

**VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL COMPOSTAJE COMO  
TRATAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA POLLINAZA Y GALLINAZA  
GENERADA POR LA EXPLOTACIÓN AVÍCOLA EN LA MESA DE JÉRIDAS  
DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**JORGE RAMÓN MANTILLA TORRES  
GUSTAVO ADOLFO RUIZ NAVARRO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2008**

**VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL COMPOSTAJE COMO  
TRATAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA POLLINAZA Y GALLINAZA  
GENERADA POR LA EXPLOTACIÓN AVÍCOLA EN LA MESA DE JÉRIDAS  
DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**JORGE RAMÓN MANTILLA TORRES  
GUSTAVO ADOLFO RUIZ NAVARRO**

**Trabajo presentado como requisito para optar al  
título de Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director  
JOSÉ GREGORIO FONSECA PLATA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2008**

*A mi familia, María Carolina y Juan Felipe,  
mi más fuerte razón y aliento de vida,  
por todo su amor incondicional,  
comprensión, apoyo  
y sacrificio.*

*Jorge Mantilla*

*A mi esposa por su infinito amor.  
A mis hijos: Laura, Paola y Daniel, por su valiosa colaboración, su incondicional  
apoyo y su gran entusiasmo.  
A las nuevas generaciones, mis nietos: Santiago Andrés y Juan Diego, por colmar  
de bendiciones nuestro hogar.  
A todos aquellos que con su dedicación, comprensión, sacrificio y amor, hicieron  
posible este triunfo en mi vida personal y profesional.*

*Gustavo Ruiz*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Dios, por ser la luz que guía nuestras vidas.

Nuestras familias, por su tolerancia, comprensión y apoyo incondicional.

Los Ingenieros de la Subdirección de Normatización y Calidad Ambiental de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, por la información suministrada y por el acompañamiento brindado durante la ejecución del proyecto.

La Corporación para el Fomento de la Producción más Limpia y el Desarrollo Sostenible – Ecoeficiencia, por habernos dado la oportunidad y el apoyo necesario para ejecutar satisfactoriamente este proyecto.

El Ingeniero José Gregorio Fonseca Plata, por asumir la dirección del proyecto y por su dedicación y contribución al mismo.

La Ingeniera Luz Helena Rodríguez Rey, por su constante apoyo y ánimo para la culminación del proyecto.

Todas las personas y amigos que de una u otra manera colaboraron con la culminación exitosa de nuestro proyecto de grado.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. MARCO GENERAL	20
2.1 DEFINICIONES	20
2.1.1 Gallinaza	20
2.1.2 Pollinaza	20
2.1.3 Compostaje	22
2.1.4 Sanitización	23
2.2 LA AVICULTURA EN COLOMBIA	23
2.3 LA AVICULTURA EN SANTANDER	24
2.4 IMPORTANCIA DE LA EXPLOTACIÓN AVÍCOLA EN LA MESA DE JÉRIDAS	25
2.5 NORMATIVIDAD APLICABLE	27
3. PROBLEMÁTICA DE LA POLLINAZA Y LA GALLINAZA EN LAS EXPLOTACIONES AVÍCOLAS Y SU AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE	29
4. EL COMPOSTAJE COMO MÉTODO PARA LA ESTABILIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS EXCRETAS AVIARES	31
4.1 ETAPAS Y PARÁMETROS DEL COMPOSTAJE	33
4.1.1 Mesófila	33
4.1.2 Termófila	34
4.1.3 Enfriamiento	34
4.1.4 Maduración	34
4.2 FACTORES IMPORTANTES EN EL COMPOSTAJE	34
4.2.1 Temperatura	35
4.2.2 Humedad	35
4.2.3 pH	35
4.2.4 Oxígeno	36
4.2.5 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	36
4.2.6 Población microbiana	36
4.3 COMPOSTAJE MANUAL	40
4.3.1 Método de apilado profundo para el compostaje de pollinaza	40
4.3.2 Método de trinchera para el compostaje de pollinaza	44
4.4 COMPOSTAJE MECÁNICO	45
4.4.1 Compostaje mecánico con motocultor	46
4.4.2 Compostaje mecánico con máquina compostadora	46
4.4.3 Compostaje mecánico con rodillo compostador	47
4.4.4 Compostaje con volteadora/aireadora VAX-100	48

5. EXPERIENCIAS PILOTO DESARROLLADAS EN LA MESA DE LOS SANTOS	50
5.1 MÉTODO DE TRINCHERA CON SOLUCIÓN BIOESTIMULANTE	50
5.2 MÉTODO DE TRINCHERA NATURAL	55
5.3 MÉTODO DE APILADO PROFUNDO	59
6. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE	64
6.1 ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE MANUAL	64
6.1.1 Método de apilado profundo para compostaje de pollinaza	64
6.1.2 Método de trinchera con biosolución para compostaje de pollinaza	67
6.1.3 Método de trinchera natural para compostaje de pollinaza	71
6.2 ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE MECÁNICO	75
6.2.1 Compostaje mecánico con motocultor	75
6.2.2 Compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-1	79
6.2.3 Compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-2	83
6.2.4 Compostaje mecánico con rodillo compostador	87
6.2.5 Compostaje con volteadora/aireadora VAX-100	91
7. CONCLUSIONES	95
8. RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	101

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Análisis de la composición química de la deyección de animales.	20
Tabla 2. Contenido promedio de nutrientes en la pollinaza.	21
Tabla 3. Composición media de la pollinaza.	22
Tabla 4. Contenido de minerales en la pollinaza.	22
Tabla 5. Producción nacional avícola años 1998-2007.	23
Tabla 6. Inventario de Granjas de La Mesa de Jéridas.	25
Tabla 7. Cálculo de la generación de pollinaza en La Mesa de Jéridas.	26
Tabla 8. Cálculo de la generación de gallinaza en La Mesa de Jéridas.	26
Tabla 9. Tratamiento de los subproductos avícolas generados en las granjas de La Mesa de Jéridas.	27
Tabla 10. Caracterización microbiológica de diferentes tipos de compost.	36
Tabla 11. Análisis microbiológico de un compost de gallinaza.	37
Tabla 12. Análisis fitotóxico de un compost de gallinaza.	37
Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos de varios abonos orgánicos.	38
Tabla 14. Análisis fisicoquímico de un compost de gallinaza.	38
Tabla 15. Análisis fisicoquímico ensayos de apilado profundo, Eje Cafetero.	43
Tabla 16. Análisis microbiológico ensayos de apilado profundo, Eje Cafetero.	44
Tabla 17. Análisis fisicoquímico método de trinchera con solución bioestimulante.	52
Tabla 18. Relación de microorganismos analizados en las muestras.	52
Tabla 19. Análisis microbiológico de microorganismos patógenos método de trinchera con solución bioestimulante.	53
Tabla 20. Análisis microbiológico de microorganismos benéficos método de trinchera con solución bioestimulante.	53
Tabla 21. Registro de temperaturas método de trinchera natural.	55
Tabla 22. Análisis microbiológico de microorganismos patógenos método de trinchera natural.	58
Tabla 23. Análisis fisicoquímico método de trinchera natural.	58
Tabla 24. Registro de temperaturas método de apilado profundo.	60
Tabla 25. Análisis microbiológico de microorganismos patógenos método de apilado profundo.	63
Tabla 26. Análisis fisicoquímico método de apilado profundo.	63

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Diferencias características del compost maduro e inmaduro.	32
Cuadro 2. Variables cinéticas del proceso de compostaje.	39
Cuadro 3. Características técnicas y parámetros método de apilado profundo.	65
Cuadro 4. Análisis económico método de apilado profundo.	66
Cuadro 5. Características técnicas y parámetros método de trinchera con biosolución.	68
Cuadro 6. Análisis económico método de trinchera con biosolución.	69
Cuadro 7. Características técnicas y parámetros método de trinchera natural.	72
Cuadro 8. Análisis económico método de trinchera natural.	73
Cuadro 9. Características técnicas y parámetros método de compostaje mecánico con motocultor.	76
Cuadro 10. Análisis económico método de compostaje mecánico con motocultor.	76
Cuadro 11. Características técnicas y parámetros método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-1.	80
Cuadro 12. Análisis económico método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-1.	81
Cuadro 13. Características técnicas y parámetros método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-2.	84
Cuadro 14. Análisis económico método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-2.	85
Cuadro 15. Características técnicas y parámetros método mecánico con rodillo compostador.	88
Cuadro 16. Parámetros de diseño del rodillo compostador.	89
Cuadro 17. Análisis económico método mecánico con rodillo compostador.	90
Cuadro 18. Características técnicas y parámetros método de compostaje con volteadora/aireadora VAT-100.	92
Cuadro 19. Análisis económico método de compostaje con volteadora/aireadora VAT-100.	93

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Perfil de temperaturas método de trinchera natural.	56
Gráfica 2. Relación temperatura matutina método de trinchera natural.	57
Gráfica 3. Relación temperatura vespertina método de trinchera natural.	57
Gráfica 4. Temperatura promedio método de apilado profundo.	61
Gráfica 5. Relación temperatura matutina método de apilado profundo.	62
Gráfica 6. Relación temperatura vespertina método de apilado profundo.	62

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Ensayo de apilado profundo, Eje Cafetero.	42
Fotografía 2. Apilado profundo cubierto con plástico.	43
Fotografía 3. Vista general de la trinchera.	45
Fotografía 4. Motocultor usado para volteo del sustrato.	46
Fotografía 5. Equipo utilizado para transportar la gallinaza.	47
Fotografía 6. Rodillo compostador.	48
Fotografía 7. Volteadora/aireadora para compostaje.	49
Fotografía 8. Vista general método de trinchera con solución bioestimulante.	50
Fotografía 9. Pollinaza almacenada en el galpón.	51
Fotografía 10. Pollinaza en potrero en proceso de maduración.	51
Fotografía 11. Pollinaza compostada esparcida en potrero.	54
Fotografía 12. Aspecto de la pollinaza aplicada al pasto.	54
Fotografía 13. Vista general apilado profundo.	59

## RESUMEN

**TÍTULO:** VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL COMPOSTAJE COMO TRATAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA POLLINAZA Y GALLINAZA GENERADA POR LA EXPLOTACIÓN AVÍCOLA EN LA MESA DE JÉRIDAS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER\*

**AUTORES:** Jorge Ramón Mantilla Torres\*\*  
Gustavo Adolfo Ruiz Navarro

**PALABRAS CLAVES:** Pollinaza, gallinaza, compostaje, tratamiento de residuos, estudio económico.

**CONTENIDO:** El presente trabajo contiene un marco general de las condiciones de la avicultura en Santander, su importancia dentro del crecimiento económico del departamento y de la nación, su problemática ambiental, haciendo énfasis en aquella relacionada con la generación de los residuos de pollinaza y gallinaza, de manera que se comprenda la importancia de aplicar estrategias que le permitan a los avicultores gestionar estos residuos de manera adecuada y segura para el entorno, sin detrimento de la economía del sector.

Seguidamente se realiza una descripción de las diferentes alternativas disponibles actualmente para el tratamiento y estabilización de estos residuos avícolas, y se relacionan los resultados obtenidos a partir de unas experiencias piloto desarrolladas en algunas granjas avícolas localizadas en La Mesa de Jéridas del Departamento de Santander.

De acuerdo a los casos exitosos encontrados y observados, así como los pilotos desarrollados en el área de desarrollo del proyecto, finalmente se realiza el estudio y evaluación técnica y económica de cada una de las alternativas seleccionadas como las más viables para el tratamiento y estabilización de los residuos de pollinaza y gallinaza. Estas alternativas tienen como principales variables de estudio el tamaño de las granjas, la cantidad y el tipo de subproductos generados.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. José Gregorio Fonseca Plata.

## ABSTRACT

**TITLE:** ECONOMIC AND TECHNICAL FEASIBILITY OF COMPOSTING AS TREATMENT OF STABILIZATION OF THE LITTLE CHICKEN MANURE AND POULTRY LITTER GENERATED BY THE POULTRY FLOCK IN LA MESA DE JÉRIDAS IN THE BUREAU AT PIEDECUESTA, DEPARTAMENT OF SANTANDER\*

**AUTHORS:** Jorge Ramón Mantilla Torres\*\*  
Gustavo Adolfo Ruiz Navarro

**KEY WORDS:** Little chicken manure, poultry litter, composting, waste treatment, the economic survey.

**CONTENT:** This paper provides a general framework of the conditions of poultry farming in Santander, its importance for economic growth within the department and the nation, their environmental problems, with emphasis on those related to the generation of waste and poultry litter and little chicken manure, so that they understand the importance of implementing strategies that will allow farmers to manage these wastes in an appropriate and safely for the environment, without detriment to the economy of this sector.

Then, there is a description of the various alternatives available for the treatment and stabilization of the poultry waste, and relate the results obtained from a few pilot projects developed in some poultry farms located in La Mesa de Jéridas at the Department of Santander.

According to the successful cases found and identified, as well as pilot studies developed in the area of project development, it is finally under technical and economic evaluation of each of the alternatives selected as the most feasible for the treatment and stabilization of little chicken manure and poultry litter. These alternatives are key variables in the study of farm size, quantity and type of generated by products.

---

\* Degree project.

\*\* Faculty of Physicochemical Engineerings. School of Chemical Engineering. José Gregorio Fonseca Plata.

## INTRODUCCIÓN

El inadecuado manejo y tratamiento de los residuos sólidos generados en los diferentes procesos productivos colombianos ha sido un problema presente desde hace varias décadas, ocasionando inconvenientes ambientales, que en muchos casos trascienden las fronteras de las regiones y del país, generando una imagen negativa de las industrias y de las entidades reguladoras de los mismos.

Hoy en día, las normas y la crisis actual del ambiente hacen que la segregación, gestión, tratamiento, valorización y disposición adecuada de los residuos generados en las diferentes actividades de la sociedad, cobren mayor importancia y motiven la búsqueda de alternativas que sean técnica y económicamente viables, con el fin de mejorar los niveles de gestión de los residuos, necesidad que se acentúa cuando los residuos afectan sobremedida la salud y el bienestar de la comunidad en general, como sucede con la pollinaza y la gallinaza generada en la región.

Estas alternativas de gestión permitirán que residuos sólidos como la pollinaza y la gallinaza generada, que durante varios años han causado inconvenientes y malestar a las diferentes comunidades, sean valorizados y convertidos en productos viables, desde el punto de vista técnico y ambiental, y comercialmente apetecidos, pasando de obtener un residuo a conseguir un subproducto de la industria avícola.

Aunque existen algunas empresas avícolas que han venido manejando sus subproductos de una forma técnicamente adecuada, logrando valorizar y obtener un beneficio económico de lo que para otros es un inconveniente, esto no sucede con la gran mayoría de empresas del subsector. El aprovechamiento de los subproductos avícolas, más que una exigencia de la autoridad ambiental, debe ser una concepción visionaria de las posibilidades de competitividad y rentabilidad del negocio avícola.

En 1997, la Federación Nacional de Avicultores de Colombia, el Fondo Nacional Avícola (FENAVI – FONAV)<sup>1</sup> y la Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia – CINSET, desarrollaron en 46 municipios de los departamentos de Antioquia, Costa Atlántica, Santanderes, Cundinamarca, Tolima, Valle del Cauca, Eje Cafetero, Huila, Boyacá, Meta y Nariño, un estudio del impacto ambiental de la industria avícola. Los resultados permitieron identificar, los aspectos más contaminantes de los procesos productivos y el grado de contaminación ocasionado por ellos, basados principalmente en la generación de pollinaza y gallinaza. Además este estudio

---

<sup>1</sup> Centro Regional de Producción Más Limpia. Revista Nueva Industria, Producción Más Limpia y Competitividad. Fascículo número 5, 2003. p. 38.

permitió concluir y evidenciar el desconocimiento por parte de los avicultores del impacto ambiental producido por los residuos de sus explotaciones, y de las autoridades ambientales sobre la forma como se llevan a cabo los procesos avícolas.

Adicionalmente, el mencionado estudio proporcionó al gremio algunas opciones que permitieron orientar esfuerzos en procura de minimizar dicho impacto, las cuales se plasmaron en una estrategia nacional adelantada en los últimos diez años y que ha permitido a la avicultura convertirse en líder dentro del sector agropecuario en el diseño y puesta en marcha de programas de Producción Más Limpia<sup>2</sup>.

FENAVI – FONAV concluyó que estas opciones deberían adelantarse con las Corporaciones Autónomas Regionales, por ser éstas las entidades encargadas de hacer cumplir la legislación ambiental. Además, se acordó una concertación con el propósito de definir términos de referencia unificados y de cobertura nacional, de manera que las Corporaciones se pongan de acuerdo en los parámetros que permitan regular el sector, sin el detrimento de la competitividad de los avicultores.

En este sentido y con el ánimo de involucrar a los avicultores de la zona de La Mesa de Jéridas del Municipio de Piedecuesta, del Departamento de Santander, se presenta este estudio cuyo fin es realizar el análisis de viabilidad técnica y económica del compostaje como alternativa de tratamiento para la estabilización de la pollinaza y gallinaza generada por la explotación avícola en dicha zona.

---

<sup>2</sup> Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA, Cartilla Técnica, Para una Producción Más Limpia en el Subsector Avícola, 2003.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis de viabilidad técnica y económica del compostaje como alternativa de tratamiento para la estabilización de la pollinaza y gallinaza generada por la explotación avícola en La Mesa de Jéridas del Municipio de Piedecuesta, Departamento de Santander.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una revisión bibliográfica de los proyectos o estudios realizados con anterioridad, relacionados con el tema.
- Realizar un inventario de las granjas avícolas ubicadas en La Mesa de Jéridas del Municipio de Piedecuesta que permita cuantificar la generación de gallinaza y pollinaza de la región.
- Identificar y evaluar alternativas disponibles para el tratamiento y transformación de los residuos avícolas generados, específicamente de pollinaza y gallinaza.

## 2. MARCO GENERAL

En este capítulo se presenta un marco general acerca de las condiciones de la avicultura en Santander, su importancia dentro del crecimiento económico del departamento y de la nación, su problemática ambiental, haciendo énfasis en aquella relacionada con la generación de pollinaza y gallinaza, de manera que se comprenda la importancia de aplicar estrategias que le permitan a los avicultores gestionar estos residuos de manera adecuada y segura para el entorno, sin detrimento de la economía del sector.

### 2.1 DEFINICIONES

**2.1.1 Gallinaza<sup>3</sup>.** Excretas de aves ponedoras y reproductoras, en cualquiera de las etapas de producción, solas o mezcladas con otros materiales. Este subproducto se genera cada cambio de ciclo, normalmente se registra para las aves ponedoras cada 80 semanas y para las aves reproductoras en promedio cada 62 semanas.

En la tabla 1 se presentan los principales nutrientes contenidos por algunas excretas animales, incluyendo la gallinaza.

**Tabla 1. Análisis de la composición química de la deyección de animales.**

Componente	Bovinaza %	Porcinaza %	Gallinaza %
Nitrógeno (N)	1,13 – 3,40	1,20 – 2,10	1,37 – 1,46
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,57 – 3,02	0,45 – 3,20	0,33 – 6,87
Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,70 – 5,17	0,60 – 1,30	0,22 – 2,84

Fuente: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/pdf/compost.pdf>

**2.1.2 Pollinaza<sup>4</sup>.** Excretas de aves de engorde u otras aves en etapas de cría o levante, solas o mezcladas con otros materiales. Este subproducto se genera en cada cambio de ciclo, normalmente se registra cada 42 a 45 días, teniéndose como producto final una mezcla de la cama y las excretas de las aves.

De acuerdo con estudios reportados por la literatura<sup>5</sup>, el valor de la pollinaza utilizado como ingrediente en dietas balanceadas para rumiantes, es aproximadamente cuatro veces el valor de su uso como fertilizante; además como alimento, es ambientalmente amigable, puesto que muchos de los nutrientes son redistribuidos a la tierra como estiércol de ganado.

<sup>3</sup> Costa Rica, Decreto N° 31088-S. Reglamento sobre granjas avícolas. Mayo 7 de 2003. p. 1.

<sup>4</sup> Ibid., p. 2.

<sup>5</sup> Smith y Wheeler, 1979; Council Agric. Sci. Tech., 1996.

Ahora bien, no toda la pollinaza es apta para producir alimento; ésta debe ser de muy buena calidad, de baja humedad y libre de residuos tales como vidrio, sólidos y otros elementos extraños. Todo el personal que trabaje en la granja, debe estar consciente de la importancia de no contaminar la pollinaza con los elementos anteriormente mencionados.

De acuerdo con la composición química de la pollinaza, los rumiantes pueden utilizarla eficientemente debido a su alto contenido de fibra y de nitrógeno no proteico<sup>6</sup>. No obstante que su composición depende de diversos factores como el tipo de cama utilizada, el tiempo de almacenamiento y el porcentaje de humedad entre otros, la pollinaza ha sido empleada principalmente como suplemento proteico<sup>7</sup>.

La pollinaza es una buena fuente de energía, minerales y nitrógeno para los rumiantes, su composición promedio se puede observar en la tabla 2. Estos aspectos influyen en forma directa en la calidad del producto, razón por la cual, es importante que se tengan en cuenta en el momento de iniciar el proceso a escala industrial.

**Tabla 2. Contenido promedio de nutrientes en la pollinaza.**

Componente	Contenido Promedio	Rango
Materia Seca (%)	80,5	61 – 95
<b>Composición de la materia seca</b>		
Nutrientes Digestibles Totales (%)	50,0	36 – 64
Proteína Cruda (%)	24,9	15 – 38
Fibra Cruda (%)	23,6	11 – 52
Cenizas (%)	24,7	9 – 54
Calcio (%)	2,3	0,81 – 6,13
Fósforo (%)	1,6	0,56 – 3,92
Cobre (ppm)	473	25 – 1.003
Magnesio (ppm)	348	125 – 667
Hierro (ppm)	2.377	529 – 12.604

Fuente: Nodo de Producción Más Limpia de Santander, Tratamiento de Residuos Sólidos en Empresas del Sector Avícola, Bucaramanga, 1999.

En la tabla 3 se puede observar la composición media de la pollinaza, en la que se tienen parámetros como la humedad, la proteína cruda, la proteína digestible, la fibra cruda, entre otros, parámetros que sirven para determinar la viabilidad de aplicar la pollinaza como suplemento alimenticio de bovinos.

<sup>6</sup> Westing et al 1985.

<sup>7</sup> Couch 1972; Holzer et al 1976; Huitron y Zorrilla 1980; Shimada et al 1986.

**Tabla 3. Composición media de la pollinaza.**

Parámetro	Porcentaje (%)
Humedad	25,2
Proteína Cruda	31,3
Proteína Digestible	23,3
Digestibilidad	74,6
Fibra Cruda	16,8
Extracto Etéreo	2,9 – 3,3
Cenizas	15,0
Extracto No Nitrogenado	29,5

Fuente: Corpoica Regional Siete<sup>8</sup>.

Si se comparan los valores normales de los minerales en los forrajes con el contenido de minerales en la pollinaza, se tiene una buena fuente de minerales para el ganado, tal como se observa en la tabla 4. En esta tabla se presentan valores para diferentes minerales, observándose que la pollinaza supera ampliamente los valores normales de minerales en los forrajes tradicionales.

**Tabla 4. Contenido de minerales en la pollinaza.**

Mineral	Valores en Pollinaza	Valores Normales de Minerales en Forraje
Calcio	2,37%	0,48%
Fósforo	1,80%	0,37%
Potasio	1,78%	0,93%
Magnesio	0,44%	0,29%
Cobre	98 ppm	10 ppm
Hierro	451 ppm	100 ppm
Manganeso	225 ppm	60 ppm
Zinc	235 ppm	60 ppm

Fuente: Corpoica Regional Siete.

Entonces, si un animal consume 500 g de pollinaza está recibiendo 9 g de fósforo; económicamente, cuánto representa para el productor una sal del 9% de fósforo si además se tiene en cuenta la habilidad para asimilar el fósforo que tiene el rumiante, el uso de enzimas en avicultura para mejorar la disponibilidad de fósforo; del mismo modo se puede analizar los elementos menores más limitantes para la ganadería del país, como son el cobre y el zinc; los valores de estos elementos en las pollinazas superan ampliamente los valores normales de los pastos.

**2.1.3 Compostaje<sup>9</sup>.** Es un proceso aeróbico controlado de biotransformación en el que se encuentran involucrados organismos y microorganismos descomponedores que, empleando la energía pasiva del sol, transforman las mezclas de estiércol

<sup>8</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Alternativas de utilización mecanizada de subproductos agrícolas para la nutrición animal y control fitosanitario en la Provincia de Soto, mediante participación comunitaria. Bucaramanga, Marzo de 2000.

<sup>9</sup> Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, Resolución No. 189 del 24 de Agosto de 2005. p. 3.

(gallinaza, pollinaza, otros) con materiales vegetales (paja, tamo, pasto seco, cascarilla de arroz, desechos de cosechas, entre otros), en productos estabilizados, libres de patógenos, larvas e insectos adultos, con características agronómicas para ser utilizados como base en la elaboración de abonos orgánicos, correctores de suelos.

**2.1.4 Sanitización<sup>10</sup>.** Proceso u operaciones físicas (tratamiento térmico), químicas o biológicas (compostaje) o mezcla de éstas, a los que se somete la gallinaza o pollinaza para garantizar la eliminación de agentes infectocontagiosos para las aves, otros animales y para los seres humanos, antes de ser retirada del galpón de origen.

## 2.2 LA AVICULTURA EN COLOMBIA

Según cifras de FENAVI-FONAV, la producción avícola colombiana aumentó de manera significativa en los últimos años, pero especialmente en los últimos diez, como se presenta en la tabla 5, con un crecimiento promedio anual a lo largo de la última década del 5,4%.

**Tabla 5. Producción nacional avícola años 1998-2007.**

Año	Producción Avícola					
	Total avicultura (ton)	Variación (%)	Producción de pollo (ton)	Variación (%)	Producción de huevos (miles de unidades)	Variación (%)
1998	886.209,7		491.705,4		6.575.070	
1999	936.976,9	5,7	535.335,6	8,9	6.575.070	1,8
2000	949.143,3	1,3	562.743,8	5,1	6.439.991	-3,8
2001	1.021.458,9	7,6	595.586,4	5,8	7.097.874	10,2
2002	1.058.664,6	3,6	649.037,2	9,0	6.827.123	-3,8
2003	1.127.036,0	6,5	678.069,1	4,5	7.482.782	9,6
2004	1.158.606,1	2,8	709.182,3	4,6	7.490.397	0,1
2005	1.254.868,1	8,3	762.870,1	7,6	8.199.966	9,5
2006	1.375.262,5	9,6	849.829,9	11,4	8.757.210	6,8
2007	1.422.528,2	3,4	924.896,2	8,8	8.293.866	-5,3

Fuente: <http://www.fenavi.org>

La apertura económica permitió un mayor crecimiento del sector avícola, cuyos aumentos en producción y consumo fueron posibles gracias al menor precio de las materias primas, a saber: maíz, soya y torta de soya. La reducción y estabilización en los precios fue consecuencia de la liquidación del IDEMA y la creación de la franja de precios; de hecho, el sector avícola absorbió el 70% de la cosecha nacional de maíz, soya y sorgo de los años noventa.

<sup>10</sup> Ibid., p. 5.

Entre 1990 y 2003, el sector avícola importó más de 10 millones de toneladas de maíz amarillo y más de seis millones de toneladas de frijol, soya y torta de soya. Se estima que con el Tratado de Libre Comercio -TLC- se podrá obtener materias primas a precios menores, partiendo de la base que el alimento balanceado es componente mayoritario dentro de la estructura de la cadena de valor avícola y el que más utiliza materias primas.

Estudios realizados por FENAVI en el año 2004, muestran que el valor de la producción avícola supera los US\$ 1.700 millones, posicionándose esta industria desde el año 1999, en el segundo lugar de la actividad agropecuaria de Colombia, después de las ganaderías de carne y leche y sorpresivamente desplazando al café al tercer lugar en resultados.

### **2.3 LA AVICULTURA EN SANTANDER**

El departamento de Santander es considerado en el plano nacional como una de las regiones donde más se ha desarrollado la industria avícola, pues pasó de ser una actividad eminentemente artesanal a una actividad con características industriales, y su permanencia en el mercado ha estado rodeada de una serie de limitaciones, debidas a la alta dependencia que se tiene del sector externo en el proceso de adquisición de las materias primas para la actividad y la fuerte competencia de otros países en el mercado internacional.

