Lombrices 40 Kg	159.6	638.4	2553.6	10214.4
Alimento 40 Kg/día	159.6	638.4	2553.6	10214.4
Lombricompuesto 24 Kg/día	95.76	383.04	1532.16	6128.64
Proteína 1.6 Kg/día	6.384	25.54	102.14	408.57

**Tabla 3** Valor de producción de una lombriz adulta

**Dosis de humus de lombriz**

Praderas	800 g/m2
Frutales	2 Kg/árbol
Hortalizas	1 Kg/m2
Césped	0.5-1 Kg/m2
Ornamentales	150 g/planta
Semilleros	20%
Abonado de fondo	160-200 L/m2
Transplante	0.5-2 Kg/árbol
Recuperación de terrenos	2500-3000 L/ha
Setos	100-200 g/planta
Rosales y leñosas	0.5-1 Kg/m2

**Tabla 4** En la siguiente tabla se muestran las dosis de empleo de humus de lombriz.

Nota: 1 litro de humus de lombriz al 50% de humedad equivale a 0.54 Kg.

**Efectos del uso de vermicompost (humus) en la productividad de cultivos**

Se han efectuado diversos experimentos con vermicompost en diferentes especies vegetales, demostrando un aumento de la cosecha (Kg/ha) comparados con la fertilización química como se muestra a continuación:

Cultivo	Vermicompost	Químicos
Zanahoria	520	20
Berenjena	600	200
Tomate	820	400
Patata	350	100
Trigo	116	40
Maiz	210	70

**Tabla 5** Pruebas de vermicompost con diferentes especies vegetales

**Procesamiento**

El tiempo de compostación que se obtuvo fue de 12 semanas con labores adicionales como riegos abundantes y volteos del sustrato.

**Riego**

Se procedió a un abundante riego de los lechos con la finalidad de bajar la alcalinidad la cual al momento de la incorporación a los lechos se tuvo un pH de 8.5 aproximadamente. Esta labor de abundante riego es de mucha importancia en la fase de compostación el objetivo de esta labor es el arrastre de sales contenidas en el material recolectado.

El volumen de agua que se requirió en el proceso de la compostación fue de 138.67 L a la semana asiendo un total por las 12 semanas que duro el proceso de compostación 1664.04 L de agua por lecho y volumen total por los 8 lechos que se tiene, de 13312.32 L que es igual a 11.1 m<sup>3</sup>.

La humedad se mantuvo entre los 50 a 60 % mientras dura la descomposición.

pH Prueba de la acides (Fase de compostación)

El pH se medio utilizando papel de tornasol de amplio rango (1-14) durante el tiempo que dure la compostación (2 veces por semana)

pH	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	8.5	8.5	8.5	8.0	8.0	8.0	7.9	7.9	7.5	7.5	7.0	7.0

**Tabla 6** Control del pH

En el cuadro de arriba se puede observar que al inicio de la compostación el sustrato tuvo un pH alcalino lo cual se bajo con riegos abundantes cada semana y volteos lo cual alcanzo un pH neutro al cabo de las 11 semanas.

## Temperatura

La medición de la temperatura se realizó con termómetro de mercurio con escala de 10°C a 110°C (2 por semana).

	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T°C	58	53	47	42	39	35	31	29	27	23	20	20

**Tabla 7** Control de la temperatura

En el cuadro de arriba se puede observar que el proceso de la compostación se tuvo una temperatura máxima al inicio de 48°C, Lugo siendo estable al cabo de las 11 semanas.

Para acelerar la fermentación se procedió a cubrir los lechos con plástico de color Negro de 200 u en toda la superficie del material a descomponerse.

En el proceso de la compostación se realizaron 3 volteos con intervalos de 4 semanas.

## Humus producido

La cantidad de humus producido 4574.4 kg esto se tiene por cada 100 Kg de alimento incorporado se produce 60 Kg de humus.

