

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**MANUAL DEL MANEJO, PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN  
DE LA GALLINAZA PARA USO AGRÍCOLA.**



**BYRON AROLDO ESTRADA RODRIGUEZ**

Guatemala, septiembre del 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR  
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL II	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL III	MSc. Danilo Ernesto Dardon Ávila
VOCAL IV	P.For. Axel Esaú Cuma
VOCAL V	Br. Carlos Alberto Monterroso Gonzáles
SECRETARIO	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, octubre del 2009.

**Honorable Junta Directiva**

**Facultad de Agronomía**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Señores representantes**

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el documento de graduación titulado:

**MANUAL DEL MANEJO, PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE LA GALLINAZA PARA USO AGRICOLA.**

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado.

De ustedes atentamente:

**BYRON AROLDO ESTRADA RODRIGUEZ**  
**Carne 8813100**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

Dios por ser el ser supremo en mi vida, por todas las bendiciones recibidas día a día y por ser la luz que me guía.

María por ser nuestra madre y nuestro consuelo.

Mis padres Virgilio Estrada y María Rita Rodríguez de Estrada.

Gracias por darme la vida, por guiarme por el camino correcto por todo su apoyo y todo su amor.

Mi esposa Claudia Maribel Solórzano de Estrada.

Gracias por todo el amor, por luchar a mi lado en los momentos difíciles y por mis tres hermosos hijos.

Mis hijos Byron Manuel, Josselyn Alejandra y Manuel Alejandro.

Se los dedico con mucho amor, para que sea un ejemplo a seguir y a superar.

Mis hermanos Ing. Agr. José Rodolfo Estrada e Inga. Lilian del Carmen Estrada

Por todo el apoyo recibido en toda mi vida, por ser un ejemplo en lo profesional, así como en lo personal.

Mis sobrinos Rodolfo José, Emilio José, María José, Katherine Paola, Yeilin

Griselda, Antonio José, Gabriel Omar, Dulce Sofía, María René, Frida Jimena y Luis Juan Sebastián.

Por todos los buenos momentos compartidos.

Mi suegra Aida Consuelo Hernández Vda. de Solórzano.

Por todo el apoyo recibido constantemente.

Mi suegro Víctor Manuel Solórzano Donis (Q.E.P.D).

Mis cuñadas Lic. Sandra Verónica González de Estrada y Karen Fabiola Siliezar

de Carrillo. Por sus consejos, apoyo y cariño.

Mis cuñados Víctor Manuel Solórzano y Romeo Antonio Siliezar.

Por recibirme como miembro de su familia, por el constante apoyo recibido.

Mis amigos Ing. Agr. Héctor Solórzano, Licenciado. Víctor Colindres, Dr. Juan

Luis González, P.C. Juan Carlos Santos, MVZ. Ludwin Figueroa, Mariano Rosales, Osmundo González, P.A. Carlos Aquino y Amílcar Hernández. Gracias por todo.

Mis padrinos Roberto Yaquian, Dr. Juan Romualdo Molina Dora Hernández.

Gracias infinitas.

## TESIS QUE DEDICO

**A:**

La Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Agronomía

La subarea de Matemática y Física de la FAUSAC.

La Facultad de C.C.Q.Q y Farmacia.

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)

La promoción 84-86 de la ENCA.

El Departamento de Becas del Ministerio de Agricultura.

La Escuela Normal Central Para Varones

La Escuela Nacional Urbana Mixta Pedro José de Bethancourt

Mis catedráticos en especial a Marta Benítez, Msc. Waldemar Nufio,  
Msc. Marco Tulio Aceituno e Ing. Eric Jacobs.

San Miguel Petapa

La Municipalidad de San Miguel Petapa

El señor alcalde Dr. Rafael Eduardo González Rosales

La Concejala Primera Lic. Leticia Pereira de González

El Instituto Municipal Miguel Soto Barillas (IMMSB)

Los catedráticos del IMMSB. Especialmente a: Marco Mijangos, Byron Choche, Luis Bolaños, Raúl Rosales, Dogny Orozco, Erick Lima, Lesbia Ávila, Andina Pirir, Otmaro López, Adolfo Melgar, Crithian Muller.

Los alumnos y ex alumnos del IMMSB.

El Ing. Agr. Víctor Hugo González Bautista.

Los Ingenieros Agrónomos: Josué Orantes, Ricardo Galdámez, Miguel Colindres, Eduardo Paz, Hugo Solórzano, Manolo Gaitán, Braulio Figueroa, Arturo Estrada, José Batres, Vicente Esquit, Erick España, Milton Peralta, Mario Alemán, Mario Corado, Msc. Eugenio Orozco, Moisés Miza, Oscar Rodas, Gustavo Baeza, Guillermo Rosales, Eduardo Flores.

Las familias: Estrada González, Siliezar Maquiz, Solórzano Roldan, Siliezar Carrillo, González Lanuza, Solórzano Istupe, Santos Franco, González Rosales, Girón Toledo, Hernández Solórzano, López Ávila, González Pereira, Molina Santos y Molina Hernández.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar plasmado mi agradecimiento a las siguientes personas por la colaboración prestada al presente trabajo.

**A:**

El Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello.  
Por su correcta asesoría, tiempo y dedicación para la realización del presente trabajo.

El Ing. Agr. José Rodolfo Estrada Rodríguez  
Primero por ser mi hermano y segundo por su acertada asesoría, tiempo y dedicación para la realización del presente trabajo.

El Ing. Agr. Héctor Solórzano González.  
Por todo su apoyo incondicional y sugerencias planteadas para el mejoramiento del presente trabajo.

La planta de producción de gallinaza de Ferticonsa y Biocofia.

El Programa Extraordinario por elaborar el trabajo de graduación de la carrera de Ingeniero Agrónomo, del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales. Por ser el camino para la realización del presente trabajo.

El Msc. Amílcar Sánchez Pérez.  
Por todo el apoyo para la realización de la presente tesis.

Otmaro López. Por todo su apoyo y asesoría en informática.

Rolando Barrios, por el apoyo incondicional y todos los consejos para la correcta elaboración de la presente tesis.

La PEM. María Adriana de Pereira, por la motivación para la elaboración de la presente tesis.

La PEM. Geraldina Ávila de López, gracias por el apoyo y colaboración para la realización de la presente tesis.

## ÌNDICE

ÌNDICE GENERAL.....	i
ÌNDICE DE CUADROS.....	vi
ÌNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>3 MARCO TEORICO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.1. ABONO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.2. ABONOS ORGÁNICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.2.1. Propiedades de los abonos orgánicos.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1.2.1.1. Propiedades físicas.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1.2.1.2. Propiedades químicas.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2.1.3. Propiedades biológicas.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2.2. Abonos orgánicos en la eliminación de los patógenos.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2.3. Fuentes de abonos orgánicos.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.2.4. Respuestas de los cultivos al uso de abonos orgánicos.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.3. RESIDUOS.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.4. ESTIÉRCOL.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.4.1. Disponibilidad de los elementos primarios en el estiércol.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.4.2. Riesgos de la aplicación del estiércol al suelo.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.5. RESIDUOS GANADEROS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.6. MATERIA ORGÁNICA.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.6.1. Función de la materia orgánica.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.6.2. Organismos productores de materia orgánica.....</b>	<b>19</b>

3.1.6.3.	Organismos descomponedores de materia orgánica.....	19
3.1.6.4.	Fuentes de materia orgánica.....	20
3.1.6.5.	Composición de la población biológica del suelo.....	20
3.1.6.6.	Proporción de la población biológica del suelo.....	20
3.1.7.	PRODUCCIÓN AVÌCOLA.....	21
3.1.8.	COMPOSTAJE.....	22
3.1.8.1.	Ventajas y desventajas del compostaje.....	23
3.1.8.1.1.	Ventajas.....	23
3.1.8.1.2.	Desventajas.....	24
3.1.8.2.	Propiedades del compost.....	24
3.1.8.3.	Materias primas para elaborar el compost.....	24
3.1.8.4.	Fases del proceso de compostaje.....	24
3.1.8.4.1.	Fase mesofila.....	24
3.1.8.4.2.	Fase termófila.....	25
3.1.8.4.3.	Fase de enfriamiento.....	25
3.1.8.4.4.	Fase de maduración.....	26
3.1.8.5.	Métodos y técnicas de compostaje.....	26
3.1.8.5.1.	Método Beltseville.....	27
3.1.8.5.2.	Método Rutgers.....	28
3.1.8.6.	Clasificación de los sistemas de compostaje.....	28
3.1.8.6.1.	Sistemas abiertos.....	30
3.1.8.6.1.1.	En pilas.....	30
3.1.8.6.1.2.	En mesetas.....	31
3.1.8.6.1.3.	En zanjas.....	31
3.1.8.6.2.	Sistemas semiabiertos.....	32
3.1.8.6.2.1.	En trincheras.....	32
3.1.8.6.2.2.	Bajo lonas semipermeables.....	32
3.1.8.6.2.3.	CMC.....	33
3.1.8.6.2.4.	Compostaje de baja dedicación.....	34
3.1.8.6.3.	Sistemas cerrados.....	34
3.1.8.6.3.1.	Reactores dinámicos.....	35
3.1.8.6.3.2.	Reactores estáticos.....	35
3.1.8.7.	Factores que condicionan el proceso de compostaje.....	37
3.1.8.7.1.	Parámetros de seguimiento.....	37



3.1.8.7.1.1.	Temperatura.....	38
3.1.8.7.1.2.	Humedad.....	38
3.1.8.7.1.3.	pH.....	38
3.1.8.7.1.4.	Aireación.....	39
3.1.8.7.1.5.	Espacio libre.....	39
3.1.8.7.2.	Parámetros relativos al sustrato.....	40
3.1.8.7.2.1.	Tipo de material.....	40
3.1.8.7.2.2.	Tamaño de partícula.....	40
3.1.8.7.2.3.	Relación carbono: nitrógeno.....	41
3.1.8.7.2.4.	Relación carbono: fósforo.....	41
3.1.8.7.2.5.	Nutrientes.....	42
3.1.8.7.2.6.	Materia orgánica.....	42
3.1.8.7.2.7.	Conductividad eléctrica.....	42
3.1.8.8.	Microorganismos perjudiciales durante el compostaje.....	43
3.1.9.	GALLINAZA.....	43
3.1.9.1.	Cama utilizada en la crianza de pollos y ponedoras.....	43
3.1.9.1.1.	Materiales de cama utilizados.....	45
3.1.9.2.	Calidad de la gallinaza.....	47
3.1.9.3.	Valor de la gallinaza.....	47
3.1.9.4.	Beneficios al utilizar la gallinaza.....	49
3.1.9.5.	Impacto ambiental del uso de gallinaza.....	50
3.1.9.5.1.	Riesgos en la aplicación.....	51
3.1.9.5.2.	Legislación ambiental.....	52
3.1.9.6.	Producción de gallinaza.....	53
3.1.9.6.1.	Técnicas de compostaje.....	55
4	OBJETIVOS.....	56
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	56
4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	56
5	METODOLOGIA.....	57
5.1.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	57
5.2.	ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	57

<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
6.1.	<b>MANEJO DE LA GALLINAZA.....</b>	<b>58</b>
6.1.1	<b>Manejo del galpón.....</b>	<b>58</b>
6.1.1.1.	Descanso del galpón.....	58
6.1.1.2.	Revisión de galpones.....	58
6.1.1.3.	Limpieza de galpones.....	58
6.1.1.4.	Desinfección de galpones.....	59
6.1.1.5.	Manejo de la cama.....	59
6.1.1.5.1.	Recepción.....	59
6.1.1.5.2.	Desinfección.....	59
6.1.1.5.3.	Material de cama.....	60
6.1.1.5.4.	Profundidad.....	60
6.1.1.5.5.	Humedad.....	60
6.1.1.5.6.	Degradación.....	62
6.1.1.5.7.	Aditivos que mejoran la cama.....	63
6.1.1.5.8.	Tiempo de uso.....	63
6.1.1.6.	Aireación.....	64
6.1.1.7.	Malos olores.....	64
6.1.1.8.	Control de moscas.....	65
6.1.1.9.	Recolección.....	66
6.1.1.10.	Transporte.....	67
6.1.2.	<b>Manejo del proceso de compostaje en la planta de producción.....</b>	<b>68</b>
6.1.2.1.	Recepción.....	68
6.1.2.2.	Controles previos al inicio.....	68
6.1.2.3.	Mezcla y homogenización.....	68
6.1.2.4.	Inicio del proceso.....	69
6.1.2.5.	Control de parámetros.....	69
6.1.2.5.1.	Aireación.....	69
6.1.2.5.2.	Relación C/N.....	70
6.1.2.5.3.	pH.....	71
6.1.2.5.4.	Temperatura.....	71
6.1.2.6.	Pasteurización de la gallinaza.....	72
6.1.2.7.	Generación de olores.....	73
6.1.2.8.	Control de moscas.....	74

6.1.2.9.	Molienda y tamizado.....	75
6.1.2.10.	Almacenamiento del producto final.....	75
6.2.	<b>PRODUCCIÓN DE GALLINAZA.....</b>	<b>75</b>
6.2.1.	Características para la implementación de un sistema de compostaje de gallinaza.....	75
6.2.1.1.	Ubicación.....	75
6.2.1.2.	Escala de la planta .....	77
6.2.1.3.	Operaciones unitarias de la planta de compostaje.....	79
6.2.1.3.1.	Formulación.....	80
6.2.1.3.2.	Transporte.....	81
6.2.1.3.3.	Degradación.....	81
6.2.1.3.4.	Aireación.....	82
6.2.1.3.5.	Humectación.....	83
6.2.1.3.6.	Pasteurización.....	83
6.2.1.3.7.	Maduración.....	84
6.2.1.3.8.	Cribado.....	85
6.2.1.3.9.	Secado.....	85
6.2.1.3.10.	Empacado.....	86
6.2.1.4.	Programa de bioseguridad de la planta de compostaje.....	87
6.2.1.5.	Elementos de ingeniería.....	87
6.2.1.6.	Tipos de operación de la planta de compostaje.....	90
6.2.1.6.1.	Planta de operación manual.....	90
6.2.1.6.2.	Plantas parcialmente mecanizadas.....	90
6.2.1.6.3.	Plantas mecanizadas.....	92
6.2.1.7.	Administración de la planta de compostaje.....	94
6.2.1.8.	Características finales de la gallinaza procesada.....	98
6.3.	<b>COMERCIALIZACION DE GALLINAZA.....</b>	<b>101</b>
7	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
8	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
9	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
10	<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>

## ÌNDICE DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCION	PÁGINA
1	Producción media estimada de excretas ganaderas.....	15
2	Composición en porcentaje de las excretas de animales domésticos...	16
3	Productores líderes de pollos de engorde en Guatemala, año 2008.....	21
4	Líderes de ventas de pollitos para engordar (por terceros).....	21
5	Empresas líderes de gallinas ponedoras en Guatemala, año 2008.....	22
6	Líderes de ventas de pollitas para postura (por terceros).....	22
7	Características de los diferentes tipos de gallinaza (%).....	48
8	Valor como abono de la gallinaza en ponedoras de jaula.....	48
9	Efecto de la aplicación anual de 20 toneladas de gallinaza durante 10 años sobre la población microbiana del suelo.....	50
10	Estimación de la producción de deyecciones de las ponedoras.....	54
11	Requerimientos mínimos de profundidad de cama de pollos de engorde.....	61
12	Humedad óptima de la cama por semana en pollos de engorde.....	62
13	Persistencia de microorganismos en la cama.....	62
14	Temperatura y tiempo de exposición para la destrucción de patógenos..	73
15	Parámetros físico-químicos de la gallinaza.....	99
16	Compañías y nombres comerciales de gallinazas en Guatemala.....	102
17	Control de registro de temperatura.....	111

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
1	Procesos de descomposición de la materia orgánica en el suelo.....	18
2	Clasificación de los sistemas de compostaje.....	30
3	Flujo de las etapas desarrolladas en la planta de compostaje.....	88
4	Termómetro de bayoneta.....	91
5	Cargador frontal.....	91
6	Esquema de un reactor cilíndrico para compostaje.....	93

**MANUAL DEL MANEJO, PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE  
GALLINAZA PARA USO AGRÍCOLA**

**MANUAL, PRODUCTION AND MARKETING OF  
CHICKEN MANURE FOR AGRICULTURAL USE**

**RESUMEN**

El impulso de la industria avícola facilitado por la comercialización, las buenas condiciones de infraestructura, las condiciones ambientales, la topografía, los valores de las tierras, han incentivado a pesar de la crisis económica varios tipos de actividades entre ellas: la producción de carne de pollo, la producción de huevos y la reproducción de aves (incubadoras), con permanencia de las aves en el galpón en pisos generalmente de cemento, sobre una cama de material seco como viruta de pino, cascarilla de arroz, piedra pómez, aserrín entre otros; en la cual son depositadas las deyecciones de las aves, las cuales junto a la cama son recolectadas generalmente al finalizar el periodo de producción, convirtiéndose en un residuo que puede ser fuente de contaminación de las mismas aves, humanos, plantas y otros animales, o bien puede convertirse en un recurso si es sometido a un tratamiento de: secado, peletizado, extrusado, compostaje aeróbico, vapor de agua, elevación espontánea de temperatura u otros tratamientos físicos, químicos o biológicos autorizados.

Los sistemas de compostaje se clasifican en base a: el nivel de aislamiento del material con respecto al exterior, si existen ó no volteos ó mezcla del material y en función de la forma física en que se dispone el material. No existe un sistema de compostaje mejor que otro, esto va a depender del residuo a tratar, de la situación de la planta de proceso, de las características ambientales de la zona, de la calidad del compost que se pretende obtener, entre otras. Pero en todos los casos será el conocimiento del proceso y las necesidades del residuo los aspectos más importantes a considerar.

El compostaje aeróbico en pilas es la forma más fácil y mas utilizada para procesar la gallinaza para convertirla en una enmienda de los suelos y las plantas, como fuente principal de materia orgánica, además de los macro y micronutrientes que contiene.

En el presente documento se detallan los conceptos básicos como: abono, abono orgánico, residuos, estiércol, residuos ganaderos, materia orgánica y producción avícola mundial y nacional para tener más argumentos del uso de la gallinaza como abono orgánico del suelo.

Para que la gallinaza se convierta en un abono orgánico de alta calidad, para el productor avícola y para el consumidor, es necesario que se apliquen diferentes prácticas de manejo que se detallan en orden cronológico en el presente documento las cuales son: descanso del galpón, revisión de galpones, limpieza de galpones, desinfección de galpones, manejo de la cama (recepción, desinfección, material de cama, profundidad, humedad, degradación, tiempo de uso), aireación en galpón, control de malos olores y moscas en el galpón, recolección de la cama, transporte, manejo del proceso del compostaje en la planta de producción de gallinaza (recepción, control de la relación C/N y humedad previo al inicio del proceso, mezcla y homogenización, inicio del proceso de compostaje, control de parámetros (aireación, relación C/N, pH, temperatura), control de olores y moscas, molienda, tamizado, empacado y almacenamiento del producto final ).