Santander es el dueño del 25% de la producción de huevos y carne de pollo del país. Cada mes se producen en el departamento 180 millones de huevos y 7 millones de kilogramos de carne de pollo. En total, el departamento cuenta con 766 granjas avícolas, de las cuales 517 están dedicadas al pollo de engorde, 210 a ponedoras y 39 a reproductoras. En la actualidad, el departamento genera cerca de 40.800 empleos directos y 78.000 indirectos distribuidos dentro de la cadena productiva de este negocio<sup>11</sup>.

Los productos avícolas santandereanos mantienen un alto volumen de ventas en regiones de la zona central de Colombia, en especial hacia la capital del país y los departamentos de Cundinamarca, Meta y Huila, entre otros. Existe en el mercado, una alta competencia por parte de los Estados Unidos y Brasil, países que cuentan con una menor estructura de costos, lo que les permite ofertar sus productos al exigente mercado internacional en condiciones más favorables.

Sin embargo los productores santandereanos se han preparado y actualizado en tecnología, de hecho en el ámbito nacional son reconocidos por contar con tecnología de punta, tanto en la producción de pollo como en la de huevo, que le

---

<sup>11</sup> FENAVI Santander.

han significado obtener certificaciones de calidad. Así mismo, éste se ha actualizado en dar un manejo ambiental más responsable a sus procesos y productos, haciéndose más productivos y competitivos.

## **2.4 IMPORTANCIA DE LA EXPLOTACIÓN AVÍCOLA EN LA MESA DE JÉRIDAS**

La Mesa de Jéridas, más conocida como La Mesa de los Santos, se encuentra ubicada relativamente cerca a la capital del departamento de Santander, se caracteriza por su agradable clima, su tranquilidad, su atractivo paisaje y por desarrollar actividades pecuarias con granjas productoras de aves, ganado, peces y cerdos, y actividades agrícolas que colocan sus productos en la Central de Abastos de Bucaramanga y los mercados de Piedecuesta, Los Santos y el mercado campesino regional; adicionalmente se caracteriza por el gran desarrollo de los sectores turístico y habitacional, pues hoy en día cuenta además con centros recreacionales, casas de descanso y restaurantes, entre otros.

Pero existen otras actividades que diariamente vienen contribuyendo al permanente progreso de La Mesa de Jéridas. La explotación minera se realiza de manera más intensiva generando ingresos para los jornaleros, los transportadores y los dueños de las minas.

Así mismo, La Mesa de Jéridas se ha convertido en el lugar deseado y el sitio preferido por propios y extraños para descansar y disfrutar durante los fines de semana, sin tener que distanciarse mucho de la capital del departamento; varias familias, se decidieron a invertir en la región comprando su parcela y construyendo a su gusto la vivienda campestre que habían soñado, y los diferentes sectores ubicados en este municipio han tenido que adaptarse y aprender a trabajar unidos sin afectarse sus respectivos intereses.

En la región de La Mesa de Jéridas se concentran explotaciones avícolas de todo tipo, representadas en mayor proporción por las granjas de producción de pollo de engorde, seguido por las granjas de producción de huevo en piso y huevo en jaula, conforme a los datos reportados en la tabla 6 que se presenta a continuación.

**Tabla 6. Inventario de Granjas de La Mesa de Jéridas.**

<b>Tipo de Explotación</b>	<b>Granjas</b>	<b>Aves</b>	<b>Galpones</b>
Pollo de Engorde	56	2.495.200	242
Postura en Piso	10	1.563.000	76
Postura en Jaula	1	821.000	16
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>4.879.200</b>	<b>334</b>

Fuente: Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, 2004.

Con lo anterior y teniendo en cuenta la generación de excretas por período promedio para cada una de los tipos de explotación de estos animales, se puede realizar un cálculo aproximado de la cantidad de gallinaza y pollinaza generada anualmente en la región, tal como se indica a continuación.

Bajo condiciones normales de explotación, los pollos de engorde en una cama de cascarilla o tamo de arroz pueden generar 20 kg/m<sup>2</sup> de pollinaza<sup>12</sup>, con una densidad de 13 aves/m<sup>2</sup> y una humedad promedio del 20%, en un ciclo de 42 a 45 días. Por lo anterior se puede determinar que la generación de pollinaza es de aproximadamente 1,54 kg/ave/ciclo, incluyendo la cama. En la tabla 7 se resumen los cálculos que permiten estimar la generación anual de pollinaza en el área de estudio.

**Tabla 7. Cálculo de la generación de pollinaza en La Mesa de Jéridas.**

Parámetro	Valor	Unidades
Número de aves por ciclo	2.495.200	Aves
Número promedio de aves por metro cuadrado	13	Aves/m <sup>2</sup>
Generación de pollinaza por área	20	kg/m <sup>2</sup>
Generación de pollinaza por animal	1,54	kg/ave
Generación de pollinaza por ciclo productivo	3.843	ton/ciclo
Ciclos por año	6	Ciclos/año
Generación de pollinaza por año	23.055	ton/año

Fuente: Equipo ejecutor del proyecto.

De manera que en la región de La Mesa de Jéridas se tiene un promedio de generación de pollinaza de aproximadamente 23.000 ton/año.

En lo concerniente a la generación de gallinaza, se puede realizar una serie de cálculos similares que permitan obtener un registro aproximado de la generación de la misma. Para el área analizada en donde se tiene una población de 2.384.000 aves, las que generan 13 kg de gallinaza/ave/ciclo<sup>13</sup>; y 80 semanas por ciclo, se obtienen los resultados que se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8. Cálculo de la generación de gallinaza en La Mesa de Jéridas.**

Parámetro	Valor	Unidades
Número de aves por ciclo	2.384.000	Aves
Generación de gallinaza por ave por ciclo	13	kg/ave/ciclo
Semanas por ciclo	80	Semanas/ciclo
Semanas por año	52	Semanas/año
Ciclos por año	0,65	Ciclos/año
Generación de gallinaza por ave por año	8,45	kg/ave/año
Generación de gallinaza por año	20.145	ton/año

Fuente: Equipo ejecutor del proyecto.

<sup>12</sup> Cálculo realizado por el equipo ejecutor del proyecto.

<sup>13</sup> Información suministrada por FENAVI Santander y el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA.

Con lo anterior, en La Mesa de Jéridas en promedio se generan 20.000 ton/año de gallinaza.

Según la CDMB, actualmente del total de excretas aviares generadas en La Mesa de Jéridas, sólo el 18% de la pollinaza es compostada, el grueso de la producción, equivalente al 66% es únicamente sanitizada y el 16% restante no se le realiza ningún tratamiento para ser depositada sobre el suelo. Por su parte, y aunque es mejor el indicador, en el caso de la gallinaza el 59% es compostada, el 7% sanitizada y un amplio 34% es depositada directamente sobre los cultivos sin previo tratamiento de estabilización.

En la tabla 9 se resumen los tratamientos realizados a los subproductos avícolas generados en las granjas de La Mesa de Jéridas.

**Tabla 9. Tratamiento de los subproductos avícolas generados en las granjas de La Mesa de Jéridas.**

Tratamiento	Pollinaza			Gallinaza		
	Aves	Cantidad* (ton)	%	Aves	Cantidad* (ton)	%
Sanitización	1.654.500	15.216	66	110.000	1.410	7
Compostaje	449.700	4.150	18	2.093.000	11.886	59
Ninguno	391.000	3.689	16	571.000	6.849	34
Total	2.495.200	23.055	100	2.384.000	20.145	100

\* Datos calculados según las granjas inventariadas por actividad en la CDMB.

Fuente: Equipo ejecutor del proyecto.

## 2.5 NORMATIVIDAD APLICABLE

A continuación se relaciona la legislación vigente y aplicable al sector, y específicamente al manejo de la pollinaza y gallinaza, ya que al tratarse de excretas aviares, se convierten en sustratos que contienen organismos transmisores de enfermedades, que si son manipulados de forma incorrecta, fácilmente pueden provocar el contagio de un gran número de individuos.

- Instituto Colombiano Agropecuario, Resolución No. 189 del 24 de Agosto de 2005. Por la cual se establecen las medidas sanitarias para la prevención y control de la Enfermedad de Newcastle en la zona piloto de La Mesa de Los Santos perteneciente a los municipios de Piedecuesta y Los Santos en el Departamento de Santander.

*Artículo Octavo. Todos los residuos sólidos como: Gallinaza, Pollinaza, Bovinaza, Porquinaza o Caprinaza, generadas en las explotaciones pecuarias de la zona piloto, deben ser sometidas a un proceso de estabilización antes de salir de la granja y/o ser utilizadas como abono en praderas y cultivos.*

Parágrafo Primero. Toda la gallinaza, pollinaza generada en las explotaciones avícolas de la zona piloto debe someterse a un proceso de sanitización aprobado por el ICA antes de ser retirada de los galpones, indistintamente de si se presenta o no la enfermedad de Newcastle definidos en los términos de referencia.

Parágrafo Segundo. Se prohíbe la reutilización de cama en todas las explotaciones avícolas.

Artículo Noveno. Se prohíbe el ingreso de pollinaza y/o gallinaza a la zona piloto, procedente de otras regiones del país.

Artículo Décimo. Todo material estabilizado que se vaya a movilizar dentro de la zona piloto debe estar debidamente empacado en sacos completamente cerrados y/o ser transportado en vehículos acondicionados que eviten la propagación y el derramamiento de dicho material durante su transporte.

- Instituto Colombiano Agropecuario, Resolución No. 2896 del 10 de Octubre de 2005. Por la cual se dictan disposiciones sanitarias para la construcción de nuevas granjas avícolas en el territorio nacional.

Artículo Octavo: De acuerdo con la capacidad instalada y tipo de explotación, toda nueva granja avícola debe contar con un área suficiente para el procesamiento de residuos generados por actividades avícolas tales como gallinaza, pollinaza y mortalidad.

Parágrafo Primero: La ubicación y construcción de espacios de acopio para el procesamiento o distribución de residuos orgánicos (gallinaza o pollinaza) provenientes de terceros o de diferentes granjas, basureros municipales, rellenos sanitarios, plantas de procesamiento de residuos de matadero o plantas de beneficio y todas aquellas de explotación o industria que generen contaminación o aumenten los factores de riesgo para la presentación de enfermedades aviares deben estar a una distancia mínima de 5 km de radio de cualquier granja avícola o planta de incubación.

- Instituto Colombiano Agropecuario, Resolución No. 3283 del 22 de Septiembre de 2008. Por la cual se establecen las medidas básicas de bioseguridad que deben cumplir las granjas avícolas comerciales en el país.

Artículo Tercero: Toda granja avícola comercial establecida en el territorio nacional debe cumplir con las siguientes medidas de bioseguridad:

18. Tratamiento de la gallinaza o pollinaza que permita la inactivación de virus o destrucción de bacterias documentado, implementado y con registros.

19. Empaque y transporte de la gallinaza o pollinaza tratada en bolsas o sacos debidamente cerrados.

En La Mesa de Jéridas continuamente se incumple con la normatividad aplicable a la manipulación de estos subproductos avícolas, ya que normalmente su transporte se realiza tanto a granel en vehículos abiertos, como empacada en sacos abiertos, permitiendo la pérdida de material por el recorrido y generando focos de proliferación de vectores y olores ofensivos. Adicionalmente, se comercializa, transporta y aplica sin sanitizar, pues los agricultores creen que de esta manera se aprovecha al máximo su capacidad fertilizante, teoría que ha sido reevaluada por diferentes estudios realizados en Colombia y en otros países.

### **3. PROBLEMÁTICA DE LA POLLINAZA Y LA GALLINAZA EN LAS EXPLOTACIONES AVÍCOLAS Y SU AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE**

El manejo de los residuos sólidos se ha convertido en el mayor desafío y en algunos casos, también en el mayor dolor de cabeza para los empresarios del sector y las comunidades que se sienten afectadas por esta actividad.

El proceso productivo de la industria avícola genera diferentes tipos de residuos sólidos en cada una de sus etapas, entre los que se cuentan:

- a. La gallinaza y pollinaza, proporcionalmente el de mayor generación. Este residuo resulta de la mezcla entre la cama de las aves y las excretas sólidas y líquidas de las mismas. La cama, que varía según la región del país, es la encargada de mantener estable la humedad en el piso del galpón, por lo tanto es la que absorbe los fluidos de las aves; esto facilita la gestión final de los residuos. Los materiales más usados como cama en Colombia son la viruta de madera, la cascarilla o tamo de arroz y la cascarilla de café.
- b. La mortalidad y las cáscaras de huevo, cuya mayor proporción son tratados dentro del ciclo productivo, o a través de procesos de compostaje. En algunos casos son llevados a relleno sanitario, a pesar de poder ser aprovechados como complemento alimenticio para otros animales.
- c. Residuos del proceso de vacunación, realizado con el fin de mantener estable la salud de las aves. Se utilizan medicamentos que son aplicados con jeringas, generando envases, empaques, agujas, entre otros, los cuales deben ser segregados, almacenados y dispuestos de manera especial con un gestor autorizado, ya que son considerados como residuos peligrosos.

Siendo la gallinaza y la pollinaza los residuos de mayor generación en el proceso de producción avícola, deben ser también los de mayor atención, pues su mal manejo ocasiona graves problemas sanitarios y ambientales.

Las poblaciones aledañas a las explotaciones avícolas se ven afectadas negativamente por estos residuos, pues cuando no son gestionados de forma adecuada se convierten en fuente de generación de malos olores por su contenido de amoníaco, y foco de propagación y atracción de vectores como la mosca, factores que causan gran molestia a las personas, lo cual se acrecienta si las excretas de las aves son dispuestas indiscriminadamente sobre los terrenos, con lo que se deteriora la calidad de los mismos, y se queman los cultivos sobre los cuales son aplicadas, gracias a las altas temperaturas generadas por su descomposición natural.

Con las lluvias o el riego mismo de los cultivos, estas excretas llegan a contaminar incluso las fuentes hídricas aledañas, de manera que la contaminación generada se incrementa causando daños también a la biota acuática.

Pero este manejo inadecuado de las excretas aviares crudas representa un problema más grave para la misma industria avícola y la población en general, pues puede causar enfermedades de gran impacto a la industria avícola, por la posible contaminación cruzada que afectaría directamente la bioseguridad de las granjas.

La problemática en La Mesa de Jéridas no dista mucho de la generada en cualquier lugar por el inadecuado manejo de este tipo de residuos. Esta problemática es originada por el transporte y comercialización de la gallinaza cruda o sin ningún tratamiento, que se usa en forma errada para el abono de cultivos.

Además de constituirse en una práctica comercial indebida, que lesiona las finanzas de las empresas legalmente constituidas y autorizadas para la producción de abono, estas excretas también son un foco contaminante para los terrenos y fuentes hídricas donde se utilizan, como se analizó anteriormente.

El simple hecho de transportar la pollinaza o la gallinaza cruda a granel en vehículos abiertos, permite la emisión de material en el recorrido, ocasionando que las moscas tengan un lugar donde depositar sus huevos y además generando olores ofensivos para la comunidad.

Estas razones, hicieron necesario establecer un mayor control, solicitando a los productores avícolas no vender la gallinaza y pollinaza a cualquier persona, sino a las empresas autorizadas para su tratamiento y compostaje, y exigiendo a las autoridades ambientales, municipales y de policía, ejercer mayor vigilancia sobre este comercio ilegal, según está contemplado en las normas vigentes.

En el año 2007, Santander produjo alrededor de 300 mil toneladas de gallinaza y pollinaza, y sólo 90 mil toneladas fueron tratadas por las empresas autorizadas; las 210 mil toneladas restantes se dispersan por todas partes, con su acción contaminante y peligro de proliferación de enfermedades para la industria avícola y la comunidad en general.

#### **4. EL COMPOSTAJE COMO MÉTODO PARA LA ESTABILIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS EXCRETAS AVIARES**

La mejor opción para el manejo de estos residuos es sin duda alguna el compostaje, el cual se considera como un proceso de biotransformación que se lleva a cabo con el fin de estabilizar la materia orgánica, a través del cual se recupera la fracción orgánica de los residuos sólidos putrescibles, lo que implica un retorno a la naturaleza de las sustancias extraídas.

En el proceso de compostaje, la materia orgánica presente se constituye en el alimento de los microorganismos que generan el proceso de descomposición, lo que significa que es necesario cumplir con una serie de requerimientos nutricionales para este proceso de producción. Se necesita básicamente materiales que contengan alto contenido de nitrógeno, como la gallinaza, la pollinaza, la mortalidad y otros estiércoles, complementado con materiales con alto contenido de carbono, como material vegetal, aserrín, paja, pasto, desechos de cosecha o de plaza de mercado, que al mezclarse, facilitan las proporciones óptimas para dar inicio al proceso.

El resultado de esta descomposición de los residuos orgánicos putrescibles es el compost, un oscuro acondicionador del suelo, rico en nutrientes, que permite mejorar el crecimiento de las plantas, y aunque se conoce también con el nombre de “abono orgánico”, el compost es mucho más que un abono, pues es el resultado de un proceso de degradación biológica controlada de material orgánico, es decir, en donde intervienen microorganismos incluyendo hongos, bacterias y actinomicetos que reducen la materia orgánica a sustancias más simples produciendo un material estable.

El compost puede ser clasificado como un fertilizante orgánico que contiene nutrientes primarios así como trazas de minerales, humus y ácidos húmicos, en una forma de liberación lenta. Dentro de sus características están el favorecer el mejoramiento de la porosidad del suelo, su drenaje, ventilación, la capacidad de mantener la humedad y reducir la compactación, pues se ha comprobado que el compost puede retener hasta diez veces su peso en agua ayudando a las plantas a tolerar condiciones de sequía; adicionalmente ayuda a la tierra a combatir desequilibrios químicos extremos y a descubrir minerales del suelo, libera nutrientes en un amplio margen de tiempo, actúa como un pulidor contra la absorción de químicos y metales pesados, promueve el desarrollo de zonas saludables para las raíces y suprime enfermedades asociadas con ciertos hongos.

El compostaje no es un proceso complicado, es un proceso prolongado cuando se realiza en el medio ambiente natural donde la materia orgánica (hojas, plantas muertas y residuos animales, etc.) es metabolizada por microorganismos del suelo y regresada a la tierra para sustentar la vida de las plantas. El proceso de

estabilización natural fue replicado por el hombre, buscando la disminución de material orgánico dispuesto en los rellenos sanitarios o los botaderos a cielo abierto, logrando acelerar el proceso hasta tiempos considerablemente cortos, comparados con los tiempos requeridos por la naturaleza.

Y aunque es un proceso sencillo, el compostaje debe realizarse de manera controlada para obtener un compost maduro de buena calidad. En el cuadro 1 se presenta un resumen de las principales diferencias entre un compost inmaduro y un compost maduro de alta calidad.

**Cuadro 1. Diferencias características del compost maduro e inmaduro.**

<b>Compost inmaduro</b>	<b>Compost maduro</b>
Color marrón claro	Color marrón oscuro o negro
Olor más o menos pronunciado	Sin olor fuerte; huele a tierra fresca, a monte, a bosque
Se encuentra a temperatura superior a la ambiente	Se encuentra a temperatura ambiente, señal característica de que el proceso de fermentación ha finalizado y el producto resulta química y físicamente estable en el tiempo
Generalmente contiene mayor humedad y no resulta tan ligero al tacto	Es ligero y esponjoso, se desmenuza fácilmente con las manos y no se compacta al presionarlo
Hay gusanos y partes del material que pueden ser identificados	No hay gusanos y nada del material puede ser identificado; su aspecto es muy homogéneo
Es muy probable que contenga semillas de malas hierbas y organismos patógenos para las plantas, animales y/o personas	Está limpio de semillas de malas hierbas y de organismos nocivos para las personas, animales y/o plantas, gracias al proceso similar a la pasteurización a que se somete durante la fermentación
El contenido en metales pesados es superior al límite establecido para su uso	El contenido en metales pesados es inferior al límite establecido para su uso
Puede contener cristales de vidrio, plásticos, piedras y otros materiales no orgánicos	Está limpio de cristales de vidrio, plásticos, piedras y otros materiales no orgánicos
Puede ser usado como cobertura para jardines, arbustos y árboles perennes	Puede ser incorporado directamente en la tierra
Se recomienda usar poca cantidad, ya que puede quemar las plantas; debe ser suministrado con un estudio analítico que facilite llevar a cabo un uso controlado en cuanto a dosis y tipo de aplicación	No hay riesgos asociados a su uso y es bueno realizar varias aplicaciones

Fuente: <http://freddycastillogaray.blogspot.com>

La producción de compost a partir de residuos avícolas tiene tantos adeptos como detractores; bastante se ha hablado de las posibilidades que se tiene con la estabilización de estos residuos, si se aplican como mejoradores de suelo o complementado con otras sustancias como bioabonos o abonos orgánicos.

En el país se tienen innumerables “recetas” para la producción de compost usando como materia prima la gallinaza o la pollinaza; pareciera que cada avicultor tuviese la solución al problema, pero no se evalúan concienzudamente los resultados obtenidos con el fin de optimizar, regular y normalizar los procesos y por tanto el producto resultante.

La importancia de la fertilidad del suelo es hoy en día un factor significativo a tener en cuenta para poder conseguir una productividad agrícola adecuada. Esta fertilidad se verá incrementada o disminuida dependiendo de la materia orgánica que tenga el suelo. Ahora bien, si se tiene en cuenta que el suelo está sometido a una serie de degradaciones, que pueden proceder de una sobreexplotación o de técnicas de cultivo agresivas, entre otras, se plantea la necesidad de utilizar un tipo de materia orgánica adecuada.

#### **4.1 ETAPAS Y PARÁMETROS DEL COMPOSTAJE**

El compostaje es un proceso biooxidativo, que responde a unas condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxigenación, y donde intervienen una serie de microorganismos. El proceso de compostaje se puede considerar como una tecnología de bajo costo y sobre el que se han hecho estudios de optimización, tanto en el ámbito general, como estudios más específicos relacionados con el tamaño de partícula, la relación Carbono/Nitrógeno de los materiales, etc.

Puesto que este proceso implica una mineralización del carbono que es llevado a cabo por los microorganismos, y son éstos los que realizan una parte importante del proceso, es fundamental saber qué tipo de microorganismos actúan en cada momento, porque en función de que actúen unos u otros se producirá o no la desaparición de ciertos compuestos; por eso es tan importante estudiar a fondo las características de todo el proceso.

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro etapas, atendiendo a la evolución de la temperatura, como se indica a continuación.

**4.1.1 Mesófila.** La masa a compostar se encuentra a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente, alimentándose de los azúcares, las fracciones de carbono más débiles presentes en el sustrato. Los azúcares son oxidados por medio de un proceso de fermentación que continúa hasta convertir los productos intermedios en ácidos orgánicos, los cuales bajan el

pH de la mezcla; éstos a su vez reaccionan con los compuestos de amonio presentes en el sustrato, obteniéndose un buffer de ácido débil y su sal, a un pH entre 5 y 5,5. Como consecuencia de esta actividad metabólica, la temperatura del sustrato se eleva hasta alcanzar los 40°C. En esta etapa que dura entre 5 y 7 días, los hongos mueren, se desprende dióxido de carbono y calor.

**4.1.2 Termófila.** Cuando se alcanza la temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino, a causa del consumo de los ácidos orgánicos, alcanzando valores de pH entre 8 y 9; mientras tanto se da la producción de iones como el potasio, magnesio y calcio. Resultado de esta actividad metabólica, la temperatura del sustrato continúa ascendiendo y cuando alcanza los 60°C, los hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos, microorganismos termotolerantes, quienes continúan la transformación del material orgánico. Estos microorganismos son los encargados de descomponer los productos de carbono resistentes como las ceras, las proteínas, la celulosa y las hemicelulosas. En esta fase la temperatura puede alcanzar los 70°C, se destruyen microorganismos patógenos y decrece la actividad respiratoria.

**4.1.3 Enfriamiento.** El proceso inicia un enfriamiento al consumir la materia orgánica, comenzando a estabilizarse. Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa remanente. Al bajar de 40°C los microorganismos mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

**4.1.4 Maduración.** Es un período que requiere más tiempo a temperatura ambiente, durante el cual se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de la masa y se degradan los polímeros complejos como la lignina. En esta etapa hay muy baja actividad metabólica, la temperatura de la masa disminuye continuamente hasta asemejarse a la del ambiente, produciéndose la madurez o el enfriamiento del compost. La población de microorganismos disminuye y al final, el pH del compost puede oscilar entre 7 y 8.

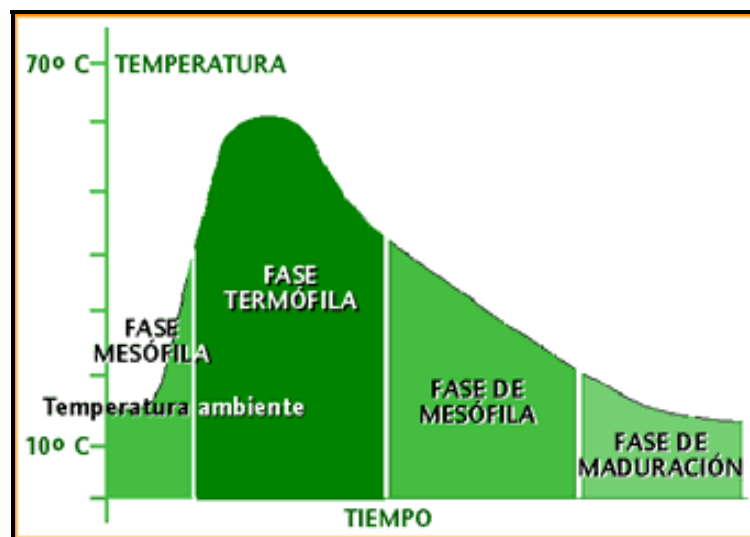
## **4.2 FACTORES IMPORTANTES EN EL COMPOSTAJE**

Como se ha comentado, el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación, entre otras.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, el

tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica empleada. Los factores más importantes son:

**4.2.1 Temperatura.** Se consideran óptimas las temperaturas comprendidas en el intervalo de 35 a 65°C para conseguir la eliminación de los agentes patógenos, los parásitos, así como las semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados. Además, el exceso de temperatura produce un compost con bajo valor fertilizante o nutritivo, dependiendo de la aplicación que se desee dar. En la figura 1 se puede observar la variación de la temperatura de acuerdo a la fase en que se encuentre el proceso de compostaje.



**Figura 1. Temperatura y fases del proceso de compostaje.**

**4.2.2 Humedad.** La humedad debe alcanzar unos niveles óptimos del 40 - 60%. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir, se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75 - 85%, mientras que para material vegetal fresco y subproductos avícolas, ésta oscila entre 50 - 60%.

**4.2.3 pH.** Influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5 y 8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH entre 6 y 7,5).

**4.2.4 Oxígeno.** Dado que el compostaje es un proceso aeróbico, la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

**4.2.5 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).** El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica, de manera que para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25 - 35 es la adecuada, pero ésta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, se disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco, el cual se percibe por su fuerte olor e irritación de las mucosas nasales y conjuntiva ocular. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín. Los materiales pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

**4.2.6 Población microbiana.** Otro aspecto importante en el proceso de compostaje es el contenido microbiológico del sustrato, lo cual permite caracterizarlo y de la misma manera proponer alternativas de tratamiento y aprovechamiento. La caracterización microbiológica de un compost depende del tipo de materia prima utilizada, de los insumos y podría asegurarse que también depende del método aplicado para su estabilización.

En la tabla 10 se observa la caracterización microbiológica de algunos compost obtenidos con diferentes materias primas, como los excrementos de porcinos, bovinos y gallinas, comparados con los valores control para su posible aplicación.