## Cosecha

El proceso de la cosecha se traduce en lombrices y humus. La cosecha de lombrices, lombricillas y capsulas. Una vez terminado el proceso de la producción de humus en el lecho, se procederá a la cosechas de las lombrices de la siguiente manera. Se incorporara alimento fresco a lo largo de los lechos en forma de lomo de toro, con un espesor de 5 cm. Después de 5 días se retirara el alimento fresco, el cual estará invadido de lombrices esto es la primera cosecha. En la segunda cosecha se retira el alimento a los 10 días locuaz estara invadido de lombrices.

En la tercera cosecha se retira el alimento a los 14 días después de haber incorporado el mismo.

Se realizaron tres cosechas con el mismo método en el mismo lecho, lo cual se logro cosechar el 95% de las lombrices y el restante se lo realiza en el cernido del humus.

## Cosecha de humus

Después de la última cosecha de lombrices se procede a la cosecha del humus en la cual se suspenden los riegos hasta bajar la humedad a un 50 % para facilitar el zarandeo. El humus será cernido con la finalidad de separar las lombrices, lombricillas y capsulas "huevos" que ha un quedaron en el lecho y sustrato no digerido. El zarandeo se lo realiza en tres granulometrías: gruesa, fina y extrafina, labor que se la realiza con una zaranda de tipo albañil.

## Para el objetivo N° 2

### Instituciones contaminantes

De acuerdo a la técnica de revisión bibliografía, realizando la consulta de las fichas ambientales en la prefectura del departamento en la dirección de medio ambiente. Las instituciones o empresas generadoras de contaminación ambiental tenemos a: FANCESA, La empresa cervecera SUREÑA, los mataderos COPROCACH, APROCACH este ultimo la ficha ambiental no lo tiene actualizado, y un centenar de mataderos avícolas clandestinos, para nuestro estudio encontramos dos fuentes generadoras de residuos sólidos que son los mataderos de COPROCACH y APROCACH.

### Cantidad de residuos generados

CASTRO-Leonor†, RODRÍGUEZ-Apolonia y BALCAZAR-Humberto. Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2014.



La cantidad de residuos sólidos generados por el matadero de COPROCACH alcanza a una cantidad de 2000 kg/día, y al 40000 kg/mes haciendo un total de 480.000 Kg/año, que equivale a 480 Tn, lo cual el matadero llega a faenar 100 cabezas de vacuno al día y teniendo una cantidad de (carga estomacal, viseras decomisadas, sangre, y otros) que alcanza un peso promedio de 20 Kg/cabeza.

### Tipo de residuo generado

El tipo de residuos que generan estos mataderos son de características orgánicas.

### Distancia de las fuentes

El matadero de COPROCACH. Se encuentra a una distancia 8 Km de la ciudad de Sucre.

### Nº de habitantes

El matadero de COPROCACH se encuentra dentro de la comunidad de QhoraQhora la cual tiene una cantidad poblacional de 345 habitantes esto según al censo del 2001 realizado por el INE.

### Instituciones

Las instituciones que se encuentran en la comunidad son SESA, ELAPAS. COTES, YPFB; la línea de micros Nº 2 también cuenta con una escuelita seccional y una guardería de niños.

### Costo de la obtención de los residuos

El costo de traslado de la materia prima (Residuos orgánicos del matadero) hasta los predios de la facultad de agronomía Tec. Superior que se encuentra ubicado en la comunidad de Llinfy, es de 280 bs por viaje en una volqueta de cuatro cubos en el que se realizo cinco viajes y haciendo un total 1400 bs.

### Para el objetivo Nº 3

### Extensión territorial del distrito 6

Cuenta con una extensión territorial de 501,82 Km<sup>2</sup>.

En este Distrito los cantones de San Lázaro y Arabate son los que tienen mayor extensión territorial, en cambio el cantón Huata es el que tiene menor superficie territorial.

Cantones	Superficie Km <sup>2</sup>
Arabate	140.81
Huata	83.54
San Lazaro	172.43
San Sebastian	104.24

**Tabla 8** Superficie Cantónales

En este cuadro se muestra la superficie territorial del Distrito 6 por cantón, las comunidades en general están asentadas en lugares con altitudes que oscilan entre los 2.501 msnm como es el caso de la comunidad de Cullcu Tambo y, 3.013 msnm la comunidad de Aruni.