En el presente documento se muestra el flujo de las etapas desarrolladas en la planta de compostaje para la producción de gallinaza, así como las características para la implementación de un sistema de compostaje de gallinaza, las operaciones unitarias de la planta de compostaje (formulación, transporte, degradación, aireación, humectación, pasteurización, maduración, secado y empacado), el programa de bioseguridad de la planta, los tipos de operaciones de la planta (plantas de operación manual, plantas parcialmente mecanizadas y plantas mecanizadas), la administración de la planta de compostaje y las características finales de la gallinaza procesada.

En la investigación se plasman los resultados obtenidos de la forma utilizada para comercializar la gallinaza, así como los nombres de las compañías y los nombres comerciales de las gallinazas procesadas que actualmente se producen en Guatemala.

## 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país de vocación forestal, pero en los últimos años se han eliminado bosques para dar paso a la agricultura intensiva, sin rotación de cultivos y con gran dependencia a los pesticidas y fertilizantes químicos, todo esto ha llevado a la degradación del suelo, así como a la reducción de la materia orgánica (33).

Los fertilizantes químicos contaminan el agua de los acuíferos porque se aplican en forma masiva y sin control. Se anticipa que el incremento en el escurrimiento de los fertilizantes químicos agravara el problema de las zonas muertas costeras de toda la tierra (40).

En los últimos años el uso de los fertilizantes químicos ha crecido mas rápidamente en los países en desarrollo, pero esta alza en la demanda ha disparado los precios de los fertilizantes químicos, Así también ha crecido la demanda de la población que requiere más alimentos debido al aumento de la población mundial y los biocombustibles que actualmente tienen más demanda por el alto costo del petróleo (7, 16, 29).

Al tiempo que crece la demanda por los fertilizantes químicos, las minas y las fábricas de fertilizantes del mundo no se han podido mantener a la par. Las compañías de fertilizantes informan que se resolverá el desabasto con el tiempo al señalar que planean construir más fábricas de producción nueva. Sin embargo eso actualmente creara nuevos problemas, al tiempo que el mundo se vuelve más dependiente de los combustibles fósiles para producir fertilizantes químicos y más dependientes de los fertilizantes químicos de lo que estamos actualmente (7, 16, 29).

El uso actual de los abonos orgánicos es más frecuente, con lo que se obtendrán beneficios ecológicos (a largo plazo y económicos) porque:

1. Se ahorraran recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes químicos.
2. Aportan macro y micronutrientes al suelo, así como materia orgánica la cual aumenta la capacidad de retención de nutrientes y favorece la presencia de microorganismos responsables de la fertilidad del suelo, entre otras.
3. Reduce los requerimientos de los fertilizantes químicos.
4. Disminuye la dependencia al uso de los fertilizantes químicos.
5. Se disminuye la proliferación de las zonas costeras muertas.
6. Aumenta la presión para incrementar el reciclado de los subproductos agrícolas y urbanos que son fuentes de contaminación si se dejan sin tratar.
7. Aumenta la demanda y los precios de los cultivos orgánicos (2,3, 7, 11, 16, 42, 43).



Dentro de los abonos orgánicos el estiércol ha sido utilizado como fertilizante desde hace mucho tiempo (29, 31).

Dentro de los estiércoles la gallinaza es más rica en nitrógeno, en promedio contiene el doble del valor nutritivo del estiércol de vacuno, además la gallinaza es baja en humedad (15%), proviene de aves alimentadas con raciones concentradas ricas en nutrientes, generalmente entre el 60-80%, de lo que consume el animal es eliminado como estiércol (6, 16, 17, 19, 20, 34, 35, 36).

La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 1980 describe la composición de la gallinaza como sigue: 62% de heces, 31% de camada, 3% de alimentos desperdiciados, 2% de plumas y 2% de materias extrañas (6, 17).

El sector avícola de Guatemala, por su escala de producción, penetración en el mercado y nivel tecnológico, es el renglón de mayor aporte de volúmenes de subproductos animales, para uso agrícola y alimentación animal entre los que destaca la gallinaza, además este sector es el que en gran parte está manejando, produciendo y comercializando la gallinaza para uso agrícola (33).

La calidad de la gallinaza depende de; las condiciones climáticas y de la descomposición previa en el gallinero; por ello se necesita supervisar las galeras donde se encuentran los pollos en forma periódica, para obtener información del sistema de crianza y manejo de la gallinaza dentro de la galera, al salir el ave de la galera, se debe tener cuidado en la recolección, envasado, transporte, almacenamiento, proceso de deshidratación, envasado final y comercialización como producto terminado (9, 17, 18, 29, 31, 34).

En Guatemala aún se utiliza la gallinaza en fresco, sin un adecuado control en el transporte, almacenaje y bajo un proceso mínimo de descomposición empírico, sin control de los parámetros de descomposición, por lo cual no se garantiza la eliminación de semillas de malas hierbas, ni de microorganismos patógenos para los cultivos y para los humanos (1, 6, 13, 19, 21).

La gallinaza fresca ó con mínima descomposición es irregular, no es homogénea, contiene restos inertes como piedras, plásticos, pajas, etc. Se estima que el 50% del nitrógeno se pierde en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) ó amonio (ion) antes de llegar al suelo cuando la gallinaza es aplicada fresca (1, 6, 13, 19, 21).

La gallinaza fresca al entrar en contacto con el suelo eleva la temperatura del mismo, provocando el rompimiento de la latencia de semillas y eclosión de huevos presentes en el suelo (6, 16, 17).

La información bibliográfica en Guatemala y específicamente en las bibliotecas de las facultades de Agronomía de las Universidades, respecto al manejo, producción y comercialización de la gallinaza es escasa y en la mayoría no existe y de allí la necesidad de generar información tendiente a orientar a los estudiantes, productores, comercializadores y usuarios de manera de garantizar resultados satisfactorios sin deterioro del ambiente.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La importante generación de residuos procedentes del gran desarrollo industrial han convertido al proceso de degradación natural en insuficiente, ya que las bacterias naturales que habitan el suelo y agua cada día poseen una mayor tarea para enfrentar la contaminación del ambiente (34).

La producción animal es un componente fundamental de los agroecosistemas; actualmente alrededor de la cuarta parte de la superficie mundial está destinada a la producción de ganado en sistemas de pastoreo o extensivo, y un 32% de la producción mundial de cultivos (soya, sorgo, maíz, etc.), es destinada a la alimentación animal (34).

La crianza de aves a gran escala durante largos períodos de tiempo, trae considerables problemas, que deben ser controlados, uno de ellos es la producción en grandes cantidades de residuos (gallinaza y aves muertas), los cuales son reservorios de enfermedades y contaminantes ambientales (34).

Las tecnologías avanzadas para el manejo de las heces, incluyen sistemas aeróbicos, de formación de composta, que reducen en algunos casos el 99% de los gases amoniacales, sulfurosos y mercaptanos, que interviene en el efecto de invernadero (34).

En Europa y en varios países de centro y sur América las legislaciones ambientales, prohíben el uso de la gallinaza fresca, sin procesar ó bajo un proceso empírico, porque contiene aproximadamente 10% de fenoles y 8% de biuret, que son elementos gaseosos altamente nocivos al sistema radicular de las plantas, así como también contiene semillas de malas hierbas, patógenos (hongos o bacterias), animales dañinos (nematodos, artrópodos e insectos), residuos inertes (piedras, plásticos, plumas, pajas, etc.), no es homogénea, provoca la proliferación de moscas y malos olores. Además la materia orgánica de la gallinaza sin procesar no se descompone completamente, ocasionando una pérdida considerable de la misma y el nitrógeno se pierde en grandes cantidades por volatilización (7, 16, 17, 24, 32, 38).

En Guatemala todavía se vende y se utiliza gallinaza fresca, sin procesar o procesada por métodos empíricos, sin control, especialmente en el altiplano del país. El presente documento es una fuente bibliográfica para los productores, comercializadores y consumidores de gallinaza, para conocer el manejo correcto, los diferentes métodos de producción y la forma de utilización segura para todos.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 ABONO

Es cualquier sustancia orgánica ó inorgánica que mejora la calidad del sustrato a nivel nutricional para las plantas arraigadas en este. La definición de abono según el reglamento de abonos de la Unión Europea es "material cuya función principal es proporcionar elementos nutrientes a las plantas " (42).

La acción consistente en aportar un abono se llama fertilización (42).

Los abonos han sido utilizados desde la antigüedad, cuando se añadían al suelo, de manera empírica, los fosfatos de los huesos (calcinados ó no), el nitrógeno de las deyecciones animales y humanas ó el potasio de las cenizas (42).

Los abonos aportan:

1. Elementos primarios ó mayores: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
2. Elementos secundarios ó menores: calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg).
3. Oligoelementos o micro elementos: hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cobre (Cu), boro (B), zinc (Zn), cloro (Cl), sodio (Na), cobalto (Co), vanadio (V) y silicio (Si) (42).

Los elementos secundarios se encuentran habitualmente en cantidades suficientes en el suelo y son añadidos únicamente en caso de carencia (42).

Las plantas tienen necesidad de cantidades relativamente importantes de los elementos primarios, por eso son los que generalmente se necesitan añadir corrientemente al suelo (42).

##### 3.1.2 ABONOS ORGÁNICOS

Es un fertilizante que generalmente no está fabricado por medios industriales, proviene de animales, humanos, restos de comida vegetal u otra fuente orgánica y natural (43).

El uso de los abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad nutricional en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad. Antes que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas, la única forma de abastecer nutrientes a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de los abonos orgánicos (27).

La única forma de mantener ó mejorar el contenido de materia orgánica del suelo y por consiguiente el carbono orgánico fijado, es mediante el uso de abonos orgánicos, que mantienen el suelo fértil, con capacidad productiva y una alta rentabilidad de los recursos

invertidos a través del espacio y tiempo en un sistema de producción agrícola. Esto indica que los abonos orgánicos siguen y seguirán siendo importantes para la sostenibilidad y el uso eficiente del recurso suelo y fertilizantes químicos, bajo condiciones en que se practica la agricultura, todavía, hoy en día (27).

Las condiciones ambientales, la vegetación natural, el tipo de suelo y los métodos que se utilizan para la agricultura son decisivos para el éxito del uso de abonos orgánicos (7).

Por todos los efectos favorables que los abonos orgánicos proporcionan al suelo, se puede decir que estos deben ser imprescindibles en el uso y manejo de este recurso para mejorar y mantener su componente orgánico (27).

Los abonos orgánicos necesitan menos energía para su fabricación y transporte, en comparación de los abonos químicos, pero pueden ser fuente de patógenos si no están adecuadamente tratados (43).

### **3.1.2.1 Propiedades de los abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos, básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

#### **3.1.2.1.1 Propiedades físicas**

Los abonos orgánicos influyen favorablemente en las características físicas del suelo (fertilidad física), mejorando su estructura, textura, color, porosidad, aireación, drenaje, permeabilidad, retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Al aumentar la porosidad y aireación, disminuye la densidad aparente ( $D_a$ ) del suelo que es un parámetro indicador de la compactación. La estructura es un indicador de la variación de otros parámetros como la infiltración, escurrimiento superficial, erosión, crecimiento de la raíz, porosidad, aireación, consumo de energía en la labranza, germinación de la semilla, disponibilidad de nutrientes y otros, de manera que el efecto de los abonos orgánicos, es un efecto múltiple en las características del suelo para el buen crecimiento de las plantas (2,11, 27).

La incorporación continua de abonos orgánicos conduce al mejoramiento de los suelos en sus características físicas, así lo han demostrado varios estudios en diferentes partes del mundo donde las parcelas experimentales han recibido abonos orgánicos a través de varios años. Uno de estos experimentos es el de Rothamsted donde existen parcelas tratadas únicamente con fertilizante químico ó con abonos orgánicos desde 1952 (7, 27).

### **3.1.2.1.2 Propiedades químicas**

Las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos son principalmente: el contenido de materia orgánica, el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, pH y la concentración de sales (2,11, 27).

### **3.1.2.1.3 Propiedades biológicas**

El suelo fértil, capaz de producir una cosecha redituable, debe ser un suelo biológicamente activo (27).

Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente. También favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aeróbicos (2, 11).

Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el crecimiento de las plantas. Existe una correlación positiva entre el número de microorganismos del suelo y su contenido de materia orgánica en sus distintos grados de descomposición (27).

La disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica del suelo juegan un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, convirtiéndolos de forma no aprovechables a formas aprovechables por las plantas (27).

### **3.1.2.2 Abonos orgánicos en la eliminación de los patógenos del suelo**

Los abonos orgánicos pueden prevenir y controlar la severidad de las enfermedades del suelo. Su acción se basa en los siguientes efectos:

1. Incrementan la capacidad biológica del suelo para amortiguar los patógenos.
2. Reduce el número de patógenos por la competencia que se establece por el incremento de microorganismos del suelo no patógenos.
3. Aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal en el proceso de mineralización del abono orgánico.
4. Aumenta la capacidad de los hospedantes para provocar rechazo de los patógenos (27).

Los abonos orgánicos inhiben a los patógenos del suelo y enfermedades radicales, entre las cuales están:

1. Germinación y lisis de los propagulos de fitopatogenos.
2. Competencia por nutrimentos.
3. Producción de compuestos tóxicos volátiles y no volátiles.

4. Modificación del ambiente del suelo [oxígeno ( $O_2$ ), óxido de carbono ( $CO_2$ ), nitratos ( $NO_3$ ), pH].
5. Interferencia con la diseminación del inóculo.
6. Estimulo de agentes de control biológico (antagonistas, parásitos y depredadores) (27).

### 3.1.2.3 Fuentes de abonos orgánicos

La composición nutricional de los abonos orgánicos es muy variada, ya que depende tanto de: las condiciones de almacenamiento como del procesamiento del material utilizado (16).

Existe gran variedad de fertilizantes orgánicos, de efecto largo (estiércoles) o de efecto rápido (orines y cenizas), entre esta gran variedad tenemos:

1. Estiércoles de animales:  
Las principales fuentes de estiércol son el ganado vacuno de carne y leche, ganado porcino, equino, las aves (pollos “gallinaza”, patos, pavos, palomas etc.), murciélagos, aves marinas (guano). Todos estos estiércoles pueden ser utilizados compostados, desecados (deshidratados) ó como mantillo de excrementos sólidos.
2. Excrementos líquidos de animales (estiércol semilíquido, orina, etc.):  
El estiércol y el purín deben de proceder de una ganadería extensiva.
3. Residuos domésticos compostados o fermentados:  
El compost obtenido de restos domésticos que procedan de un sistema de recogida selectiva por el contenido de metales pesados.
4. Turba.
5. Arcillas (perlita, vermiculita, etc.).
6. Mantillo procedente de cultivos de setas.
7. Deyecciones de lombrices (humus de lombriz) ó insectos.
8. Mezclas de materiales vegetales compostados o fermentados:  
Aquí se encuentra el bocaschi.
9. Productos o subproductos de origen animal:  
Materiales como harinas de sangre, pescado, huesos o plumas.
10. Productos y subproductos orgánicos de origen vegetal:  
Harinas de torta oleaginosas, cáscara de cacao, raicillas de malta, etc.
11. Algas y productos de algas.
12. Aserrín y virutas de madera
13. Mantillo de cortezas.

14. Cenizas: procedentes de madera no tratada, huesos de frutos u otro material de origen orgánico.
15. Resaca: sedimentos de orillas de ríos no contaminados.
16. Lodos de depuradora.
17. Abonos verdes: cultivo vegetal, generalmente leguminosas que se cortan y se dejan descomponer en el propio campo.
18. Biol: liquido resultante de la producción de biogás.
19. Vinaza y extractos de vinaza: hay dos tipos de vinaza: El orujo de uva y restos de la extracción del azúcar de remolacha.
20. Mulch.
21. Biofertilizantes: la producción comercial de Rhizobium y Azotobacter.
22. Hongos micorríticos: la micorriza es la asociación benéfica de las raíces de las plantas superiores con los micelios de los hongos del suelo (2,3, 7, 11, 16, 42, 43).

#### **3.1.2.4 Respuestas de los cultivos al uso de los abonos orgánicos**

Los cultivos en general muestran altas respuestas a la aplicación de abonos orgánicos; esto es más evidentes en suelos de temporal, los cuales durante muchos años, han estado sometidos al uso tradicional de cultivos año con año (27).

Aunque los abonos orgánicos contienen una concentración baja de nutrientes en comparación a los fertilizantes químicos, la disponibilidad de estos, es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que son sometidos los materiales orgánicos. El abono orgánico esta considerado como un abono universal por el hecho de que aporta casi todos los nutrientes que las plantas requieren para su desarrollo (27).

Los abonos orgánicos no solo proporcionan los elementos que los fertilizantes químicos tradicionales, sino que también otros nutrientes secundarios y micronutrientes, que las plantas necesitan (27).

#### **3.1.3 RESIDUOS**

Se define como cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda ó tenga intención u obligación de desprenderse (29).



Los residuos biodegradables, son todos aquellos que en condiciones de vertido, pueden descomponerse en forma aeróbica ó anaeróbica, desde los residuos de deyecciones de animales, estiércoles, purines y otros (29).

Tradicionalmente los residuos se clasifican en función de su origen en los distintos sectores de producción: primarios (producción de materias primas), secundarios (producción industrial) y terciarios (producción de servicios) (29).

En el sector primario de producción se engloban los residuos ganaderos como estiércoles, purines, etc. (29).

Hay dos aspectos que desde el punto de vista económico conviene contemplar a la hora de buscar una aplicación a los residuos orgánicos: su uso para la obtención de energía y su adición como acondicionador ó fertilizante de suelos (9).

Los residuos más leñosos, son ricos en celulosa y ligninas, son los que presentan mejores características para la producción energética, contrastando con las dificultades que manifiestan estos mismos materiales para su descomposición a corto plazo de tiempo por los microorganismos. Otros de más rápida descomposición biológica como los residuos urbanos, estiércoles, etc., dan muy poca energía, por lo que desde el punto de vista económico conviene su uso como fertilizante de suelos (9).

La aplicación de estos materiales fácilmente biodegradables y con composición de nutrientes importante, resulta barata, viable y necesaria para reducir los costos energéticos derivados de la fabricación de fertilizantes químicos y plaguicidas, al mismo tiempo que reduce la acumulación de materiales residuales y alivian en alguna medida la situación económica de los agricultores reduciendo gastos en la compra de fertilizantes inorgánicos (9).