**Tabla 10. Caracterización microbiológica de diferentes tipos de compost.**

Sustrato	Bacterias 106 bact/gsh	Actinomicetos 105 act/gsh	Hongos 104 hon/gsh	Azotobacter 103 cel/gsh
Porcinaza	22,0	25,0	9,0	15,0
Bovinaza	25,0	27,5	12,0	9,0
Gallinaza	30,0	28,0	15,5	17,5
Control	10,0	11,5	5,0	7,0

gsh: gramo de suelo húmedo

Fuente: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/pdf/compost.pdf>

Adicionalmente en la tabla 11 se observan algunos resultados obtenidos de análisis microbiológicos de un compost de gallinaza.

**Tabla 11. Análisis microbiológico de un compost de gallinaza\*.**

Muestra	Mesófilos u.f.c./g	Termófilos u.f.c./g	Mohos u.f.c./g	Levaduras u.f.c./g	Nemátodos	Protozoos
Compost Ensayo JV	5,0 x 10 <sup>7</sup>	2,0 x 10 <sup>7</sup>	0	0	Ausentes	Ausentes

u.f.c.: unidades formadoras de colonias.

\* Las enterobacterias totales se encuentran por debajo de los valores establecidos en el proyecto de norma de ICA-ICONTEC (100 enterobacterias/g).

Fuente: Avícola Nacional S.A. – Avinal, Antioquia.

Del mismo modo, en la tabla 12 se observa el resultado de ensayos realizados para la germinación de agentes fitotóxicos presentes en la gallinaza, los porcentajes de germinación y los rangos de longitud alcanzados por las raíces de los mismos. El análisis fitotóxico sirve para definir la probabilidad de desarrollar individuos de origen vegetal que contaminen el entorno de aplicación del producto obtenido.

**Tabla 12. Análisis fitotóxico de un compost de gallinaza.**

Muestra	Concentración %(P/V)	% Germinación	Longitud de Raíces (cm)
Testigo	0	100,0	5,6 ± 1,6
Compost Gallinaza	2,5	95,0	2,1 ± 0,9
	5,0	90,0	1,4 ± 0,6
	7,5	85,0	1,4 ± 0,4
	10,0	35,0	

Fuente: Avícola Nacional S.A. – Avinal, Antioquia.

Adicional a los parámetros microbiológicos del compostaje, los parámetros fisicoquímicos proporcionan información valiosa para el proceso de estabilización de los subproductos, permiten conocer de antemano el comportamiento de los mismos, y definen el grado de madurez del compost y su posible aplicación.

En la tabla 13 se presentan los parámetros fisicoquímicos de varios abonos obtenidos con diferentes residuos, comparados con el compost de residuos avícolas y la gallinaza cruda o fresca, y en la tabla 14 se presentan los resultados de un análisis fisicoquímico realizado a una muestra de compost de gallinaza de la empresa Avícola Nacional S.A. – AVINAL.

**Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos de varios abonos orgánicos.**

Parámetro	Humus*	Bioabono*			Compost**		Gallinaza*
		1	2	3	1	2	
Humedad (%)	25,0	22,0	22,0	17,5	55,3	50,3	82,5
pH (unidades de pH)	7,8	7,4	7,2	7,14	6,1	6,1	4,2
Materia Orgánica (%)	39,09	40,3	8,12	12,8	47,86	73,9	72,7
Nitrógeno (%)	2,07	2,62	1,41	1,50	0,91	1,43	1,13
Carbono (%)	n/d	4,7	12,8	30,2	25,5	34,9	
Fósforo (ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	6.500	2.900	3.700	4.200	1.310	550	4.970
Potasio (% K <sub>2</sub> O)	1,04	1,45	0,26	1,2	0,53	0,62	0,45
Manganeso (ppm)	338	499,8	200	250	531	408	0,27
Zinc (ppm)	126,8	304,1	300	280	304,1	522	5,0
Cobre (ppm)	20,6	36,66	200	45,6	473	406	5,0
Hierro (ppm)	5.382	4.749	3.500	2.800	0,36	4,4	900
Boro (ppm)	22,2	19,7	n/d	25,5	n/d	n/d	5,0
Relación C/N	n/d	8,5	n/d	11,6	32,7	24,6	

\* Humus, Bioabono y Gallinaza: fueron analizados en los Laboratorios de CIAT-Palmira, Colinagro y Laboratorio de Fitopatología "Jorge Tadeo lozano".

\*\* Compost: Gabinet Tecnico DARP / 1994 - España.

Fuente: <http://biopur.homestead.com/solucion1.html>

**Tabla 14. Análisis fisicoquímico de un compost de gallinaza.**

Parámetro	Expresado como	Método	Norma	Resultado	Unidades
Nitrógeno	N total	Kjeldahl	NTC 370	1,81	%
Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fotométrico	NTC 234	4,36	%
Potasio	K <sub>2</sub> O	E.C./A.A.	SM 3112	3,56	%
Sodio	Na	E.C./A.A.	SM 3112	0,50	%
Calcio	CaO	E.C./A.A.	SM 3112	16,80	%
Magnesio	MgO	E.C./A.A.	SM 3112	1,22	%
Zinc	Zn	E.C./A.A.	SM 3112	0,08	%
Capacidad de Retención de Agua	CRA	Gravimétrico	NTC 5167	185,89	%
Capacidad de Intercambio Catiónico	C.I.C.	Volumétrico	SSLMM	31,45	meq/100 g
Humedad	Humedad	Gravimétrico	NTC 5167	17,78	%
pH	pH	Potenciométrico	SSLMM	9,54	
Conductividad	Conductividad	Potenciométrico	SSLMM	3,20	mS/cm
Materia Orgánica	M.O.	Oxidación	NTC 5167	39,36	%
Carbono Orgánico	C.O.	Oxidación	NTC 5167	22,80	%
Cenizas	Cenizas	Gravimétrico	NTC 5167	40,01	%
Relación C/N	Relación C/N			12,6	
Densidad	Densidad	Gravimétrico	NTC 5167	0,42	g/ml

Fuente: Avícola Nacional S.A. - Avinal, Antioquia. Laboratorio Instituto de Química, Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

A continuación en el cuadro 2 se presenta un resumen de las transformaciones que sufren las variables del compostaje en el tiempo.

**Cuadro 2. Variables cinéticas del proceso de compostaje.**

<b>Variable</b>	<b>Importancia</b>	<b>Comportamiento cinético</b>
Capacidad de retención de agua	Es trascendental para el suelo, ya que permite regular el balance hídrico. Igualmente, evita la pérdida de nutrientes por lixiviación. En procesos de compostación se considera como una variable de control de calidad.	Su valor debe incrementarse en función del tiempo.
Conductividad	Indica el nivel de iones en el suelo y, por lo tanto, permite corregir excesos que pueden ser frecuentes en suelos de explotación intensiva. Dadas las características de las materias primas utilizadas, los valores de la conductividad deben ser bajos.	Tiende a incrementarse con respecto al valor inicial.
pH	Considerada como una variable importante agrónomicamente, dado que en buena medida la absorción de nutrientes está altamente influida por el pH del suelo. Los valores iniciales pueden ser muy diversos dependiendo de la naturaleza de la materia prima.	Al final del proceso tiende a la neutralidad.
Cenizas	Son un indicativo del porcentaje de sustancias inorgánicas no volátiles.	Deben incrementarse a medida que transcurre el proceso.
Nitrógeno	Considerado como "macronutriente" para vegetales, su cuantificación es indispensable para la valoración final de un compost.	El proceso supone pérdidas. En los primeros días, las pérdidas son considerables, tendiendo a estabilizarse al final.
Potasio	Presenta las mismas características que las expresadas para el nitrógeno.	Debe permanecer constante en términos absolutos. Puede aumentar si se consideran las pérdidas de materia orgánica.
Fósforo	Presenta las mismas características que las expresadas para el nitrógeno y el potasio.	Debe permanecer constante en términos absolutos. Puede aumentar si se consideran las pérdidas de materia orgánica.
Carbono orgánico	Es una variable de control de calidad. Su valor inicial deber ser significativamente alto, al considerar la masa total del proceso.	Dado que los procesos oxidativos llegan hasta la generación de CO <sub>2</sub> , esta variable debe disminuir rápidamente al inicio del proceso y hacerse asintótica al final del mismo.
Grupos funcionales	Variable de control de calidad. Se realiza a través de espectroscopia; su importancia es fundamentalmente cualitativa y restringida a la identificación y comportamiento de las señales correspondientes a los grupos funcionales implicados en procesos de oxidación reducción.	Debe observarse un incremento considerable de las bandas o picos correspondientes a grupos funcionales altamente oxidados, y una disminución de los grupos alifáticos.
Liposolubles	Permite evaluar el contenido de sustancias que tienen la doble condición de: baja polaridad y peso molecular reducido. En consecuencia, se considera como una variable de control de calidad.	Su valor debe disminuir en función del tiempo.

**Cuadro 2. (Continuación).**

Variable	Importancia	Comportamiento cinético
Hidrosolubles	Da cuenta de las sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua. Se recomienda como una variable de control de calidad.	Su valor debe disminuir en función del tiempo.
Capacidad de intercambio catiónico	Se entiende por intercambio catiónico, aquellos procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa y simultáneamente “desabsorben” cantidades equivalentes de cationes, para, finalmente, establecer un equilibrio entre ambas fases. Este fenómeno se atribuye a la materia orgánica (compost), arcillas, etc., que funcionan como “intercambiadores”, de tal modo que los cationes aplicados a través de fertilizantes interaccionan con los cationes intercambiables del suelo quedando protegidos del lavado pero aún disponibles para las plantas. La materia orgánica debe su capacidad de intercambio catiónico a los grupos funcionales carboxílicos, los fenólicos, alcohólicos y metoxílicos que se encuentran en las moléculas de los ácidos húmicos.	Si se tiene en cuenta que es una medida de la oxidación de la materia orgánica, su valor debe incrementarse en función del tiempo.
Microbiológico	Permite definir si un compost es aceptable en lo ambiental y agronómicamente seguro, desde la perspectiva microbiológica. Las poblaciones de patógenos deben desaparecer por la agresiva competencia de hongos y bacterias descomponedoras.	Las poblaciones de microorganismos deben incrementarse con el tiempo al iniciarse el proceso y establecerse una sucesión de diferentes tipos de microorganismos.
Enzimático	Se presentan concentraciones importantes de enzimas degradadoras tales como: celulasas, ligninasas, proteasas, lipasas, amilasas, fosfatasas y glucosidasas.	La presencia enzimática debe disminuir en función del agotamiento del sustrato.
Fitotóxicos	Permite definir si un compost es agronómicamente adecuado.	Debe disminuir en función del tiempo ya que se relaciona con la presencia de compuestos de bajo peso molecular tales como los ácidos acético, propiónico y butírico.

Fuente: FENAVI – FONAV. Revista Cuadernos Avícolas, Número 11. Producción de compost en la industria avícola. Grupo de Estudios Interdisciplinario de Estudios Moleculares – GIEM, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, 2000.

### 4.3 COMPOSTAJE MANUAL

En este grupo de alternativas de compostaje se encuentran aquellas que no requieren aireación mecánica y el procedimiento no requiere inversión en maquinaria.

**4.3.1 Método de apilado profundo para el compostaje de pollinaza.** El apilado profundo es un proceso de acondicionamiento que se viene realizando en varios países, predominantemente para la pollinaza, y consiste en amontonarla bajo techo dentro de los galpones o cubrirla con plástico durante un tiempo

determinado, para posteriormente suministrársela como alimento a animales rumiantes o compostarla, dependiendo del uso final que se le quiera dar, teniendo siempre precaución que el producto no sea humedecido a causa de aguas lluvias o de escorrentía.

En el proceso de estabilización de la pollinaza es determinante el adecuado almacenamiento después de retirarla de los galpones, pues este proceso de almacenamiento favorece el incremento de la aceptabilidad por los rumiantes, elimina la presencia de bacterias productoras de enfermedades, previene el crecimiento de hongos y evita la emisión de olores ofensivos generados por la descomposición de la materia orgánica y la producción de compuestos de amoníaco.

El proceso de apilado profundo puede tardar entre 4 y 5 semanas; durante este tiempo la pollinaza amontonada sufre un proceso combinado entre compostaje y ensilaje, presentándose por la actividad bacteriana, un calentamiento de la pollinaza en el montón, alcanzando temperaturas entre 55 y 70°C. Este aumento de temperatura se considera suficiente para eliminar los patógenos que puedan encontrarse presentes en la pollinaza tales como Echerichia Coli y Salmonella sp. El producto final se torna seco, pero la proteína cruda y el contenido de otros nutrientes permanecen estables en la pollinaza.

Para alcanzar el calentamiento deseado, la pollinaza inicialmente debe contener una humedad comprendida entre 24 y 30%, para lo cual debe ser almacenada en pilas o montones de 1 a 1,3 m de altura. La pollinaza con humedad inferior al 24% se debe humectar con agua limpia para alcanzar la humedad requerida antes de ser amontonada, de otra manera no se produce el calentamiento deseado.

La altura de los montones de pollinaza permite regular la producción inicial de calor; de esta manera el material recibe calentamiento adecuado sin requerir el volteo para producir un nuevo recalentamiento como se realiza en la producción de compost de pollinaza. Es muy importante prevenir el sobrecalentamiento de la pollinaza durante el almacenamiento; el sobrecalentamiento (temperatura mayor a 72°C) puede ocurrir ocasionalmente y reducir el valor alimenticio por el deterioro de las proteínas y los carbohidratos. Este problema puede ser controlado apisonando bien los montones o cubriéndolos bien con plástico o utilizando ambas alternativas.

Una vez la pollinaza ha terminado el proceso de calentamiento puede ser guardada y conserva su valor alimenticio por largo tiempo; bajo condiciones ideales se ha logrado guardar por períodos mayores a un año.

El producto final no debe contener partes negras, quemadas o de color quemado, esto es un indicativo de sobrecalentamiento. Un color grisáceo con olor a materia fecal es un indicativo de subcalentamiento.

Mediante el proceso de apilado profundo de la pollinaza se ayuda a controlar el crecimiento de hongos, los cuales son productores de micotoxinas que no crecen bien en la pollinaza, por ser ésta un medio alcalino; además el amoníaco que es liberado por la pollinaza es tóxico para los hongos, en consecuencia el crecimiento de los hongos queda limitado a las superficies que se encuentran en contacto con el aire.

El método de apilado profundo fue analizado y comprobada su efectividad recientemente en el marco del Convenio de Concertación de Producción Más Limpia del Subsector Avícola<sup>14</sup>, firmado entre las Corporaciones Autónomas Regionales de Risaralda, Caldas y Quindío (CARDER, CORPOCALDAS y CRQ) y los Avicultores del Eje Cafetero, con el respaldo institucional de la Federación Nacional de Avicultores – FENAVI y el Fondo Nacional Avícola – FONAV, y tuvo dentro de sus objetivos realizar investigaciones en sistemas de producción o en aprovechamiento de subproductos que mitiguen los impactos ambientales negativos que pueden ser ocasionados por la actividad avícola.

En el ejercicio realizado en el Eje Cafetero, en granjas que estaban ubicadas a 1.350, 1.450 y 1.650 msnm, se construyeron pilas de pollinaza fresca con una altura promedio de 1,3 m y un diámetro de 3 m aproximadamente, las cuales se ubicaron sobre una geomembrana y se cubrieron con plástico, tal como se observa en las fotografías 1 y 2.

**Fotografía 1. Ensayo de apilado profundo, Eje Cafetero.**



<sup>14</sup> Convenio de Producción Más Limpia, Subsector Avícola Eje Cafetero. Apilado Profundo de Pollinaza. Pereira, 2002.

**Fotografía 2. Apilado profundo cubierto con plástico.**



Las pilas se dejaron 30 días cubiertas; durante este tiempo se hicieron mediciones de la temperatura interna y de las condiciones climáticas; adicionalmente se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas y bacteriológicas a la pollinaza fresca, al material apilado a los 15 días y al producto final. Estos análisis fueron realizados por el laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GEIM) de la Universidad de Antioquia, y se resumen en la tabla 15.

**Tabla 15. Análisis fisicoquímico ensayos de apilado profundo, Eje Cafetero.**

Parámetro	Granja 1			Granja 2			Granja 3		
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
Nitrógeno (%)	3,89	3,70	3,90	4,29	3,80	3,50	4,20	3,50	3,25
Cenizas (%)	13,24	14,40	16,40	14,21	14,00	17,90	14,86	10,90	16,50
Humedad (%)	29,18	28,40	29,80	25,35	23,00	16,73	43,60	42,01	38,50
Carbono Orgánico (%)	38,18	34,30	34,50	39,14	35,00	35,10	39,80	36,30	39,40
Materia Orgánica (%)	65,80	59,10	59,60	67,40	61,00	60,50	68,60	62,60	68,00
pH (unidades de pH)	8,30	7,50	7,50	8,10	7,60	7,90	7,50	7,80	7,50
Densidad (g/ml)	0,25	0,30	0,29	0,28	0,32	0,33	0,24	0,21	0,22
Conductividad	3,38	4,40	5,07	3,70	4,24	4,03	3,35	4,70	6,92
CRA (%)	227	216,2	229,9	225	222	225,7	226	235	229,2
Relación C/N	9,8	9,3	8,8	9,1	9,2	10	9,5	10,4	12,1
Fósforo (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			2,99			2,63			3,09
Potasio (%K)			2,33			2,14			2,19
Calcio (%Ca)			0,04			0,08			0,81
Magnesio (%Mg)			0,56			0,51			0,67
Zinc (%Zn)			0,34			0,03			0,04
Sodio (%Na)			0,35			0,34			0,36
C.I.C.			45,62			55,57			45,3

M-1: Pollinaza fresca; M-2: Pollinaza compostada 15 días; M-3: Pollinaza compostada 30 días.

Fuente: Jaime Enrique Ardila Quintero, Administrador Hacienda "La Cascada", Quindío, Colombia.

Este estudio de seguimiento de la estabilización de la pollinaza permitió establecer que el sistema de apilado profundo es una alternativa para darle valor agregado a un subproducto como la pollinaza y mitigar los impactos ambientales negativos que puede ocasionar por una mala utilización o disposición final. Así mismo permitió concluir que el apilado profundo es adecuado para la sanitización de la pollinaza, ya que elimina los microorganismos más resistentes, las enterobacterias, y por tanto, las enfermedades producidas por éstas; los microorganismos menos resistentes no se presentan.

Como se mencionó anteriormente, el producto del apilado profundo contiene un alto porcentaje de proteína; en los ensayos realizados el promedio de proteína fue de 22%, encontrándose dentro del rango esperado (18 - 23%) para este tipo de productos utilizados como suplemento alimenticio para bovinos.

Su utilización en la alimentación de bovinos permite la disminución de costos por consumos de materias primas, pues se reutiliza un subproducto del proceso avícola, al tiempo que se disminuyen los impactos ambientales que acarrea la producción de éste.

En la complementación alimenticia de bovinos es importante tener resultados de análisis microbiológicos de los procesos, como los que se muestran en la tabla 16, ya que estos permiten determinar si la aplicación realizada es conveniente o no para los animales sostenidos con este preparado.

**Tabla 16. Análisis microbiológico ensayos de apilado profundo, Eje Cafetero.**

Parámetro	Granja 1			Granja 2			Granja 3		
	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
Mesófilos	$2,4 \times 10^{11}$	$8,3 \times 10^{11}$	$6,0 \times 10^9$	$9,1 \times 10^9$	$1,2 \times 10^{11}$	$8,0 \times 10^9$	$1,1 \times 10^{11}$	$5,4 \times 10^{10}$	$2,1 \times 10^{11}$
Termófilos	$4,0 \times 10^9$	$2,0 \times 10^9$	$1,0 \times 10^9$	$8,0 \times 10^7$	$1,1 \times 10^9$	$1,0 \times 10^9$	$3,0 \times 10^9$	$2,0 \times 10^9$	$1,6 \times 10^8$
Mohos y Levaduras	$4,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	0	$1,0 \times 10^2$	0	0	$4,0 \times 10^2$	< 10	0
Nematodos	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Protozoos	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Enterobacterias	$1,0 \times 10^1$	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	$2,3 \times 10^4$	$3,0 \times 10^3$	< 10

A: Ausentes.

Fuente: Jaime Enrique Ardila Quintero, Administrador Hacienda "La Cascada", Quindío, Colombia.

**4.3.2 Método de trinchera para el compostaje de pollinaza.** El proceso inicia en el mismo momento de la salida de las aves del galpón; el objetivo es desarrollar la actividad de recolección, sanitización y limpieza en el menor tiempo posible, buscando minimizar los costos de adecuación de los galpones.

Una vez las aves han sido retiradas del galpón, la cama es rociada con aserrín buscando equilibrar la relación C/N; luego ésta se humecta hasta alcanzar un

porcentaje de humedad entre el 40 y 60%, valor que permite iniciar el proceso de calentamiento de la mezcla.

Con el ánimo de acelerar el proceso de estabilización del sustrato, se puede adicionar una solución bioestimulante en el agua que se emplea en la humectación de la cama del galpón.

Luego la mezcla se reduce de tamaño, con la misma pala de mezclado, y se apila, para posteriormente ser empacada en sacos de fibra, los cuales se amarran para evitar que se disgregue su contenido. A continuación, los sacos se ubican uno sobre otro formando una trinchera, entrecruzados para impedir que se caigan; luego se cubren con plástico o cortina de galpón, buscando aumentar la temperatura de la trinchera al máximo posible (ver fotografía 3).

La trinchera permanece en el galpón por un término de 5 a 7 días, período en el cual se considera que la pollinaza ha sido sanitizada, quedando disponible para ser ubicada en el sitio de compostaje y maduración. Las recomendaciones de los expertos en este tipo de procesos, es la de mantener la pollinaza en el área de la granja hasta que se estabilice completamente.

**Fotografía 3. Vista general de la trinchera.**



#### **4.4 COMPOSTAJE MECÁNICO**

En este grupo de alternativas de compostaje se encuentran aquellas que requieren aireación mecánica y el procedimiento exige inversión en maquinaria. El proceso de compostaje se realiza de una manera técnica igual que en los anteriores métodos, cuidando las condiciones de temperatura, humedad, las condiciones físicas, químicas y organolépticas del sustrato, pero la diferencia

radica en que el proceso se acelera gracias a la aireación mecánica que se realiza.

**4.4.1 Compostaje mecánico con motocultor.** Este método se plantea para gallinaza de jaula, pero la experiencia de otras regiones ha demostrado que es factible aplicarlo para pollinaza o gallinaza de piso, siguiendo las recomendaciones expuestas a continuación.

El subproducto es recogido de manera manual en carretillas o automática por banda transportadora, para ser llevado a la zona de secado, donde es mezclado con aserrín para equilibrar la relación Carbono/Nitrógeno y reducido su tamaño de partícula usando un molino; en esta zona permanece por espacio de 8 a 15 días y luego es llevado al área de compostaje. Una vez mezclado en la zona de secado, se inicia el proceso de volteo del sustrato; este procedimiento se realiza dos veces por día con el apoyo de un motocultor, tal como se muestra en la fotografía 4. Para la etapa de estabilización se recomienda un tiempo de 15 a 20 días, con el fin de compostar la mezcla, de esta manera se alcanzan los 30 días de proceso.

**Fotografía 4. Motocultor usado para volteo del sustrato.**



**4.4.2 Compostaje mecánico con máquina compostadora.** La gallinaza de jaula, pollinaza, gallinaza de piso o la mezcla a compostar debidamente preparada, con las proporciones adecuadas de Carbono/Nitrógeno y humedad, se colocan al inicio de cada patio o pit, de ahí en adelante la máquina compostadora (ver fotografía 5) se encarga de oxigenar, mezclar y avanzar el compost aproximadamente 2,5 m diarios, lo que permite disponer de 2,5 m lineales diarios de material; una vez lleno el patio, este material debe ser retirado diariamente. El volumen, peso, densidad y humedad del material compostado depende de la descomposición o transformación del mismo material y de las condiciones del entorno. Por lo anterior, se tiene que el tiempo de estabilización del material es de

aproximadamente 30 días, teniendo presente que la máquina compostadora agita la mezcla una vez al día.

**Fotografía 5. Equipo utilizado para compostar la gallinaza.**



**4.4.3 Compostaje mecánico con rodillo compostador.** La gallinaza se deja en el punto de generación formando un cono, el cual se retira en el momento en que la altura del cono está cerca de la jaula (aproximadamente cada 7 días); luego se lleva al invernadero de secado donde se deja por espacio de 7 días. El invernadero de secado es una estructura construida en guadua, piso en tierra y cubierto con plástico especial para invernadero. En esta etapa la gallinaza pierde una gran parte de la humedad inicial, quedando un producto relativamente seco, en condiciones de ser molido y llevado a la zona de compostaje.

Una vez en el área de compostaje, el material seco y molido se extiende sobre la superficie del invernadero, con el fin de realizar un volteo mecánico del sustrato, permitiendo la aireación del subproducto y por ende la estabilización del mismo. El invernadero usado para esta etapa, posee piso en mortero, ya que debe soportar el volteo del sustrato por parte del equipo especializado para tal fin.

El volteo del material proporciona una aireación dinámica que se logra por medio de un rodillo diseñado con este propósito. El rodillo se desplaza por una correa, que sirve de guía, desde un extremo al otro y viceversa, a una velocidad aproximada a los 1,5 m/min. Este volteo se realiza por lo menos 2 veces al día. Después de 30 días y antes de 45 días se empaqueta el compost, comercializándolo para varias aplicaciones. En la fotografía 6 se puede observar un primer plano del rodillo compostador.

**Fotografía 6. Rodillo compostador.**



**4.4.4 Compostaje con volteadora/aireadora VAX-100.** Este método de compostaje se recomienda a cielo abierto y en espacios amplios, ya que la disposición de las pilas, el funcionamiento del equipo y las características del proceso permiten realizarlo de esta manera (ver fotografía 7). Adicionalmente se recomienda construir un invernadero con piso en tierra o utilizar material Compostex, con el fin de minimizar la humidificación del material por agua lluvia y permitir el secado óptimo del mismo. La principal función de la volteadora/aireadora VAX-100 es la de voltear, mezclar y airear los diferentes elementos que conforman la pila o cama, y a su vez proporcionar la molturación requerida para el proceso de compostaje. Las etapas de desarrollo de este método son:

- **Distribución de la materia prima:** el proceso inicia con la ubicación del sustrato en pilas de configuración triangular de 2 m de base x 0,87 m de altura y 0,87 m<sup>2</sup> de área transversal. La longitud de las mismas depende del volumen a procesar, pero se recomienda como 50 m para hacer el proceso más eficiente.
- **Proceso de estabilización:** este proceso se desarrolla en tres subetapas: homogenización/mezclado, aireación/inoculación y curado/mitigación de olores, siendo recomendable hacer una caracterización previa del material a trabajar, de tal modo que a partir de ello se pueda definir no solo el proceso y sus etapas, sino la composición de los inóculos y los agentes inhibidores.
- **Homogenizado y mezclado:** esta fase consiste en hacer varias pasadas sobre la materia, como mínimo 1 vez al día, para que ésta se fraccione y se mezcle homogéneamente, ya que generalmente viene por capas de diferente constitución. El mezclado se puede dar en el caso que se adicione a la pila algún material vegetal que ayude a mejorar la relación carbono/nitrógeno. Estas

fases se siguen realizando a lo largo de todo el proceso, preparando la materia orgánica para que sea atacada por los microorganismos estabilizadores y a su vez permite la aireación, la humectación y por tanto la descomposición homogénea de la materia. En esta etapa juega un papel importante la velocidad de avance de la máquina, ya que entre más lenta sea, la molturación se hace cada vez más pequeña.

- Aireación e inoculación: posiblemente esta fase es la que conlleva más tiempo y es a su vez la más importante, pues ayuda a crear las condiciones ideales que permiten un adecuado y rápido proceso de compostación, y se caracteriza por la fuerte presencia de amoníaco en los primeros días. La cantidad de volteadas lo determina la humedad y la temperatura de la pila. Hay que permitir que la pila tome una determinada temperatura que no debe ser superior a 65°C ni menor de 35°C; se calcula que por cada volteo baja entre 10 a 15°C, es decir, al final del día la pila debe quedar con una temperatura entre 35 y 40°C.
- Curado y mitigación de olores: esta fase es corta y consiste en aplicar un inóculo especial sobre las pilas con el fin de evitar la reproducción de algún microorganismo enquistado que por temperatura de almacenaje o humedad accidental pueda producir un mal olor. El proceso finaliza cuando el material compostado no sube su temperatura, su apariencia es oscura y no tiene olor desagradable.