### Suelos

La característica Edafológicas del Distrito depende de la interacción de diversos factores, entre los cuales se cita al material parental, cuya composición domina enteramente la naturaleza del suelo formado; el clima.

Cuya acción directa sobre el material parental lo transforma por proceso de meteorización, en un suelo con horizontes cada

CASTRO-Leonor†, RODRÍGUEZ-Apolonia y BALCAZAR-Humberto. Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2014.

vesmas diferenciados, el relieve, la vegetación los organismos y el tiempo, que son también factores preponderantes en la formación de los suelos.

Los suelos de estos Distritos se hallan distribuidos en una diversidad de paisajes fisiográficos, cuyos patrones de distribución de los suelos están estrechamente ligados a la topografía particular de cada paisaje.

Los paisajes están comprendidos dentro de la Cordillera Oriental, la característica más importante de estos suelos es la ausencia de horizontes, diagnósticos, que son el resultado de las pendientes elevadas y la acción de procesos de erosión severos.

Las características generales de los suelos es que son poco profundo a superficiales, con incipiente desarrollo pedogenético y presencia de contactos élicos que limitan su profundidad efectiva. Superficialmente es frecuente encontrar afloramientos rocosos o material suelto, como piedras y pedregones. La textura varía de livianas a medianas y por lo general son poco estructuradas.

Entre las áreas de importancia agrícola en las serranías resaltan los llanos ubicados generalmente en las pendientes media, con gradientes moderadas, lo que permite el uso para una agricultura semi intensiva. Los suelos varían de poco a moderadamente profundos con buenas características físicas pero con niveles bajos de fertilidad. Requieren de prácticas especiales de conservación y laboreo para uso optimo.

En las partes inferiores de las serranías se encuentran los pies de montes cuyos suelos son originados por las deposiciones coluvio-

aluviales de sedimentos provenientes de las serranías. Son caracterizados por sus pendientes suaves y ligeramente cóncavas varían en su profundidad de poco a moderadamente profundos, con poca evolución pero genética. Las clases textuales varían de arenoso francas, francas y franco arcillosos, arenosas.

De acuerdo con sus posibilidades de uso, estos suelos se hallan limitados principalmente por la susceptibilidad a la erosión, baja capacidad de retención de humedad y baja fertilidad. Para corregir estas limitantes será necesario aplicar prácticas de laboreo para mantener su productividad y la aplicación de técnicas adecuadas de conservación para controlar la erosión.

Entre otras formas importantes por su potencial agrícola, se encuentran las terrazas, son áreas diferenciadas a lo largo de los ríos cuyas edades están estrechamente relacionadas con la altura de la misma. Se ubica principalmente en áreas de influencias de los ríos Cachimayu y Siete Cascadas.

Se caracterizan por presentar suelos poco profundos a muy profundos ubicados en pendientes casi planas, también se presentan suelos eutrochepts y ustorthents; estos suelos tienen limitaciones principalmente en la zona radicular, con una baja capacidad de retención de humedad, texturas livianas, drenaje interno rápido, fertilidad baja, requiriendo de la aplicación de prácticas adecuadas de manejo que permitan corregir las limitantes mencionadas. Las terrazas bajas son susceptibles de inundaciones estivales, por lo que es preciso proteger con defensivos construidos adecuadamente.

Colinas son formas conspicuas, aisladas con características particulares, sus amplitudes son variables. En el sector de Sucre, las colinas se hallan degradadas por acción antropica moderadas.

## Erosión de suelos

La degradación de los suelos se pronuncia en varias formas en del Distrito: degradación por erosión eólica, degradación por derrumbes, degradación por salinización y sodificación, degradación física, química y biológica; existen una fuertes relación entre los diferentes tipos de erosión.

El viento es el agente que causa la erosión eólica, agarrando los granos de textura mas fina y más fértil, dejando un suelo mas arenoso y pobre, la falta de una cobertura vegetal, mayormente por labores agrícolas en temporadas de mucho viento, es la razón de la problemática, una de las áreas mas afectadas por este tipo de erosión es por las proximidades de lajas también y las comunidades aledañas a esta población.