En las explotaciones agrícolas, los ahorros que se produzcan desde el punto de vista energético a reducir la producción de fertilizantes minerales resultaran significativos si se consigue:

1. Fertilizantes orgánicos más baratos que los inorgánicos sintéticos.
2. Técnicas de aplicación y transporte de los residuos orgánicos baratos y eficaces.
3. Un incremento de los rendimientos ó mantenimiento de los mismos similar a los obtenidos los fertilizantes sintéticos.
4. Mantenimiento de la calidad de las cosechas y de las garantías higiénicas y sanitarias de las producciones (9).

Los residuos orgánicos presentan problemas específicos, relacionados con su recogida, transporte, acondicionamiento previo a su incorporación en los suelos, técnicas de aplicación, dosificación y también el control de los efectos que producen (9).

### 3.1.4 ESTIÉRCOL

Se llama lieser a la mezcla de heces (excretas solidas) y orines. Se llama estiércol al conjunto del lieser unido a la cama y mezcla fermentada (39).

Estiércol se denomina a los excrementos sólidos y líquidos de los animales solos ó mezclados con los residuos vegetales que se han utilizado como cama, que se utilizan para fertilizar los cultivos (7, 14, 44).

El estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, cuya adición casi siempre resulta en un incremento de la actividad biológica (27, 36).

En la Unión Europea, la idea es considerar el estiércol como un recurso, en lugar de un residuo, valorando su contenido de nutrientes y materia orgánica para el suelo y los cultivos (29).

Entre los estiércoles ó deyecciones de animales importantes, se tiene en orden de importancia el guano procedente de las aves marinas de la costa del pacífico, palomina (excretas de paloma) utilizado en antaño, la gallinaza (excremento de gallinas ponedoras o pollos de engorde), bovinaza (excretas de vacunos de leche o engorde), la porcínaza (excretas de cerdos), el ganado lanar, caballar y otros en este orden (29, 44).

Actualmente también se usa el estiércol de murciélago (44).

#### 3.1.4.1 Disponibilidad de los elementos primarios en el estiércol

El valor fertilizante de un estiércol esta ligado, por una parte, a la mineralización de un determinado elemento y, por otra, a la interacción del estiércol con formas de dicho elemento contenidas en el suelo. Se ha determinado que la incorporación de estiércoles de bovino, porcino y gallina provocan una disminución de la capacidad de adsorción de fósforo en el suelo, incrementos en el fósforo soluble y la desorción del fósforo luego de un periodo de incubación de 30 días. Muchos investigadores, han señalado que la aplicación regular de estiércol animal sobre los campos previene la declinación progresiva de nutrimentos del suelo (36).

Al momento de la excreción del estiércol, la distribución del nitrógeno en forma de urea y acido úrico con respecto al nitrógeno orgánico de compuestos más estables, queda una proporción aproximada del 50% de cada uno. Las formas de urea se hidrolizan rápidamente, de manera que en pocos días ó semanas este nitrógeno es convertido en forma amoniacal en cuyas formas se pierden rápidamente como amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) (16).

El nitrógeno orgánico debe mineralizarse antes de poder ser aprovechado por las plantas; la disponibilidad del nitrógeno del estiércol tiene a disminuir por las pérdidas que ocurren en su aplicación al suelo. Se ha determinado que en 7 días con altas temperaturas y el suelo seco se puede perder el 50% del nitrógeno por volatilización y que en ese mismo período se pierde el 10% con bajas temperaturas y suelos húmedos (16).

Cuando al estiércol se le adicionan superfosfato se controlan las pérdidas de nitrógeno por volatilización, por lo que se recomienda aplicar 12.5 kilogramos (kg) de superfosfato por tonelada métrica (Tm) de estiércol. Se ha reportado que con carbonato de calcio también se reducen dichas pérdidas (16).

Al aplicar el estiércol se pierde un 20% de nitrógeno a las 6 horas, a las 24 horas un 25% y a las 96 horas (4 días) un 95%. También se ha encontrado que el 50% de nitrógeno se pierde por volatilización cuando se aplica superficialmente, pero se redujo esta pérdida marcadamente cuando se incorpora al suelo y fue insignificante la pérdida por volatilización cuando la incorporación se hizo de 18 a 20 centímetros (cm) de profundidad (16).

La cantidad de carbonato aportado por el estiércol es de particular importancia, si se tiene en cuenta que dicho elemento constituye la fuente de energía de los microorganismos que intervienen en su descomposición. En este sentido se utiliza la relación Carbono: Nitrógeno (C/N) como un índice que revela el modo de humificación y la naturaleza del humus. Se plantea que los residuos orgánicos que tienen una relación (C/N) de 15:1 a 20:1 o menos son suficientemente ricos en nitrógeno para satisfacer las necesidades de los microorganismos, en este caso el exceso de nitrógeno liberado durante el proceso de descomposición puede ser utilizado directamente por las plantas. Por el contrario cuando el residuo es pobre en nitrógeno ocurre una competencia entre la microflora del suelo y las plantas por este elemento, observándose una disminución en los procesos de descomposición (16).

Cerca del 30% del total del fósforo en el estiércol se encuentra en forma orgánica, aproximadamente el 25% es soluble en agua y un 25% se encuentra en formas solubles inorgánicas. Las heces sólidas contienen la mayor cantidad del fósforo excretado, la orina solo tiene trazas (16).

Se ha demostrado que la disponibilidad del fósforo del estiércol a corto plazo se incrementa al aumentar el pH del suelo y decrece al disminuir el contenido de arcilla (16).

El potasio en el estiércol es por lo general casi completamente soluble en agua y se considera tan disponible como el de las fuentes de cloruro de potasio ó sulfato de potasio cuando se usan dosis elevadas de estiércol, el potasio puede llegar a formar parte de los efectos de salinidad del suelo (16).

Dependiendo del suelo las adiciones de estiércol pueden mejorar una propiedad y al mismo tiempo degradar otra. Las aplicaciones relativamente grandes y frecuentes de estiércol pueden ser de gran beneficio para las propiedades físicas de un suelo arenoso, pero el contenido de sales se puede elevar demasiado para sostener la producción de un cultivo. Las propiedades que se incrementan puede ser: velocidad de infiltración; pero se disminuye la densidad aparente y la evaporación (16).

Se afirma que excesivas dosis de estiércol ocasionarían un alto nivel de nitritos en el suelo, lo cual crearía un desbalance de nutrientes en los tejidos de las plantas. Un exceso de sodio en el estiércol puede contribuir a la acumulación de sales, al deterioro de la estructura del suelo y en algunos casos a la reducción del rendimiento (16).

Los trabajos y literatura dan resultados altamente positivos en el aumento del rendimiento de diferentes cosechas como respuesta a aplicaciones de dosis hasta de 60 toneladas por hectárea (T/ha). Pocos se han dedicado a evaluar el efecto sobre la calidad de las cosechas y menos aún sobre el efecto continuo de dichas aplicaciones. Igualmente la literatura y trabajos tendientes a cuantificar el efecto en cada una de las propiedades físicas y químicas de los suelos a través de las aplicaciones continuadas del estiércol. Así tampoco se estudiado suficientemente el comportamiento del nitrógeno, la salinización, la concentración de patógenos y el desbalance entre los elementos (16).

#### **3.1.4.2. Riesgos de la aplicación del estiércol al suelo**

Los riesgos que se corren se pueden minimizarse teniendo presente algunas recomendaciones como: el tipo de proceso de descomposición, la forma de aplicación, el tipo de suelo, la frecuencia de aplicación, la dosis, época de aplicación, sitios de aplicación entre otros. Un buen manejo del estiércol minimiza los efectos negativos y estimula los positivos sobre el cultivo y el ambiente (16).

Antes de usar los estiércoles en la agricultura, deben ser sometidos a un proceso de fermentación para que los nutrientes lleguen al suelo en forma asimilable. La fermentación, debido a las temperaturas altas que produce, ayuda a eliminar enfermedades y semillas de malas hierbas que después pueden afectar negativamente al cultivo (7).

Si se debe tener cuidado con la aplicación del estiércol procesado, más aún se debe tener con el estiércol fresco sin descomponer, porque puede causar olores insoportables, que se puede reducir si se incorpora al suelo. Los estiércoles aplicados frescos sin descomponer se mineralizan muy rápido, pero también depende del suelo y del ambiente. Esta mineralización hace que la mayor parte ó totalidad del nitrógeno se convierta en formas minerales como

amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3$ ). En la mayoría de los casos la razón del aumento excesivo de la actividad biológica son los nitratos (16).

Los nitratos son de alta solubilidad por lo que pueden pasar por infiltración ó escorrentía fácilmente a las aguas circundantes ó subterráneas y alcanzar allí niveles altamente peligrosos para la vida animal. El movimiento de los nitritos depende estrechamente de la textura del suelo, en los suelos de texturas gruesas casi la totalidad de los nitratos son arrastrados hacia las fuentes de agua vecinas. Este hecho es sumamente negativo en la discusión del poder contaminante del estiércol, dado que aplicado de esta forma y sin incorporarse al suelo se convierte en una bomba de contaminación (16).

El estiércol crudo (sin procesar) ó bajo un proceso de descomposición empírico, no logra eliminar las semillas de malas hierbas y hongos patógenos, contiene impurezas que son restos inertes (piedras, plásticos, pajas, etc.), no es homogéneo, tiene una estructura irregular, provoca la proliferación de moscas y malos olores y el 50% de su nitrógeno ó la totalidad se pierde antes de llegar al suelo (16, 32).

### **3.1.5 RESIDUOS GANADEROS**

Los residuos de origen animal (estiércol) no deben ser considerados como residuos, si no como fuentes de nutrientes para los vegetales (39).

Las principales fuentes de residuos de animales son el ganado bovino de carne y leche, porcino, equino, ovino y aves. Las fuentes mayores son los pastizales, los comederos de ganado de carne, los alojamientos para el ganado de leche y las granjas para pollos y porcinos (40).

La acumulación de heces que produce un animal es muy variable en volúmen, tipo y cantidad, además está en función de diversos factores como:

1. La especie.
2. La edad.
3. La raza.
4. El tipo de explotación ganadera y alojamiento.
5. El tipo de alimentación.
6. El número de animales y su distribución.
7. Los residuos vegetales que se utilizan como cama.
8. La estimación climática, etc. (7, 40).

Los animales jóvenes consumen una gran cantidad de nutrientes para su crecimiento y producen excrementos pobres, los animales adultos solamente sustituyen las pérdidas y producen estiércoles ricos en elementos fertilizantes. Además, mientras más rica es la alimentación, mejor sale la composición del abono (7).

El mayor rol lo juega la especie animal porque produce excrementos muy diferentes, en relación con su contenido de nutrientes. Analizando los diferentes abonos según este criterio, los estiércoles ovinos son los más ricos en nutrientes, después sigue el de gallina (gallinaza), el estiércol equino, bovino y por último el estiércol porcino. Por lo general, todos contienen mucho nitrógeno y potasio, pero muy poco fósforo disponible (7).

La gran diferencia entre los abonos orgánicos de origen animal es el contenido de materia seca que puede variar entre un 12% en el caso de los estiércoles líquidos (mezclado con agua de lavados) y el 80% en los estiércoles deshidratados (16).

Aunque la cantidad de excretas de animales es muy variable, podría aceptarse como media el conjunto de cifras que se indican en la siguiente cuadro (40).

CUADRO 1. Producción media estimada de excretas ganaderas.

Ganado	Producción kilogramos (kg) de heces/cabeza/día
Vacuno	3 – 8
Equino	2 – 5
Ovino	1.5 – 5
Porcino	4 – 8
Aves	0.1 - 0.5

FUENTE: Seoanez, M (40).

Las excretas de origen animal como gallinaza, porquinaza ó bovinaza, que se producen en las diferentes explotaciones intensivas, cuando se utilizan de manera controlada, producen grandes beneficios a las plantas mediante la aportación de nutriente, siempre y cuando las plantas estén en condiciones de poder asimilar (16).

Los residuos ganaderos son muy ricos en compuestos fácilmente oxidables ó hidrosolubles lo que hace que estos compuestos se mineralicen en un alto porcentaje y en una forma relativamente rápida aún en condiciones edáficas y ambientales desfavorables para que ello ocurra (16).

Los resultados de la composición de nutrientes de los diferentes residuos ganaderos son muy variables, pero puede tomarse como referencia los siguientes resultados:

Cuadro 2. Composición en porcentaje de las excretas de animales domésticos

Tipo de estiércol	H <sub>2</sub> O	Macronutrientes			Micronutrientes				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Gallinaza	19	2,43	2,67	4,8	5,7	0,5	11	4,25	2,64
Bovinaza	75	2,11	1,6	5,76	0,87	0,44	1,2	7,63	1,32
Porcinaza	62	2,32	4,72	3,9	3,25	8,77	8,8	6,43	4,22
Equinos	65	2,65	1,95	-	-	-	-	-	-

FUENTE: Bongcam, E (6).

El análisis de los distintos factores más relacionados con la descarga de nutrientes de los residuos ganaderos aplicados al suelo, indica que los de mayor importancia son los siguientes:

1. Tipo de excretas aplicadas (sólidas, líquidas ó mixtas).
2. Adecuada aplicación al suelo de las excretas.
3. Época del año más apropiada para su aplicación.
4. Cantidades de excretas vertidas.
5. Las características del suelo (fácil drenaje, sin drenaje, arenoso, arcilloso, etc.).
6. El tipo de cultivo a abonar.
7. El estado del suelo (contenido de nutrientes) (16, 40).

Cuando no cumplimos estas condiciones básicas podemos causar consecuencias funestas para el sistema de producción, que básicamente son:

1. Disminución de la producción agrícola.
2. Fitotoxicidad.
3. Pérdidas de nutrientes (16).

El análisis de los distintos factores más relacionados con la descarga de nutrientes de los residuos ganaderos aplicados al suelo, indica que los de mayor importancia son los siguientes:

1. Tipo de excretas, en relación con su compacidad (sólido, líquido ó mixto).
2. La forma de aplicación.
3. La época de aplicación, en relación a los factores climáticos propios de las distintas estaciones (16).

### **3.1.6 MATERIA ORGÁNICA (M.O)**

Es el conjunto que forman los desechos de plantas superiores (raíces, hojas, frutas y demás) y de animales (estiércol, orín, pelos y otros), así como de los cuerpos muertos, también incluye a los microorganismos y mesoorganismos que incluyen hongos, protozoos, bacterias, lombrices, artrópodos, pequeños vertebrados, algas entre otros, en diferentes estados de descomposición y ubicados sobre ó dentro del suelo, que cuando logra estabilizarse para no descomponerse más, se denomina humus (material casi negro, brillante y de gran capacidad de absorción de agua, que se compone principalmente de ácidos humitos, fúlvico y huminas) (19).

Un suelo rico en materia orgánica y organismos vivos es un buen indicador de la alta fertilidad y disponibilidad de nutrientes. El organismo vivo descompone los residuos orgánicos frescos hasta la humificación, liberan agua y elementos minerales durante su descomposición, mineralizan el humus, transforman los elementos esenciales de formas no aprovechables en formas aprovechables al intervenir en los procesos como la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, así como la oxidación y reducción de los nutrientes (27).

Los organismos vivos utilizan como energía el carbono orgánico fijado que se encuentra en el suelo, de tal manera que existe una relación estrecha entre el contenido de materia orgánica (carbón fijado), la población de organismos del suelo y la disponibilidad de nutrientes ó fertilidad de nutrientes (27).

La materia orgánica del suelo es uno de los factores más importantes para determinar la productividad del suelo en forma sostenida. Especialmente en las regiones tropicales, donde las temperaturas elevadas y, en algunas zonas, la alta humedad aceleran la descomposición, el manejo adecuado de la materia orgánica en los suelos es todavía más importante. Representa una estrategia básica para darle vida al suelo, porque sirve de alimento a todos los organismos que viven en él, particularmente a la microflora responsable de realizar una serie de procesos de gran importancia en la dinámica del suelo, en beneficio del crecimiento de las plantas (7).

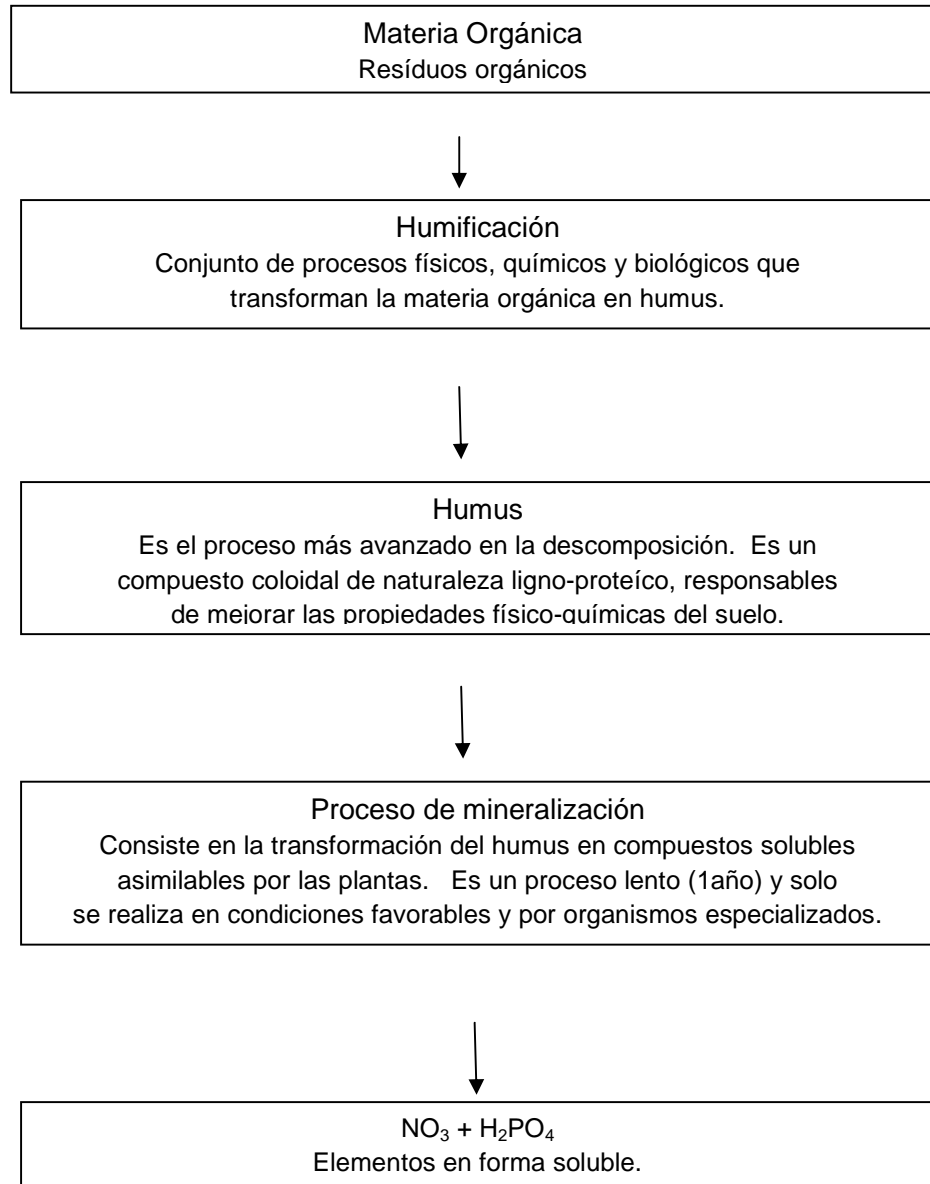
#### **3.1.6.1 Función de la materia orgánica**

La materia orgánica determina: la estructura, capacidad de retención de agua, porosidad, fijación de fósforo, población de microorganismos y retención de cationes intercambiables del suelo, influyendo en el mejoramiento de sus propiedades físicas, ya que unen las partículas minerales que forman agregados estables, ricos en nitrógeno, fósforo, azufre, potasio y otros elementos que sirven a las plantas (7, 19).