**Fotografía 7. Volteadora/aireadora para compostaje.**



## **5. EXPERIENCIAS PILOTO DESARROLLADAS EN LA MESA DE LOS SANTOS**

Con el fin de analizar más en detalle algunas de las alternativas que actualmente se aplican en la región para estabilización de los residuos avícolas, se planteó el desarrollo de experiencias piloto en La Mesa de los Santos, en dos de sus Granjas, El Madroño y Tayrona, ubicadas respectivamente en las veredas El Cacao y El Duende.

Los pilotos desarrollados en el área de influencia del proyecto buscaban determinar el tiempo óptimo de estabilización de los subproductos avícolas, específicamente pollinzas de granjas medianas (aproximadamente 50.000 aves), así como caracterizar el comportamiento térmico de los mismos; de esta manera se pueden relacionar los ciclos de producción de las granjas con los períodos de maduración y culminación del proceso de compostaje. En el anexo A se adjunta copia de los resultados de laboratorio obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a cada una de las muestras tomadas.

### **5.1 MÉTODO DE TRINCHERA CON SOLUCIÓN BIOESTIMULANTE**

Se desarrolló conforme a las recomendaciones y especificaciones técnicas adecuadas. En las fotografías 8 y 9 se puede observar la forma como se almacenaron los sacos con pollinaza y la manera de mantenerlos cubiertos, buscando con ello aumentar la temperatura en el menor tiempo, de manera que se eliminen los patógenos en un período entre 96 y 120 horas.

**Fotografía 8. Vista general método de trinchera con solución bioestimulante.**



**Fotografía 9. Pollinaza almacenada en el galpón.**



La pollinaza, una vez sanitizada, se llevó al sitio destinado para su estabilización y maduración; para este caso se transportó hasta un potrero cercano, donde permaneció por espacio de 21 días. En la fotografía 10 se observa la pollinaza almacenada en el potrero, cubierta para protegerla de la lluvia.

Es de anotar que este método permite mantener la pollinaza en sitios cercanos a las viviendas, ya que impide la generación de olores ofensivos y aísla el sustrato de las moscas, las que permanentemente están buscando materia orgánica cruda para depositar sus huevos.

**Fotografía 10. Pollinaza en potrero en proceso de maduración.**



A la pollinaza fresca y estabilizada se le realizaron análisis de los parámetros fisicoquímicos más relevantes, cuyos resultados se relacionan a continuación en la tabla 17.

**Tabla 17. Análisis fisicoquímico método de trinchera con solución bioestimulante.**

Parámetro	Unidad	Pollinaza Cruda	Pollinaza Compostada
pH	unidades de pH	5,85	7,26
Cenizas	%	14,00	34,00
Humedad	%	46,16	31,87
Materia Orgánica	%	45,04	40,55
Nitrógeno	%	4,58	1,95
Fósforo	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,69	0,66
Potasio	% K <sub>2</sub> O	0,78	0,07
Calcio	% CaO	3,40	3,84
Magnesio	% MgO	0,48	0,62
Hierro	ppm	1.548,00	1.055,60
Manganeso	ppm	326,13	276,80
Cobre	ppm	44,88	32,95
Zinc	ppm	178,36	180,46
Azufre	ppm	2.385,26	2.650,20
Boro	ppm	18,26	57,00
C.I.C.	meq/100 g	68,00	56,14

Fuente: Informe analítico de abono, Ganacampo, Bucaramanga, 2004.

Igualmente se realizaron análisis microbiológicos de la pollinaza estabilizada con el fin de cuantificar el contenido de microorganismos patógenos y microorganismos benéficos presentes en el sustrato. En la tabla 18 se presenta la relación de los microorganismos analizados, y en las tablas 19 y 20 los resultados obtenidos.

**Tabla 18. Relación de microorganismos analizados en las muestras.**

Microorganismos	Parámetro	Representación
Patógenos	Recuento en Placa de Coliformes Totales	CT
	Recuento en Placa de Coliformes Fecales	CF
	Esporas Clostridium Sulfito Reductor	E.C.S.R.
	Presencia o Ausencia de Salmonella	Salmonella
Benéficos	Recuento en Placa de Nitrificantes	Nitrificantes
	Recuento en Placa de Rhizobium	Rhizobium
	Recuento en Placa Streptomices	Streptomices
	Recuento en Placa de Lactobacilus	Lactobacilos
	Recuento en Placa de Azotobacter	Azotobacter

**Tabla 19. Análisis microbiológico de microorganismos patógenos método de trinchera con solución bioestimulante.**

Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R. UFC/g o ml	Salmonella UFC/25 g
M – 23 Pollinaza cruda, sin sanitizar	$4 \times 10^4$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^4$	Ausente
M – 24 Pollinaza sanitizada (5 días)	$1 \times 10^3$	(-)	$2 \times 10^2$	Ausente

Fuente: Universidad Industrial de Santander, Centro de Innovación en Biotecnología Industrial y Biología Molecular-CINBIN. Análisis de pollinaza sin sanitizar. Bucaramanga, 2004.

**Tabla 20. Análisis microbiológico de microorganismos benéficos método de trinchera con solución bioestimulante.**

Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml
M – 23 Pollinaza cruda, sin sanitizar	$1 \times 10^4$	$6 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^2$
M – 24 Pollinaza sanitizada (5 días)	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^4$	$8 \times 10^6$	$8 \times 10^4$	$1 \times 10^2$

Fuente: Universidad Industrial de Santander, Centro de Innovación en Biotecnología Industrial y Biología Molecular-CINBIN. Análisis de pollinaza sin sanitizar. Bucaramanga, 2004.

Se observa entonces que los microorganismos patógenos disminuyen considerablemente después del proceso de sanitización, es así como los Coliformes Totales se reducen en un 97,5%, las E.C.S.R. se disminuyen en un 98% y para los Coliformes Fecales no existe recuento.

En el caso de los microorganismos benéficos se tiene un incremento de la población bastante marcado; es así como la población de Microorganismos Benéficos Nitrificantes se eleva 20 veces con respecto a su valor inicial, para los Rhizobium la población se aumenta 1,6 veces, para los Streptomices el incremento es de 800 veces y para los Lactobacilos es de 26,7 veces con respecto al registro inicial.

Por lo anterior se comprueba que el proceso de sanitización realizado en el método de trinchera permite la eliminación de microorganismos patógenos y favorece la proliferación de microorganismos benéficos, que contribuyen a la estabilización de los subproductos avícolas como la pollinaza. Por lo tanto es recomendable realizar la sanitización de la pollinaza antes de movilizarla al lugar de compostaje y maduración.

Una vez se determinó que la pollinaza había alcanzado su estado de maduración, se procedió a esparcir cuatro bultos en el potrero donde se encontraba; la fotografía 11 muestra parte del lugar donde fue aplicada la muestra. El área se monitoreó con el fin de observar la presencia de moscas y percibir la emisión de olores ofensivos, encontrándose la ausencia total de estos dos aspectos, lo que confirmó las bondades del proceso realizado.

**Fotografía 11. Pollinaza compostada esparcida en potrero.**



En la fotografía 12 se observa la pollinaza esparcida en el potrero 8 días después de aplicada; el material se integra rápidamente al material orgánico del suelo, lo que reafirma que el compostaje es un proceso adecuado para la producción de mejoradores de suelos y bioabonos. Además, el olor del sustrato es el característico al olor del suelo y no se observa la presencia de larvas de moscas o de otros insectos.

**Fotografía 12. Aspecto de la pollinaza aplicada al pasto.**



## 5.2 MÉTODO DE TRINCHERA NATURAL

En este caso, para conocer el comportamiento térmico del proceso se midió la temperatura a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde durante 35 días consecutivos, en el centro y en la periferia de la trinchera; los resultados se muestran a continuación en la tabla 21.

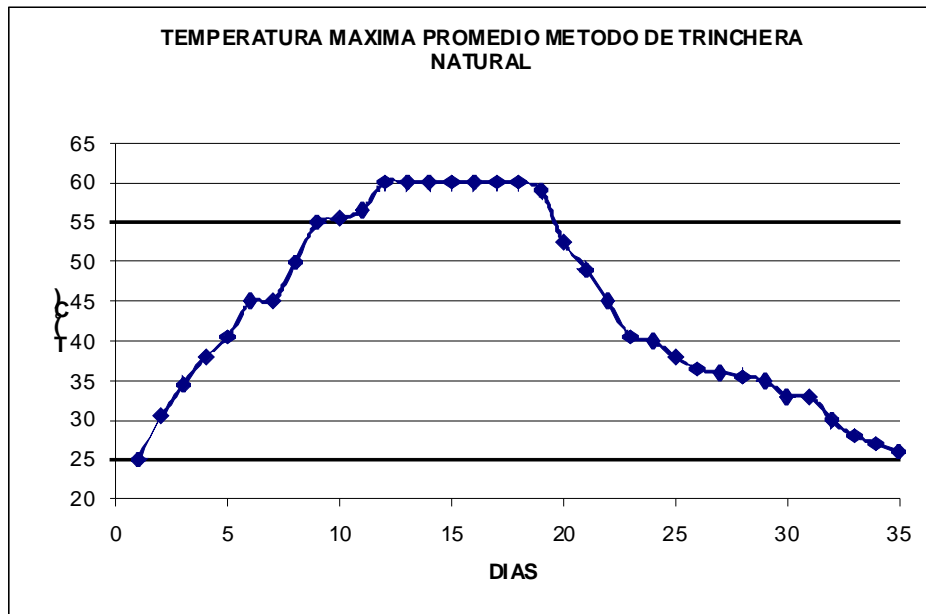
**Tabla 21. Registro de temperaturas método de trinchera natural.**

Fecha			Temperatura (°C)			
			6:00 a.m.		6:00 p.m.	
dd	mm	aa	Centro	Periferia	Centro	Periferia
02	09	04	25	25	25	25
03	09	04	32	26	29	27
04	09	04	35	32	34	28
05	09	04	39	33	37	31
06	09	04	40	34	41	36
07	09	04	45	35	45	40
08	09	04	45	40	45	40
09	09	04	50	40	50	40
10	09	04	55	40	55	41
11	09	04	55	45	56	42
12	09	04	55	46	58	42
13	09	04	60	45	60	45
14	09	04	60	45	60	45
15	09	04	60	45	60	45
16	09	04	60	40	60	40
17	09	04	60	40	60	40
18	09	04	60	38	60	37
19	09	04	60	37	60	37
20	09	04	60	35	58	36
21	09	04	55	35	50	35
22	09	04	50	35	48	35
23	09	04	45	35	45	35
24	09	04	40	35	41	35
25	09	04	40	35	40	35
26	09	04	36	34	40	34
27	09	04	36	34	37	33
28	09	04	36	33	36	33
29	09	04	36	32	35	32
30	09	04	35	32	35	31
01	10	04	33	31	33	31
02	10	04	33	30	33	30
03	10	04	30	30	30	29
04	10	04	28	26	28	27
05	10	04	27	27	27	27
06	10	04	26	26	26	26

Fuente: Equipo ejecutor del proyecto.

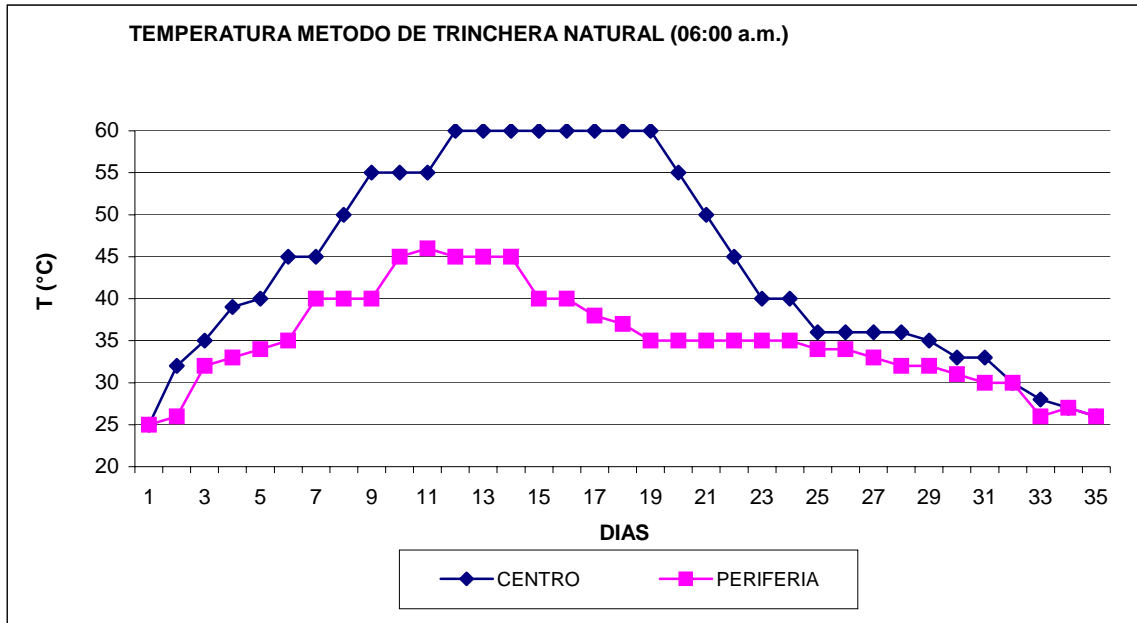
Los registros obtenidos muestran claramente el comportamiento térmico de la trinchera, el cual inicia en la etapa mesófila entre 25 y 40°C. Posteriormente, de manera rápida, inicia la etapa termófila, entre 40°C y alcanzando los 60°C; logrando de esta manera consumir la mayor proporción de materia orgánica. Subsecuentemente, la temperatura inicia un descenso rápido, terminando la etapa termófila y reiniciando la etapa mesófila, logrando temperaturas inferiores a los 40°C; por último la temperatura se aproxima a la temperatura ambiente, llegando a la etapa de maduración del subproducto. Este comportamiento se ilustra en la gráfica 1.

**Gráfica 1. Perfil de temperaturas método de trinchera natural.**



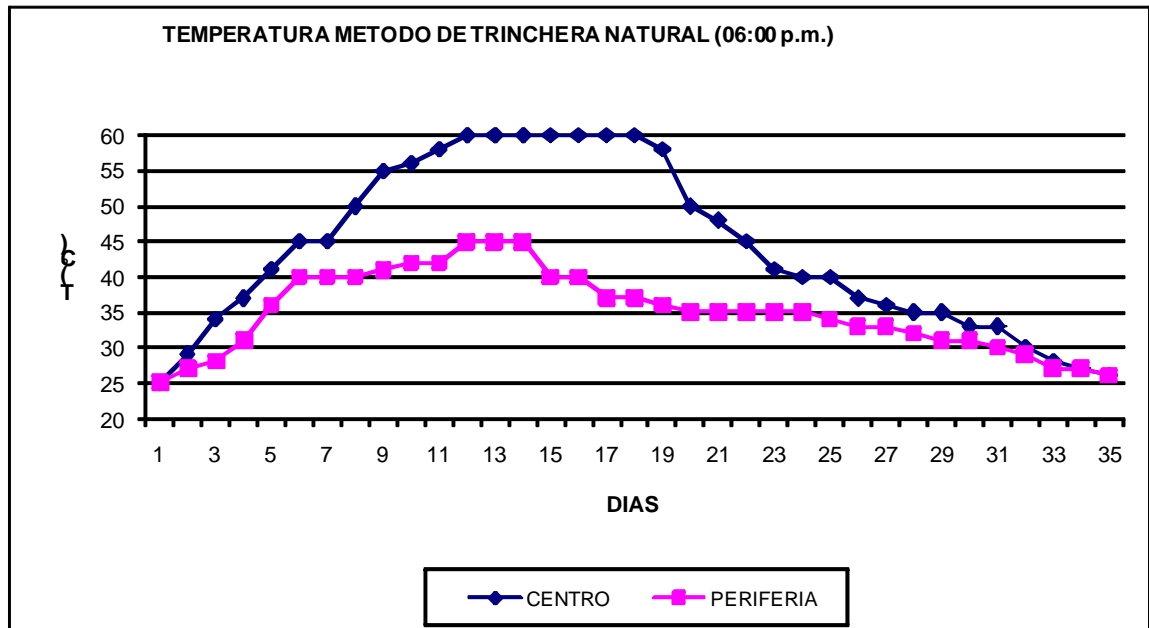
El dato de temperatura registrado en horas de la mañana, se presenta en la gráfica 2, en ella se observa la diferencia existente entre la temperatura medida en la periferia de la trinchera y la temperatura medida en el centro de la misma; esto es debido a la baja temperatura climática del entorno, que en algunas ocasiones está por debajo de los 20°C.

**Gráfica 2. Relación temperatura matutina método de trinchera natural.**



Así mismo con el fin de monitorear de manera precisa el comportamiento térmico del piloto de compostaje, se registró la temperatura en la tarde, como se presenta en la gráfica 3, donde se puede ver claramente el comportamiento de la temperatura en el transcurso del período de estabilización de la trinchera.

**Gráfica 3. Relación temperatura vespertina método de trinchera natural.**



De otra parte, con el objetivo de conocer el comportamiento de la trinchera, se realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos, cuyos resultados se presentan respectivamente en las tablas 22 y 23.

**Tabla 22. Análisis microbiológico de microorganismos patógenos método de trinchera natural.**

Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R. UFC/g o ml	Salmonella UFC/25 g
M – 26 Pollinaza cruda, sin sanitizar	$4 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^2$	Ausente
M – 27 Pollinaza sanitizada (5 días)	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	< 10	Ausente
M – 31 Pollinaza compostada (40 días)	$1 \times 10^3$	(-)	< 10	Ausente

Fuente: Universidad Industrial de Santander, Centro de Innovación en Biotecnología Industrial y Biología Molecular-CINBIN. Análisis de pollinaza. Bucaramanga, 2004.

**Tabla 23. Análisis fisicoquímico método de trinchera natural.**

Parámetro	Unidad	Pollinaza Cruda*	Pollinaza Compostada*
pH	unidades de pH	5,85	6,87
Cenizas	%	14,00	19,00
Humedad	%	46,16	14,14
Materia Orgánica	%	45,04	62,66
Nitrógeno	%	4,58	3,29
Fósforo	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,69	0,87
Potasio	% K <sub>2</sub> O	0,78	1,23
Calcio	% CaO	3,40	3,42
Magnesio	% MgO	0,48	0,57
Hierro	ppm	1.548,00	1.599,80
Manganeso	ppm	326,13	340,75
Cobre	ppm	44,88	36,62
Zinc	ppm	178,36	155,12
Azufre	ppm	2.385,26	3.737,76
Boro	ppm	18,26	22,38
C.I.C.	meq/100 g	68,00	73,20

\* Base húmeda.

Fuente: Informe analítico de abono, Ganacampo, Bucaramanga 2004.

Como se puede observar el contenido de microorganismos disminuye considerablemente; es así como el contenido de Coliformes Totales se reduce en un 75%, los Coliformes Fecales en un 90% y las E.C.S.R. en un 98%.

Además, los resultados de los análisis fisicoquímicos permiten afirmar que el proceso contribuyó con el mejoramiento del sustrato, lo que se refleja en la disminución de la humedad, la neutralización del pH y el aumento de la materia orgánica, de la capacidad de intercambio catiónico y del contenido de potasio, calcio, magnesio, azufre y boro.

Con el ánimo de probar la estabilidad del producto, se abonó un potrero cercano, realizando el monitoreo necesario con el fin de observar la presencia de insectos y la generación de olores ofensivos. Durante una semana se observó diariamente el resultado de la prueba, encontrándose la ausencia total de larvas de insectos y de malos olores; esto permitió comprobar la estabilidad del producto.

Con los resultados obtenidos puede decirse que el método de trinchera natural, es un procedimiento que permite obtener un producto estable, en un tiempo prudencial, con gran capacidad como mejorador de suelos, como sustrato básico para la preparación de bioabonos o como base para la preparación de alimento para bovinos.

### 5.3 MÉTODO DE APILADO PROFUNDO

En la fotografía 13 se observa el detalle de las pilas realizadas durante el ejercicio de apilado profundo.

**Fotografía 13. Vista general apilado profundo.**



Una vez sanitizada la pollinaza, se acondicionó la pila de 2,5 m de diámetro y de 1,5 m de alto para compostaje. En ella se pudo compostar 2 toneladas de pollinaza, lo que equivale a 50 bultos de 40 kg cada uno, de pollinaza sanitizada.

Teniendo la pila en el lugar definitivo para el compostaje, ésta se cubre con plástico, dejándola en reposo por el tiempo que sea necesario, hasta determinar que se ha estabilizado, conforme a las condiciones físicas y organolépticas requeridas. Para conocer el comportamiento de la pila se midió la temperatura a las 6:00 a.m. y a las 6:00 p.m.; los resultados se presentan en la tabla 24.

**Tabla 24. Registro de temperaturas método de apilado profundo.**

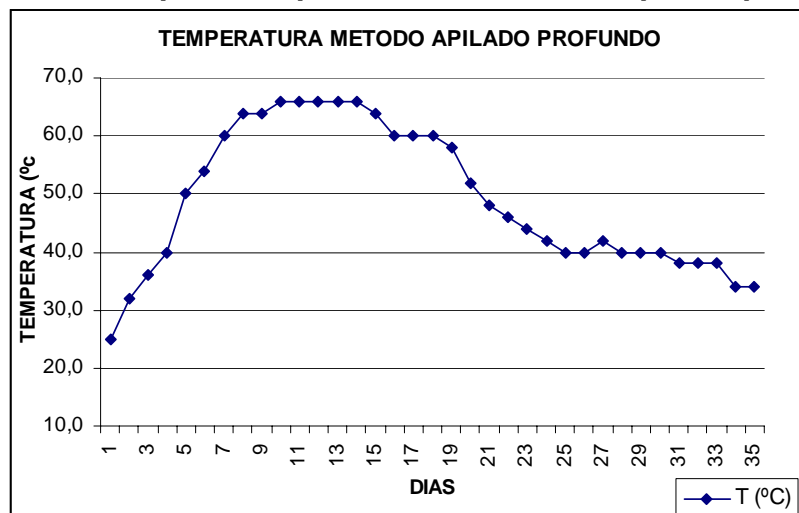
Fecha			Temperatura (°C)			
			6:00 a.m.		6:00 p.m.	
dd	mm	aa	Centro	Periferia	Centro	Periferia
02	09	04	25	25	25	25
03	09	04	32	26	29	27
04	09	04	35	32	34	28
05	09	04	42	34	42	34
06	09	04	48	36	50	36
07	09	04	50	40	55	38
08	09	04	58	35	62	40
09	09	04	50	40	55	40
10	09	04	65	40	63	47
11	09	04	65	47	65	45
12	09	04	65	47	65	47
13	09	04	65	47	64	47
14	09	04	65	45	65	45
15	09	04	64	45	65	44
16	09	04	64	43	64	40
17	09	04	60	40	60	42
18	09	04	60	38	60	37
19	09	04	60	35	60	36
20	09	04	58	35	55	35
21	09	04	52	35	49	35
22	09	04	48	35	48	35
23	09	04	45	35	45	35
24	09	04	43	35	42	35
25	09	04	42	34	42	34
26	09	04	40	34	40	34
27	09	04	40	34	40	35
28	09	04	40	34	42	35
29	09	04	40	33	40	34
30	09	04	40	34	40	36
01	10	04	38	34	40	36
02	10	04	38	34	38	36
03	10	04	36	32	38	34
04	10	04	36	32	38	34
05	10	04	34	30	36	34
06	10	04	34	30	36	34

Fuente: Equipo ejecutor del proyecto.

El apilado profundo después de 40 días de proceso, aún no había alcanzado la etapa de maduración y por ende la estabilización del sustrato; por esta razón se requirió un mayor tiempo para obtener el producto deseado. En las pruebas realizadas en campo, se encontró que en el lote abonado con este producto, se presentó la generación de olores ofensivos y la proliferación de larvas con la respectiva presencia de insectos, lo que permite afirmar que el sustrato no había completado su proceso de estabilización.

Los registros obtenidos en el apilado profundo muestran claramente su comportamiento térmico; inicialmente se presenta la etapa mesófila entre 25 y 40°C. Posteriormente, de manera rápida, inicia la etapa termófila, entre 40°C y superando los 60°C; logrando de esta manera consumir la mayor proporción de materia orgánica. Subsecuentemente, la temperatura inicia un descenso rápido, terminando la etapa termófila y reiniciando la etapa mesófila, logrando temperaturas inferiores a los 40°C; por último la temperatura se aproxima a la temperatura ambiente, acercándose a la etapa de maduración del subproducto. Este comportamiento se ilustra en la gráfica 4.

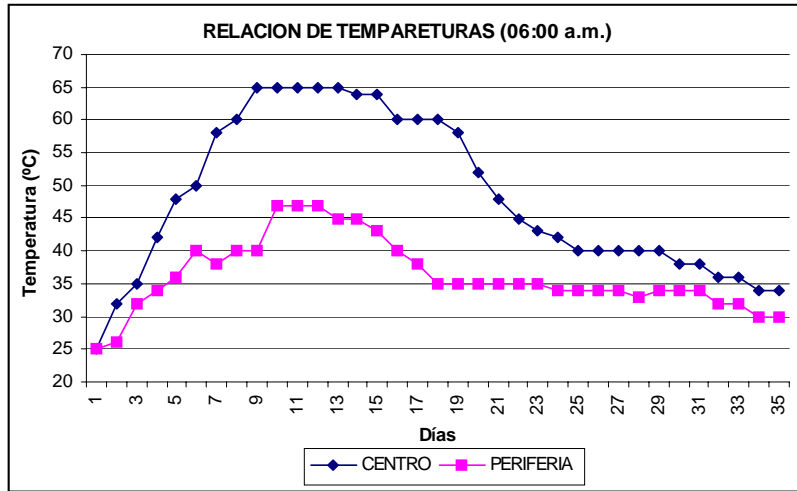
**Gráfica 4. Temperatura promedio método de apilado profundo.**



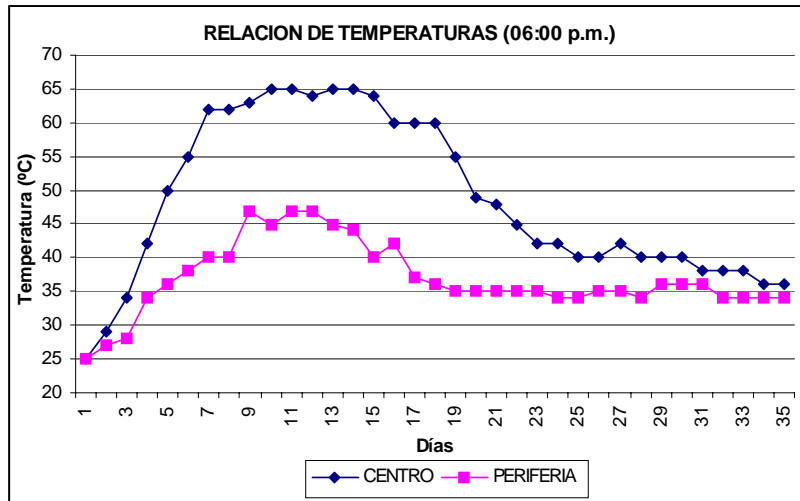
La relación existente entre la temperatura en el centro de la pila y la periferia de la misma en las horas de la mañana se ilustra en la gráfica 5; en ella se puede apreciar claramente que la pila alcanza grandes diferencias de temperaturas, esto debido a la temperatura ambiente que en algunas ocasiones baja demasiado, provocando este fenómeno.

Los registros de las temperaturas diarias de la pila en horas de la tarde se ilustran en la gráfica 6; en ésta se puede ver que el apilado profundo mantiene un comportamiento estable con el transcurrir del día, manteniéndose la diferencia de temperatura entre el centro de la pila y la periferia de la misma.

**Gráfica 5. Relación temperatura matutina método de apilado profundo.**



**Gráfica 6. Relación temperatura vespertina método de apilado profundo.**



Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados al producto obtenido se presentan en las tablas 25 y 26 respectivamente; en ellos se puede observar el cambio de los contenidos debido al mismo proceso de compostaje llevado a cabo en el sustrato.