La degradación por salinidad o por sodicidad se debe a un mal manejo del suelo ya que por su formación contiene sal y/o sodio en un ambiente árido sobre todo el riego puede ocasionar niveles altos de sal y/o sodio si no se aplica un buen drenaje del suelo, las áreas mas afectadas podrían ser las comunidades que están ubicadas a la ribera del río Cachimayu.

La degradación física se pronuncia por malas aplicaciones de agricultura en suelos que son vulnerables a procesos como compactación.

La degradación química se refiere a altos contenidos de elementos dañinos para los suelos como el aluminio, que en algunos están presentes por procesos naturales.

La degradación biológica consiste en que un nivel de material orgánico que esta bajando debido a ciertas practica agropecuarias, tales como la producción agrícola sin devolver el material en forma de estiércol y él sobre pastoreo que impide la devolución del material

orgánico en forma de hojas descompuestas. En nuestro distrito esta degradación es la que predomina casi en todas las comunidades y básicamente todo el suelo del distrito es afectado por este fenómeno de la erosión.

## Topografía

La topografía en el lugar de estudio es plana apta para el cultivo, con un suelo profundo y una textura franco –limoso de coloración rojiza de estructura migajosa. Con un pH neutro a suavemente alcalino.

## Tenencia y uso de la tierra

En general los comunarios del Distrito VI tienen acceso al suelo para sus cultivos en forma individual y para el pastoreo en forma comunal, ya que son propietarios de sus terrenos.

Del total de Has que comprende el Distrito VI solo el 15% es utilizado en la producción agrícola; el 51% para el pastoreo de los animales el 4% es usado para la forestación; el 20% no tiene uso alguno y el 10% corresponde a los ríos y quebradas.

Las propiedades en el Distrito VI, se caracterizan por ser pequeñas propiedades destinadas a los cultivos agrícolas, en promedio la propiedad mas grande destinada a cultivos agrícolas es de 2 has, y la propiedad mas pequeña es de ½ has.

La diferencia relativa entre las propiedades grandes y pequeñas muestra que en las comunidades la estructura de tenencia de tierras es muy homogénea existiendo actualmente problemas de minifundio.

## Tipo de agricultura

CASTRO-Leonor†, RODRÍGUEZ-Apolonia y BALCAZAR-Humberto. Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2014.

La agricultura es estacional, con sistema tradicional, donde la yunta, el arado de palo picotas y otros medios de producción continúan vigentes; asimismo la utilización de insumos como el abono natural y las semillas mejoradas son la practica constante de los agricultores.

**Cultivos principales**

Los principales cultivos que se realizan en Distrito VI son la papa, el maíz, trigo y oca; también se dan los cultivos en huertos familiares de hortalizas que generalmente son para el autoconsumo.

**Destino de la producción**

La producción agrícola de la zona es generalmente destinada al autoconsumo y los excedentes generados son destinados a la comercialización o al trueque con otros productos.

Producto	Semilla	Venta	Autoconsumo	Trueque	Total
Papa	19%	26%	53%	2%	100%
Maiz	9%	41%	42%	8%	100%
Trigo	6%	43%	56%	7%	100%
Oca	6%	10%	66%	18%	100%
Hortalizas	-----	35%	65%	---	100%

**Tabla 9** Destino de la producción agrícola en porcentaje

**Características Físicas, químicas y biológicas del Humus**

Los resultados obtenidos en el análisis físico-químico del humus se detallan en el siguiente cuadro.

Parametros	Muestra
Ph-agua:(1:2,5)	7,87
Conductividad:(dS/m)	2,97
Materia Organica:(%)	12,2
Nitrogeno:(%)	0,58
Fosforo: (mg-P/kg)	378
Potasio: (mcq/100g)	5,95

**Tabla 10** En la siguiente tabla se muestra la composición del humus de lombriz.

El análisis de la muestra de humus expresa lo siguiente: - en cuanto al pH el humus es moderadamente alcalino ya que su valor de 7,87 no llega a 8. Por la Conductividad es moderadamente salino. En cuanto al porcentaje de materia orgánica es muy alta ya que está muy por encima del máximo igual o mayor que 6, con un valor de 12,2.

El Nitrógeno asimilable también está muy por encima del máximo que es igual a 0,3 obteniendo en la muestra 0,58 casi el doble, colocándose en un nivel muy alto.