La materia orgánica aumenta la capacidad del suelo de retener e intercambiar nutrientes y agua, teniéndolos disponibles para las plantas, también contribuye a mantener estable su pH,



mejora la aireación, favorece el desarrollo de microorganismos propios del suelo, reduce la erosión interna y externa, incrementa la temperatura, fomenta las raíces (7, 19).



FUENTE: Brechelet, A (7).

FIGURA 1. Procesos de descomposición de la materia orgánica en el suelo

### 3.1.6.2 Organismos productores de materia orgánica

Los organismos productores de materia orgánica son:

1. Bacteria:

Es el grupo más importante, sus funciones son: descomponer la materia orgánica específicamente en la fase termófila, fijación del nitrógeno en forma simbiótica (Rhizobium sp) y el forma libre (Azotobacter sp, Azospirillum sp, etc), nitrificación (Nitrosomas sp y Nitrobacter sp) (7, 19).

2. Hongos:

Existen en gran cantidad en el suelo, descomponen la materia orgánica, incluyendo algunos tipos que no pueden ser atacados por las bacterias, participan en la síntesis de humus, solubilizan los minerales a partir de rocas ó minerales, se asocian con raíces de plantas en forma de micorriza para facilitar la asimilación de nutrientes en suelos muy pobres, también actúan en el control de algunas enfermedades y plagas (7, 19).

3. Actinomicetos:

Son hongos incompletos que tienen las siguientes funciones: descomposición de sustancias resistentes, participación en la producción de humus, producción de antibióticos para mantener el equilibrio entre los microorganismos (7).

4. Algas:

Fijan el nitrógeno (algunas especies) y participan en el proceso de formación del suelo (7, 19).

Las aguas con sales minerales disueltas facilitan la colonización de microorganismos autótrofos, especialmente cianobacterias que usan estas sustancias y junto a la energía solar y el aire, inician la producción de materia orgánica, facilitando la aparición de organismos, cada vez más complejos que acumulan materia orgánica (18).

Los productores de materia orgánica la producen a partir de elementos simples presentes en el medio (19).

### 3.1.6.3 Organismos descomponedores de materia orgánica

Los organismos descomponedores de materia orgánica son:

1. Protozoos.

Se alimentan de bacterias, ayudando a regular la población de estas.

2. Hongos.

3. Anélidos.

Entre estos tenemos: lombrices de tierra, lombricillas y nemátodos.

#### 4. Microartropodos (7, 19).

Los organismos descomponedores o consumidores de materia orgánica liberan sustancias inorgánicas a partir de la materia orgánica (19).

#### **3.1.6.4 Fuentes de materia orgánica**

1. Resíduos actividad ganadera:  
Estiércoles, orines, pelos, plumas, huesos, etc.
2. Resíduos actividad agrícola:  
Restos de cultivos, podas de árboles y arbustos, malezas, etc.
3. Resíduos actividad forestal:  
Aserrín, hojas, ramas y ceniza.
4. Resíduos actividad industrial:  
Pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, etc.
5. Resíduos actividad urbana:  
Basura doméstica, aguas residuales y materiales fecales.
6. Abonos orgánicos preparados:  
Compost, estiércol (Gallinaza, Porcinaza, Bovinaza, etc.), Bocaschi, humus de lombrices, Munch, abono verde, etc.) (7).

#### **3.1.6.5 Composición de la población biológica del suelo**

1. Fauna:  
Macrofauna (Roedores, lombrices, etc), mesofauna (Insectos, arañas, etc.), microfauna (Nemátodos, protozoos, etc.)
2. Flora:  
Macroflora (Plantas superiores) y microflora (Bacterias, hongos, actinomicetos y algas) (7).

#### **3.1.6.6 Proporción de la población biológica del suelo**

1. Fauna: 20%  
Lombrices 12%, macrofauna 5%, mesofauna y microfauna 3%.
2. Flora: 80%  
Hongos y algas 40%, bacterias y actinomicetos 40% (7).

### 3.1.7. PRODUCCIÓN AVÍCOLA

Casi 60% del consumo total anual global de cerca de 75 millones de toneladas (Tm) de pollo se produce en Estados Unidos de América, Brasil, China y la Unión Europea (UE). Esta cifra esta representada por cerca de 50,000 millones de pollos (8).

La producción avícola nacional 2008 en Guatemala fué de 150,000,000 pollos que representa el 1.56% de la producción de Latinoamérica. La producción de ponedoras fue de 8,000,000 que representa el 2.21% de la producción de Latinoamérica (8).

La producción avícola 2008 en Guatemala, más detallada se observa en los siguientes cuadros de las empresas líderes 2009: (8)

CUADRO 3. Productores líderes de pollos de engorde en Guatemala, año 2008.

COMPANÍA	No. Pollos	Raza (s)
Avícola Villalobos	43,000,000	Arbor Acres/Hubbard
FRISA	28,000,000	Arbor Acres/Hubbard/Ross
TOTAL	69,000,000	

CUADRO 4. Líderes de ventas de pollitos para engordar (por terceros)

(No incluyen a las empresas que engordan todos los pollitos que incuban)

Compañía	Producción / año	Venta de pollitos / año	Raza (s)
Avícola Villalobos	51,000,000	8,000,000	Hubbard/Ross/Arbor Acres
Corpasa	2,500,000	2,500,000	ND
FRISA	29,500,000	1,500,000	Arbor Acres
TOTAL	83, 000,000	12, 000,000	

CUADRO 5. Empresas líderes de gallinas ponedoras en Guatemala, año 2008.

Compañía	No. Ponedoras	Raza (s)
Empresa Avícola Julia	950,000	Lohmann/Hy-Line
Avícola Rosanda	760,000	Lohmann/Hy-Line
Avicultores de Mixco	720,000	Lohmann
Cooperativa Madre y Maestra	720,000	Hy-Line/Lohmann/Dekalb/ISA/Babcock
Granja Azul (PROAVISA)	660,000	ISA/Babcock
Las Delicias (SEGRASA)	660,000	ISA/Babcock
Catoc Pe	330,000	Lohmann/Dekalb
Granja el Pilar	220,000	ISA/Babcock
<b>TOTAL</b>	<b>5,020,000</b>	

CUADRO 6. Líderes de ventas de pollitas para postura (por terceros)

(No incluyen a las empresas que producen todas las ponedoras que incuban)

Compañía	Producción total	Venta de pollitas al año	Raza (s)
Incucasa (AMA)	3,800,000	3,000,000	Lohmann
Corpasa	3,000,000	2,500,000	Dekalb/Bovans
INAVISA	2,000,000	2,000,000	ISA
<b>TOTAL</b>	<b>8, 800,000</b>	<b>7, 500,000</b>	

**3.1.8 COMPOSTAJE:**

El compostaje no es más que la optimización del proceso natural por el que los restos orgánicos retornan al suelo cerrando el ciclo de la materia. El conocimiento de este proceso de obtención de un humus ó mantillo permite que lo que en los bosques tarda muchos meses e incluso años lo podamos obtener en mucho menos tiempo (31).

Este proceso es considerado como una biotransformación de la materia orgánica que se desarrolla con el fin de evitar la contaminación sanitaria y ambiental, generando subproductos denominados enmiendas (abonos) (2, 17, 29).

Desde el punto de vista actual de la gestión de los residuos orgánicos y su problemática podríamos considerar al compostaje como: un proceso biológico aeróbico exotérmico, susceptible de ser aplicado a cualquier residuo orgánico sólido biodegradable y del que se obtienen como productos intermedios CO<sub>2</sub>, vapor de agua y otros metabolitos, y como producto final una materia orgánica estabilizada, libre de patógenos y elementos contaminantes, y cuya aplicación al suelo resulta beneficiosa (2, 31).

### **3.1.8.1 Ventajas y desventajas del compostaje**

#### **3.1.8.1.1 Ventajas**

1. Es un sistema de biotransformación de la materia orgánica, con una útil revalorización de los residuos orgánicos para transformarlo en un subproducto fértil y útil para el suelo y las plantas.
2. Optimiza el uso de los residuos orgánicos.
3. Es una alternativa adecuada para el manejo ambiental de los residuos orgánicos
4. Sirve de oferta de la materia orgánica a los suelos y/o acondicionador que contribuye a su recuperación.
5. Posibilidad de tecnología simple y barata (depende de la técnica y sistema de compostaje utilizado).
6. Posibilidad de tener control del proceso de compostaje
7. No genera gases tóxicos, ni malos olores.
8. El proceso desactiva semillas y agentes patógenos perjudiciales a los cultivos.
9. Producción de sustancias húmicas, microorganismos beneficiosos y nitrógeno de liberación lenta.
10. Recuperación del 50% de la masa y de nutrientes.
11. Mejora gradualmente la fertilidad de los suelos asociado a los microorganismos.
12. Estimula el ciclo vegetativo de los cultivos hortícolas, haciéndolo más cortó.
13. Mayor rendimiento de número de plantas por hectárea.
14. Respeta la flora y fauna.
15. Costo bajo comparado con los abonos sintéticos.
16. Se obtienen resultados a corto plazo.
17. Es una fuente constante de materia orgánica.
18. Los abonos son más completos porque incorporan macro nutrientes y micronutrientes (6, 18, 29).

### **3.1.8.1.2 Desventajas**

1. Inversión inicial. Independientemente del sistema de compostaje seleccionado se requiere la adecuación de la infraestructura, el equipo a utilizar y el personal necesario para el manejo de los residuos agrícolas.
2. Disponibilidad de zonas de terreno para ubicar las estructuras para el compostaje.
3. Emisión periódica de olores.
4. Requiere separación de origen.
5. Pérdidas de 20-40% de nitrógeno en forma de amonio y de 40-60% de carbono en forma de dióxido de carbono.
6. Se necesita desarrollar y mantener un mercado para el compost (6, 29).

### **3.1.8.2. Propiedades del compost**

Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (2, 34).

### **3.1.8.3. Materia primas para elaborar compost**

Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de residuos de actividades ganaderas, agrícolas, forestal, industrial y urbana (2, 34).

### **3.1.8.4. Fases del proceso de compostaje**

El proceso de compostaje se divide en cuatro fases ó períodos, atendiendo la evolución de la temperatura:

#### **3.1.8.4.1 Fase mesofila**

Es la parte más dinámica del compostaje en la que incrementa rápidamente la temperatura (de 10 °C a 40 °C), el pH disminuye, inicialmente los sustratos están a temperatura ambiente y empiezan a actuar bacterias y hongos mesofilos y termotolerantes (2, 29, 34).

En esta fase debido al crecimiento microbiano más rápido las necesidades de oxígeno son mayores para evitar su agotamiento (29).

Los microorganismos presentes en el material inician su actividad degradativa superficial sobre la materia orgánica, para lo que es preciso una cierta humedad en la superficie del material. La materia orgánica fácilmente degradable será la primera en ser atacada por los microorganismos, obteniéndose como metabolitos de su descomposición CO<sub>2</sub>,

H<sub>2</sub>O y muy frecuentemente NH<sub>3</sub>, que se liberan principalmente en forma gaseosa, la materia orgánica más resistente sufre una degradación parcial (31).

Los microorganismos presentes en esta fase son: bacterias gramnegativas (Proteobacterias del género *Pseudomonas*), bacterias grampositivas (*Bacillus* y *Lactobacillus*) y hongos (Ascomycota, *Penicillium*, *Aspergillus*, Zygomycota y *Mucor*) (29).

#### **3.1.8.4.2 Fase termófila**

Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporógenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas. Por encima de los 65 °C no hay crecimiento microbiano (2, 9, 29, 34).

En esta fase el proceso es lento debido a que disminuye el número de especies viables, por lo que a los 2 o 3 días hay que bajar la temperatura para volver a la fase mesofila segunda, y de esta forma el proceso será más rápido y la transformación de la materia orgánica será correcta, porque la población microbiana que actúa es más amplia (9).

En esta fase debido a las altas temperaturas se garantiza la higienización, ya que mueren todos los microorganismos y también los patógenos animales y vegetales (9).

Los microorganismos presentes en esta fase son: Bacterias (*Hydrogenobacter*, *Bacillus* y *Thermus*) y actinomicetos (*Streptomyces*) (29).

#### **3.1.8.4.3 Fase de enfriamiento**

También conocida como segunda fase mesofila, Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinviden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesofilos reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente (2, 34).

En esta fase a medida que pasa el tiempo la temperatura va disminuyendo, esto debido a que ya no hay sustancias fácilmente degradables. Los procesos de estabilización de la materia orgánica consumen energía por lo cual, unido a que ya no se produce tanta energía, da como resultado el enfriamiento del material (9).

Existe crecimiento de una nueva comunidad de mesofila diferente a la de la fase inicial. En esta fase predominan hongos y actinomicetos capaces de degradar compuestos complejos. Las bacterias mesofilas se encuentran en bajo número, pero su diversidad es mayor que en las fases anteriores (29).



Los microorganismos presentes en esta fase son: Bacterias grampositivas, actinomicetos, hongos (Ascomycota y Basidomycota), protozoos, nemátodos y estramenopilas (34).

#### **3.1.8.4.4 Fase de maduración**

La micro fauna esta en una etapa de maduración de la materia orgánica que ha sido degradada a formas más estables. Como nos referimos a un proceso que tarda entre varias semanas y algunos meses dependiendo del residuo, condiciones del lugar, etc..., no sería correcto hablar de una humificación o mineralización de la materia orgánica, pues son procesos que necesitan periodos de tiempo mucho más largos, pero si se puede considerar que se produce un inicio de los mismos.

La materia orgánica ya se encuentra en formas estables y si las condiciones del proceso se han cumplido debería estar libre de patógenos. El producto final resultante, denominado compost, ya puede ser empleado como fertilizante ó enmienda orgánica del suelo (2, 31, 34).

El pH tiende a la neutralidad, la aireación conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no esta maduro. En la fase de maduración el oxígeno no es un factor limitante, ya que la actividad y el crecimiento de los microorganismos se reduce notablemente por agotamiento de los nutrientes fácilmente asimilables (29).

Los microorganismos característicos de esta fase son: Bacterias gramnegativas, actinomicetos, hongos (Ascomycota, Zigomycota y Oomycota), algas y nemátodos (29).

Dependiendo del sistema de compostaje que se haya empleado y del tipo de residuo compostado habrán sido necesarios a lo largo del proceso acondicionamientos del residuo con estructuras, volteos periódicos ó ventilación (bien de forma pasiva o bien forzada), una fase final de cribado, separación de elementos inertes, etc. (31).

#### **3.1.8.5. Métodos y técnicas de compostaje**

Los siguientes avances en los métodos y técnicas de compostaje serían desarrollados en universidades de Estados Unidos. Las aportaciones más significativas fueron las relacionadas con la capacidad de control de proceso, fundamentalmente en lo referido a los parámetros: contenido en oxígeno y temperatura de la masa (31).

### 3.1.8.5.1 Método Beltsville

En el departamento de agricultura de la Universidad de Beltsville, MD, se desarrolló un sistema de compostaje en el que una pila estática era ventilada periódicamente por un sistema de aspiración de aire desde el suelo. El desarrollo provenía de la investigación en el compostaje de lodos procedentes de depuradoras urbanas, más concretamente de la problemática de malos olores que se generaban durante el proceso (31).

Este método, denominado *Beltsville*, consiste en colocar en el suelo dos tuberías de 15 cm de diámetro perforadas a todo lo largo con agujeros de 0,25 pulgadas y conectadas entre sí por sus extremos. Estas tuberías se cubren con una capa de unos 30 cm de triturado vegetal ó compost sin cribar (31).

La mezcla a compostar de lodo de depuradora junto con material vegetal triturado, que actuará como estructurante, se hace en una relación volumétrica de 1:3. Con esta mezcla se constituye, sobre las tuberías cubiertas, una pila de 12 metros de largo, 6 de ancho y 2,5 de altura, cubriéndose a continuación con una capa de 30 cm de un compost cribado con una luz de malla de 10 milímetros (mm). El sistema de tuberías está conectado a un ventilador centrífugo que funciona en aspiración tomando aire del exterior por las tuberías y a través de la pila. Sus ciclos de encendido y apagado se determinan mediante un temporizador garantizando unas concentraciones de oxígeno intersticial en la pila entre el 5 y el 15% (31).

Los gases captados por el ventilador son depurados haciéndolos pasar por una pila de compost cribado. La succión se mantiene entre 16 y 20 días, cambiándose luego la posición del ventilador para que introduzca aire en la pila en sobrepresión durante otros 8 a 10 días (31).

El sistema *Beltsville* supuso un paso muy importante en la historia del compostaje. Por primera vez se incidía directamente sobre uno de los factores clave del proceso controlándolo desde el principio. Su sencillez y la facilidad de operación lo convierten en un sistema muy extendido para el tratamiento de lodos de depuradoras (31).

El principal problema del sistema es que no ejerce ningún control sobre la temperatura. Es más, al mantener las condiciones aerobias del material durante todo el proceso favorece inicialmente la actividad microbiana degradativa y por tanto la subida de la temperatura. Esto sumado a las condiciones aislantes del material provoca que la temperatura llegue a los 80 °C en varios puntos de la masa, con un gradiente vertical de temperatura en ocasiones superior a los 40 °C. Estas altas temperaturas inhiben la mayor parte de los microorganismos que participan en la degradación del residuo lo que reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica, necesitando más tiempo para completar el proceso y conseguir un producto estabilizado (31).

### 3.1.8.5.2 Método Rutgers

El profesor Melvin Finstein y sus colaboradores de la Universidad de Rutgers (NJ, Estados Unidos) dieron un paso más desarrollando un sistema en el que se planteaba una nueva estrategia: el control de la temperatura del material según las necesidades del proceso. A este sistema se le denominó sistema *Rutgers*. Sus principales diferencias con el método Beltsville están centradas en el sistema de control de temperatura de la masa que impide que sobrepase los 60 °C, con el ventilador actuando en sobrepresión ó soplado, primero de manera temporizada y cuando la temperatura del material es superior a 60 °C conectándose según demanda (31).