**Tabla 25. Análisis microbiológico de microorganismos patógenos método de apilado profundo.**

Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R. UFC/g o ml	Salmonella UFC/25 g
M – 26 Pollinaza cruda, sin sanitizar	4 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	5 x 10 <sup>2</sup>	Ausente
M – 27 Pollinaza sanitizada (5 días)	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	Ausente
M – 32 Pollinaza compostada (> 40 días)	4 x 10 <sup>2</sup>	(-)	< 10	Ausente

Fuente: Universidad Industrial de Santander, Centro de Innovación en Biotecnología Industrial y Biología Molecular-CINBIN. Análisis de pollinaza. Bucaramanga, 2004.

**Tabla 26. Análisis fisicoquímico método de apilado profundo.**

Parámetro	Unidad	Pollinaza Cruda*	Pollinaza Compostada*
pH	unidades de pH	5,85	6,42
Cenizas	%	14,00	19,00
Humedad	%	46,16	21,72
Materia Orgánica	%	45,04	56,65
Nitrógeno	%	4,58	3,64
Fósforo	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,69	1,07
Potasio	% K <sub>2</sub> O	0,78	1,21
Calcio	% CaO	3,40	3,39
Magnesio	% MgO	0,48	0,53
Hierro	ppm	1.548,00	1.569,00
Manganeso	ppm	326,13	296,80
Cobre	ppm	44,88	36,38
Zinc	ppm	178,36	139,62
Azufre	ppm	2.385,26	2.868,00
Boro	ppm	18,26	22,38
C.I.C.	meq/100 g	68,00	77,00

\* Base húmeda.

Fuente: Informe Analítico de Abono, Ganacampo, Bucaramanga 2004.

Los resultados fisicoquímicos del producto obtenido por el método de apilado profundo, muestran como el pH tiende a neutralizarse, la humedad disminuye considerablemente, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico aumentan, el contenido de fósforo en el sustrato aumenta, así como el contenido de potasio, magnesio, hierro, azufre y boro. Estos parámetros permiten afirmar que el producto obtenido, aunque aún no ha terminado su proceso de estabilización, está alcanzando un estado en el cual es posible aprovecharlo como base para la preparación de alimento para bovinos o como mejorador de suelos.

## **6. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE**

De acuerdo a los casos exitosos encontrados y observados, así como los pilotos desarrollados por el equipo ejecutor del proyecto en el área de desarrollo de la propuesta, en el presente capítulo se analizan técnica y económicamente cada una de las alternativas seleccionadas como las más viables para la sanitización y compostaje de pollinazas y gallinazas.

Estas alternativas tienen como principales variables el tamaño de las granjas, la cantidad y el tipo de subproductos generados. Así mismo se presenta el cálculo de la Tasa Interna de Retorno y el Tiempo de Recuperación de la Inversión, basados en pesos del año 2008.

En el anexo B se relacionan los costos unitarios de obra civil considerados para estimar el valor de la construcción de la infraestructura de cada una de las alternativas propuestas.

### **6.1 ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE MANUAL**

Como se mencionó en el numeral 4.3, en este grupo de alternativas se encuentran aquellas que no requieren aireación mecánica y el procedimiento para la estabilización del sustrato no requiere inversión en maquinaria.

**6.1.1 Método de apilado profundo para compostaje de pollinaza.** Este método se recomienda para generación de pollinaza menor o igual a 50 toneladas por ciclo productivo (número de aves menor o igual a 32.500), teniendo que cada ciclo productivo se caracteriza por un período de 60 días, en los cuales se sabe que 45 días son de levante y engorde del pollo, y los 15 días restantes son para adecuación de las instalaciones, cumpliéndose de esta forma 6 ciclos por año.

En los cuadros 3 y 4 que se presentan a continuación, se resumen las características y parámetros del piloto desarrollado con este método, así como su descripción y los costos de inversión.

**Cuadro 3. Características técnicas y parámetros método de apilado profundo.**

<b>Descripción</b>	
<p>Una vez retiradas las aves del galpón, la cama se humedece para elevar su porcentaje de agua y así permitir el inicio del proceso de calentamiento de la misma; adicionalmente y en caso de ser necesario, se adiciona un material con alto contenido de carbono, como por ejemplo aserrín, para acondicionar la relación C/N. Posteriormente, el material es amontonado en pilas dentro del galpón, permitiendo que se inicie el proceso de sanitización, el cual se realiza en un período de 5 a 7 días. Luego de ser sanitizado, el residuo es retirado del galpón y llevado al lugar de compostaje, donde permanece por un período de 75 a 90 días. Una vez en el invernadero de compostaje, se organizan pilas con las dimensiones recomendadas en los parámetros básicos del método, con el fin de optimizar las áreas dispuestas para el tratamiento del residuo. La aplicación de este método requiere de una estructura tipo invernadero con piso en cemento, para proteger el material del agua lluvia y del exceso de sol, y evitar la generación de olores ofensivos. Las pilas deben permanecer cubiertas con plástico calibre 6 y cada 15 días se les debe dar volteo, con el propósito de brindarle aireación al sustrato. Este método es posible aplicarlo para gallinaza de jaula, siempre que la relación C/N de la mezcla sea la adecuada.</p>	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas.</li> <li>• Humectación del sustrato.</li> <li>• Apilamiento del sustrato en el invernadero.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Mantenimiento de las pilas.</li> <li>• Volteo de las pilas para su aireación.</li> <li>• Recolección manual del producto terminado.</li> <li>• Empaque final del producto terminado en sacos.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Altura media de la pila (h)	1,5 m
Largo de la pila (l)	10 m
Ancho de la pila (b)	2,5 m
Volumen de la pila ( $l * b * h/2$ )	18,75 m <sup>3</sup>
Densidad del material	0,7 ton/m <sup>3</sup>
Masa del material por pila	13,125 ton
Número de pilas requeridas	4
Área requerida por la pila (incluyendo corredor)	40 m <sup>2</sup>
Área requerida por el invernadero	375 m <sup>2</sup>
Periodicidad de volteo	Cada 15 días
Tiempo de maduración	75 a 90 días
Largo del plástico por pila (ancho = 4 m)	15 m
Sacos	35 unidades/ton
Mano de obra adecuación materia prima	0,5 jornales/ton
Mano de obra volteo (cada 15 días)	0,02 jornales/ton

Dado que el método de apilado profundo requiere volteo y tarda más de 75 días, el área total requerida será la sumatoria del área de las pilas, el área de volteo y el área para el siguiente ciclo.

**Cuadro 4. Análisis económico método de apilado profundo.**

Ítem	Valor
Base de cálculo (generación de pollinaza)	50 ton/ciclo
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Invernadero piso en cemento	\$28.000/m <sup>2</sup>
Motobomba (0,5 HP)	\$250.000
Manguera (150 m * \$600/m)	\$90.000
Plástico calibre 6 (ancho = 4 m)	\$4.000/m
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra	\$23.500/jornal
Sacos	\$300/unidad
Transporte	\$500/unidad
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Costo materia prima	\$18.000/ton
<b>Costo jornales para preparar y recoger la materia prima</b> 0,5 jornales/ton * 50 ton * \$23.500/jornal	
Costo total de los jornales	\$587.500
<b>Costo jornales para volteo de pila (cada 15 días)</b> 0,02 jornales/ton * 50 ton * \$23.500/jornal * 4 volteos	
Costo total volteo	\$94.000
<b>Energía eléctrica</b> Consumo motobomba = 0,5 HP * 0,746 kW/HP = 0,373 kW Horas de funcionamiento = 0,25 h/ton * 50 ton = 12,5 h	
Costo consumo energía eléctrica motobomba 0,373 kW * 12,5 h * \$391,4/kWh	\$1.825
<b>Costo total sacos utilizados</b> 35 unidades/ton * \$300/unidad * 50 ton	\$525.000
<b>Costo total transporte sacos</b> 35 unidades/ton * \$500/unidad * 50 ton	\$875.000
<b>Costo materia prima</b> \$18.000/ton * 50 ton	\$900.000
<b>Total costo mano de obra y operación</b>	<b>\$2.983.325</b>
<b>Costo infraestructura</b> \$28.000/m <sup>2</sup> * 375 m <sup>2</sup>	\$10.500.000
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 6</b> \$4.000/m * 15 m/pila * 4 pilas	\$240.000
<b>Total costo infraestructura y equipos</b>	<b>\$11.080.000</b>
<b>Producción de compost</b> 50 ton * 0,6 = 30 ton	
<b>Venta total compost</b> 30 ton * \$125.000/ton	<b>\$3.750.000</b>

#### **Cuadro 4. (Continuación).**

<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b>	
T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = $N * (VT - CIMO) * 100 / CIIE$	
N	= Número de ciclos de producción por año
VT	= Venta Total compost
CIMO	= Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación
CIIE	= Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos
T.I.R. = $6 * (\$3.750.000 - \$2.983.325) * 100 / \$11.080.000$	
T.I.R. = 41,52%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>	
t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = $CIIE / [N * (VT - CIMO)]$	
t.r.i. = $\$11.080.000 / [6 * (\$3.750.000 - \$2.983.325)]$	
t.r.i. = 2,41 años (28,9 meses)	
Si se considera una expectativa de venta de \$125.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión se recupera en el décimo quinto (15) ciclo de producción.	

**6.1.2 Método de trinchera con biosolución para compostaje de pollinaza.** Este método se recomienda para generación de pollinaza menor o igual a 150 toneladas por ciclo productivo (número de aves menor o igual a 100.000), teniendo que cada ciclo productivo se caracteriza por un período de 60 días, en los cuales se sabe que 45 días son de levante y engorde del pollo, y los 15 días restantes son para adecuación de las instalaciones, cumpliéndose de esta forma 6 ciclos por año.

Una de las recomendaciones que existe para este tipo de procesos, es la de mantener la pollinaza en el área de la granja hasta que se estabilice completamente.

En los cuadros 5 y 6 que se presentan a continuación se resumen las características y parámetros del piloto desarrollado con este método, así como su descripción y los costos de inversión.

**Cuadro 5. Características técnicas y parámetros método de trinchera con biosolución.**

<b>Descripción</b>	
<p>El proceso se inicia en el mismo momento de la salida de las aves del galpón; la cama es rociada con aserrín buscando equilibrar la relación C/N, luego se humecta con la solución bioestimulante preparada hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre el 40 y 60%, valor que permite iniciar el proceso de calentamiento de la mezcla. Después la mezcla se reduce de tamaño (con la misma pala de mezclado) y se apila, para posteriormente ser empacada en sacos de fibra, los cuales se amarran para evitar que se disgregue su contenido. Seguidamente los sacos se ubican uno sobre otro formando una trinchera, entrecruzados para impedir que se caigan; luego se cubren con plástico o cortina de galpón, buscando aumentar la temperatura de la trinchera al máximo posible. La trinchera permanece en el galpón por un término de 5 a 7 días, período en el cual se considera que la pollinaza ha sido sanitizada, quedando disponible para ser ubicada en el sitio de compostaje y maduración, donde permanece por un período de 25 a 30 días. Una vez en el invernadero de compostaje, se organizan las trincheras con las dimensiones recomendadas en los parámetros básicos del proceso, con el fin de optimizar las áreas dispuestas para el tratamiento del residuo. Este método es aplicable para gallinaza de jaula, siempre que la relación C/N sea la adecuada.</p>	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas.</li> <li>• Preparación y adición de la solución bioestimulante al sustrato.</li> <li>• Empaque manual en sacos del sustrato.</li> <li>• Apilamiento del sustrato y formación de las trincheras.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Mantenimiento de las trincheras.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Largo de la trinchera (l)	10 m
Ancho de la trinchera (b)	3 m
Altura de la trinchera (h)	1,5 m
Volumen de la trinchera (l * b * h)	45 m <sup>3</sup>
Densidad del material	0,7 ton/m <sup>3</sup>
Número de trincheras requerido	5
Masa del material por trinchera	30 ton/trinchera
Área requerida por la trinchera (incluyendo corredor)	65 m <sup>2</sup>
Área total requerida	325 m <sup>2</sup>
Largo del plástico por trinchera (ancho = 6 m)	15 m
Tiempo de proceso	30 a 40 días
Sacos	35 unidades/ton

**Cuadro 6. Análisis económico método de trinchera con biosolución.**

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
Base de cálculo (generación de pollinaza)	150 ton/ciclo
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Invernadero piso en tierra	\$15.000/m <sup>2</sup>
Invernadero piso en cemento	\$28.000/m <sup>2</sup>
Motobomba (0,5 HP)	\$250.000
Manguera (150 m * \$600/m)	\$90.000
Plástico calibre 7 (ancho = 6 m)	\$10.060/m
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra	\$23.500/jornal
Sacos	\$300/unidad
Transporte	\$500/unidad
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Biosolución	\$11.000/ton
Aserrín	\$600/ton
Costo materia prima	\$18.000/ton
<b>Costo jornales para preparar y recoger la materia prima</b>	
0,25 jornales/ton * 150 ton * \$23.500/jornal	
Costo total de los jornales	\$881.250
<b>Energía eléctrica</b>	
Consumo motobomba = 0,5 HP * 0,746 kW/HP = 0,373 kW	
Horas de funcionamiento = 0,5 h/ton * 150 ton = 75 h	
Costo consumo energía eléctrica motobomba 0,373 kW * 75 h * \$391,4/kWh	\$10.949
<b>Costo total sacos utilizados</b> 35 unidades/ton * \$300/unidad * 150 ton	\$1.575.000
<b>Costo total transporte sacos</b> 35 unidades/ton * \$500/unidad * 150 ton	\$2.625.000
<b>Costo materia prima</b> \$18.000/ton * 150 ton	\$2.700.000
<b>Costo biosolución</b> \$11.000/ton * 150 ton	\$1.650.000
<b>Costo aserrín</b> 0,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 150 ton	\$90.000
<b><u>Total costo mano de obra y operación</u></b>	<b>\$9.532.199</b>
<b>Producción de compost</b> 150 ton * 0,6 = 90 ton	
<b>Venta total compost</b> 90 ton * \$125.000/ton	<b>\$11.250.000</b>

**Cuadro 6. (Continuación).**

<b>Opción 1: Trinchera con biosolución en invernadero con piso en tierra</b>	
<b>Costo infraestructura</b> \$15.000/m <sup>2</sup> * 325 m <sup>2</sup>	\$4.875.000
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 7</b> \$10.060/m * 15 m/trinchera * 5 trincheras	\$754.500
<b><u>Total costo infraestructura y equipos</u></b>	<b>\$5.969.500</b>
<p><b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b>                      T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE</p> <p>N = Número de ciclos de producción por año                      VT = Venta Total compost                      CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación                      CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos</p> <p>T.I.R. = 6 * (\$11.250.000 - \$9.532.199) * 100 / \$5.969.500 = 172,7%</p>	
<p><b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>                      t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)]                      t.r.i. = \$5.969.500 / [6 * (\$11.250.000 - \$9.532.199)]                      t.r.i. = 0,58 años (7 meses)</p> <p>Si se considera una expectativa de venta de \$125.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión se recupera en el cuarto (4) ciclo de producción.</p>	
<b>Opción 2: Trinchera con biosolución en invernadero con piso en cemento</b>	
<b>Costo infraestructura</b> \$28.000/m <sup>2</sup> * 325 m <sup>2</sup>	\$9.100.000
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 7</b> \$10.060/m * 15 m/trinchera * 5 trincheras	\$754.500
<b><u>Total costo infraestructura y equipos</u></b>	<b>\$10.194.500</b>
<p><b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b>                      T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE</p> <p>N = Número de ciclos de producción por año                      VT = Venta Total compost                      CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación                      CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos</p> <p>T.I.R. = 6 * (\$11.250.000 - \$9.532.199) * 100 / \$10.194.500 = 101,1%</p>	
<p><b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>                      t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)]                      t.r.i. = \$10.194.500 / [6 * (\$11.250.000 - \$9.532.199)] = 0,99 años (11,9 meses)</p> <p>Si se considera una expectativa de venta de \$125.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión se recupera en el sexto (6) ciclo de producción.</p>	

<b>Opción 3: Trinchera con biosolución en invernadero con piso en potrero</b>	
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 7</b> \$10.060/m * 15 m/trinchera * 5 trincheras	\$754.500
<b><i>Total costo infraestructura y equipos</i></b>	<b><i>\$1.094.500</i></b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE	
N = Número de ciclos de producción por año VT = Venta Total compost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos	
T.I.R. = 6 * (\$11.250.000 - \$9.532.199) * 100 / \$1.094.500 = 941,7%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$1.094.500 / [6 * (\$11.250.000 - \$9.532.199)] t.r.i. = 0,11 años (1,3 meses)	
Considerando una reducción del 40% en la masa y una expectativa de venta de \$125.000/ton, se encuentra que la inversión se recupera en el primer (1) ciclo de producción.	

**6.1.3 Método de trinchera natural para compostaje de pollinaza.** El proceso es similar al método de trinchera con biosolución descrito anteriormente, sin embargo en este caso no se mezcla el sustrato con aserrín ni se aplica biosolución.

Se recomienda para generación de pollinaza menor o igual a 150 toneladas por ciclo productivo (número de aves menor o igual a 100.000), teniendo que cada ciclo productivo se caracteriza por un período de 60 días, en los cuales se sabe que 45 días son de levante y engorde del pollo, y los 15 días restantes son para adecuación de las instalaciones, cumpliéndose de esta forma 6 ciclos por año.

A continuación en los cuadros 7 y 8 se resumen las características y parámetros del piloto desarrollado con este método, así como su análisis económico.

**Cuadro 7. Características técnicas y parámetros método de trinchera natural.**

<b>Descripción</b>	
<p>El proceso inicia en el mismo momento de la salida de las aves del galpón; la cama se humecta hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre el 40 y 60%, valor que permite iniciar el proceso de calentamiento de la mezcla. Luego la mezcla se reduce de tamaño (con la misma pala de mezclado) y se apila, para posteriormente ser empacada en sacos de fibra, los cuales se amarran para evitar que se disgregue su contenido. A continuación, los sacos se ubican uno sobre otro formando una trinchera, entrecruzados para impedir que se caigan; luego se cubren con plástico o cortina de galpón, buscando aumentar la temperatura de la trinchera al máximo posible. La trinchera permanece en el galpón por un término de 5 a 7 días, período en el cual se considera que la pollinaza ha sido sanitizada, quedando disponible para ser ubicada en el sitio de compostaje y maduración. Se recomienda mantener la pollinaza dentro de la granja hasta que se estabilice completamente. Este método es aplicable para compostar gallinaza de piso, siempre que la relación C/N sea la adecuada.</p>	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empaque de las materias primas.</li> <li>• Recepción de los bultos con materias primas.</li> <li>• Apilamiento del sustrato en el sitio de compostaje.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Mantenimiento de las trincheras.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Largo de la trinchera (l)	10 m
Ancho de la trinchera (b)	3 m
Altura de la trinchera (h)	1,5 m
Volumen de la trinchera (l * b * h)	45 m <sup>3</sup>
Densidad del material	0,7 ton/m <sup>3</sup>
Número de trincheras requerido	5
Masa del material por trinchera	30 ton/trinchera
Área requerida por la trinchera (incluyendo corredor)	65 m <sup>2</sup>
Área total requerida	325 m <sup>2</sup>
Tiempo de proceso	40 a 45 días

**Cuadro 8. Análisis económico método de trinchera natural.**

Ítem	Valor
Base de cálculo	150 ton/ciclo
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Invernadero piso en tierra	\$15.000/m <sup>2</sup>
Invernadero piso en cemento	\$28.000/m <sup>2</sup>
Motobomba (0,5 HP)	\$250.000
Manguera (150 m* \$600/m)	\$90.000
Plástico calibre 7 (ancho = 6 m)	\$10.060/m
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra	\$23.500/jornal
Sacos	\$300/unidad
Transporte	\$500/unidad
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Jornales para preparar y recoger la materia prima 0,5 jornales/ton * 150 ton = 75 jornales	
<b>Costo total de los jornales</b> 75 jornales * \$23.500/jornal	\$881.250
<b>Energía eléctrica</b> Consumo motobomba = 0,5 HP * 0,746 kW/HP = 0,373 kW Horas de funcionamiento = 0,5 h/ton * 150 ton = 75 h	
Costo consumo energía eléctrica motobomba 0,373 kW * 75 h * \$391,4/kWh	\$10.949
<b>Total sacos utilizados</b> 35 unidades/ton * \$300/unidad * 150 ton	\$1.575.000
<b>Total transporte sacos</b> 35 unidades/ton * \$500/unidad * 150 ton	\$2.625.000
<b>Costo materia prima</b> \$18.000/ton * 150 ton	\$2.700.000
<b><i>Total costos mano de obra y operación</i></b>	<b><i>\$7.792.199</i></b>
<b>Producción de compost</b> 150 ton * 0,6 = 90 ton	
<b>Venta total compost</b> 90 ton * \$125.000/ton	<b>\$11.250.000</b>
<b>Opción 1: Trinchera natural en invernadero con piso en tierra</b>	
<b>Costo infraestructura</b> \$15.000/m <sup>2</sup> * 325 m <sup>2</sup>	\$4.875.000
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 7</b> \$10.060/m * 15 m/trinchera * 5 trincheras	\$754.500
<b><i>Total costo infraestructura y equipos</i></b>	<b><i>\$5.969.500</i></b>

**Cuadro 8. (Continuación).**

<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b>	
T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = $N * (VT - CIMO) * 100 / CIIE$	
N	= Número de ciclos de producción por año
VT	= Venta Total compost
CIMO	= Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación
CIIE	= Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos
T.I.R. = $6 * (\$11.250.000 - \$7.792.199) * 100 / \$5.969.500$	
T.I.R. = 347,5%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>	
t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = $CIIE / [N * (VT - CIMO)]$	
t.r.i. = $\$5.696.500 / [6 * (\$11.250.000 - \$7.792.199)]$	
t.r.i. = 0,29 años (3,5 meses)	
Teniendo como base de cálculo las ecuaciones anteriores, una expectativa de venta de \$125.000/ton y una reducción de la masa de 40%, se encuentra que la inversión se recupera en el segundo (2) ciclo de producción.	
<b>Opción 2: Trinchera natural en invernadero con piso en cemento</b>	
<b>Costo infraestructura</b> \$28.000/m <sup>2</sup> * 325 m <sup>2</sup>	\$9.100.000
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 7</b> \$10.060/m * 15 m/trinchera * 5 trincheras	\$754.500
<b>Total costo infraestructura y equipos</b>	<b>\$10.194.500</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b>	
T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = $N * (VT - CIMO) * 100 / CIIE$	
N	= Número de ciclos de producción por año
VT	= Venta Total compost
CIMO	= Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación
CIIE	= Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos
T.I.R. = $6 * (\$11.250.000 - \$7.792.199) * 100 / \$10.194.500$	
T.I.R. = 203,5%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>	
t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = $CIIE / [N * (VT - CIMO)]$	
t.r.i. = $\$10.194.500 / [6 * (\$11.250.000 - \$7.792.199)]$	
t.r.i. = 0,49 años (5,9 meses)	
Teniendo como base de cálculo las ecuaciones anteriores, una expectativa de venta de \$125.000/ton y una reducción de la masa de 40%, se encuentra que la inversión se recupera en el tercer (3) ciclo de producción.	

**Cuadro 8. (Continuación).**

<b>Opción 3: Trinchera natural en potrero</b>	
<b>Costo equipos</b> \$250.000 (motobomba) + \$90.000 (manguera)	\$340.000
<b>Costo plástico calibre 7</b> \$10.060/m * 15 m/trinchera * 5 trincheras	\$754.500
<b><i>Total costo infraestructura y equipos</i></b>	<b><i>\$1.094.500</i></b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE	
N = Número de ciclos de producción por año VT = Venta Total conpost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos	
T.I.R. = 6 * (\$11.250.000 - \$7.792.199) * 100 / \$1.094.500 T.I.R. = 1.895,6%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$1.094.500 / [6 * (\$11.250.000 - \$7.792.199)] t.r.i. = 0,05 años (0,6 meses)	
Considerando una reducción del 40% en la masa y una expectativa de venta de \$125.000/ton, se encuentra que la inversión alcanza el punto de equilibrio en el primer (1) ciclo de producción.	

**6.2 ALTERNATIVAS DE COMPOSTAJE MECÁNICO**

Como se mencionó en el numeral 4.4, en este grupo de alternativas se encuentran aquellas que requieren aireación mecánica y el procedimiento para la estabilización del sustrato exige inversión en maquinaria.

**6.2.1 Compostaje mecánico con motocultor.** Este método se plantea para gallinaza de jaula, pero la experiencia de otras regiones ha demostrado que es factible aplicarlo para pollinaza o gallinaza de piso, siguiendo las recomendaciones expuestas a continuación. Está calculado para generación de gallinaza menor o igual a 18,45 toneladas por día (número de aves menor o igual a 123.000), teniendo que cada ave produce aproximadamente 150 g/día de gallinaza, con una densidad media de 0,7 ton/m<sup>3</sup> y una humedad del 60%.

A continuación en los cuadros 9 y 10 se resumen las características y parámetros del piloto desarrollado con este método, así como su descripción y los costos de inversión.