El nivel de Fósforo es extremadamente alto con 378, ya que el nivel máximo de muy alto menciona de mayor a 25. Al igual que para el Potasio con un valor de muy alto ya que sobrepasa el nivel máximo mencionado de mayor a 0,6 (lo que equivale a más de 590 Kg/ha).

El humus de lombriz puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, pero es necesario mantenerlas bajo condiciones óptimas de humedad (40%).

Estos datos demuestran la alta calidad del producto como fertilizante.

Humedad	30-60%
Ph	6.8-7.2
Nitrógeno	1-2.6%
Fósforo	2-8%
Potasio	1-2.5%
Calcio	2-8%
Magnesio	1-2.5%
Materia orgánica	30-70%
Carbono orgánico	14-30%
Ácidos fúlvicos	14-30%
Ácidos húmicos	2.8-5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10-11%

**Tabla 11** En la siguiente tabla se muestra la composición del humus de lombriz.

### Tipos de fertilizantes

Entre los fertilizantes químicos que utilizan los agricultores en la zona tenemos 46-00-00 y el 18-46-00 los cuales son aplicados al suelo (terreno) al momento de la siembra, en el desarrollo de la planta como el crecifol.

### Conclusiones

A través de la ejecución del presente trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

El reciclado de residuos orgánicos de matadero y otros a través de la lombricultura permite mitigar los procesos de contaminación de acuerdo a la capacidad productiva del lombricultor. Por lo menos se llegaría a recuperar un 60 % de residuos de matadero al año, en caso que el procesamiento alcance su máximo nivel en cuanto a su capacidad actual de procesamiento.

El humus es una alternativa de mucha importancia en la agricultura orgánica por sus propiedades de fertilidad ya que aporta niveles altos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio imprescindibles para el desarrollo de las plantas.

El humus de lombriz es estéril, permitiendo fertilizar sin correr el riesgo de transmitir enfermedades y plagas insectiles a los cultivos.

La población de lombrices generadas en el proceso también pueden ser una fuente de ingresos ya que son proteína para alimento de aves.

### Agradecimientos

Los investigadores agradecen a la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT) de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo.

### Referencias

Agropecuaria don lombricio. 1993. Humus de lombriz. Santa Cruz, Bolivia. 16 pág.

Artigas G., J. 1988. La alimentación biológica. Plaza Janes Editores S. R. Barcelona, España. 253 pág.

Ceilom. Centro de Investigación Lombrícola. 1987. Manual de instrucciones para el manejo de un criadero de lombrices Eiseniafoetida. 16 pág.

El surco. 1990. Bolivia. N° 5. 8 pág.

Ferruzzi, C. 1987. Manual de Lombricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 138 pág.

Leonard, D. 1990. Suelos, siembras y uso de fertilizantes. Cuerpo de Paz. Paraguay. 340 pág.

Mendoza, V. 1996. Obtención y producción de humus mediante lombricultura con tres tipos de estiércol animal. Tesis de Grado. Sucre, Bolivia. 84 pág.

Morganti, L. 1987. Vermicultura. Sao Paulo, Brasil. 33 pág.

Procampo. 1993. Bolivia N° 7. 30 pág.

Vera R., J. O. Obtención de humus a partir de desechos de matadero mediante lombricultura (Tesis de Grado). Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Forestales. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca Sucre, Bolivia. 86 pág,

Vitorino, F. B. 1994. Lombricultura práctica. K'ayra, Cusco, Perú. 50 pág.

Mosqueira R., N. 2004. Planta Piloto de Elaboración de Humus. Proyecto de Grado. Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Forestales. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre. Bolivia.

[http://www.falcom.blogspot.com/2006/08/26/reproducción Bitácora electrónica de Eugenio Martines Rodríguez. Reproducción de Lombrices \(2006\).](http://www.falcom.blogspot.com/2006/08/26/reproducción-bitácora-electrónica-de-eugenio-martines-rodríguez-reproducción-de-lombrices-2006)

<http://www.botanical-online.com/animales/lombriz.htm> Cría de Lombrices (2007 – 2008)