Ambos sistemas marcaron la historia del compostaje, pues demostraron que el conocimiento del proceso es clave para poder actuar sobre él de manera eficiente y conseguir mejores rendimientos y un producto final de mayor calidad. Pero al mismo tiempo iniciaron la tecnificación y sofisticación del compostaje, ya que basándose en sus modelos comenzaron numerosas empresas que presentaron sistemas de compostaje cada vez más complejos y tecnológicamente sofisticados en los que se daba más importancia a la cantidad de tecnología que portaban frente al conocimiento de las necesidades y características del proceso como del residuo a compostar (31).

A partir de aquí se desarrollaron las tecnologías de compostaje en trincheras, los túneles de compostaje (estáticos y dinámicos, en una ó dos fases) y tambores. Para todos los demás elementos que componen las plantas de compostaje y no intervienen específicamente sobre el proceso biológico se produjo un “préstamo tecnológico” de otros sectores industriales, especialmente de la minería. Esta carencia en el desarrollo de una tecnología específica ha provocado multitud de problemas funcionales en las tradicionales plantas de compostaje de residuo urbano recogido “todo en uno”, problemas que se agudizan en las nuevas plantas de recogida selectiva en origen (31).

### 3.1.8.6 Clasificación de los sistemas de compostaje

La sofisticación y evolución de los métodos de compostaje de Beltsville y Rutgers, junto con el desarrollo de maquinaria específica para el proceso, como son las volteadoras, permitieron crear una gama de sistemas de compostaje que se clasifican en base a dos aspectos: en función del nivel de aislamiento del material con respecto al exterior, y si a lo largo del proceso hay volteos ó mezclados del material. Es una forma de clasificación artificial como muchas otras, pero atiende a la necesidad de poder comparar y agrupar los distintos modelos de compostaje existentes hoy en día (9, 29,31).

En función de sus características se pueden clasificar las tecnologías de la siguiente manera (9, 29, 31)

Así su clasificación en base al nivel de aislamiento del exterior y/o el control de emisiones los divide en:

1. Sistemas abiertos: donde los procesos se realizan completamente al aire libre (aunque es frecuente encontrar instalaciones bajo cubierta, en naves abiertas, especialmente en zonas lluviosas).
2. Sistemas semi-abiertos: que se llevan a cabo en naves cerradas que disponen de algún sistema de succión y envío de los gases a un tratamiento de depuración, generalmente mediante un biofiltro.
3. Sistemas cerrados: que se realizan en recintos totalmente herméticos, sometidos a un exhaustivo control de parámetros y con conducción de todos los gases a tratamiento por limpieza (lavadores, humectadores, etc...) y depuración (9, 18, 29, 31).

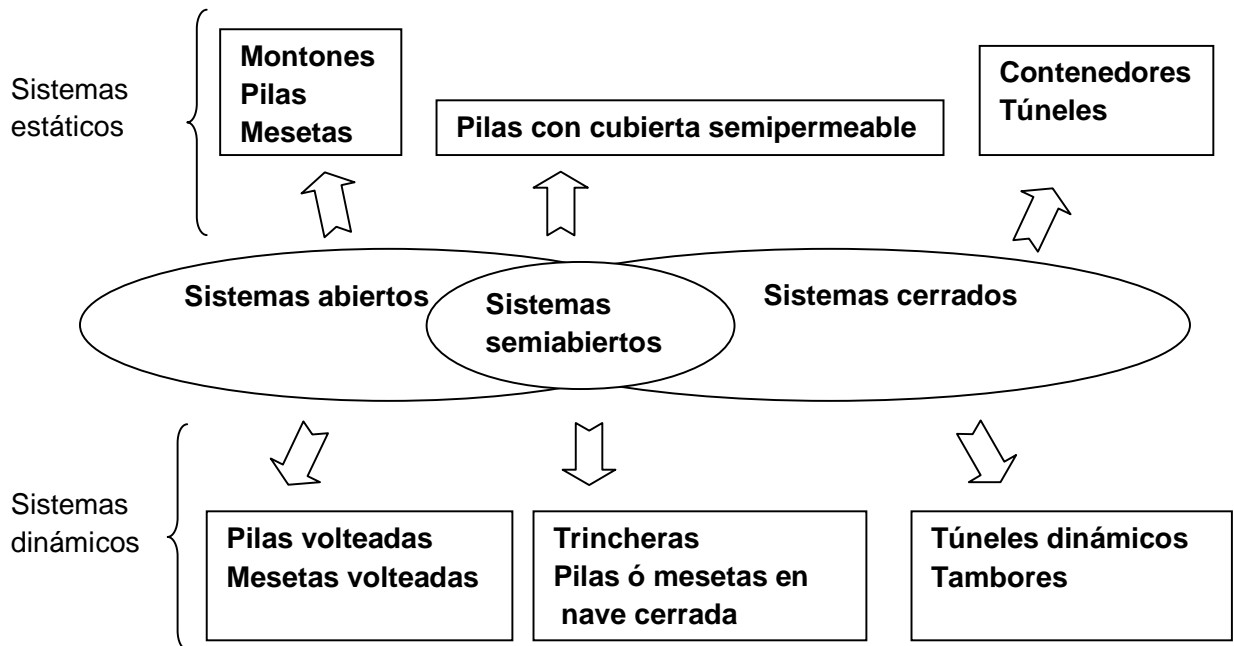
Otra división es la que depende que la masa a compostar sea removida por algún dispositivo mecánico que homogenice el material permitiendo que las capas exteriores de la masa pasen a su interior y viceversa. En función de esto se crean dos grupos:

1. Sistemas estáticos, donde una vez constituida la pila, meseta,... no es movida hasta el final del proceso, ó hasta que concluye su tiempo de permanencia en determinada parte de la instalación, la aireación es forzada mediante ventiladores, etc.
2. Sistemas dinámicos, donde la aireación se realiza por volteos ó movimientos del material (9, 18, 29, 31).

En función de la forma física en que se dispone el material: pilas, trincheras, mesetas, zanjas, reactores etc. (9).

En cualquier caso todas las clasificaciones acaban interrelacionándose entre sí y participan de forma común en la mayoría de las etapas del proceso (9).

Antes de verlos en más detalle será importante aclarar que no hay un sistema de compostaje mejor que otro. Dependiendo del tipo de residuo a tratar, de la situación de la instalación, de las características ambientales de la zona y algunas otras cuestiones, será más conveniente un sistema de compostaje frente a otro si lo que se pretende es obtener un compost de calidad. Pero en todos los casos será el conocimiento de proceso y de las necesidades del residuo los que determinarán en último caso el éxito de la instalación (29, 31).



FUENTE: Plana, R. (31)

FIGURA 2. Clasificación de los sistemas de compostaje

### 3.1.8.6.1 Sistemas abiertos

Son los más primitivos pero no por ello menos eficientes. Suelen ser sistemas de bajo costo y tecnología sencilla, aplicables principalmente a pequeñas ó medianas comunidades de zonas en las que la disponibilidad de terrenos sea elevada, concibiéndose por tanto para zonas rurales o semi-rurales. Las características meteorológicas de la zona pueden ser determinantes, limitándose mucho esta influencia con cubiertas sencillas sin paredes que implicarían un encarecimiento justificado de la instalación (18, 29, 31).

En algunos casos, como solución barata, se suele cubrir tan solo la zona de maduración ó parte de ella, con el fin de evitar rehumectaciones excesivas del material en fases próximas al cribado final que podrían entorpecer mucho esta operación. La forma de amontonamiento del material en este tipo de plantas es variado (pilas, mesetas, montones, etc...), así como los modos de tratamientos a los que se les somete. Lo más usual es utilizar sistemas dinámicos, sean por medio de dispositivos específicos (volteadoras) ó bien con maquinaria no específica (normalmente palas mecánicas) (18, 29, 31).

#### 3.1.8.6.1.1 En pilas

Se deben a Sir Albert Howard, que implementó el compostaje que hasta entonces se realizaba en montones convirtiéndolos en pilas alargadas de material. A partir de aquí se

convirtieron en el sistema clásico de compostaje y han sido la base de los desarrollos posteriores (18, 29, 31).

Dentro del sistema encontraremos dos modalidades: las pilas dinámicas y las pilas estáticas. En el caso de las dinámicas los únicos modos de controlar la temperatura son una combinación de volteos y riegos, ó bien jugar con su tamaño. Para el control de la temperatura en pilas estáticas se recurre al método *Rutgers*, con un sistema de ventilación forzada mediante tubos enterrados en el material ó con estrechas zanjas hechas en el propio suelo sobre el que descansa la pila. En el caso de hacerse el control por los niveles de oxígeno sería el método *Beltsville*, aunque lo habitual es encontrar ya métodos con combinación de ambos y alternando períodos de ventilación forzada por soplado con ventilación por aspiración (18, 29, 31).

Las pilas dinámicas presentan las ventajas de conseguir una mayor homogenización del material, una disminución mecánica del tamaño medio de partícula que contribuye a una mayor disminución de volúmen y, por último, una mayor garantía de higienización del material al conseguirse que todo el material pase por fases termófilas tras alguno de los volteos. Como desventaja presentan la gran dificultad de controlar su temperatura, posibles problemas de deficiente oxigenación en capas profundas si la estructura no es la adecuada (que no puede garantizarse por los volteos) y el elevado costo de las máquinas volteadoras (18, 29, 31).

#### **3.1.8.6.1.2 En mesetas**

Es una variante de la pila desde su sección triangular a otra trapezoidal que permite una base de gran anchura como si fuese la unión lateral de muchas pilas. Su principal ventaja es el mayor aprovechamiento de superficie [mayor número de metros cúbicos ( $m^3$ ) por metro cuadrado ( $m^2$ ) de superficie ocupada] y su mayor capacidad de retención del calor generado por el metabolismo de la microbiota, lo que refuerza la capacidad del sistema para poder emplearse como sistema abierto en climas extremos, tanto fríos y húmedos como cálidos y desérticos, ya que también permite una mayor retención de la humedad del material (29, 31).

#### **3.1.8.6.1.3 En zanjas**

Se trata de una de las variantes del método Indore de Sir Howard. Son pilas, donde el material a compostar se deposita dentro de nichos ó agujeros realizados en el suelo. Son sistemas de uso poco común y tan solo apropiados para climas muy secos y cálidos ó para algunos casos muy específicos. Su principal ventaja es la de aprovechar al máximo, tanto el agua de riego, como la de lluvia, pero se aumentan los riesgos de entrada en anaerobiosis. En algunos casos se utilizan en combinación con la acción de lombrices de tierra, con la doble

función de retención del terreno frente a la erosión por lavado y fertilización adicional, pero son siempre variantes del método Indore, como es el caso del método Mazibuko desarrollado en Sudáfrica para la recuperación de suelos muy degradados (29, 31).

#### **3.1.8.6.2 Sistemas semiabiertos**

Son sistemas concebidos para atender a poblaciones medianas ó grandes y están diseñadas (al menos en teoría) para poder ser instaladas en las cercanías de la propia población, merced al control que permiten de los factores ambientales adversos. En general se consigue un mejor aprovechamiento del espacio que en el caso de las pilas y aproximadamente igual que en el de las mesetas, pero con unas posibilidades de control de las operaciones de trabajo y del proceso superiores a las de los sistemas abiertos (29, 31).

##### **3.1.8.6.2.1 En trincheras**

En realidad una variante de las tradicionales pilas, en las que el material se coloca entre muros longitudinales. Los canales, calles ó trincheras tienen entre 3 y 5 metros de anchura, los muros entre 2 y 3 metros de altura y la longitud puede ser la que se desee (normalmente oscila entre los 60 y los 140 metros), el número de calles también es variable (normalmente no más de dieciséis) (29, 31).

La novedad quizás más característica de este sistema es el método de volteo (se trata de un sistema dinámico), por medio de una volteadora que circula sobre unos rieles situados a lo largo de la parte superior de los muros y que puede ser pasada de una a otra calle por medio de unos transfers situados al principio y al final de las mismas. La volteadora ataca el material por medio de un rodillo provisto de un sistema de deflectores que carga el material sobre una cinta transportadora que lo traslada varios metros hacia atrás de la misma, con lo que todo el material de una calle se ha desplazado esos metros cada vez que la volteadora hace un recorrido completo, llegando al extremo de la calle tras un número determinado de estos. Otras tecnologías de máquinas volteadoras prescinden de cintas y es la inercia del giro de la fresa o rodillo el que lanza y desplaza el material (29, 31).

##### **3.1.8.6.2.2 Bajo lonas semipermeables**

Sería referido a otro tipo de tratamiento de residuos orgánicos en pila estática, pero en este caso semicerrada ó parcialmente confinada, donde se encuentran varias marcas comerciales como Gore™ Cover, Top Tex, CompoTex...(31).

Este método se lanzó en 1990 y desde entonces ya se puede encontrar más de 170 plantas con este método en 27 países de todo el mundo. Consiste en una pila estática cubierta por una lona de un material semipermeable (Gore-Tex® ó similar) y ventilada, en función de la demanda de oxígeno, por sobrepresión a través de unas tuberías enterradas en el suelo. La estructura de poros de la membrana es permeable al vapor de agua, pero no lo es al agua en estado líquido, por lo que el material puede liberar humedad al exterior pero no sufre las condiciones meteorológicas de la zona. En cuanto al paso de gases, en general es permeable a los componentes mayoritarios del aire, pero posee una cierta capacidad de retención del  $\text{NH}_3$ , tanto por el tamaño de poro como por la película de agua condensada en la superficie interior de la membrana, donde quedan retenidas las sustancias gaseosas solubles. De esta manera otra de sus ventajas es la reducción de las afecciones medio ambientales por olores (31).

El sistema también posee una monitorización de la temperatura aunque el control del funcionamiento del ventilador sólo se hace en función de las necesidades de oxígeno, lo que provoca que la temperatura de la masa alcance valores superiores a los  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los mantenga durante largos períodos de tiempo. Estas temperaturas limitan e inhiben en gran medida a la comunidad microbiana y producen una gran reducción del número de especies que pueden mantener una actividad degradativa. Por lo tanto, y aunque en principio encajaría en la definición de compostaje que hemos dado, sería objeto de análisis y debate si lo que ocurre en este sistema es realmente el proceso biológico del compostaje y no una serie de procesos termoquímicos que también consiguen estabilizar e higienizar la materia orgánica (31).

En caso de que se implementara el método y se permitiera realizar un control de proceso por temperatura estaríamos frente a un sistema de compostaje semi-cerrado, muy flexible y sencillo de aplicación, y cercano a los sistemas cerrados en cuanto a control de parámetros y proceso. Mientras tanto cubrir el material con este tipo de lonas nos permite casi garantizar que independientemente de lo mal que se haga el compostaje no vamos a tener problemas ambientales.... mientras no se retire la lona. Es un sistema cuya forma de trabajo debería ser adaptada a las circunstancias del residuo y de la zona donde se sitúa la planta si lo que se pretende es obtener compost (31).

#### **3.1.8.6.2.3 Compostaje microbiológicamente controlado (CMC)**

Se trata de un método de difícil clasificación, pues se realiza en pilas volteadas, pero se suele emplear una lona semipermeable para conservar las condiciones de la pila. Es un método desarrollado y propiedad de la familia Lübke quien se encarga de la transmisión de la información y conocimiento sobre el sistema por lo que su difusión e implantación ha sido



limitada. Lo mejor del método es que se incide en que el conocimiento del proceso y del residuo (31).

#### **3.1.8.6.2.4 Compostaje de baja dedicación (CBD)**

Aunque se trata de un método más encaminado al compostaje doméstico ó auto compostaje es interesante mostrarlo por su simplicidad y los pocos cuidados y control que se necesita. Ha sido desarrollado por el profesor Tomás Alcoverro Pedrola del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, maestro compostador (31).

El método consiste en constituir pilas ó montones del material orgánico a compostar mezclado homogéneamente con la suficiente proporción de material estructurante, con la precaución de que la mezcla resultante tenga la humedad precisa. Tras esto se cubre con una sencilla lona del tipo anticésped y se deja cuatro semanas, transcurridas las cuales se le da un primer volteo y se rehumecta, volviéndose a cubrir (31).

Al cabo de otras cuatro semanas se repite la operación (31).

Ha de procurarse situar la pila en una zona protegida del viento (31).

#### **3.1.8.6.3 Sistemas cerrados**

Se caracterizan porque el material no está nunca en contacto directo con el exterior, y todas las entradas y salidas de gases y líquidos se realiza a través de un sistema de conductos y turbinas. Tecnológicamente se encuentran en esta categoría los sistemas de compostaje más sofisticados y complejos. Sus dos principales ventajas respecto a los anteriores son el excelente control de emisiones al medio y el afinado dominio de los parámetros del proceso, pero también ahorran espacio pues presentan una inmejorable relación entre el volumen de residuo tratado y la superficie ocupada (18, 29, 31).

Teóricamente se podría permitir su instalación en medio de una población si fuera preciso, aunque eso conlleva un extremo control de las afecciones de todas las demás operaciones relacionadas con el movimiento y manipulación de materiales (recepción, mezclas, descargas, maduración,...) así como conocimiento y buenas prácticas en el manejo y control de los elementos de limpieza y depuración de las emisiones. En general son dispositivos estacionarios de muy diversos y variados tipos, a los que generalmente se les denomina reactores, y que para una mejor comprensión los dividiremos en dinámicos y estáticos (18, 29, 31).

### **3.1.8.6.3.1 Reactores dinámicos**

Los más comunes son los cilindros ó tambores, principalmente de disposición horizontal aunque también los hay verticales. La rotación en los horizontales o la presencia de elementos mecánicos internos en los verticales, permiten mover el material del interior y hacerlo avanzar en el reactor, pretendiendo simular los efectos de los volteos (18, 29, 31).

El primer sistema en tambores fue el sistema DANO (1937). Actualmente dispone de sistemas de ventilación, sondas de temperatura de la masa y captación de los gases generados en el interior del tambor para su posterior depuración. Al sistema DANO no se le debe considerar en sí mismo un sistema de compostaje ya que el material permanece en el interior del tambor no más de tres días, donde es homogenizado y desmenuzado, mejorando las condiciones físicas del residuo para que su posterior compostaje en pilas, ó en otro sistema, sea más eficiente. Otros sistemas en tambor que han evolucionado a partir del modelo DANO son el diseño Eweson, en el que el interior del cilindro está formado por varios compartimientos de manera que se pueden alargar los tiempos de permanencia del material a lo largo del cilindro; el sistema Ruthner, el sistema Kolvik, el sistema Envital y el sistema PLM-BIAS (29, 31).