**Cuadro 9. Características técnicas y parámetros método de compostaje mecánico con motocultor.**

<b>Descripción</b>	
El residuo es recogido de forma manual en carretillas o automática por banda transportadora, para ser llevado a la zona de secado, donde es mezclado con aserrín para equilibrar la relación C/N y reducido su tamaño de partícula usando un molino. Una vez mezclado se inicia el proceso de volteo del sustrato con la ayuda de un motocultor, con una frecuencia de 2 veces por día. Para la etapa de estabilización se recomienda un tiempo de 30 días, con el fin de compostar la mezcla, de esta manera se logra obtener un producto con excelentes características.	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas.</li> <li>• Preparación de la mezcla y molienda.</li> <li>• Volteo del material para su aireación.</li> <li>• Recolección manual del producto terminado.</li> <li>• Empaque del producto final en sacos.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Área del invernadero	2,5 m <sup>2</sup> /ton
Largo del invernadero	70 m
Ancho del invernadero	20 m
Tiempo de proceso	30 días
Mano de obra adecuación materia prima	0,05 jornales/ton
Mano de obra aireación de la mezcla	0,025 jornales/ton
Sacos	25 unidades/ton
Generación de gallinaza	150 g/ave-día

**Cuadro 10. Análisis económico método de compostaje mecánico con motocultor.**

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
Base de cálculo (generación de gallinaza)	18,45 ton/día (553,5 ton/mes)
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Invernadero piso en tierra	\$15.000/m <sup>2</sup>
Motocultor a gasolina (5,0 HP)	\$3.700.000
Motocultor diesel (5,5 HP)	\$6.100.000
Molino (15 HP)	\$7.300.000
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra (salario mínimo + prestaciones de ley)	\$703.018/mes
Sacos	\$300/unidad
Transporte	\$500/unidad
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Costo de la gasolina	\$7.400/gal
Costo del aceite	\$40.000/gal
Costo del ACPM	\$6.080/gal
Costo de materia prima	\$60.000/ton
Costo aserrín	\$1.200/bulto

**Cuadro 10. (Continuación).**

<b>Opción 1: Compostaje de gallinaza de jaula con motocultor a gasolina</b>	
Jornales para preparar y recoger la materia prima 0,052 jornales/ton-mes * 553,5 ton/mes = 28,782 jornales	
Jornales para airear la mezcla 0,052 jornales/ton-mes * 553,5 ton/mes = 28,782 jornales	
Total jornales = 57,564	
<b>Costo mano de obra</b> 57,564 jornales * (\$703.018/24)/jornal	\$1.686.189
<b>Energía eléctrica</b>	
Capacidad de molienda = 2,8 ton/h	
Horas de trabajo molino = 553,5 ton/mes / 2,8 ton/h = 197,7 h	
Costo consumo energía eléctrica molino 15 HP * 0,746 kW/HP * 197,7 h * \$391,4/kWh	\$865.880
<b>Costo total sacos utilizados</b> 25 unidades/ton * \$300/unidad * 553,5 ton * 0,6	\$2.490.750
<b>Costo materia prima</b> 553,5 ton * \$60.000/ton	\$33.210.000
<b>Costo gasolina</b> 0,5 gal/h * 8 h/día * 30 días/mes * \$7.400/gal	\$888.000
<b>Costo aceite</b> 0,0625 gal/h * 8 h/día * 30 días/mes * \$40.000/gal	\$600.000
<b>Costo aserrín</b> 1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 553,5 ton/mes	\$996.300
<b><u>Total costos de mano de obra y operación</u></b>	<b>\$40.737.119</b>
<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
Costo invernadero \$15.000/m <sup>2</sup> * 1.400 m <sup>2</sup>	\$21.000.000
Costo motocultor	\$3.700.000
Costo molino	\$7.300.000
<b><u>Total costo infraestructura y equipos</u></b>	<b>\$32.000.000</b>
<b>Producción de compost</b> 553,5 ton/mes * 0,6 = 332,1 ton	
<b>Venta total compost</b> 332,1 ton * \$150.000/ton	<b>\$49.815.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT - CIMO) * 100 / CIIE	
N =	Número de meses de producción por año
VT =	Venta Total compost
CIMO =	Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación
CIIE =	Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos
T.I.R. = 12 * (\$49.815.000 - \$40.737.119) * 100 / \$32.000.000	
T.I.R. = 340,4%	

**Cuadro 10. (Continuación).**

<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>	
t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)]	
t.r.i. = \$32.000.000 / [12 * (\$49.815.000 - \$40.737.119)]	
t.r.i. = 0,29 años (3,5 meses)	
Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio en el cuarto (4) mes de producción. Es conveniente aclarar que el valor del terreno no se tuvo en cuenta para los cálculos, ya que se recomienda realizar la actividad en predios pertenecientes a la misma granja.	
<b>Opción 2: Compostaje de gallinaza de jaula con motocultor diesel</b>	
Jornales para preparar y recoger la materia prima 0,052 jornales/ton-mes * 553,5 ton/mes = 28,782 jornales	
Jornales para airear la mezcla 0,052 jornales/ton-mes * 553,5 ton/mes = 28,782 jornales	
Total jornales = 57,564	
<b>Costo mano de obra</b>	
57,564 jornales * (\$703.018/24)/jornal	\$1.686.189
Capacidad de molienda = 2,8 ton/h	
Horas de trabajo molino = 553,5 ton/mes / 2,8 ton/h = 197,7 h	
Costo consumo energía eléctrica molino 15 HP * 0,746 kW/HP * 197,7 h * \$391,4/kWh	\$865.880
<b>Costo total sacos utilizados</b>	
25 unidades/ton * \$300/unidad * 553,5 ton * 0,6	\$2.490.750
<b>Costo materia prima</b>	
553,5 ton * \$60.000/ton	\$33.210.000
<b>Costo ACPM</b>	
0,3 gal/h * 8 h/día * 30 días/mes * \$6.080/gal	\$437.760
<b>Costo aserrín</b>	
1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 553,5 ton	\$996.300
<b><i>Total costos mano de obra y operación</i></b>	<b>\$39.686.879</b>
<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
Costo Invernadero \$15.000/m <sup>2</sup> * 1.400 m <sup>2</sup>	\$21.000.000
Costo motocultor	\$6.100.000
Costo molino	\$7.300.000
<b><i>Total costo infraestructura y equipos</i></b>	<b>\$34.400.000</b>
<b>Producción de compost</b>	
553,5 ton/mes * 0,6 = 332,1 ton	
<b>Venta total compost</b>	
332,1 ton * \$150.000/ton	<b>\$49.815.000</b>

### Cuadro 10. (Continuación).

<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b>	
T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE	
N	= Número de meses de producción por año
VT	= Venta Total compost
CIMO	= Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación
CIIE	= Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos
T.I.R. = 12 * (\$49.815.000 - \$39.686.879) * 100 / \$34.400.000	
T.I.R. = 353,3 %	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b>	
t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)]	
t.r.i. = \$34.400.000 / [12 * (\$49.815.000 - \$39.686.879)]	
t.r.i. = 0,28 años (3,4 meses)	
Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio en el cuarto (4) mes de producción. Cabe aclarar que el valor del terreno no se tuvo en cuenta para los cálculos, ya que se recomienda realizar la actividad en predios pertenecientes a la misma granja.	

**6.2.2 Compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-1.** El sistema de compostaje propuesto es totalmente mecanizado en la etapa de aireación y está compuesto por pits o áreas específicas para la aireación de la mezcla; éstas tienen 75 m de largo, 6 m de ancho y una altura de 0,90 m. Diseñado especialmente para granjas con número de aves menor o igual a 500.000.

Aproximadamente en cada pit se pueden depositar 13,5 m<sup>3</sup>/día de material para iniciar el compostaje, de ahí en adelante la máquina compostadora se encarga de oxigenar, mezclar y avanzar el compost aproximadamente 2,5 m diarios, lo que permite disponer de 2,5 m lineales diarios de material; una vez lleno el pit, este material debe ser retirado diariamente. Por lo anterior, se tiene que el tiempo de estabilización del material es de aproximadamente 30 días, teniendo presente que la máquina compostadora agita la mezcla una vez al día.

Es importante mencionar que los cálculos se fundamentan tomando como base de cálculo 1 pit, de manera que es necesario multiplicar por el número de pits que se deseen o se requieran en cada caso específico, según la cantidad de subproducto que se pretenda procesar.

A continuación en los cuadros 11 y 12 se resumen las características y parámetros del piloto desarrollado con este método, así como su análisis económico.

**Cuadro 11. Características técnicas y parámetros método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-1.**

<b>Descripción</b>	
<p>Dado que a cada pit pueden entrar aproximadamente 13,5 m<sup>3</sup>/día de material, que de acuerdo con la información disponible tiene una densidad media de 0,7 ton/m<sup>3</sup>, se tiene entonces que se están cargando 9,45 ton/día de material a compostar; para 30 días de trabajo mensuales, cada pit requiere una carga de 283,5 ton/mes de material. De acuerdo con la cantidad de material entrante a la planta y al rendimiento esperado del mismo, que en peso se estima que sea del 60%, en las condiciones anteriormente señaladas, se deben estar produciendo 5,67 ton/día; para 30 días de trabajo mensuales, cada pit produce 170,1 ton/mes de compost. Al producto final obtenido se recomienda reducir su tamaño de partícula con ayuda de un molino.</p>	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas e insumos.</li> <li>• Apilamiento del sustrato en los pits.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Volteo de las pilas para su aireación.</li> <li>• Recolección manual del producto terminado.</li> <li>• Molienda del producto terminado.</li> <li>• Empaque final del producto terminado en sacos.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Largo del pit (l)	75 m
Ancho del pit (b)	6 m
Altura del pit (h)	0,9 m
Volumen del pit (l * b * h)	405 m <sup>3</sup>
Densidad del material que entra	0,7 ton/m <sup>3</sup>
Volumen del material que entra	13,5 m <sup>3</sup> /día
Masa del material que entra	9,45 ton/día
Tiempo de proceso	30 días
<b>Parámetros de operación de la máquina compostadora</b>	
Velocidad de trabajo	45,7 cm/min.
Velocidad de desplazamiento	400 cm/min.
Tiempo de desplazamiento entre pits del carro	5 min.
Desplazamiento de la masa en cada volteo	2,5 m
Volumen diario por cada pit	13,5 m <sup>3</sup>
Tiempo requerido por cada pit	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de ida</li> <li>• Tiempo de regreso</li> <li>• Tiempo de traslado entre pits</li> </ul>	<p>175,05 min.</p> <p>20 min.</p> <p>5 min.</p>
Consumo de energía	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor de mezclado por pit</li> <li>• Motor de desplazamiento por pit</li> <li>• Motor del molino</li> </ul>	<p>44,64 kWh/día</p> <p>1,24 kWh/día</p> <p>27,2 kWh/día</p>
Capacidad de procesamiento molino	2,8 ton/h

**Cuadro 12. Análisis económico método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-1.**

Ítem	Valor
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Máquina compostadora	\$169.000.000
Molino	\$7.300.000
Valor del terreno	\$24.500.000/Ha
4 pits (0,3 Ha)	\$7.350.000
7 pits (0,7 Ha)	\$17.150.000
Obra civil	
4 pits (280.000 aves)	\$536.000.000
7 pits (500.000 aves)	\$877.100.000
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra operario (salario mínimo + prestaciones)	\$703.018/mes
Mano de obra administrador (\$1.000.000 + prestaciones)	\$1.523.333/mes
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Sacos	\$300/unidad
<b>Opción 1: 4 pits (280.000 aves)</b>	
<b>Generación de gallinaza</b>	
280.000 aves * 150 g/ave-día * 30 días/mes * 1 ton/1.000.000 g = 1.260 ton/mes	
<b>Costo mano de obra</b>	
2 operarios * \$703.018 + 1 administrador * \$1.523.333	\$2.929.369
<b>Energía eléctrica</b>	
Capacidad de molienda = 2,8 ton/h	
Horas de trabajo molino = (1.260 ton/mes * 0,6) / 2,8 ton/h = 270 h	
Costo consumo energía eléctrica molino 27,2 kW-h * 270 h * \$391,4/kWh	\$2.874.442
Costo consumo energía eléctrica máquina compostadora 4 * (44,64 + 1,24 kWh/día) * 30 días/mes * \$391,4/kWh	\$2.154.892
Costo mantenimiento de equipos	\$1.500.000
<b>Costo total sacos utilizados</b>	
25 unidades/ton * \$300/unidad * 1.260 ton * 0,6	\$5.670.000
<b>Costo materia prima</b>	
1.260 ton * \$60.000/ton	\$75.600.000
<b>Costo aserrín</b>	
1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 1.260 ton/mes	\$2.268.000
<b><u>Total costos de mano de obra y operación</u></b>	<b>\$92.996.703</b>
<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
Costo terreno 0,3 Ha * \$24.500.000/Ha	\$7.350.000
Costo obra civil	\$536.000.000
Costo máquina compostadora	\$169.000.000
Costo molino	\$7.300.000
<b><u>Total costo infraestructura y equipos</u></b>	<b>\$719.650.000</b>

**Cuadro 12. (Continuación).**

<b>Producción de compost</b> 1.260 ton/mes * 0,60 = 756 ton/mes	
<b>Venta total compost</b> 756 ton/mes * \$150.000/ton	<b>\$113.400.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE  N = Número de meses de producción por año VT = Venta Total compost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos  T.I.R. = 12 * (\$113.400.000 - \$92.996.703) * 100 / \$719.650.000 T.I.R. = 34,0%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$719.650.000 / [12 * (\$113.400.000 - \$92.996.703)] t.r.i. = 2,94 años (35,3 meses)  Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio prácticamente a los 3 años de producción.	
<b>Opción 2: 7 pits (500.000 aves)</b>	
<b>Generación de gallinaza</b> 500.000 aves * 150 g/ave-día * 30 días/mes * 1 ton/1.000.000 g = 2.250 ton/mes	
<b>Costo mano de obra</b> 4 operarios * \$703.018 + 1 administrador * \$1.523.333	<b>\$4.335.405</b>
<b>Energía eléctrica</b> Capacidad de molienda = 2,8 ton/h Horas de trabajo molino = (2.250 ton/mes * 0,6) / 2,8 ton/h = 482,14 h	
Costo consumo energía eléctrica molino 27,2 kW-h * 482,14 h * \$391,4/kWh	<b>\$5.132.901</b>
Costo consumo energía eléctrica máquina compostadora 7 * (44,64 + 1,24 kWh/día) * 30 días/mes * \$391,4/kWh	<b>\$3.771.061</b>
Costo mantenimiento de equipos	<b>\$2.000.000</b>
<b>Costo total sacos utilizados</b> 25 unidades/ton * \$300/unidad * 2.250 ton * 0,6	<b>\$10.125.000</b>
<b>Costo materia prima</b> 2.250 ton * \$60.000/ton	<b>\$135.000.000</b>
<b>Costo aserrín</b> 1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 2.250 ton/mes	<b>\$4.050.000</b>
<b>Total costos de mano de obra y operación</b>	<b>\$164.414.367</b>

**Cuadro 12. (Continuación).**

<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
Costo terreno 0,7 Ha * \$24.500.000/Ha	\$17.150.000
Costo obra civil	\$877.100.000
Costo máquina compostadora	\$169.000.000
Costo molino	\$7.300.000
<b>Total costo infraestructura y equipos</b>	<b>\$1.070.550.000</b>
<b>Producción de compost</b> 2.250 ton/mes * 0,60 = 1.350 ton/mes	
<b>Venta total compost</b> 1.350 ton/mes * \$150.000/ton	<b>\$202.500.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE	
N =	Número de meses de producción por año
VT =	Venta Total compost
CIMO =	Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación
CIIE =	Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos
T.I.R. = 12 * (\$202.500.000 - \$164.414.367) * 100 / \$1.070.500.000	
T.I.R. = 42,7%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$1.070.500.000 / [12 * (\$202.500.000 - \$164.414.367)] t.r.i. = 2,34 años (28,1 meses)	
Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio a los 2,34 años de producción.	

**6.2.3 Compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-2.** El sistema de compostaje mecánico de gallinaza de jaula con máquina compostadora MQA-2 es similar al método anterior con máquina compostadora MQA-1, con la diferencia que el ancho de pit es un poco menor. Diseñado especialmente para granjas con número de aves menor o igual a 360.000.

Al igual que en el método anterior, los cálculos se fundamentan tomando como base de cálculo 1 pit, de manera que es necesario multiplicar por el número de pits que se deseen o se requieran en cada caso específico, según la cantidad de subproducto que se pretenda procesar.

A continuación en los cuadros 13 y 14 se resumen las características y parámetros del piloto desarrollado con este método, así como su análisis económico.

**Cuadro 13. Características técnicas y parámetros método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-2.**

<b>Descripción</b>	
<p>Dado que a cada pit pueden entrar aproximadamente 10,8 m<sup>3</sup>/día de material, que de acuerdo con la información disponible tiene una densidad media de 0,7 ton/m<sup>3</sup>, se tiene entonces que se están cargando 7,56 ton/día de material a compostar; para 30 días de trabajo mensuales, cada pit requiere una carga de 226,8 ton/mes de material. De acuerdo con la cantidad de material entrante a la planta y al rendimiento esperado del mismo, que en peso se estima que sea del 60%, en las condiciones anteriormente señaladas, se deben estar produciendo 4,54 ton/día; para 30 días de trabajo mensuales, cada pit produce 136,1 ton/mes de compost. Al producto final obtenido se recomienda reducir su tamaño de partícula con ayuda de un molino.</p>	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas e insumos.</li> <li>• Apilamiento del sustrato en los pits.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Mantenimiento de las pilas.</li> <li>• Volteo de las pilas para su aireación.</li> <li>• Recolección manual del producto terminado.</li> <li>• Empaque final del producto terminado en sacos.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Largo del pit (l)	75 m
Ancho del pit (b)	4,8 m
Altura del pit (h)	0,9 m
Volumen del pit (l * b * h)	324 m <sup>3</sup>
Densidad del material que entra	0,7 ton/m <sup>3</sup>
Volumen del material que entra	10,8 m <sup>3</sup> /día
Masa del material que entra	7,56 ton/día
Tiempo de proceso	30 días
<b>Parámetros de operación de la máquina compostadora</b>	
Velocidad de trabajo	45,7 cm/min.
Velocidad de desplazamiento	400 cm/min.
Tiempo de desplazamiento entre pits del carro	5 min.
Desplazamiento de la masa en cada volteo	2,5 m
Volumen diario por cada pit	10,8 m <sup>3</sup>
Tiempo requerido por cada pit	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de ida</li> <li>• Tiempo de regreso</li> <li>• Tiempo de traslado entre pits</li> </ul>	<p>175,05 min.</p> <p>20 min.</p> <p>5 min.</p>
Consumo de energía	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor de mezclado por pit</li> <li>• Motor de desplazamiento por pit</li> <li>• Motor del molino</li> </ul>	<p>40,2 kWh/día</p> <p>1,24 kWh/día</p> <p>27,2 kWh/día</p>
Capacidad de procesamiento molino	2,8 ton/h

**Cuadro 14. Análisis económico método de compostaje mecánico con máquina compostadora MQA-2.**

Ítem	Valor
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Máquina compostadora	\$92.000.000
Molino	\$7.300.000
Valor del terreno	\$24.500.000/Ha
2 pits (0,2 Ha)	\$4.900.000
3 pits (0,3 Ha)	\$7.350.000
Obra civil	
2 pits (100.000 aves)	\$196.000.000
3 pits (150.000 aves)	\$294.000.000
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra operario (salario mínimo + prestaciones)	\$703.018/mes
Mano de obra administrador (\$1.000.000 + prestaciones)	\$1.523.333/mes
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Sacos	\$300/unidad
<b>Opción 1: 2 pits (100.000 aves)</b>	
<b>Generación de gallinaza</b>	
100.000 aves * 150 g/ave-día * 30 días/mes * 1 ton/1.000.000 g = 450 ton/mes	
<b>Costo mano de obra</b>	
1 operario * \$703.018 + 1 administrador * \$1.523.333	\$2.226.351
<b>Energía eléctrica</b>	
Capacidad de molienda = 2,8 ton/h	
Horas de trabajo molino = (450 ton/mes * 0,6) / 2,8 ton/h = 96,43 h	
Costo consumo energía eléctrica molino 27,2 kW-h * 96,43 h * \$391,4/kWh	\$1.026.601
Costo consumo energía eléctrica máquina compostadora 2* (40,2 + 1,24 kWh/día) * 30 días/mes * \$391,4/kWh	\$973.177
Costo mantenimiento de equipos	\$500.000
<b>Costo total sacos utilizados</b>	
25 unidades/ton * \$300/unidad * 450 ton * 0,6	\$2.025.000
<b>Costo materia prima</b>	
450 ton * \$60.000/ton	\$27.000.000
<b>Costo aserrín</b>	
1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 450 ton/mes	\$810.000
<b><u>Total costos de mano de obra y operación</u></b>	<b>\$34.561.129</b>
<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
Costo terreno 0,2 Ha * \$24.500.000/Ha	\$4.900.000
Costo obra civil	\$196.000.000
Costo máquina compostadora	\$92.000.000
Costo molino	\$7.300.000
<b><u>Total costo infraestructura y equipos</u></b>	<b>\$300.200.000</b>

**Cuadro 14. (Continuación).**

<b>Producción de compost</b> 450 ton/mes * 0,60 = 270 ton/mes	
<b>Venta total compost</b> 270 ton/mes * \$150.000/ton	<b>\$40.500.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE  N = Número de meses de producción por año VT = Venta Total compost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos  T.I.R. = 12 * (\$40.500.000 - \$34.561.129) * 100 / \$300.200.000 T.I.R. = 23,7%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$300.200.000 / [12 * (\$40.500.000 - \$34.561.129)] t.r.i. = 4,21 años (50,5 meses)  Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio a los 4,21 años de producción.	
<b>Opción 2: 3 pits (150.000 aves)</b>	
<b>Generación de gallinaza</b> 150.000 aves * 150 g/ave-día * 30 días/mes * 1 ton/1.000.000 g = 675 ton/mes	
<b>Costo mano de obra</b> 1 operario * \$703.018 + 1 administrador * \$1.523.333	\$2.226.351
<b>Energía eléctrica</b> Capacidad de molienda = 2,8 ton/h Horas de trabajo molino = (675 ton/mes * 0,6) / 2,8 ton/h = 144,64 h	
Costo consumo energía eléctrica molino 27,2 kW-h * 144,64 h * \$391,4/kWh	\$1.539.849
Costo consumo energía eléctrica máquina compostadora 3 * (40,2 + 1,24 kWh/día) * 30 días/mes * \$391,4/kWh	\$1.459.765
Costo mantenimiento de equipos	\$1.000.000
<b>Costo total sacos utilizados</b> 25 unidades/ton * \$300/unidad * 675 ton * 0,6	\$3.037.500
<b>Costo materia prima</b> 675 ton * \$60.000/ton	\$40.500.000
<b>Costo aserrín</b> 1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 675 ton/mes	\$1.215.000
<b>Total costos de mano de obra y operación</b>	<b>\$50.978.465</b>

**Cuadro 14. (Continuación).**

<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
Costo terreno 0,3 Ha * \$24.500.000/Ha	\$7.350.000
Costo obra civil	\$294.000.000
Costo máquina compostadora	\$92.000.000
Costo molino	\$7.300.000
<b>Total costo infraestructura y equipos</b>	<b>\$400.650.000</b>
<b>Producción de compost</b> 675 ton/mes * 0,60 = 405 ton/mes	
<b>Venta total compost</b> 405 ton/mes * \$150.000/ton	<b>\$60.750.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE  N = Número de meses de producción por año VT = Venta Total compost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos  T.I.R. = 12 * (\$60.750.000 - \$50.978.465) * 100 / \$400.650.000 T.I.R. = 29,3%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$400.650.000 / [12 * (\$60.750.000 - \$50.978.465)] t.r.i. = 3,42 años (41 meses)  Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio a los 3,42 años de producción.	

**6.2.4 Compostaje mecánico con rodillo compostador.** Esta alternativa se recomienda para gallinaza de jaula, pollinaza, gallinaza de piso o la mezcla, teniendo como base un número aproximado a las 100.000 aves; para otras cantidades se recomienda realizar los cálculos, dependiendo de la generación de gallinaza o el número de aves atendidas.

A continuación en los cuadros 15, 16 y 17 se resumen las características y parámetros del método desarrollado, así como su análisis económico.

**Cuadro 15. Características técnicas y parámetros método mecánico con rodillo compostador.**

<b>Descripción</b>	
<p>La gallinaza se deja en el punto de generación formando un cono, el cual se retira en el momento en que la altura del cono está cerca de la jaula (aproximadamente cada 7 días); luego se lleva al invernadero de secado donde se deja por espacio de 7 días. El invernadero de secado es una estructura construida en guadua, piso en tierra y cubierto con plástico especial para invernadero. Una vez seca, la gallinaza es molida y llevada a la zona de compostaje, donde se extiende sobre la superficie con el fin de realizar un volteo mecánico del sustrato, permitiendo la aireación del subproducto y por ende la estabilización del mismo, gracias a un rodillo compostador diseñado para tal fin. El rodillo se desplaza por una correa que sirve de guía, desde un extremo al otro y viceversa, a una velocidad aproximada a los 1,5 m/min., haciendo el recorrido en un sentido y en el sentido contrario, por lo menos 2 veces al día.</p>	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas e insumos.</li> <li>• Apilamiento de la gallinaza en el secadero.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Molienda de la gallinaza seca.</li> <li>• Ubicación de la gallinaza seca y molida en el pit.</li> <li>• Volteo de las pilas para su aireación.</li> <li>• Recolección y empaque manual del producto terminado.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Largo del secadero	80 m
Ancho del secadero	6 m
Largo de la compostera	80m
Ancho de la compostera	5 m
Largo del pit	80 m
Ancho del pit	3 m
Altura del pit	0,5 m
Tiempo de proceso <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de secado: 7 días</li> <li>• Tiempo de compostaje: 23 días</li> </ul>	30 días
<b>Parámetros de operación del rodillo compostador</b>	
Velocidad de desplazamiento	150 cm/min.
Tiempo requerido por cada pit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de ida</li> <li>• Tiempo de regreso</li> </ul>	54 min. 54 min.
Consumo de energía <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor de mezclado por pit</li> <li>• Motor del molino</li> </ul>	3,735 kWh 27,2 kWh
Capacidad de procesamiento molino	2,8 ton/h

**Cuadro 16. Parámetros de diseño del rodillo compostador.**

Motor / Reductor	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia</li> <li>• Revoluciones</li> <li>• Factor de servicio</li> </ul>	<p>5 HP (3,735 kW)            1.725 rpm de entrada            95 rpm de salida            1,16</p>
Rueda Catarina	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso (p)</li> <li>• Número de dientes (Z)</li> <li>• Diámetro exterior (De)</li> </ul>	<p>19 mm            54            330 mm</p>
Rueda Dentada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso (p)</li> <li>• Número de dientes (Z)</li> <li>• Diámetro exterior (De)</li> </ul>	<p>19 mm            12            92 mm</p>
Piñones	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo (m)</li> <li>• Número de dientes (Z)</li> <li>• Diámetro exterior (De)</li> </ul>	<p>6            18            124</p>
Cadena	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso</li> <li>• N° ANSI</li> </ul>	<p>19 mm            60</p>
Rodamientos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro interior (Di)</li> <li>• Diámetro exterior (De)</li> </ul>	<p>25 mm            52 mm</p>
Chumacera	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro interior (Di)</li> </ul>	<p>1 ½ "</p>
Otros Accesorios	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje de rodillo</li> <li>• Eje guía</li> <li>• Tornillo grado 6</li> <li>• Cuñas</li> <li>• Pines de seguridad</li> <li>• Perfil U</li> <li>• Angulo</li> <li>• Varilla</li> </ul>	<p>4000 * 50 mm            320 * 50 mm            ¾ * 2 "            6 * 30 mm            38 mm de diámetro            C3 * 60            3 * ¼ "            ½ "</p>

**Cuadro 17. Análisis económico método mecánico con rodillo compostador.**

Ítem	Valor
<b>Inversión en infraestructura y equipos</b>	
Rodillo compostador	\$17.100.000
Molino	\$7.300.000
Secadero de gallinaza	\$7.058.205
Compostera de gallinaza	\$11.214.000
Valor del terreno	\$24.500.000/Ha
Obra civil	
Invernadero de secado (piso en tierra)	\$15.000/m <sup>2</sup>
Invernadero de compostaje (piso en cemento)	\$28.000/m <sup>2</sup>
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
Mano de obra operario (salario mínimo + prestaciones)	\$703.018/mes
Mano de obra administrador (\$1.000.000 + prestaciones)	\$1.523.333/mes
Energía eléctrica (comercial)	\$391,4/kWh
Sacos	\$300/unidad
<b>Generación de gallinaza</b>	
100.000 aves * 150 g/ave-día * 30 días/mes * 1 ton/1.000.000 g = 450 ton/mes	
<b>Costo mano de obra</b>	
2 operarios * \$703.018 + 1 administrador * \$1.523.333	\$2.929.369
<b>Energía eléctrica</b>	
Capacidad de molienda = 2,8 ton/h	
Horas de trabajo molino = (450 ton/mes * 0,6) / 2,8 ton/h = 96,43 h	
Costo consumo energía eléctrica molino	
27,2 kW-h * 96,43 h * \$391,4/kWh	\$1.026.601
Costo consumo energía eléctrica rodillo compostador	
3,735 kWh/día * 30 días/mes * \$391,4/kWh	\$43.856
Costo mantenimiento de equipos	\$100.000
<b>Costo total sacos utilizados</b>	
25 unidades/ton * \$300/unidad * 450 ton * 0,6	\$2.025.000
<b>Costo materia prima</b>	
450 ton * \$60.000/ton	\$27.000.000
<b>Costo aserrín</b>	
1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 450 ton/mes	\$810.000
<b>Total costos de mano de obra y operación</b>	<b>\$33.934.826</b>
<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
<b>Costo terreno</b>	
Área de secado + área de compostaje + 20% adicional (480 m <sup>2</sup> + 400 m <sup>2</sup> ) * 1,2 /10.000 * \$24.500.000/Ha	\$2.587.200
Costo obra civil invernadero de secado	
\$15.000/m <sup>2</sup> * 480 m <sup>2</sup>	\$7.200.000
Costo obra civil invernadero de compostaje	
\$28.000/m <sup>2</sup> * 400 m <sup>2</sup>	\$11.200.000
Costo rodillo compostador	\$17.100.000
Costo molino	\$7.300.000
<b>Total costo infraestructura y equipos</b>	<b>\$45.387.200</b>

**Cuadro 17. (Continuación).**

<b>Producción de compost</b> 450 ton/mes * 0,60 = 270 ton/mes	
<b>Venta total compost</b> 270 ton/mes * \$150.000/ton	<b>\$40.500.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT – CIMO) * 100 / CIIE  N = Número de meses de producción por año VT = Venta Total compost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos  T.I.R. = 12 * (\$40.500.000 - \$33.934.826) * 100 / \$45.387.200 T.I.R. = 173,6%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT – CIMO)] t.r.i. = \$45.387.200 / [12 * (\$40.500.000 - \$33.934.826)] t.r.i. = 0,58 años (6,9 meses)  Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio en el séptimo (7) mes de producción.	