Una de las principales ventajas de este sistema es su posibilidad de escalado según la necesidad, ya que se pueden dimensionar y diseñar tambores de compostaje a una escala pequeña para tratar producciones de residuos orgánicos no muy altas, como pueden ser las de una pequeña comunidad ó vecindario, que no justificarían la inversión de una planta industrial de tratamiento (18, 29, 31).

Los reactores dinámicos horizontales vienen siendo el paso final de la evolución de las pilas volteadas al compostaje en trincheras (semi-abierto) y de este al túnel dinámico (cerrado). Su forma y dimensiones son muy semejantes a las de los reactores ó túneles estáticos, aunque con la diferenciación que disponen de unos elementos mecánicos, bien fijos en el interior ó bien externos y que entran periódicamente, que voltean y homogenizan el material en compostaje. También disponen de un falso suelo perforado que permite la captación de lixiviados y la ventilación de la masa (18, 29, 31).

### **3.1.8.6.3.2 Reactores estáticos**

Son dispositivos más sencillos al carecer de movimiento propio ó de elementos mecánicos internos. Los dos tipos más comunes son los contenedores y los túneles. Los contenedores son recipientes paralelepípedicos herméticos, generalmente de acero con tratamiento anticorrosión,

con doble suelo para la ventilación y recogida de lixiviados, con volúmenes comprendidos entre los 20 y 50 m<sup>3</sup> (29, 31).

Dados su tamaño y peso presentan la interesante ventaja de poder ser trasladados de un lugar a otro a voluntad, pudiendo llenarse en el área de producción del residuo y trasladarlos llenos al área de operación, donde son conectados a los sistemas de control y ventilación. Los parámetros que se controlan y el modo de hacerlo son por entero similares a los empleados en los túneles que veremos a continuación, por lo que nos remitimos a las explicaciones que allí se den. Resultan relativamente caros, pero muy versátiles y tremendamente útiles para aquellos casos de lugares en los que se produzca una gran variedad de residuos orgánicos diferentes en no muy grandes cantidades (29, 31).

Los túneles de compostaje ó computúneles es una tecnología cuyo origen hay que buscarlo en la tradicional industria de obtención de sustratos para el cultivo de champiñones, que, tras una gran experiencia práctica en un tipo muy concreto de materiales fue adaptando su diseño a fin de poder aplicarlo al compostaje de otros diferentes tipos de residuos orgánicos (29, 31).

El control de parámetros del proceso que permite puede ser excelente si las sondas de temperatura y dispositivos captadores de gases (desde de la matriz en proceso, como desde los conductos de ventilación ó la atmósfera libre de la parte superior del túnel) son los suficientes y están bien distribuidas (29, 31).

Los gases que se analizan son el oxígeno (casi siempre) y en algunas ocasiones opcionalmente el CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> u otros. Aparte se monitorizan otras variables relacionadas indirectamente con el proceso como puede ser la presión del aire en el *plenum* de ventilación, la humedad y temperatura del aire empleado en la ventilación del material, las horas de funcionamiento y el consumo eléctrico de los ventiladores,... Todas estas medidas son transmitidas a un autómata programable que a su vez las envía a un ordenador provisto de un programa específico de control a través del cual se controla y rectifica a voluntad el proceso mediante el uso de ventilación forzada y riego (29, 31).

El banco de datos que va recogiendo la memoria del ordenador aporta valiosa acumulación de información puntual, cuyo estudio a largo plazo resulta muy útil para el conocimiento y mejora del proceso del compostaje, así como para diagnosticar (29,31).

La ventilación se efectúa a través de un falso suelo perforado, ya sea por depresión (aspirado) ó por sobrepresión (soplado), pudiendo disponerse la recirculación del aire del proceso. Los lixiviados son recogidos, conducidos a un depósito (normalmente junto con las

pluviales de suelo) y reutilizados para la humectación de la siguiente partida. Ningún líquido sale del proceso al exterior, es un circuito cerrado. Los gases que no se recirculan son conducidos a biofiltros depuradores, con posibilidad intermedia de sistemas de lavado (scrubbers), refrigeración y/o humectación (29, 31).

Sus principales ventajas son la extrema robustez de las instalaciones, su baja ocupación de espacio y su control de las afecciones ambientales. El tiempo de permanencia normal está entre dos y tres semanas, con lo que se suele alcanzar un grado de estabilidad del residuo razonable, pero todavía no suficiente como para poder aplicar directamente el producto, por lo que es requerido un período de maduración posterior a la permanencia en túnel, generalmente mediante pilas ó mesetas volteadas, aunque hay instalaciones que disponen de túneles para la maduración del material de salida de los túneles donde se ha dado la descomposición inicial, aunque en estos casos la falta de volteos del material incide negativamente sobre la calidad y madurez del compost final (29, 31).

#### **3.1.8.7. Factores que condicionan el proceso de compostaje**

Actualmente el control del proceso de producción (compostaje) como del producto final (compost) se hace necesario para asegurar una óptima calidad como abono conservando su potencial nutritivo y con mínimos costos (29).

Durante el proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana y por consiguiente una adecuada degradación de la materia orgánica. El compostaje es bio-oxidativo por lo que exige condiciones biológicas controladas del proceso, para que no existan fases anaeróbicas como en el compostaje natural no controlado. El compostaje requiere un tiempo mínimo en el cual se deben controlar variables necesarias para garantizar la total terminación del proceso en un tiempo corto (29).

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos: parámetros de seguimiento y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato (29).

##### **3.1.8.7.1. Parámetros de seguimiento**

Son todos aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso. Entre los parámetros de seguimiento se encuentran: temperatura, humedad, pH, aireación y espacio libre (29).

#### **3.1.8.7.1.1 Temperatura**

La temperatura es rápida y fácil de medir, lo que hace el indicador más habitual del correcto desarrollo del proceso. En condiciones idóneas de humedad y aireación, una temperatura baja en las primeras etapas del proceso indica que el proceso no se está llevando a cabo de una forma correcta (9).

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo de 35 - 55 °C, para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas muchos microorganismos benéficos para el proceso mueren (suicidio microbiano) y otros no actúan por estar esporulados (2, 29, 34).

Pequeñas variaciones de temperatura afectan más la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH ó relación C/N (29).

#### **3.1.8.7.1.2 Humedad**

La humedad es necesaria para el desarrollo microbiano, ya que todas las reacciones biológicas tienen lugar en un medio acuoso. Se consideran como valores adecuados de humedad los que oscilan entre 40-60% en peso; pero el valor ideal depende del tipo de material, específicamente por su porosidad. La humedad y el suministro de oxígeno se encuentran íntimamente ligados y difícilmente se pueden considerar por separado. Si el contenido de humedad es bajo y el tamaño de partícula del material es adecuado, se puede corregir mediante riego, mientras que para corregir el exceso de humedad simple implica la aireación (2, 9, 34).

La actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%, por encima del 70% se produce un proceso de degradación anaeróbico que origina malos olores y disminución de la velocidad del proceso (2, 29, 34).

Con buen control de la humedad y de la aireación, puede llevarse a cabo el control de la temperatura. Esto debido a que durante el proceso de compostaje se debe llegar a un equilibrio entre los huecos de las partículas de los materiales (de tamaño variable que pueden llenarse de aire o agua) (2, 29, 34).

#### **3.1.8.7.1.3 Ph**

El pH tiene influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, por que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se provoca el descenso del pH (29).

En general los hongos toleran un margen entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menos capacidad de tolerancia de 6 - 7.5 (2, 34, 35).

#### 3.1.8.7.1.4 Aireación

Suministra oxígeno necesario para que el proceso sea aeróbico y garantizar así una fermentación completa. Además la aireación permite ahorrarse los malos olores provocados por un proceso anaeróbico. El proceso no tiene necesidades de oxígeno constantes, de manera que en la fase de descomposición habrá una demanda de aireación elevada, la cual ira disminuyendo a medida que avanza el proceso (9).

La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y la presencia ó ausencia de aireación forzada (2, 34).

#### 3.1.8.7.1.5 Espacio libre

Como el proceso es aeróbico y se necesita humedad para la descomposición de los materiales el agua que circula no debe de ocupar todo el espacio de los poros del material, para que permita la circulación del oxígeno y otros gases producidos durante el proceso (29).

El espacio de Aire Libre (Free Air Space, FAS), adoptado de la ciencia del suelo, relaciona los contenidos de humedad (H), la densidad aparente (Da), la densidad real (Dr) y la porosidad (P), es decir que tiene en cuenta la estructura física de los residuos (29).

El FAS, da idea de las actividades relativas de agua y aire existentes en la masa en compostaje (29).

$$FAS = P \left( 1 - \frac{H}{100} \right)$$

$$P = 100 \left( 1 - \frac{Da}{Dr} \right)$$

$$FAS = 100 \left( 1 - \frac{Da}{Dr} \right) \left( 1 - \frac{H}{100} \right)$$

P y H se expresan en porcentaje, Dr y Da en gramos por centímetro cubico (g/cm<sup>3</sup>).

Estudiando diferentes residuos, se estableció que el proceso de compostaje ocurrió con mayor rapidez (mayor consumo de oxígeno) cuando el valor FAS era de 30-35%,

independientemente de la naturaleza del sustrato (29).

### **3.1.8.7.2. Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato**

Son aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso. Entre estos parámetros tenemos: tipo de material, tamaño de partícula, relación C/N, relación C/P, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica (9, 29).

#### **3.1.8.7.2.1 Tipo de material**

Existen materiales orgánicos que presentan defectos que pueden corregirse para tener otro material idóneo para compostar, también hay que tener presente el uso final que se hará del compost (9).

Ciertos residuos orgánicos presentan contaminaciones físicas, químicas ó de cualquier otro tipo que no pueden ser solventadas y que pueden afectar el uso que se le de al producto final, por lo que deben desestimarse y habrá que buscar la solución más idónea para cada caso, la cual no tiene que pasar por el compostaje (9).

Los residuos que se muestran más adecuados para el compostaje son los que se señalan a continuación en orden de preferencia:

- a. Resíduos con alto contenido de materia orgánica biodegradable, procedentes de los mercados de de frutas y verduras, instalaciones de fabricación de comidas, restaurantes, parques, jardines etc.
- b. Fangos procedentes del tratamiento biológico de las aguas residuales vertidas por la industria de fabricación de alimentos, cría de animales, papeleras, textiles, etc.
- c. La fabricación orgánica de los residuos domésticos (9).

#### **3.1.8.7.2.2 Tamaño de partícula**

A menor tamaño de partícula, mayor es la superficie en contacto con los microorganismos, y consecuentemente, se facilita la degradación de la materia orgánica. El tamaño pequeño de partícula facilita la homogenización, mezclado de los materiales, favorece el aislamiento térmico, lo que ayuda al mantenimiento de las temperaturas óptimas durante todas las etapas del proceso (6, 29).

El exceso de partículas pequeñas, puede llevar fácilmente a la descomposición de los materiales y favorece la putrefacción, que no es ideal para obtener un buen

abono fermentado. En algunos casos estos problemas de aireación se corrigen mezclando al abono materiales de relleno de partículas mayores, como bagazo de caña picada, carbón vegetal grueso, etc (6, 29).

#### **3.1.8.7.2.3 Relación carbono nitrógeno (C/N)**

Se define la relación carbono nitrógeno como el suministro total de carbono en relación al nitrógeno total de la mezcla (2, 34).

Tradicionalmente se han considerado óptimas para el compostaje relaciones C/N entre 25:1 – 35:1, ya que el carbono tiene doble función, estructural y como fuente de energía, mientras que el nitrógeno solo es necesario para los microorganismos estructuralmente. Si la relación C/N es mayor a 35 resulta un proceso lento, ya que el crecimiento de la población microbiana se ve limitado por falta de N. Cuando la relación C/N es inferior al óptimo recomendado, el compostaje es más rápido y el exceso de N hace que los microorganismos lo transformen en forma de ion amonio fácilmente volatilizable y muy soluble, de manera que puede perderse con facilidad, produciéndose una autorregulación de la relación en el proceso (2, 6, 9, 29, 34, 35).

Estas pérdidas de N, no afectan el proceso de compostaje, pero se pierde N que es fundamental para los cultivos, así como un problema ambiental, ya que el amoniaco es un gas que contribuye al efecto de invernadero (2, 6, 9, 29, 34, 35).

Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para tener un compost equilibrado. Los materiales ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba, la viruta de pino, la cascarilla de arroz y el aserrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, los estiércoles animales y residuos de matadero (2, 34).

La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercano a 10, similar a la del humus. En la práctica, suele considerarse que un compost es suficientemente estable cuando la relación C/N es menor a 20 (29).

Al tener la relación C/N una gran dependencia de la riqueza inicial de N, un valor concreto de C/N no refleja el estado de madurez de un compost, por lo que es más indicado seguir la evolución de C/N del proceso ó calcular la diferencia entre los valores iniciales ó finales (29).

#### **3.1.8.7.2.4 Relación carbono fósforo (C/P)**

La relación C/P es óptima entre 75 y 150 a 1, mientras que la relación nitrógeno/fósforo (N/P) debe estar entre 5:1 y 20:1 (29).



El fósforo es el nutriente más importante, tras el C y el N, por lo que también debe estar presente en unas cantidades mínimas para que el proceso se lleve a cabo correctamente (29).

#### **3.1.8.7.2.5 Nutrientes**

Los microorganismos transforman la materia orgánica residual porque obtienen energía y elementos esenciales para desarrollar sus funciones vitales. Si no se dan estas condiciones los microorganismos no transformarán el residuo. Por lo que para compostar cualquier material orgánico hay que asegurar que el balance de nutrientes sea el correcto para que los microorganismos puedan desarrollar su actividad. Los nutrientes más importantes desde el punto de vista del compostaje son el carbono, el nitrógeno y el fósforo, por lo que las cantidades de cada uno de ellos como la proporción en la que se encuentran uno de otro es muy importante (9, 29).

La característica química más importante de los sustratos es su composición de nutrientes. La utilidad agronómica de los residuos con posibilidades de ser compostados esta en función de la disponibilidad de los elementos nutritivos que posea. Los microorganismos solo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas complejas se rompen en otras más simples (29).

Entre el inicio y final del proceso de compostaje se produce un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes, debido a la pérdida de la materia orgánica de la masa a compostar (29).

Existen nutrientes en menor cantidad (micronutrientes). Estos tienen un importante papel en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos (29).

#### **3.1.8.7.2.6 Materia orgánica**

El contenido de materia orgánica del compost, se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica. Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su degradación y a la pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico, estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada (29).

#### **3.1.8.7.2.7 Conductividad eléctrica**

Indica la salinidad del compost, y no debe ser muy superior a 2 mili Siemens por centímetro (mS/cm), para no provocar toxicidad en las plantas (29).

### 3.1.8.8. Microorganismos perjudiciales durante el compostaje

Entre los principales patógenos microbianos encontrados en los restos orgánicos animales (estiércol) como materias primas en el compostaje son: bacterias (**Salmonella** y **Escherinchia**), virus (**Enterovirus**), nemátodos (**Entamoeba**) y parásitos (**Ascaris**) (29).

Las temperaturas mínimas y máximas necesarias para la eliminación de los diferentes grupos de microorganismos fitopatógenos y punto de inactivación térmica de algunos patógenos y parásitos humanos son:

1. Parásitos vegetales:
  - a. Hongos: 35 – 70 °C.
  - b. Bacterias: 35 – 52 °C.
  - c. Virus: 47 – 72 °C.
  - d. Nemátodos y/o parásitos: 33 – 57 °C.
2. Parásitos humanos:
  - a. Bacterias: 55 – 67 °C, de 3 – 60 minutos.
  - b. Nemátodos y/o parásitos: 62 – 71 °C de 5 - 60 minutos.

### 3.1.9. GALLINAZA

La gallinaza es un abono orgánico de excelente calidad. Se compone de deyecciones y orina de aves de corral que pueden ser gallinas ponedoras de piso ó de jaula, en etapas de producción, solas ó mezcladas con otros materiales como plumas, alimento, huevos rotos y material de cama (cascarillas principalmente de arroz, viruta, aserrín, pasto seco, piedra pómez, etc.). También pueden ser excretas y orina de pollos de engorde en etapa de cría ó desarrollo, mezcladas con residuos de alimento, plumas y material de cama aunque a este tipo de abono orgánico se le conoce en algunos países como pollinaza, generalmente al hablar de gallinaza se refiere al abono obtenido de estiércol de gallinas ponedoras ó pollos de engorde (17, 19, 20, 24, 34, 35, 38).

La gallinaza esta constituida por, celulosa, albúminas, urea, acido úrico y esta unida a una gran población microbial (6).

#### 3.1.9.1. Cama utilizada en la crianza de pollos de engorde y gallinas ponedoras

Cama es el material sobre el que se realiza la crianza de pollos de engorde ó de gallinas ponedoras de piso, que debe aportar una superficie aislante, seca y cómoda para estos (5, 20, 35).

Las características de un buen material de cama son:

1. Esponjoso.
2. Aislante entre el pollo y el piso ya que este pierde calor principalmente por conducción de las patas al piso.
3. Ser capaz de regular la temperatura del gallinero.
4. Baja conductividad térmica.
5. Libre de microorganismos y toxinas perjudiciales a los pollos, ponedoras ó a los humanos: Las aves pueden consumir aproximadamente el 4% de su dieta en material de cama. Por ello, los materiales de cama no pueden contener contaminantes como pesticidas o metales, que pueden ser consumidos ó llevados al pollo de cualquier manera que puedan enfermar al pollo ó contaminar la carne.
6. Liviana y limpia de polvo.
7. Tener alta absorción de agua: Tienen mejor capacidad de absorción en su orden, cacahuate, viruta de pino, cascarilla de arroz, corteza de árbol, maíz, aserrín y rastrojo de paja.
8. Valor como abono.
9. Costo: Si un material no es más barato que los actuales, no va ser usado. Si un nuevo material de cama posee un valor mayor después de ser removido del galpón en comparación de los materiales de cama actuales ó si el mismo se vuelve difícil de conseguir ó si la calidad se deteriora, los productores pueden decidir en usar un material de cama alterno. Del 2002 al 2008 la cascarilla de arroz a aumentado su precio en el mercado en un 350% y la viruta de pino en un 300%, mientras que la paja ha aumentado en un 25%. Es preferible pagar más por un material de cama de buena calidad, seria ideal que solo se transporte este material en el vehículo y que el proveedor sea únicamente de la empresa y de ninguna más.
10. Disponibilidad: Algunos productos pueden ser muy eficientes una vez aplicados pero si por alguna razón son difíciles de obtener no va a ser muy favorable usar como material de cama. Mientras la industria avícola en Estados Unidos y hoy en día Centroamérica ha crecido y expandido, la disponibilidad de virutas de pino, cascarilla de arroz y aserrín como materiales de desecho ha disminuido. Debe disponerse de un proveedor perfectamente confiable y con conocimiento de la importancia de los factores que pueden afectar negativamente la salud de las aves.

La escasez de materiales de cama adecuados es un creciente problema en muchas zonas productoras de aves de piso ó nido. El bajo suministro de viruta de pino y la

pérdida de otros materiales que compiten está haciendo que sea caro ó difícil para los productores la compra de materiales de cama.

11. Diluyente, que diluya el material fecal minimizando el contacto de las aves con las excretas (4, 5, 12, 14, 15, 20, 23).

### 3.1.9.1.1 Materiales de cama utilizados

Se puede considerar que la viruta de pino y la cascarilla de arroz son los dos tipos de cama que más utiliza la industria avícola en general hoy en día (20).

Los otros materiales recomendados para cubrir el piso de los galpones son: cascarillas (maní, girasol, café), arena, piedra pómez, rastrojos de cosecha bien picados (paja de trigo, paja de avena, tusa de maíz, olotes quebrados, bagazo de caña, tallos de yuca, sorgo forrajero y gramíneas en general), turba seca, corteza de árbol, aserrín, papel, etc. Todos los materiales utilizados como cama en la crianza de pollos ó de gallinas ponedoras de piso son buenos pero dependen del manejo (5, 12, 15, 20, 35).

A continuación se detalla las ventajas y desventajas de algunos materiales utilizados como cama:

1. Cascarilla de arroz:

Ventajas: Fácil de manejar, liviana, de fácil diseminación y uniforme, es un buen aislante, facilita la aireación, la retención de humedad y nutrientes, es una fuente rica en sílice.

Desventajas: Su costo es caro en algunos países, la disponibilidad ha disminuido en los últimos años, no tiene muy buena absorción, se llena de hongos y se putrefacta muy rápido, este material esta muy contaminado y con residuos de arrocillo que ingieren las aves en los primeros días y hasta en la primeras semanas.

Se tiene que descamar para que no se formen costras (mucho trabajo, aunado a los múltiples trabajos de la galera y al poco tiempo que se dispone).

2. Viruta de pino: Madera no tratada.

Ventajas: Tiene gran capacidad de absorción, tiene poco polvo, buen aislante térmico, baja presencia de amoníaco.

Desventajas: El costo y la disponibilidad en algunos países, retiene mucho tiempo la humedad más densa y más propensa para la formación de costras.

Absorbe el agua en las fibras de la viruta, las cáscaras retiene la humedad en la parte de abajo, dejando seco la superficie.

3. Piedra Pómez:

**Ventajas:** Es esponjosa, porosa lo que le permite absorber y retener mucha humedad, es muy ligera, provee de una buena aireación a la cama por la porosidad, contiene los siguientes óxidos metálicos  $\text{SiO}_2$  (71%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12.8%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1.75%),  $\text{CaO}$  (1.36%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (3.23%),  $\text{K}_2\text{O}$  (3.83%) y  $\text{H}_2\text{O}$  (3.88%), para Guatemala su gran disponibilidad y precio.

**Desventajas:** No es disponible en todos los países, a veces según el tratamiento previo antes de esparcirlo en el galpón, contiene mucho polvo.

4. **Arena:**

La arena no es nueva su uso como material de cama, aunque esta recibiendo interés en el sur de Estados Unidos.

**Ventajas:** Es menos voluminosa, se realiza más rápida la limpieza, la desinfección más eficaz, puede ser utilizada por periodos más largos de tiempo, su disponibilidad.

**Desventajas:** El precio, es muy pesado, se compacta mucho y tiene un espacio poroso pequeño para la aireación.

5. **Aserrín:**

**Ventaja:** Barato, muy absorbente.

**Desventaja:** Muy fino y polvoriento, por lo que afecta las vías respiratorias y ojos de las aves y de los trabajadores de los galpones, forma costras fácilmente, frecuentemente contiene alta humedad que facilita el crecimiento de hongos.

6. **Paja picada:** Tamaño máximo de picado 3-4 centímetros.

La paja de trigo es preferida a la de avena por sus propiedades absorbentes.

**Ventajas:** absorbente, precio bajo.

**Desventajas:** Tiende a compactarse, fácil proliferación de hongos por la putrefacción del material. La paja bruta picada tiene la tendencia a apelmazarse durante las primeras semanas.

7. **Cascarilla de maní:** Según algunos productores es la mejor, le siguen la cascarilla de arroz y viruta. **Ventajas:** Es de fácil manejo.

**Desventajas:** Tiene la tendencia a apelmazarse y formar costras.

8. **Cascarilla de girasol:** Según algunos estudios es la mejor en la relación costo/beneficio, seguido de la viruta de pino, cascarilla de arroz y la cascarilla de maní.

9. **Desperdicio de caña de azúcar:** Es la solución en algunas áreas.

10. **Papel:**

**Desventajas:** Es difícil de manejar cuando esta mojado y tiene la tendencia a

apelmazarse y formar costras. El papel brillante no da buenos resultados (5, 12, 15, 20, 28).

### **3.1.9.2. Calidad de la gallinaza**

La calidad de la gallinaza esta determinada principalmente por: el tipo de ave (pollos de engorde, gallinas ponedoras de piso ó jaula), la cama (material, profundidad, la reutilización ó cama limpia), el tipo de alimento, la edad del ave, la cantidad de alimento desperdiciado, la cantidad de plumas, la humedad, temperatura y ventilación del galpón. También son muy importantes el tiempo de permanencia dentro del galpón (una conservación prolongada en el gallinero, con desprendimiento abundante de olores amoniacaes, reduce considerablemente, su contenido de nitrógeno), el transporte, el compostaje (método y técnica, sistema, clase, control de parámetros, manejo en general) y finalmente el almacenamiento (9,17, 18, 29, 31, 34).

### **3.1.9.3. Valor de la gallinaza**

El contenido de nutrientes de la gallinaza es variable y depende del régimen de alimentación del ave basado en subproductos de maíz, arroz, trigo, harina de pescado, torta de soya, melaza, vitaminas (A, D, E y K) y algunos minerales como Mg y K (6).

La gallinaza proveniente de ponedoras contiene más nutrientes que la que proviene de pollos de engorde, principalmente a la dieta más rica que recibe la ponedora, unido al mayor tiempo que acumula y a la ausencia de cama (17, 20).

La experiencia desarrollada por muchos agricultores de Centroamérica y Brasil viene demostrando que la mejor gallinaza para la fabricación de los abonos orgánicos es la que se origina en la cría de gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto. Ellos evitan el uso de gallinaza que se origina a partir de la cría de pollos de engorde, porque esta presenta una mayor cantidad de agua, residuos de coccidiostatos y antibióticos, que irán a interferir en el proceso de fermentación de los abonos por la muerte de microorganismos (35).

El contenido de humedad de la gallinaza de aves criadas en piso usualmente se encuentra entre 15 - 25%. Durante la época seca tiende a disminuir y se incrementa durante la época lluviosa. El contenido de humedad de la gallinaza de aves criadas en jaula generalmente tiene valores mucho mayores que las de aves criadas en piso, pero pueden variar ampliamente de acuerdo al sistema de producción (34).

CUADRO 7. Características de los diferentes tipos de gallinaza (%)

Parámetros	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso	Pollos de engorde
pH	9	8	9.5
Conductividad (mS/cm)	6.9	1.6	4.1
Humedad	57.8	34.8	25.8
Cenizas	23.7	14	39
Materia orgánica	34.1	42.1	39.6
Carbono orgánico	19.6	24.4	23.5
Relación C/N	6.2	12.1	10.0
Nitrógeno	3.2	2.02	2.5
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	7.39	3.6	4.6
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.9	0.89	2.1
C.I.C (*meq/100 **g muestra)	58.2	77	
C.I.C (meq/100 g M.O)	226	138	125
Liposolubles	3	0.96	-
Retención de agua (***)ml/g muestra)	1.39	0.86	-
Contenido de hidrosolubles	4.1	5.5	-
Densidad aparente (g/cc)	0.57	0.27	-

\*meq = mili equivalentes      \*\*g= gramos      \*\*\*ml = cc = mililitros

FUENTE: Estrada, M (17).

La composición de la gallinaza cambia de acuerdo al momento de recolección y al tipo de almacenamiento, tal como se aprecia en el cuadro 8.

CUADRO 8. Valor como abono de la gallinaza de ponedoras de jaula

Tipo de gallinaza	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Acido fosfórico (%)	Potasio (%)
Fresca	70 – 80	1,1 - 1,6	0,9 - 1,4	0,4 - 0,6
Acumulada unos meses	50 – 60	1,4 - 2,1	1,1 - 1,7	0,7 – 1
Almacenada en foso profundo	12 – 25	2,5 - 3,5	2 – 3	1,4 - 2
Desecada industrialmente	7 – 15	3,6 - 5,5	3,1 - 4,5	1,5 - 2,4

FUENTE: Estrada, M (17).

#### 3.1.9.4. Beneficios al utilizar gallinaza

La gallinaza se puede utilizar para la alimentación de ganado, fertilización de los suelos y producción de biogás (17).

La gallinaza es la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de abonos fermentados. Su principal aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen, puede aportar otros materiales orgánicos en mayor ó menor cantidad, los cuales mejoran las características físicas del suelo (35).

Uno de los nutrientes más variables es la proteína cruda, la cual es afectada por la humedad que contenga, ya que las bacterias presentes en el material desdoblan el ácido úrico y lo convierten en amoniaco, el cual se evapora. Otro aspecto importante en la gallinaza es su alto contenido de calcio, que alcanza valores de 6% en promedio; en algunos casos se observan valores de 10-12% (38).

La gallinaza se diferencia de otros estiércoles, porque posee, un mayor contenido de nutrientes, debido a las altas concentraciones en las raciones que consumen y a la poca agua del estiércol, pero como ocurre con otros materiales, la composición final depende del proceso de deshidratación (compostaje generalmente aeróbico) adecuado manejo, almacenamiento, cantidad de cama utilizada entre otros (6, 16, 19, 36).

Su valor como fertilizante depende en gran parte de la humedad, que puede variar desde el 75% en la gallinaza fresca hasta el 8% en la gallinaza deshidratada artificialmente (16, 19).

La gallinaza es útil para regeneración de suelos maltratados, porque mejora el intercambio catiónico (1).

El aporte de gallinaza al suelo, aumenta ó mantiene el nivel elevado de elementos asimilables impidiendo ó compensando la disminución que se produce normalmente como consecuencia de la exportación de nutrientes por las cosechas. Así mismo constituye un medio de evitar daños y enfermedades producidas por carencia de algún microelemento (39).

La gallinaza mejora perceptiblemente la estabilidad estructural del suelo disminuyendo por tanto el peligro de erosión. Produce también descenso en la densidad aparente, aumenta la retención de agua y la temperatura del suelo. Además, provoca un aumento general de la porosidad y de la conductividad hidráulica, favoreciendo la infiltración, lo que hace que disminuya la escorrentía superficial y riesgo de erosión (39).

La permeabilidad de los suelos al aire disminuye cuando la cantidad de gallinaza aumenta, pero el período de anorexia se estima que solo dura unas hora. El potencial redox, sigue un modelo similar, prevaleciendo condiciones altamente reductoras hasta el tercer día,



esta condiciones pueden favorecer la asimilabilidad del fósforo pero también puede haber riesgo de pérdidas de nitrógeno por desnitrificación (39).

El pH del suelo abonado con gallinaza aumenta por liberación de amonio, aunque este efecto puede transformarse a la larga en una acidificación como consecuencia de la oxidación del amonio a ácido nítrico; no obstante, este efecto es muy lento en los suelos ácidos porque la nitrificación no está favorecida en este tipo de suelos (39).

Los datos de Lopez-Cezati, citado por Martínez (27), muestran el efecto de la aplicación anual de 20 toneladas de gallinaza durante 10 años, sobre el aumento de la población microbiana en un Andinosol sometido al cultivo de maíz año con año.

CUADRO 9. Efecto de la aplicación anual de 20 toneladas de gallinaza durante 10 años sobre la población microbiana del suelo

Gallinaza (toneladas/hectárea)	Hongos ( $10^5$ g)	Actinomicetos ( $10^6$ g)	Bacterias ( $10^7$ g)
0	2,4	3,1	2,2
20	3,2	4,6	3,8

FUENTE: Martínez, C (27).

Al utilizar abonos muy solubles, como la gallinaza se reduce el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, ríos y embalses (aguas destinadas para el consumo humano) por nitrógeno, porque las plantas aprovechan únicamente el 50% de este elemento aportado por el abono químico, por lo que el exceso de este se pierde, pero se debe tener mucho cuidado de no aportar excesivas dosis (40).

### 3.1.9.5. Impacto ambiental del uso de gallinaza

Las responsabilidades con relación al posible impacto ambiental negativo de los residuos generados. Si bien es cierto que los productores de gallinaza la venden o la utilizan como fertilizante, no es de menos importante el hecho de que industria es la generadora del residuo. La responsabilidad del avicultor termina al momento de vender la gallinaza, para convertirse ese residuo en responsabilidad exclusiva del comprador (13).

### 3.1.9.5.1. Riesgos en la aplicación

Cuando se fertiliza con gallinaza mal procesada las plantas presentan problemas de amarillamiento causada por ácidos, presencia de enfermedades y fertilización deficiente. Se debe tener cuidado y aplicar gallinaza bien procesada, ya que los problemas patológicos originados por el uso de gallinaza mal procesada pueden ser graves e irreversibles (13).

En las explotaciones de jaula, la gallinaza tiene un alto contenido de humedad y altos niveles de nitrógeno, que se volatiliza rápidamente, creando malos y fuertes olores, perdiendo calidad como fertilizante. Para solucionar este problema es necesario someter la gallinaza a secado, que además facilita su manejo. Al ser deshidratada, se produce un proceso de fermentación aeróbica que genera nitrógeno orgánico, siendo mucho más estable (17).

La gallinaza fresca pierde nitrógeno en forma de amoníaco muy fácilmente, el contenido de nitrógeno puede ser de 1.5% en la gallinaza mal almacenada y del 4% en la gallinaza deshidratada y bien almacenada. Además la gallinaza fresca contiene hongos, bacterias y semillas contaminantes (1, 6, 16, 19).

El inadecuado manejo de la gallinaza y la pollinaza es uno de los factores que contribuye a la debilidad sanitaria del ambiente, además se complica cuando se transporta en carreteras departamentales e interdepartamentales en estado fresco, porque es una fuente segura de diseminación de virus patógenos. Lo más preocupante es la cada vez más frecuente venta de gallinaza sin procesar (14).

La gallinaza por su composición y grado de humedad, son descompuestos rápidamente por bacterias, en condiciones de muy buena aireación, produciendo altas temperaturas, por lo que no es recomendable que se aplique fresco a las plantas, por que puede producir efectos adversos al suelo y plantas (6,16, 17).

Cuando la gallinaza se aplica al terreno que se quiere fertilizar en forma indiscriminada y continuada, ocasiona en primer lugar una acción mecánica, la cual consiste en un taponamiento de los poros del suelo, disminuyendo la capacidad de drenaje del terreno. Posteriormente comienza una acción química en donde se presenta una degradación natural estructural del suelo, ocasionado por el alto contenido de sales y nutrientes; como consecuencia de la acumulación progresiva de residuos, se genera una acción biológica consistente en el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los animales y el hombre. Finalmente el exceso de material orgánico y nutriente puede ocasionar una disminución del oxígeno (hasta anaerobiosis) en el medio, dificultando la mineralización del nitrógeno, de otra parte, las plantas absorben nitrógeno en cantidades mayores a las que pueden asimilar,

presentándose una acumulación de nitratos, que pueden generar proteínas de intoxicaciones (13).

Debido a los altos niveles de materia orgánica y nutrientes de la gallinaza, si esta es vertida (también el agua utilizada en la limpieza de galpones) en ríos, manantiales, fuentes friáticas, ocasiona problemas de eutrofización, la cual consiste en una disminución dramática del oxígeno, empleado para la oxidación del material orgánico y nutrientes. Con el agotamiento del oxígeno, desaparece la vida acuática (13).

### **3.1.9.5.2. Legislación ambiental**

Las legislaciones en los países desarrollados con serios problemas de contaminación obliga al productor a vender un residuo determinado, a caracterizarlo biológica y fisicoquímicamente, a conocer sus volúmenes de producción y a implantar sistemas de estabilización que garanticen un producto final seguro desde el punto de vista bioquímico y ambiental, a las que el comprador tendrá que disponer de el, en forma correcta a través de planes de fertilización (13).

En Europa las legislaciones ambientales, prohíben el uso de gallinazas frescas sin procesar (17).

Actualmente, las gallinazas se vienen utilizando sin tratamiento alguno en todo Latinoamérica, lo que ha provocado la contaminación de malezas de los campos agrícolas, a su vez no se ha tenido en cuenta que la gallinaza sin tratar contiene 10% de Fenoles y 8% de Biuret, elementos gaseosos altamente nocivos para el sistema radicular vegetal (1).

La gallinaza sin procesar no se encuentra libre de residuos dañinos de origen animal (nemátodos, artrópodos, insectos), lo mismo sucede con los de origen vegetal (hongos y bacterias). Además, la materia orgánica de la gallinaza sin compostar no se descompone totalmente, ocasionando una pérdida considerable de esta. Cuando se amontona sin incorporar al suelo en 48 horas pierde el 30% de nitrógeno y el resultado final es un producto sin capacidad fertilizante (1).

El uso de la gallinaza, ha sido regulado en países como Costa Rica, con la finalidad de recomendar el tratamiento previo de los mismos a fin de reducir al mínimo la contaminación del ambiente, la generación de desechos y los riesgos para la salud humana y animal. De tal manera que es necesario su procesamiento anaeróbico ó aeróbico para la utilización posterior bien sea de su extracto, fracción soluble ó del compost (24, 38).

En Guatemala todavía se vende gallinaza cruda, sin procesar, lo que provoca un manejo inadecuado, esto principalmente en el altiplano, donde procesan en forma empírica dentro de

las casas la gallinaza que fue comprada en una granja de pollos de engorde ó de gallinas ponedoras, que además es transportada por varios kilómetros, sin un control adecuado, esta gallinaza fresca crea extrema proliferación de moscas y reproducción de bacterias e insectos que son vectores de enfermedades (21).

La gallinaza cruda tiene mucha humedad y aunado al clima húmedo de la región en época lluviosa que es cuando es utilizada, dificulta el proceso de compostaje, que genera muchos gases. Lo ideal es utilizar gallinaza procesada, pero debido al precio más bajo de la gallinaza cruda esta es la que siguen usando (21).

La reglamentación del manejo, producción y comercialización de la gallinaza no esta regulada por el MAGA, como si sucede con otros países de Centroamérica como El Salvador, Honduras y Costa Rica, así como México, Estados Unidos, Colombia, Brasil, y Venezuela, entre otros (25, 26).