**6.2.5 Compostaje con volteadora/aireadora VAX-100.** Como se mencionó anteriormente, este método de compostaje se recomienda a cielo abierto y en espacios amplios, que permitan construir un invernadero con piso en tierra o utilizar material Compostex, con el fin de minimizar la humidificación del material por agua lluvia y permitir el secado óptimo del mismo.

La volteadora/aireadora VAX-100 tiene dos versiones: accionada con acople al tractor en sus tres puntos (VAT-100) y auto propulsada sobre rieles (VAA-100). La primera versión permite un poco más de versatilidad en cuanto a cantidad, longitud y orientación de pilas que pueden ser cambiadas, mientras que la versión autopropulsada necesita previamente determinar el número, longitud y orientación de las pilas, pero se puede obtener un mejor aprovechamiento del espacio.

El equipo cuenta con un sistema de inoculación por riego situado en la parte superior de su estructura, de tal modo que la volteadora/aireadora a medida que avanza va humedeciendo uniforme y totalmente la pila. Para la versión VAT-100, se requiere un tractor con motor de 80 a 100 HP, con el fin de movilizar el equipo sobre las pilas.

A continuación en los cuadros 18 y 19 se resumen las características y parámetros del método desarrollado, así como su descripción y análisis económico.

**Cuadro 18. Características técnicas y parámetros método de compostaje con volteadora/aireadora VAT-100.**

<b>Descripción</b>	
El proceso inicia con la ubicación de la materia orgánica en pilas de configuración triangular de 2 m de ancho x 0.87 m de alto y 0.87 m <sup>2</sup> de área transversal. La longitud de las mismas depende del volumen a procesar, pero se recomienda que éstas sean mínimo de 50 m para hacer el proceso más eficiente. Como recomendación especial se debe construir un invernadero con piso en tierra o utilizar el material conocido como Compostex, con el fin de minimizar la humidificación del material por agua lluvia y permitir el secado óptimo del mismo.	
<b>Actividades</b>	
<b>Actividades preoperativas</b>	<b>Actividades operativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación del terreno.</li> <li>• Preparación de las instalaciones requeridas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materias primas e insumos.</li> <li>• Apilamiento de la gallinaza en el secadero.</li> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Mantenimiento de las pilas.</li> <li>• Volteo de las pilas para su aireación.</li> <li>• Recolección y empaque manual del producto terminado.</li> </ul>
<b>Características técnicas y parámetros</b>	
Largo de la pila (l)	50 m
Ancho de la pila (b)	2 m
Altura de la pila (h)	0,87 m
Volumen de la pila (l * b* h/2)	43,5 m <sup>3</sup>
Densidad del material	0,7 ton/m <sup>3</sup>
Masa del material por pila	30,45 ton
Capacidad de aireación	70 ton/h
Capacidad de molienda	2,8 ton/h
Tiempo de proceso recomendado	30 días
<b>Características técnicas máquina volteadora/aireadora</b>	
Diámetro del rotor	0,56 cm
Número de paletas	38
Velocidad del rotor	200 – 340 rpm
Avance	120 m/h – 180 m/h
Capacidad de volteo	100 – 120 m <sup>3</sup> /h
Capacidad de volteo	70 – 84 ton/h
Potencia de volteo	9 HP
Potencia de avance	2,5 HP
<b>Dimensiones del túnel</b>	
Ancho	2 m
Altura real	1,25 m
Altura efectiva	0,87 m
Largo	1 m

**Cuadro 19. Análisis económico método de compostaje con volteadora/aireadora VAT-100.**

Ítem	Valor
<b>Adecuación del terreno</b>	
Descapote a máquina	\$3.000/m <sup>3</sup>
Explanación y extendida	\$3.250/m <sup>3</sup>
Costo del terreno	\$24.500.000/Ha
Obra civil invernadero	\$15.000/m <sup>2</sup>
<b>Generación de gallinaza</b>	
120.000 aves * 150 g/ave-día * 30 días/mes * 1 ton/1.000.000 g = 540 ton/mes	
<b>Área por pila</b>	
Área por pila = ancho * largo + vía para el tractor + área de volteo	
Área por pila = (2 m * 50 m) + (5 m * 50 m) + (5 m * 2 m) = 360 m <sup>2</sup> /pila	
<b>Número de pilas</b>	
540 ton / 30,45 ton/pila = 18 pilas	
<b>Área total requerida</b>	
360 m <sup>2</sup> /pila * 18 pilas = 6.480 m <sup>2</sup>	
Asumiendo un área adicional para maniobra del tractor, se ajusta a 7.000 m <sup>2</sup> (0,7 Ha)	
<b>Costo infraestructura y equipos</b>	
<b>Costo descapote a máquina</b>	
7.000 m <sup>2</sup> * 0,2 m * \$3.000/m <sup>3</sup>	\$4.200.000
<b>Costo explanación y extendida</b>	
7.000 m <sup>2</sup> * 0,7 m * \$3.250/m <sup>3</sup>	\$15.925.000
Volteadora/aireadora VAT-100	\$24.500.000
Tractor 94 HP	\$105.000.000
Molino	\$7.300.000
Terreno	
0,7 Ha * \$24.500.000/Ha	\$17.150.000
Invernadero	
7.000 m <sup>2</sup> * \$15.000/m <sup>2</sup>	\$105.000.000
<b>Total costo infraestructura y equipos</b>	<b>\$279.075.000</b>
<b>Inversión mano de obra y operación</b>	
<b>Costo mano de obra</b>	
2 operarios * \$703.018 + 1 administrador * \$1.523.333	\$2.929.369
Horas de trabajo molino = (540 ton/mes * 0,6) / 2,8 ton/h = 115,71 h	
<b>Costo consumo energía eléctrica molino</b>	
27,2 kW-h * 115,71 h * \$391,4/kWh	\$1.231.858
Costo mantenimiento de equipos	\$500.000
<b>Costo del combustible (ACPM)</b>	
0,2 gal/km * \$6.080/gal * 3 km/día * 30 días/mes	\$109.440
<b>Costo total sacos utilizados</b>	
25 unidades/ton * \$300/unidad * 540 ton * 0,6	\$2.430.000
<b>Costo materia prima</b>	
540 ton * \$60.000/ton	\$32.400.000
<b>Costo aserrín</b>	
1,5 bultos/ton * \$1.200/bulto * 540 ton/mes	\$972.000
<b>Total costos de mano de obra y operación</b>	<b>\$40.572.667</b>

**Cuadro 19. (Continuación).**

<b>Producción de compost</b> 540 ton/mes * 0,60 = 324 ton/mes	
<b>Venta total compost</b> 324 ton/mes * \$150.000/ton	<b>\$48.600.000</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)</b> T.I.R. = Utilidades anuales / Inversión inicial * 100 = N * (VT - CIMO) * 100 / CIIE  N = Número de meses de producción por año VT = Venta Total compost CIMO = Costo de Inversión en Mano de Obra y Operación CIIE = Costo de Inversión en Infraestructura y Equipos  T.I.R. = 12 * (\$48.600.000 - \$40.572.667) * 100 / \$279.075.000 T.I.R. = 34,5%	
<b>Tiempo de Recuperación de la Inversión (t.r.i.)</b> t.r.i. = Inversión inicial / Utilidades anuales = CIIE / [N * (VT - CIMO)] t.r.i. = \$279.075.000 / [12 * (\$48.600.000 - \$40.572.667)] t.r.i. = 2,90 años (34,8 meses)  Si se considera una expectativa de venta de \$150.000/ton y una reducción del 40% en la masa, se encuentra que la inversión alcanza su punto de equilibrio prácticamente a los 3 años de producción.	

## 7. CONCLUSIONES

- El estudio realizado en la región de La Mesa de Jéridas permitió determinar que en esta área se concentran explotaciones avícolas de todo tipo, representadas en mayor proporción por las granjas de producción de pollo de engorde (56 granjas con capacidad aproximada para 2.495.200 aves), seguido por las granjas de producción de huevo en piso (10 granjas con capacidad aproximada para 1.563.000 aves), y en minoría las granjas de producción de huevo en jaula (1 granja con capacidad aproximada para 821.000 aves).
- El diagnóstico del área de estudio permitió estimar la generación de subproductos avícolas en La Mesa de Jéridas, que alcanza las 23.000 toneladas anuales de pollinaza y las 20.000 toneladas anuales de gallinaza.
- El principal tratamiento recibido por estos subproductos avícolas depende de las características del mismo; en el caso de la pollinaza los avicultores realizan tratamiento por sanitización, alcanzando a tratar por este método un 66% de la pollinaza producida, mientras que el 18% es compostada; en el caso de la gallinaza, se prefiere el tratamiento de compostaje consiguiendo tratar el 59% de la producción y por sanitización se gestiona un 7%. Sin embargo, el 16% de la pollinaza y el 7% de la gallinaza producidas no reciben tratamiento alguno.
- Es clara la creciente afectación negativa tanto al medio ambiente como a la bioseguridad de la zona de La Mesa de los Santos, específicamente en lo que se refiere a las actividades de transporte, manipulación, aplicación y aprovechamiento de la pollinaza y la gallinaza, ocasionada tanto, por la aplicación directa de estos subproductos sobre los cultivos sin ser tratados previa y adecuadamente, así como porque en la mayoría de los casos estos subproductos son transportados a granel o en sacos abiertos, de manera que se favorece la emisión y pérdidas de estos materiales por donde se transita, y con ésta, la proliferación de vectores como moscas y roedores, la generación de los olores ofensivos, la pérdida de los cultivos y los daños sobre la salud y el bienestar de las personas afectadas.
- La generación de pollinaza y/o gallinaza representa inconvenientes para las empresas, en dos aspectos básicos: primero, el proceso de comercialización y gestión adecuadas, el cual debe ser estandarizado para todas las granjas sin importar que sean alquiladas; y segundo, la falta de caracterización y análisis de estos residuos, lo cual impide conocer de manera acertada su composición. Con respecto a este último punto, en el proyecto se determinó que el proceso de sanitización y de compostación disminuye considerablemente la carga de agentes patógenos en los subproductos estudiados, lo que permite afirmar que

los procesos sugeridos contribuyen al mejoramiento de las condiciones de bioseguridad de la zona.

- Las alternativas planteadas para el tratamiento de la gallinaza y pollinaza basadas en la utilización de éstas en la obtención de mejoradores de suelos o abono orgánico, resultaron ser viables técnica y económicamente, confirmando que este tipo de procesos más que una exigencia legal o una solución ambiental, son una oportunidad de negocio. El aprovechamiento de los subproductos avícolas debe ser una concepción visionaria de las posibilidades de competitividad y rentabilidad del sector avícola.
- Con base en el seguimiento realizado al comportamiento térmico de los pilotos desarrollados en La Mesa de los Santos fue posible definir tanto las diferentes etapas del compostaje, como determinar los tiempos requeridos para cada una de las alternativas propuestas por el equipo ejecutor del proyecto y la composición del producto obtenido.
- Los residuos de gallinaza y pollinaza estabilizados mediante compostaje deben reunir como mínimo las siguientes condiciones:
  - En lo agronómico, no ofrecer peligros para el cultivo, como semillas de especies indeseables, hongos, patógenos o fitotoxicidad.
  - En salud humana y sanidad animal, no contener presencia importante de patógenos o microorganismos que puedan ser vectores de alguna enfermedad.
  - En lo ambiental, no ser fuente de contaminación de los diferentes ecosistemas receptores.

## 8. RECOMENDACIONES

- Aunque las alternativas de compostaje analizadas y evaluadas en este proyecto están ajustadas a diferentes rangos de generación de gallinaza o pollinaza, se sugiere en caso de requerir la aplicación a otros rangos, realizar los cálculos correspondientes, con el fin de determinar la conveniencia, así como la inversión requerida en infraestructura, equipos, mano de obra y operación.
- En la región de La Mesa de Jéridas, el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA como autoridad competente, debe asegurar la estabilización de la gallinaza y pollinaza generadas a través del compostaje técnico de las mismas, el cual puede ser realizado por los mismos generadores o por un tercero. Hay que tener en cuenta que en caso que el compostaje de estos residuos lo realice un tercero, la normatividad vigente exige que antes de movilizar las excretas fuera de la granja sean estabilizadas a través de la sanitización. Con este adecuado manejo de las excretas aviares se favorece el mejoramiento de la bioseguridad de la granja y de la zona, y se disminuye la generación de olores ofensivos y con ello, la proliferación de moscas, permitiendo así una mejor calidad de vida y convivencia con la comunidad afectada.
- Es evidente la urgencia de reglamentar como obligatorias las medidas a tomar por parte de los avicultores para el tratamiento, aprovechamiento y valorización de los subproductos avícolas, con el fin de minimizar el impacto ambiental y mejorar la bioseguridad y las condiciones socioeconómicas del área en estudio.
- La legislación ambiental y sanitaria aplicable a la generación y gestión de la pollinaza y gallinaza debería obligar al productor a conocer los volúmenes generados y a caracterizar biológica y fisicoquímicamente los subproductos avícolas generados como condición previa para su comercialización. Así mismo, el comprador tendría que disponer de ellos de forma correcta y tecnicada a través de medidas como el compostaje y planes de fertilización. En este orden de ideas, las partes interesadas deben definir concertadamente los parámetros exigidos de calidad del compost, así como las condiciones más adecuadas de compostaje de excretas aviares, teniendo en cuenta que la protección del medio ambiente depende tanto de la responsabilidad y solidaridad colectivas como de la responsabilidad individual.
- Las granjas avícolas deben incluir dentro de sus sistemas de gestión de la calidad y gestión ambiental, los procesos de compostaje de los subproductos generados, con el ánimo de garantizar el buen ejercicio procedimental y por lo tanto la seguridad del producto y del medio ambiente en que operen. Este ejercicio naturalmente tendrá un costo que debe ser imputable al sector avícola

y dependerá de la estrategia y el plan de manejo requeridos. En caso que las granjas no cuenten con estos sistemas de gestión implantados, deberán asegurar la calidad y seguridad del proceso de compostación y del producto obtenido a través de ejercicios de garantía de control de calidad y manejo ambiental bajo las normas ISO 9000 e ISO 14000.

- Sería muy útil contar en el área de estudio con el establecimiento de unidades (laboratorios) de control sanitario que estén administradas, sostenidas y evaluadas por el sector avícola, pero que cuenten con la participación de auditores pertenecientes al sector público y al sector académico e investigativo de instituciones de educación e investigación, que permitan la generación de nuevas alternativas de mejora.
- Como programa integral para disminuir el impacto ambiental negativo causado por la generación de residuos de excretas del sector avícola, se plantea una estrategia de capacitación orientada a los avicultores, a las autoridades e instituciones gubernamentales competentes, y a la comunidad agrícola en general, que busque:
  - Para los avicultores, mejorar la percepción sobre la problemática ambiental, elevar el grado de conciencia ecológica y estimular el sentido de autoresponsabilidad frente al tema, y no solo promover el cumplimiento de la legislación, sino también incrementar los niveles de productividad en las granjas, al tener condiciones ambientales favorables. Adicionalmente se debe verificar que cuenten con los implementos, herramientas e instrucciones técnicas necesarias para hacer seguimiento y control de los principales parámetros de calidad del compost.
  - Para las autoridades e instituciones gubernamentales competentes, ante la queja permanente de los avicultores por el desconocimiento que éstas tienen de los procesos productivos avícolas, que se traducen en unas exigencias poco pertinentes, orientar a lograr procesos de acercamiento y concertación local y regional, para acordar las metas ambientales regionales, en armonía con acciones de fomento productivo, desarrollo tecnológico, desarrollo comunitario y bienestar social. En dicha labor de acercamiento, los avicultores son los que deben tomar la iniciativa.
  - Para la comunidad agrícola en general, divulgar las ventajas de utilizar abonos orgánicos, junto con las pautas para la elaboración de un plan de fertilización.
- FENAVI, como agremiación, debería adoptar el Decreto 1299 del 22 de abril de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones, con el ánimo de apoyar y orientar al sector avícola en dicha temática.

## BIBLIOGRAFÍA

CASTELLANOS RUELAS, Arturo; Murguía Olmedo, María de la Luz y Moguer Ordoñez, Yolanda. Efecto del deshidratado sobre el valor nutritivo de la pollinaza y la presencia de microorganismos, 2000. 12 p.

CENTRO REGIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Revista Nueva Industria, Producción Más Limpia y Competitividad. Fascículo número 5, 2003. p. 38.

CONVENIO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, Subsector Avícola Eje Cafetero. Apilado Profundo de Pollinaza. Pereira, 2002. 20 p.

---

La Granja Avícola un Buen Vecino. Pereira, 2002. 24 p.

---

Manejo de la gallinaza y su utilización como abono en la agricultura. Pereira, 2002. 20 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA – CORANTIOQUIA, Cartilla Técnica, Para una Producción Más Limpia en el Subsector Avícola, 2003. 97 p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA – CORPOICA. Alternativas de utilización mecanizada de subproductos agrícolas para la nutrición animal y control fitosanitario en la Provincia de Soto, mediante participación comunitaria. Bucaramanga, Marzo de 2000. 62 p.

CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA DE CHILE. Manual de compostaje, Septiembre de 1999. 82 p.

COSTA RICA. Decreto N° 31088-S. Reglamento sobre granjas avícolas. Mayo 7 de 2003. p. 1-2.

COUCH, J. R. Feeding poultry manure to animals. Feedstuffs, 1972. p. 31-34.

FENAVI – FONAV. Revista Avicultores, Sección Economía. Número 109, 2004. 32 p.

\_\_\_\_\_. Revista Cuadernos Avícolas, Diagnóstico e impacto ambiental de la avicultura. Volumen 3, 1998. p. 103-112.

\_\_\_\_\_. Revista Cuadernos Avícolas, Número 11. Producción de compost en la industria avícola. Grupo de Estudios Interdisciplinario de Estudios

Moleculares – GIEM, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, 2000. 32 p.

HOLZER, Z, and Levy, D. Poultry litter as a protein supplement for beef cattle fed fibrous diets. *World Review of Animal Production*, Volume XII # 1, 1976. p. 91-95.

HUITRON, M. G. y Zorrilla, M. J. Uso de la pollinaza en la engorda de bovinos en corral como principal fuente de energía y proteína. *Memorias del primer día del ganadero CEP Vaquerías Inifap Sarh Ojuelos Jal*, 1980. p. 8.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, Resolución No. 2896 del 10 de Octubre de 2005. 4 p.

\_\_\_\_\_, Resolución No. 3283 del 22 de Septiembre de 2008. 6 p.

\_\_\_\_\_, Resolución No. 189 del 24 de Agosto de 2005. 15 p.

Internet: <http://biopur.homestead.com/solucion1.html>

Internet: <http://freddycastillogaray.blogspot.com>

Internet: <http://www.fenavi.org>

Internet: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/pdf/compost.pdf>

Internet: <http://www.nraes.org>

Internet: <http://www.wildcatmfg.com>

NODO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE SANTANDER, Tratamiento de Residuos Sólidos en Empresas del Sector Avícola, Bucaramanga, 1999. 47 p.

SHIMADA, S. A.; Rodríguez, G. F. y Puaron, I. J. Engorda de ganado bovino en corrales. *Consultores en Producción Animal A.C. México DF*, 1986. p. 136-153.

SMITH, L. W. The nutrition potential recycled wastes new In: *Feed resources proceedings Technical Consultation held in Roma*. In: *FAO. Animal Production and Health Paper 4*, 1976. p. 227-243.


WESTING, T. W.; Fontenot, I. P. and Webb, K. E. Characterisation of mineral element profiles in animal waste. II Steers fed cattle feedlot waste. *Journal Animal Science*. Volume 61, No. 3, 1985. p. 682-691.

## ANEXO A. RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO



### INFORME ANALÍTICO DE ABONO


Número Registro:	1	Fecha:	14 de Septiembre de 2004
Muestra	POLLINAZA	Cliente:	NODO DE PRODUCCION MAS LIMPIA

PROPIEDADES QUÍMICAS	RESULTADO	
<b>Parámetro</b>		
pH	pH	7,26
Cenizas	%	34
Humedad	%	31,87
Materia Orgánica	%	40,55
Nitrogeno	%	1,95
<b>Espectrofotometría</b>		
Fósforo (Bray II)	%P2O5	0,66
<b>Espectrometría A/E Atómica</b>		
Potasio	%K2O	0,07
Calcio	%CaO	3,84
Magnesio	%MgO	0,62
<b>Espectrometría A/E Atómica</b>		
Hierro	ppm	1055,6
Manganeso	ppm	276,8
Cobre	ppm	32,95
Zinc	ppm	180,46
<b>Espectrofotometría</b>		
Azufre	ppm	2650,2
Boro	ppm	57,0
Capacidad de intercambio cationico	meq/100gr	56,14
 <b>ADRIANA MARCELA JAIMES</b> Química UIS P.Q 1519 Directora laboratorio de suelos		



INFORME ANALÍTICO DE ABONO

Número Registro:	2	Fecha:	6 de Octubre de 2004
Muestra	POLLINAZA	Cliente:	NODO DE PRODUCCION MAS LIMPIA

PROPIEDADES QUÍMICAS		RESULTADO
Parámetro		
pH	pH	7,6
Cenizas	%	27
Humedad	%	33,5
Materia Orgánica	%	38,8
Nitrogeno	%	1,65
Espectrofotometría		
Fósforo (Bray II)	%P2O5	1,17
Espectrofotometría A/E Atómica		
Potasio	%K2O	2,30
Calcio	%CaO	3,27
Magnesio	%MgO	0,70
Espectrofotometría A/E Atómica		
Hierro	ppm	1107,62
Manganeso	ppm	342,9
Cobre	ppm	28,9
Zinc	ppm	184,2
Espectrofotometría		
Azufre	ppm	2633,4
Boro	ppm	63,18
Capacidad de intercambio cationico	meq/100gr	46,55
 <b>ADRIANA MARCELA JAIMES</b> Química UIS P.Q 1519 Directora laboratorio de suelos		



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Agosto 19 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 01 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
NODO PRODUCCION MAS LIMPIA  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 23	No. 1 Pollinaza - Del Galpón

**Análisis:** **Microorganismos Patógenos**  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M - 23	$4 \times 10^4$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^3$	Ausente

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H.



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Agosto 19 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 01 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
Dirección : NODO PRODUCCION MAS LIMPIA  
Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 23	No. 1 Pollinaza - Del Galpón

**Análisis:** Microorganismos Benéficos  
Recuento en placa de Nitrificantes  
Recuento en placa de Rhizobium  
Recuento en placa de Streptomices  
Recuento en placa de Lactobacilus  
Recuento en placa de Azotobacter

### Resultado:

No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml
M - 23	$1 \times 10^4$	$6 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^2$

### Observaciones:

- Si se disminuyen los microorganismos patógenos, permiten que los microorganismos benéficos aumenten notablemente.

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER-UIS  
CENTRO DE INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA  
INDUSTRIAL Y BIOLOGIA MOLECULAR-CINBIN

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Agosto 23 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 06 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
                  : **NODO PRODUCCION MAS LIMPIA**  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 24	No. 2 Pollinaza Proceso de Sanitización 5 días después

**Análisis:** **Microorganismos Patógenos**  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M - 24	$1 \times 10^3$	(-)	$2 \times 10^2$	Ausente

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H.

---

Km2, Vía Refugio. Sede Investigaciones UIS-Guatiguará  
Tel: 7-6550803, Fax: 7-6540557  
Piedecuesta- Santander



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Agosto 23 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 06 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
Dirección : NODO PRODUCCION MAS LIMPIA  
Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 24	No. 2 Pollinaza Proceso de Sanitización 5 días después

**Análisis:** **Microorganismos Benéficos**  
Recuento en placa de Nitrificantes  
Recuento en placa de Rhizobium  
Recuento en placa de Streptomices  
Recuento en placa de Lactobacilus  
Recuento en placa de Azotobacter

### Resultado:

No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml
M - 24	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^4$	$8 \times 10^5$	$8 \times 10^4$	$1 \times 10^2$

### Observaciones:

- Al disminuir los microorganismos patógenos, estos permitieron que los microorganismos benéficos aumentaran notablemente.

Procedimientos realizados por:

**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H.



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Septiembre 03 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 20 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
NODO PRODUCCION MAS LIMPIA  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

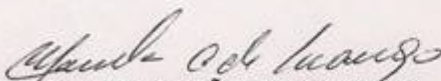
Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 26	No. 1 Pollinaza - Sin Sanetizar

**Análisis:** Microorganismos Patógenos  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M - 26	$4 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^2$	Ausente

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Septiembre 03 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 20 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 27	No. 2 Pollinaza - Ya Sonetizada

Análisis: **Microorganismos Patógenos**  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M - 27	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	<10	Ausente

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARAÑO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Septiembre 14 de 2004  
Fecha de Entrega : Septiembre 30 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
                  : **NODO PRODUCCION MAS LIMPIA**  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra
M - 28	Muestra de Pollinaza

**Análisis:** **Microorganismos Patógenos**  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M - 28	$2 \times 10^3$	50	<10	Ausente

Procedimientos realizados por:

**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Octubre 19 de 2004  
Fecha de Entrega : Noviembre 10 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
Dirección : **NODO PRODUCCION MAS LIMPIA**  
Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra	Sitio	Fecha Toma Muestra
M - 31	No. 2 Pollinaza Compostada La Trincher	Granja Tayrona	Octubre 12/04

### Análisis:

#### Microorganismos Benéficos

Recuento en placa de Nitrificantes  
Recuento en placa de Rhizobium  
Recuento en placa de Streptomices  
Recuento en placa de Lactobacilus  
Recuento en placa de Azotobacter

### Resultado:

No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml
M - 31	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$5 \times 10^4$	$2 \times 10^6$	$7 \times 10^3$

### Observaciones:

- Al disminuir los microorganismos patógenos, estos permitieron que los microorganismos benéficos aumentaran notablemente.

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Octubre 19 de 2004  
Fecha de Entrega : Noviembre 10 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
                  : NODO PRODUCCION MAS LIMPIA  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra	Sitio	Fecha Toma Muestra
M - 31	No. 2 Pollinaza Compostada La Trincher	Granja Tayrona	Octubre 12/04

**Análisis:** Microorganismos Patógenos  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M - 31	1x10 <sup>3</sup>	(-)	<10	Ausente

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN

Mónica H.



## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE SUELOS

Fecha de Recibo : Octubre 19 de 2004  
Fecha de Entrega : Noviembre 10 de 2004  
Solicitante : Sr. GUSTAVO RUIZ  
NODO PRODUCCION MAS LIMPIA  
Dirección : Sede UIS Bucarica

### Muestras:

Número de Muestra	Descripción de la Muestra	Sitio	Fecha Toma Muestra
M-32	No. 1 Pollinaza Compostada El Profundio	Granja Tayrona	Octubre 12/04

**Análisis:** Microorganismos Patógenos  
Recuento en placa de Coliformes Totales (RCT)  
Recuento en Placa de Coliformes Fecales (RCF)  
Esporas Clostridium Sulfito Reductor (E.C.S.R.)  
Presencia ó Ausencia de Salmonella

### Resultado:

No. Muestra	CT UFC/g o ml	CF UFC/g o ml	E.C.S.R UFC/g o ml	Salmonella UFC/25g
M-32	$4 \times 10^2$	(-)	$1 \times 10^2$	Ausente


### Observaciones:

- Se observa que las etapas llevadas a cabo en el proceso de compostaje han cumplido con el tiempo y temperatura ideal, ya que los microorganismos patógenos casi en su totalidad se han destruido.

Procedimientos realizados por:

  
**MARIELA CARREÑO DE ARANGO**  
Coordinadora Laboratorio de Microbiología - CINBIN


Mónica H.

	<b>LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS</b> Finca La Esperanza <b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Fecha de emisión: Octubre 10/04 No. 0114
	Emitido a: Nodo de Producción mas limpia		Rev. 1
Muestreo realizado por: Propietario: Jorge Eliecer Vasquez CDMB			
Nombre de la Finca: Ganja Avicola Vereda: El Madroño Municipio: Mesa de Los Santos Fecha de muestreo: Agosto 19/04	Sitio de muestreo: Cultivo: 114 Cod. Lab. 114 Fecha de recepción: Agosto 19/04		

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODOS DE ANALISIS
Textura: Franco Arcillo Arenoso	61	%Arenia	
	17	%Limo	Bouyucos
	22	%Arcilla	
PH	7.31	Un. de PH	Potenciométrico Relación 1:1 agua : suelo seco al aire
Materia Orgánica	53.0	%	Walkley Black con dicromato de Potasio
Fósforo	331	ppm	Bray II como P
Calcio	45	meq/100gr	Extracción en Acetato de amonio 1N. y E.A.A
Magnesio	18.0	meq/100gr	Extracción en Acetato de amonio 1N. y E.A.A
Potasio	47.5	meq/100gr	Extracción en Acetato de amonio 1N. y E.A.A
Aluminio	0.0	meq/100gr	Yuan- E.A.A

Observaciones:


Responsable:   
 ROSA MARIA HIGUERA  
 Profesional Especializado

	<b>LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS</b> Finca La Esperanza <b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Fecha de emisión: Octubre 10/04 No. 0114
	Emitido a: Nudo de Producción mas limpia		Rev. 1
Muestreo realizado por: Jorge Eliecer Vasquez Propietario: CDMB			
Nombre de la Finca: Ganja Avicola Vereda: El Madroño Municipio: Mesa de Los Santos	Sitio de muestreo : Cultivo: Cod. Lab. 114		
Fecha de muestreo: Agosto 19/04	Fecha de recepción: Agosto 19/04		

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODOS DE ANALISIS
Materia Orgánica	53,0	%M.O	Walkley Black con dicromato de Potasio
Fósforo	2,0	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Calcinación - Colorimetría
Potasio	1,8	% K <sub>2</sub> O	Calcinación - Absorción atómica
Nitrógeno	2,1	%N	Semimicro Kjeldahl

Observaciones: \_\_\_\_\_


Responsable:   
**ROSA MARÍA HIGUERA**  
 Profesional Especializado

 <b>CDMB</b> corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga	<b>LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS</b> Finca La Esperanza <b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Fecha de emisión: Octubre 10/04 No. 0115
	Emitido a: Nodo de Producción mas limpia		Rev. 1
Muestreo realizado por: Propietario: Jorge Eliécer Vasquez CDMB			
Nombre de la Finca: Granja Avícola Vereda: El Madroño Municipio: Mesa de Los Santos Fecha de muestreo:	Sitio de muestreo: Cultivo: Cod. Lab. 115 Fecha de recepción: Septiembre 15/04		

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODOS DE ANALISIS
Textura: Franco Arcillo Arenoso		%Arena	
		%Limo	Boujuocos
		%Arcilla	
PH	7,38	Un. de PH	Potenciométrico Relación 1:1 agua : suelo seco al aire
Materia Orgánica	58,6	%	Walkley Black con dicromato de Potasio
Fósforo	401	ppm	Bray II como P
Calcio	28,9	meq/100gr	Extracción en Acetato de amonio 1N. y E.A.A
Magnesio	16,4	meq/100gr	Extracción en Acetato de amonio 1N. y E.A.A
Potasio	66,0	meq/100gr	Extracción en Acetato de amonio 1N. y E.A.A
Aluminio	0,0	meq/100gr	Yuan- E.A.A

Observaciones:

Responsable:   
**ROSA MARIA HIGUERA**  
 Profesional Especializado

 <p>CDMB corporación autónoma regional para la defensa de la masa de bucarananga</p>	<b>LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS</b> Finca La Esperanza <b>INFORME DE RESULTADOS</b>		Fecha de emisión: Octubre 10/04 No. 0115
	Emitido a: Nodo de Producción mas limpia		Rev. 1
Muestreo realizado por: Propietario: Jorge Eliccer Vasquez CDMB			
Nombre de la Finca: Granja Avicola Vereda: El Madroño Municipio: Mesa de Los Santos	Sitio de muestreo: Cultivo: Cod. Lab. 115		
Fecha de muestreo:	Fecha de recepción: Septiembre 15/04		

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODOS DE ANALISIS
Materia Orgánica	58,6	%	Walkley Black con dicromato de Potasio
Fósforo	2,0	%	Calcinación - Colorimetría
Potasio	1,5	%	Calcinación - Absorción atómica
Nitrógeno	1,7	%	Semimicro Kjeldahl

Observaciones:

Responsable:   
 ROSA MARÍA HIGUERA  
 Profesional Especializado

## ANEXO B. ANÁLISIS DE COSTOS DE OBRA CIVIL

<b>ACTIVIDADES DE OBRA</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Definición</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	<b>Actividades preliminares</b>	
1,1	Descapote a máquina	Incluye descapote y limpieza del terreno, retiro de árboles y arbustos de cualquier clase, variedad, diámetro, altura y en general toda clase de materiales extraños. $h \leq 0,30$ metros incluye cargue y botada de material sobrante en donde indique la interventoría dentro o fuera del sitio de trabajo.
1,2	Explanación y extendida	Incluye nivelación del terreno por medio de corte y rellenos, compactando éstos a las densidades especificadas.
1,3	Localización y replanteo	Localización horizontal y vertical del proyecto, incluye: el replanteo de ejes y niveles durante la ejecución de la obra realizado por personal experto, utilizando equipo adecuado y de precisión con la frecuencia que lo exija la interventoría.
<b>2</b>	<b>Cimientos</b>	
2,1	Excavación manual	Comprende la excavación manual para zapatas, vigas de amarre, viguetas de amarre de muros pits y muros pits, y disposición según indique la interventoría del material sobrante dentro o fuera del sitio de la obra.
2,2	Zapatas fundidas en concreto	Consiste en la adecuación del terreno con un mortero de $h = 0,02$ m, armado del acero de refuerzo de la zapata, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
2,3	Vigas de amarre en concreto	Consiste en el armado del acero de refuerzo de la viga, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
<b>3</b>	<b>Pisos</b>	
3,1	Piso de concreto de 17 cm de espesor para las áreas de bodega de material crudo	Consiste en el armado del acero, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3000 psi, con $h = 0,17$ m. Incluye también una capa de 5 cm de altura de subbase granular.
3,2	Piso de concreto de 6 cm de espesor para las áreas de bodega de material procesado	Consiste en el armado del acero, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi, con $h = 0,06$ m. Incluye también una capa de 5 cm de altura de subbase granular.
3,3	Piso en concreto de 9 cm de espesor, para el área de pits	Consiste en el armado del acero, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi, con $h = 0,09$ m. Incluye también una capa de 5 cm de altura de subbase granular.
3,4	Andenes y piso oficina en concreto sin refuerzo, espesor 5 cm	Consiste en la colocación de acero por temperatura, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi, con $h = 0,05$ m.
3,5	Toda clase de piso en mezcla asfáltica de 5 cm de espesor	Consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de una capa de 20 cm de base granular y otra capa sobre esta de mezcla asfáltica de 5 cm de espesor.

Ítem	Definición	Descripción
<b>4</b>	<b>Estructuras en concreto</b>	
4,1	Columnas en concreto con ménsula	Consiste en el armado del acero de refuerzo de la columna, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi. La altura comprende desde 4 m sobre el nivel del terreno hasta la respectiva zapata.
4,2	Viguetas en concreto (muro fachada)	Consiste en el armado del acero de refuerzo de las vigas, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
4,3	Columnetas en concreto (muro y fachada)	Consiste en el armado del acero de refuerzo de las columnetas, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
4,4	Muros pits en concreto reforzado	Consiste en el armado del acero de refuerzo para los muros, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
4,5	Vigueta muro pit en concreto reforzado	Consiste en el armado del acero de refuerzo de las vigas, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
4,6	Columneta muro pit en concreto reforzado	Consiste en el armado del acero de refuerzo de las columnetas, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
4,7	Vigueta de amarre en concreto muros pits	Consiste en el armado del acero de refuerzo de las viguetas de amarre entre los muros de pits, suministro, preparación, transporte, colocación, vibrado y curado de concreto de 3.000 psi.
<b>5</b>	<b>Cubierta</b>	
5,1	Cubierta	Comprende la construcción, transporte y colocación de la estructura metálica de cubierta, tanto cerchas como correas y demás elementos que la constituyen. Suministro, transporte y colocación de teja ondulada de asbesto-cemento N° 8 sobre la estructura metálica.
<b>6</b>	<b>Mampostería</b>	
6,1	Mampostería muro fachada	Suministro, transporte y construcción de mampostería en tolete temosa parejo en forma y dimensiones, incluye mortero de pega 1:4.
6,2	Mampostería muros pits	Suministro, transporte y construcción de mampostería en tolete temosa parejo en forma y dimensiones, incluye mortero de pega 1:4.
6,3	Mampostería muros oficina	Suministro, transporte y construcción de mampostería en tolete temosa parejo en forma y dimensiones, incluye mortero de pega 1:4.
<b>7</b>	<b>Otros</b>	
7,1	Perfil en ángulo de 3" * ¼"	Suministro, transporte y colocación de ángulo de 3" * ¼" sobre muros de pits.
7,2	Riel armado	Suministro, transporte y colocación según planos.
7,3	Canal latón	Elaboración, transporte y colocación de canal en latón según planos de la cubierta.
7,4	Bajante PVC 3"	Suministro, transporte y colocación de los bajantes de la canal.
7,5	Tubería aguas lluvias PVC 6"	Suministro, transporte y colocación de la tubería de transporte de aguas lluvias. Incluye excavaciones, rellenos y cajas según lo indique la interventoría.
7,6	Instalación eléctrica general	Suministro, transporte y construcción de la red eléctrica para toda la obra.
7,7	Pañete muros pits	Elaboración de mortero 1:4 y terminado en los muros de pits con espesor de 1,5 cm, en las caras internas de los muros.

<b>PROGRAMACIÓN OBRA CIVIL</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Duración (días de 8 horas)</b>	<b>Observaciones</b>
1,1	Descapote a máquina	24,2	
1,2	Explanación y extendida	71,8	
1,3	Localización y replanteo	1,0	
2,1	Excavación manual	6,6	Se necesitan 10 obreros
2,2	Zapatas fundidas en concreto	9,7	Se necesitan 10 obreros
2,3	Vigas de amarre en concreto	39,3	Se necesitan 10 obreros
3,1	Piso de concreto de 17 cm de espesor para las áreas de bodega de material crudo	1,4	Se necesitan 10 obreros
3,2	Piso de concreto de 6 cm de espesor para las áreas de bodega de material procesado	2,6	Se necesitan 10 obreros
3,3	Piso en concreto de 9 cm de espesor, para el área de pits	15,3	Se necesitan 10 obreros
3,4	Andenes y piso oficina en concreto sin refuerzo, espesor 5 cm	1,1	Se necesitan 10 obreros
3,5	Toda clase de piso en mezcla asfáltica de 5 cm de espesor	51,1	Se necesitan 10 obreros
4,1	Columnas en concreto con ménsula	35,8	Se necesitan 10 obreros
4,2	Viguetas en concreto (muro fachada)	2,0	Se necesitan 4 obreros
4,3	Columnetas en concreto (muro fachada)	0,6	Se necesitan 2 obreros
4,4	Muros pits en concreto reforzado	50,9	Se necesitan 10 obreros
4,5	Vigueta muro pit en concreto reforzado	9,9	Se necesitan 10 obreros
4,6	Columneta muro pit en concreto reforzado	3,9	Se necesitan 10 obreros
4,7	Vigueta de amarre en concreto muros pits	4,2	Se necesitan 10 obreros
5,1	Cubierta	6,3	Se necesitan 10 obreros
6,1	Mampostería muro fachada	3,2	Se necesitan 5 obreros
6,2	Mampostería muros pits	9,8	Se necesitan 10 obreros
6,3	Mampostería muros oficina	1,3	Se necesitan 5 obreros
7,1	Perfil en ángulo de 3" * 1/4"	4,0	
7,2	Riel armado	2,0	
7,3	Canal latón	4,0	
7,4	Bajante PVC 3"	1,0	
7,5	Tubería aguas lluvias PVC 6"	2,0	
7,6	Instalación eléctrica general	5,0	
7,7	Pañete muros pits	7,6	Se necesitan 5 obreros

A continuación se resume el análisis de los costos unitarios de obra civil. En ellos:

T.C.D. = Total Costo Directo

<b>ÍTEM : 1.1 Descapote a máquina</b>					
Unidad de medida: Metro cúbico (m3)					
<b>EQUIPO</b>					
Descripción	Tipo	Tarifa \$ / hora	Rendimiento m <sup>3</sup> /hr	Vr Unitario	
Herramientas menores	GL			\$ 257,73	
Bulldozer		\$ 60.716,04	30	\$ 2.023,87	
			Sub total =	\$ 2.281,60	
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>3</sup> /día	Vr unitario
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	15	\$ 2.215,20
				Sub total =	\$ 2.215,20
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 4.496,80</b>

<b>ÍTEM : 1.2 Explanación y extendida</b>					
Unidad de medida: Metro cúbico (m3)					
<b>EQUIPO</b>					
Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m <sup>3</sup> /hr	Vr Unitario	
Herramientas menores	GL			\$ 257,73	
Bulldozer		\$ 60.716,04	30	\$ 2.023,87	
Vibrocompactador		\$ 58.116,04	450	\$ 129,15	
			Sub total =	\$ 2.410,74	
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>3</sup> /día	Vr unitario
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	15	\$ 2.215,20
				Sub total =	\$ 2.215,20
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 4.625,94</b>

<b>ÍTEM : 1.3 Localización y replanteo</b>		
Unidad de medida: Global		
<b>EJECUCIÓN</b>		
Descripción	Unidad	Vr unitario
Comisión encargada	GL	\$ 300.000,00
	Sub total =	\$ 300.000,00
	<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 300.000,00</b>

**ÍTEM : 2,1 Excavación manual**

Unidad de medida: Metro cúbico (m3)

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 189,60
Sub total =				\$ 189,60

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>3</sup> /día	Vr unitario
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	2,50	\$ 13.291,20
Sub total =					\$ 13.291,20
<b>T. C. D. =</b>					<b>\$ 13.480,80</b>

**ÍTEM : 2,2 Zapatas en concreto**

Unidad de medida: Metro cúbico (m3)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	1,00	0,10	\$ 240.000,00	\$ 240.240,00
Acero 60000 psi	Kg	16,07	0,10	\$ 2.320,00	\$ 37.319,68
Alambre de amarre	Kg	0,80	0,10	\$ 2.720,00	\$ 2.178,18
Sub total =					\$ 279.737,86

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m <sup>3</sup> /hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 562,14
Vibrador		\$ 9.000,00	1,00	\$ 9.000,00
Sub total =				\$ 9.562,14

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>3</sup> /día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	1,44	\$ 22.500,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	0,18	\$ 184.600,00
Sub total =					\$ 207.100,00
<b>T. C. D. =</b>					<b>\$ 496.400,00</b>

**ÍTEM : 2,3 Vigas de amarre en concreto**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,04	0,10	\$ 240.000,00	\$ 9.609,60
Acero 60000 psi	Kg	2,80	0,10	\$ 2.320,00	\$ 6.502,50
Alambre de amarre	Kg	0,12	0,10	\$ 2.720,00	\$ 315,84
				Sub total =	\$ 16.427,93

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 258,47
Vibrador		\$ 9.000,00	25,00	\$ 360,00
			Sub total =	\$ 618,47

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	30,00	\$ 1.080,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	3,75	\$ 8.860,80
				Sub total =	\$ 9.940,80
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 26.987,20</b>

**ÍTEM : 3,1 Pisos h = 17 cm**

Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,17	0,10	\$ 240.000,00	\$ 40.840,80
Subbase Granular	m <sup>3</sup>	0,05	0,10	\$ 47.333,33	\$ 2.369,03
Alambre de amarre	Kg	0,02	0,10	\$ 2.720,00	\$ 54,45
Acero de Juntas	Kg	1,44	0,10	\$ 2.320,00	\$ 3.344,14
				Sub total =	\$ 46.608,43

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m <sup>2</sup> /hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 100,42
Formaleta	Madera GI			\$ 880,00
Rana		\$ 5.625,00	30,00	\$ 187,50
Vibrador		\$ 9.000,00	5,88	\$ 1.530,61
			Sub total =	\$ 2.698,53

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	200,00	\$ 162,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	25,00	\$ 1.329,12
				Sub total =	\$ 1.491,12
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 50.798,08</b>

**ÍTEM : 3,2 Pisos h = 6 cm**

Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,06	0,10	\$ 240.000,00	\$ 14.414,40
Subbase Granular	m <sup>3</sup>	0,05	0,10	\$ 47.333,33	\$ 2.369,03
				Sub total =	\$ 16.783,43

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m <sup>2</sup> /hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 415,81
Formaleta	Madera GI			\$ 880,00
Rana		\$ 5.625,00	30,00	\$ 187,50
Vibrador		\$ 9.000,00	16,66	\$ 540,22
			Sub total =	\$ 2.023,53

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	200,00	\$ 162,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	25,00	\$ 1.329,12
				Sub total =	\$ 1.491,12
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 20.298,08</b>

**ÍTEM : 3,3 Pisos h = 9 cm**

Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,09	0,10	\$ 240.000,00	\$ 21.621,60
Subbase Granular	m <sup>3</sup>	0,05	0,10	\$ 47.333,33	\$ 2.369,03
				Sub total =	\$ 23.990,63

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m <sup>2</sup> /hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 438,75
Formaleta	Madera GI			\$ 880,00
Rana		\$ 5.625,00	30,00	\$ 187,50
Vibrador		\$ 9.000,00	11,11	\$ 810,08
			Sub total =	\$ 2.316,33

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	200,00	\$ 162,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	25,00	\$ 1.329,12
				Sub total =	\$ 1.491,12
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 27.798,08</b>

<b>ÍTEM : 3,4 Pisos h = 5 cm</b>					
Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)					
<b>MATERIALES.</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m^3	0,05	0,10	\$ 240.000,00	\$ 12.012,00
				Sub total =	\$ 12.012,00
<b>EQUIPO</b>					
Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m^2/hr	Vr Unitario	
Herramientas Menores	GL			\$ 464,96	
Formaleta	Madera GI			\$ 880,00	
Vibrador		\$ 9.000,00	20,00	\$ 450,00	
			Sub total =	\$ 1.794,96	
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m^2/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	200,00	\$ 162,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	25,00	\$ 1.329,12
				Sub total =	\$ 1.491,12
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 15.298,08</b>

<b>ÍTEM : 3,5 Pisos en mezcla asfáltica</b>					
Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)					
<b>MATERIALES.</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Base Granular	m^3	0,20	0,10	\$ 47.333,33	\$ 9.476,13
Mezcla Asfáltica	m^3	0,05	0,10	\$ 209.800,00	\$ 10.500,49
				Sub total =	\$ 19.976,62
<b>EQUIPO</b>					
Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento m^2/hr	Vr Unitario	
Herramientas Menores	GL			\$ 478,28	
Rana		\$ 5.625,00	10,00	\$ 562,50	
			Sub total =	\$ 1.040,78	
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m^2/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	80,00	\$ 405,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	10,00	\$ 3.322,80
				Sub total =	\$ 3.727,80
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 24.745,20</b>

**ÍTEM : 4,1 Columnas en concreto**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,09	0,10	\$ 240.000,00	\$ 21.621,60
Acero 60000 psi	Kg	12,60	0,10	\$ 2.320,00	\$ 29.261,23
Alambre de amarre	Kg	0,23	0,10	\$ 2.720,00	\$ 612,61
				Sub total =	\$ 51.495,44

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 515,96
Formaleta	Metálica	\$ 636,79	0,04	\$ 15.283,00
Vibrador		\$ 9.000,00	11,11	\$ 810,00
			Sub total =	\$ 16.608,96

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	13,33	\$ 2.430,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	1,67	\$ 19.936,80
				Sub total =	\$ 22.366,80
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 90.471,20</b>

**ÍTEM : 4,2 Vigüeta en concreto para muro fachada**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,02	0,10	\$ 240.000,00	\$ 5.405,40
Acero 60000 psi	Kg	1,24	0,10	\$ 2.320,00	\$ 2.873,87
Alambre de amarre	Kg	0,06	0,10	\$ 2.720,00	\$ 159,28
				Sub total =	\$ 8.438,55

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 243,55
Formaleta	Metálica	\$ 318,40	0,04	\$ 7.641,50
Vibrador		\$ 9.000,00	44,44	\$ 202,50
			Sub total =	\$ 8.087,55

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	53,33	\$ 607,50
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	6,67	\$ 4.984,20
				Sub total =	\$ 5.591,70
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 22.117,80</b>

**ÍTEM : 4,3 Columneta en concreto para muro fachada**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,02	0,10	\$ 240.000,00	\$ 5.405,40
Acero 60000 psi	Kg	2,50	0,10	\$ 2.320,00	\$ 5.799,99
Alambre de amarre	Kg	0,08	0,10	\$ 2.720,00	\$ 220,54
				Sub total =	\$ 11.425,93

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 256,17
Formaleta	Metálica	\$ 318,40	0,04	\$ 7.641,50
Vibrador		\$ 9.000,00	44,44	\$ 202,50
			Sub total =	\$ 8.100,17

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	53,33	\$ 607,50
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	6,67	\$ 4.984,20
				Sub total =	\$ 5.591,70
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 25.117,80</b>

**ÍTEM : 4,3 Columneta en concreto para muro pit**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,01	0,10	\$ 240.000,00	\$ 3.459,46
Acero 60000 psi	Kg	2,92	0,10	\$ 2.320,00	\$ 6.788,61
Alambre de amarre	Kg	0,29	0,10	\$ 2.720,00	\$ 799,83
				Sub total =	\$ 11.047,89

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 481,10
Formaleta	Metálica	\$ 63,68	0,07	\$ 978,11
Vibrador		\$ 9.000,00	69,44	\$ 129,60
			Sub total =	\$ 1.588,81

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	83,33	\$ 388,80
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	10,42	\$ 3.189,89
				Sub total =	\$ 3.578,69
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 16.215,39</b>

**ÍTEM : 4,4 Muros pits en concreto**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m^3	0,11	0,10	\$ 240.000,00	\$ 26.666,64
Acero 60000 psi	Kg	2,78	0,10	\$ 2.320,00	\$ 6.444,44
Alambre de amarre	Kg	0,21	0,10	\$ 2.720,00	\$ 574,22
				Sub total =	\$ 33.685,30

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 403,06
Formaleta	Metálica	\$ 636,79	0,05	\$ 14.019,94
Vibrador		\$ 9.000,00	9,01	\$ 999,00
			Sub total =	\$ 15.422,00

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	12,97	\$ 2.497,50
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	1,62	\$ 20.490,60
				Sub total =	\$ 22.988,10
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 72.095,40</b>

**ÍTEM : 4,5 Vigüeta en concreto para muro pit**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m^3	0,02	0,10	\$ 240.000,00	\$ 4.324,32
Acero 60000 psi	Kg	2,93	0,10	\$ 2.320,00	\$ 6.813,69
Alambre de amarre	Kg	0,14	0,10	\$ 2.720,00	\$ 382,27
				Sub total =	\$ 11.520,28

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 239,32
Formaleta	Metálica	\$ 127,36	0,05	\$ 2.445,28
Vibrador		\$ 12.000,00	55,56	\$ 216,00
			Sub total =	\$ 2.900,60

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	66,67	\$ 486,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	8,33	\$ 3.987,36
				Sub total =	\$ 4.473,36
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 18.894,24</b>

**ÍTEM : 4,7 Viguetas de amarre de muros pits**

Unidad de medida: Metro lineal (ml)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Concreto	m <sup>3</sup>	0,01	0,10	\$ 240.000,00	\$ 2.402,40
Acero 60000 psi	Kg	1,29	0,10	\$ 2.320,00	\$ 2.995,79
Alambre de amarre	Kg	0,11	0,10	\$ 2.720,00	\$ 294,05
				Sub total =	\$ 5.692,25

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento ml/hr	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 229,35
Vibrador		\$ 9.000,00	100,00	\$ 90,00
			Sub total =	\$ 319,35

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento ml/día	Vr unitario
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	120,00	\$ 270,00
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	15,00	\$ 2.215,20
				Sub total =	\$ 2.485,20
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 8.496,80</b>

**ÍTEM : 5,1 Cubierta**

Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Estructura Metálica	m <sup>2</sup>	1,00	0,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
Teja A-C N° 8	Unidad	0,45	0,01	\$ 20.132,91	\$ 9.150,41
				Sub total =	\$ 44.150,41

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 476,77
			Sub total =	\$ 476,77

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Vr unitario
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	80,00	\$ 415,35
Oficial	\$ 15.000,00	\$ 17.400,00	\$ 32.400,00	640,00	\$ 50,63
				Sub total =	\$ 465,98
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 45.093,15</b>

**ÍTEM : 6,1 Mampostería de muro**

Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Arena	m <sup>3</sup>	0,03	0,10	\$ 60.333,33	\$ 1.600,43
Cemento	Kg	7,92	0,10	\$ 330,00	\$ 2.616,21
Tolete Temosa	Unidad	40,00	0,10	\$ 400,00	\$ 16.016,00
				Sub total =	\$ 20.232,65

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 471,35
				Sub total =
				\$ 471,35

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Vr unitario
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	6,00	\$ 5.538,00
				Sub total =	\$ 5.538,00
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 26.242,00</b>

**ÍTEM : 7,7 Pañete**

Unidad de medida: Metro cuadrado (m2)

**MATERIALES.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Desperdicios (%)	Costo Unitario	Valor Unitario
Arena	m <sup>3</sup>	0,02	0,10	\$ 60.333,33	\$ 1.159,56
Cemento	Kg	5,73	0,10	\$ 330,00	\$ 1.892,79
				Sub total =	\$ 3.052,35

**EQUIPO**

Descripción	Tipo	Tarifa / hora	Rendimiento	Vr Unitario
Herramientas Menores	GL			\$ 416,61
				Sub total =
				\$ 416,61

**MANO DE OBRA**

Descripción	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento m <sup>2</sup> /día	Vr unitario
Ayudante	\$ 15.383,33	\$ 17.844,67	\$ 33.228,00	25,00	\$ 1.329,12
				Sub total =	\$ 1.329,12
				<b>T. C. D. =</b>	<b>\$ 4.798,08</b>

<b>PRESUPUESTO INVERNADERO PISO EN TIERRA*</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Área	m <sup>2</sup>	21		
Varas 5 m de 8,5 * 11 cm	unidad	3	\$60.000	\$180.000
Varas de 4 m de 4*6 cm	unidad	3	\$12.500	\$37.500
Varas de 3 m de 4*6 cm	unidad	2	\$5.000	\$10.000
Plástico calibre 6	m <sup>2</sup>	21	\$1.200	\$25.200
Puntillas cabeza 3"	lb	0,2	\$2.000	\$400
Mano de obra entramado	hc	4	\$3.000	\$12.000
Mampostería bloque en concreto 0,1	m <sup>2</sup>	2,4	\$11.800	\$28.320
Replanteo	m <sup>2</sup>	21	\$1.000	\$21.000
<b>Total</b>				<b>\$314.420</b>
<b>Costo por metro cuadrado</b>				<b>\$14.972</b> <b>(\$15.000)</b>

\* Base de cálculo: área de invernadero = 21 m<sup>2</sup>.

<b>PRESUPUESTO INVERNADERO PISO EN CONCRETO*</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Área	m <sup>2</sup>	21		
Varas 5 m de 8,5 * 11 cm	unidad	3	\$60.000	\$180.000
Varas de 4 m de 4*6 cm	unidad	3	\$12.500	\$37.500
Varas de 3 m de 4*6 cm	unidad	2	\$5.000	\$10.000
Plástico calibre 6	m <sup>2</sup>	21	\$1.200	\$25.200
Puntillas cabeza 3"	lb	0,2	\$2.000	\$400
Mano de obra entramado	hc	4	\$3.000	\$12.000
Mampostería bloque en concreto 0,1	m <sup>2</sup>	2,4	\$11.800	\$28.320
Replanteo	m <sup>2</sup>	21	\$1.000	\$21.000
Alistado para pisos e = 0,04 m	m <sup>2</sup>	21	\$13.000	\$273.000
<b>Total</b>				<b>\$587.420</b>
<b>Costo por metro cuadrado</b>				<b>\$27.972</b> <b>(\$28.000)</b>

\* Base de cálculo: área de invernadero = 21 m<sup>2</sup>.