#### **3.1.9.6. Producción de gallinaza**

La cantidad de gallinaza producida depende de diversos factores, como se describe a continuación:

1. Edad del ave:

Las aves jóvenes producen menos excretas, debido a su bajo consumo de alimento en sus primeras etapas de vida.

2. Línea:

En pollos de engorde la situación es compleja debido a que la cantidad de gallinaza producida es una mezcla de deyecciones y el material utilizado como cama.

3. Consumo de alimento:

La producción de heces por parte de las aves depende de la cantidad de alimento consumido; así, para el pollo de engorde la relación alimento: deyecciones es de 1 a 1.1 o 1 a 1.2, con una humedad entre el 70 al 80% y una relación de 1:1 en ponedoras. Lo anterior es teniendo en cuenta la digestibilidad del alimento del 70 al 80%, con los mismos valores de humedad (17).

Desde el punto de vista teórico, hay que tener en cuenta que por cada kilo de alimento consumido los pollos producen alrededor de 1.1 - 1.2 kilos de deyecciones frescas, con el 70 - 80% de humedad. En deyecciones totalmente secas esto supondría unos 0.2 - 0.3 kilos por ave y por kilo de alimento consumido (17).

La cantidad de material utilizado como cama, en el caso de la viruta de pino, varía entre 5 a 8 kilos de cama/m<sup>2</sup> de superficie del galpón, lo que a una densidad de 15 pollos/m<sup>2</sup>, supone de 0.3 - 0.5 kg/pollo (17).

La producción de gallinaza pura y seca, al final del período, depende del peso vivo y de su consumo total, pudiéndose estimar entre 20 y 28 kg/ave (17).

La cantidad de gallinaza, junto con la viruta, que puede recogerse al final de la cría en un galpón de pollos, depende de; la cantidad de cama de viruta, de la humedad del producto final, estimándose que puede variar entre 1.5 y 2 kilogramos por pollo, con una humedad entre 20-30% (17).

La producción de gallinaza de ponedoras, la gallinaza se recoge en forma pura (explotaciones en jaula), por lo que aparentemente parece más sencillo. Pero como existen diversos sistemas de recogida de deyecciones (en función de su periodicidad y/o si se dispone de un procesado ó no), hace que la humedad (70 - 80%) de estas varíe considerablemente, lo que afecta a su producción aparente (17).

Es recomendable expresar la producción de gallinaza de las ponedoras en materia seca y en relación al consumo de alimento, como en el cuadro 10.

CUADRO 10. Estimación de la producción de deyecciones de las ponedoras

Tipo de gallina	Consumo de alimento (g/ave/día)	Digestibilidad del alimento (%)	Materia Seca deyecciones (g/ave/día)
Liviana	100 – 110	75 - 80	20 - 27
Semi pesada	110 – 120	75 – 80	22 – 30

FUENTE: Estrada, M (17).

En el 2003 se estima que la producción anual de gallinaza fue de 27,100 toneladas de gallinaza de las granjas de ponedoras, 27,130 toneladas de gallinaza generadas por las aves de engorde y 24,516 toneladas de gallinaza de las aves de patio, con lo que tenemos un total de 78,746 toneladas (1,574,920 quintales de gallinaza). Se estima que cerca del 75-80% de la gallinaza se utiliza como abono. La mayoría es comercializada fresca ó seca y en un mínimo porcentaje se composta, el resto se queda en el suelo ó se va a los ríos por escorrentía (33).

Para el año 2008, se estima que la producción de gallinaza procesada fué de 100,000 toneladas (2,000,000 quintales) de una producción total estimada de 130,000 toneladas (2,600,000 quintales) (41).

### 3.1.9.6.1 Técnicas de compostaje en la producción de gallinaza

Los sistemas de compostaje varían a acuerdo con las condiciones de aireación, período de volteo y calidad requerida en el subproducto final. La elección de ellas depende del interés de comercializar un subproducto, la inversión inicial, costos de operación, disponibilidad de áreas, la complejidad operacional y las restricciones sanitarias y ambientales (18).

Cuando la gallinaza se utilice como fertilizante, enmienda, mejorador de suelos ó como parte del sustrato de los cultivos agrícolas, los tratamientos permitidos serán:

- a. Secado mediante proceso térmico que mantenga la gallinaza durante un mínimo de 15 minutos continuos a una temperatura igual o superior a 60 °C. Se podrá disminuir el tiempo con el aumento de temperatura.
- b. Peletizado con una temperatura de proceso superior a 70 °C.
- c. Extrusado.
- d. Compostaje aeróbico de la gallinaza sola ó mezclada con otros materiales, durante el cual se alcancen temperaturas superiores a 55 °C en forma continua por cinco días como mínimo.
- e. Tratamiento con vapor de agua de la gallinaza sola o mezclada con otros materiales a una temperatura mínima continua de 105 °C durante 6 minutos como mínimo.
- f. Tratamiento de elevación espontánea de temperatura. Luego que la gallinaza ha sido conglomerada, deberá humedecerse y cubrirse con plástico o lona, preferentemente de color negro, debiendo removerse periódicamente. El propósito será que la temperatura ascienda en las excretas a 55 °C mínimo, durante 3 a 5 días continuos, dependiendo de las condiciones climáticas.

Posteriormente se deberá agregar alguna sustancia ó realizar procedimientos que eviten la proliferación de moscas, este tratamiento se realiza en la galera, luego de la salida de las aves, es un método muy utilizado en Colombia, recomendado por la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), como un tratamiento rápido y práctico para las granjas que no tienen una planta de procesamiento y permite no vender gallinaza cruda.

- g. Otros tratamientos físicos, químicos o biológicos aprobados por el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Salud del país donde se realice el compostaje (18, 24).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL

1. Sistematizar las experiencias del manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola.

### 4.2. ESPECÍFICOS

1. Recopilar y sintetizar toda la información generada y adquirida a través de los años de experiencia propia y en forma documental del manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola.
2. Ser una fuente bibliográfica del manejo, producción y comercialización de la gallinaza, para orientar a los estudiantes, así como a los productores, comercializadores y usuarios para garantizar resultados satisfactorios sin deterioro del ambiente.
3. Elaborar un manual del manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1. FUENTES DE INFORMACIÓN**

Las fuentes de información para la integración del presente documento, básicamente estuvieron constituidos por:

- A. Información de las observaciones personales.
- B. Información sobre apreciaciones de trabajadores vinculados directamente al manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola.
- C. Información bibliográfica de fuentes relacionadas con el manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola.

### **5.2. ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Tanto la información de las observaciones personales del autor, información importante de los trabajadores vinculados directamente al manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola y la información bibliográfica, en primer lugar fue recopilada y consolidada a fin de poder descartar toda aquella que no se relacionara directamente con el manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola, luego toda la información del manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola se tamizó a fin de descartar información redundante sobre el tema; finalmente se procedió a ordenarla en ítems sencillos y fáciles de entender a manera de enunciados, para facilitar la lectura y comprensión.



## 6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la presente investigación se encuentran en el siguiente manual del manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola que esta elaborado en orden cronológico:

### 6.1 MANEJO DE GALLINAZA

Para lograr que la gallinaza se convierta en un producto de alta calidad, para el productor avícola y para el consumidor, es indispensable que se apliquen diferentes practicas de manejo:

#### 6.1.1 Manejo en el galpón

##### 6.1.1.1 Descanso en el galpón

El descanso del galpón es otra regla de oro de la bioseguridad, actualmente el descanso se ha reducido a menos de diez ó doce días. El período de desocupación efectiva de la granja debe de contarse desde el día en que se termina de desinfectar, y termina cuando ingresa el primer material de cama. Se debe procurar que la desocupación efectiva sea lo más prolongada posible, como mínimo 12 días (5, 14).

##### 6.1.1.2 Revisión de galpones

Revisar techos del galpón y realizar reparaciones si existen goteras, además hay que revisar bebederos para evitar fugas, así como una revisión minuciosa de cortinas (rasgadas, rotas ó sucias), para su posterior reparación de ser necesario para evitar la posterior entrada de agua de lluvia por los costados, finalmente revisar los conductos por donde es eliminada el agua de lluvia (22).

##### 6.1.1.3 Limpieza de galpones

Lo primero que debe de hacerse es un barrido profundo en seco de los residuos de gallinaza del galpón (paredes, techos, mallas, cortinas, estructuras, hendiduras y pisos en la parte interna y externa del galpón), así como de toda la granja (4, 10).

Luego se realiza un lavado en todo el galpón (interior y exterior), empleando agua y detergente a presión, para eliminar los residuos de gallinaza en las hendiduras de pisos y paredes. Lavar techos, paredes, mallas, estructuras, etc. del galpón (interior y exterior), así como de toda la granja (4, 10).

Finalmente enjuagar solo con agua a presión abarcado todo el interior y exterior del galpón y dejar secar completamente durante 20 a 30 minutos (4, 10).

#### **6.1.1.4 Desinfección de galpones**

Lo primero es una desinfección física, flameando pisos y paredes. Luego aplicar un desinfectante de amplio espectro de acción, aplicándolo en spray ó niebla fina (termo nebulización). Se puede utilizar formol 37%, con una dosis de 50 ml/litro de agua por aspersion (4, 10).

Fumigar con un insecticida pisos, techos y paredes, además realizar un blanqueado de paredes y culatas interno y externo, utilizando cal ó carburo, también se debe de aplicar una capa fina de cal a los pisos (la cal desinfecta) (4, 10).

Desinfectar tanque y tuberías con yodo, en una dosis de 5 ml/litro de agua. Esta solución se deja por un periodo de 8 a 24 horas y luego se elimina del sistema y se enjuaga con abundante agua (10).

Finalmente cerrar el galpón (encortinado), por 2 – 4 días (4, 10).

#### **6.1.1.5 Manejo de la cama**

Históricamente, hay que tomar en cuenta muchos factores para el manejo adecuado de los materiales de cama. Esto incluye el tipo de material usado, el tiempo de uso, la profundidad de la cama, área por ave, equipo usado para la alimentación, el tipo de piso, el sistema de ventilación y la incidencia de enfermedades, que pueden afectar el material de cama y su valor como fertilizante, por eso los materiales alternativos antes de utilizarlos por la granja deben ser evaluados muy cuidadosamente (20).

El manejo de la cama debe ser un esfuerzo organizado tanto del personal de compañía avícola como del mismo productor en una forma integrada (23).

##### **6.1.1.5.1 Recepción**

Recibir material de cama de buena calidad (seca, suelta y en cantidad suficiente), lo ideal es tener un solo proveedor del material de cama, así como que sea proveedor exclusivo de la empresa avícola. Disponer de análisis previo de libre de Salmonella (4, 5, 22).

##### **6.1.1.5.2 Desinfección**

En algunas granjas y es lo ideal tener bodegas para almacenar el material de cama tanto para aves de piso ó para nido, a la entrada misma de la granja para evitar la entrada de los vehículos que transportan el material de cama al interior de la granja. En estas bodegas se

aplica desinfección a base de fenoles naturales, por aspersión y dándose volteos, permitiendo su secado para proceder a su traslado a los galpones (4, 5).

Para las aves de nido, se aplica formaldehído granulado a razón de 15 a 30 gramos por hueco de nido, mezclándose con el material de cama y para las aves de piso se realiza desinfecciones dentro del galpón de ser necesarias. Se puede tratar la cama antes de entrar las aves una vez extendida. Tomar muestras para el análisis de Salmonella. Realizar una desinfección general en todas aquellas explotaciones avícolas en las que se haya detectado la presencia de Salmonella (4, 5).

#### **6.1.1.5.3 Material de cama**

El tipo de cama a utilizar depende: la zona de crianza (clima seco y caluroso a climas fríos y muy húmedos), la ventilación, instalaciones del galpón (tipo de bebederos y su estado, el agua) y el costo/beneficio (15).

#### **6.1.1.5.4 Profundidad**

Se entra el material de cama (limpio y seco) al galpón esparciéndolo de una manera uniforme sobre el piso limpio y seco y se realiza una desinfección aérea (aerosol terapia), a todo el interior del galpón con un desinfectante (amonio cuaternario), antes del ingreso de las aves (4).

El grosor de la cama depende del tipo de material utilizado, del tipo de ave, de la temperatura del piso, de la capacidad de aislamiento del material, del costo de la cama y de la temperatura ambiente de la caseta (30 – 32 °C), pero en términos generales es de 10 centímetros para galpones de pollos de engorde y de 15 centímetros para granjas de reproductoras y ponedoras (22).

Otros autores recomiendan una profundidad para pollos de engorde de 7 cm (viruta de pino) y 10 cm (paja), así como para aves reproductoras 14 cm (viruta de pino) y 20 cm (paja) (5).

#### **6.1.1.5.5 Humedad**

Se debe evitar que se presenten altas humedades (mayores de 35%) dentro del galpón. Este factor es el causante de la producción de altas concentraciones de gases, malos olores y pérdida de elementos como el nitrógeno. El manejo de la reducción de la humedad se logra con una buena ventilación, evitar fugas de agua de tuberías de los equipos de bebida y una rápida recolección de heces frescas (17).

CUADRO 11. Requerimientos mínimos de profundidad de cama de pollos de engorde

Tipo de cama	Profundidad mínima o volúmen
Viruta de madera	2.5 cm
Aserrín seco	2.5 cm
Cascarilla de arroz	5cm
Cascarilla de girasol	5 cm
Paja	1 kg / m <sup>2</sup>

FUENTE: Cobb-Vantres (12).

La cama puede humedecerse por descuido de fuga de agua de bebederos, por no corregir goteras de los techos, no controlar aguas de escorrentía ó de agua de lluvia que entre por los costados. La cama mojada, debe voltearse, adicionarle más material de cama seco ó sacarse afuera del galpón a una marquesina de secado (22).

La humedad es menor en galpones donde se utiliza el sistema de bebedores de nipple y mayor cuando el sistema de bebederos es de campana ó canoas abiertas. Además los techos deben de estar en buenas condiciones (34).

Si la cama debajo de los bebederos, se moja, se debe actuar rápidamente y revisar la presión de agua de los bebederos. Después de que la causa se identifique y se corrija se debe poner cama fresca ó cama seca del mismo galpón sobre las áreas afectadas. Tomar esta acción estimula a que las aves vuelvan a utilizar el área del galpón. Cuando se reutilice la cama es imperativo remover toda la cama húmeda y apelmazarla (12).

Una buena y práctica forma de evaluar la humedad de la cama del galpón es recoger un puñado de esta y exprimirla suavemente. La cama debe adherirse levemente a la mano y romperse cuando cae al piso. Si la humedad es excesiva se mantendrá compacta aun después de caer al piso. Si la cama esta demasiada seca no se adherirá a la mano al exprimirla (12).

Durante las siete semanas de producción de pollos de engorde se debe manejar el control de la humedad de la cama, especialmente debajo y al lado de los bebederos, esta operación debe ser realizada muy temprano en la mañana ó en la noche, el manejo de la cama consiste en remover la cama, este es más difícil de realizar en la últimas semanas por el tamaño y peso de los pollos (10).

CUADRO 12. Humedad óptima de la cama por semana en pollos de engorde

Edad (semanas)	Humedad (%)
2	15 - 20 (polvo)
3	18 - 24
4	21 - 38
5	24 - 32
6	27 - 36 (trozos grandes y manchas)
7	30 - 40 (pastel)

FUENTE: Barragan, J (5).

#### 6.1.1.5.6 Degradación

Las causas que provocan degradación de la cama son dos:

- a. Las conductas de crianza: La humedad de 20,000 pollos da una producción aproximada de 40 toneladas métricas de heces, las condiciones ambientales, la cantidad y tipo de cama, la densidad animal, la distribución de la cama (debe estar uniforme y no deben existir montañas rusas) (5).
- b. Los accidentes: Pérdidas de agua y la enteritis (viral, bacteriana, nutricional, ambiental, fisiológica) (5).

En camas de pollos de engorde, el contenido de nitrógeno después de 2 meses empieza a disminuir por volatilización. Mientras que en las aves ponedoras con el tiempo se incrementa el contenido de cenizas por la deposición de heces ricas en minerales (4).

CUADRO 13. Persistencia de microorganismos en la cama

Días	Semanas	Meses
Micoplasma	Pasterelas	Estafilococos
Hemofilus	NDV	Salmonella
Espiroqueta		E Coli
LTV		IBDV
IBV		Ooquistes
		Esporas

FUENTE: Barragan, J (5).

#### **6.1.1.5.7 Aditivos que mejoran la calidad de la cama**

Los aditivos que se pueden utilizar para mejorar la calidad de la cama son: formalina al 3%, ácidos propionicos y acéticos de 1 a 3%, ácido láctico ó cloramina al 1% (cuando existan problemas de contaminación graves), vermiculita, lignosulfatos a 9.5 kg/m<sup>3</sup>. En general todos los anteriores aditivos reducen la carga bacteriana (5).

#### **6.1.1.5.8 Tiempo de uso**

La reutilización de la cama es una práctica muy habitual en ciertas regiones de América donde hay problemas claros de deshacerse de la cama. La reutilización del cama es buena desde el punto de vista de costos, pero peligroso desde el punto de vista sanitario (riesgo de contaminación por Salmonella). Para reducir la carga de microorganismos y especialmente para la prevención de Salmonella eso se recomienda el sistema de manejo todo dentro/todo fuera (no reutilización de la cama) (5).

La cama de viruta de pino nueva y reutilizada, dieron resultados estadísticamente similares, con una ligera ventaja por peso corporal, índice de conversión alimenticia, índice de eficiencia productiva y uniformidad de aves criadas en cama nueva. Los niveles de amoníaco fueron similares, ligeramente superiores en la cama reutilizada en las 6 primeras semanas de crianza (15).

En Estados Unidos, es normal la reutilización de la cama de pollo de engorde por cierto periodo. La experiencia ha demostrado que este sistema funciona bien y que tiene algunas ventajas prácticas en comparación con la limpieza general después de cada parvada (23).

La cama se puede reutilizar muy bien, si se maneja en forma adecuada. La cama usada expone de manera natural a las aves jóvenes cantidades bajas de muchos microorganismos de diferentes clases. Esta primera exposición proporciona una inoculación de exclusión competitiva a las aves de tal forma que están menos propensas (sin exposición previa) a la infección de organismos patógenos, desde luego esto supone que no hay problemas sustanciales de enfermedades que se pasen de la parvada anterior. Los pollos de engorde jóvenes pueden estar expuestos a niveles bajos de una amplia variedad de bacterias, coccidias y cepas vacúnales de virus (23).

Muchas explotaciones que limpian la cama por completo después de cada parvada experimentan formas más graves de enfermedades comunes, debido a que las aves llegan a edades posteriores en un estado sin contacto previo antes de estar expuestas a un patógeno, con poca inmunidad y colonización intestinal de la bacterias que compiten (23).

Si se reutiliza la cama, durante la crianza deben manejarse la ventilación, calefacción (cuando sea necesaria) y la calidad de agua para mantener seca la cama y minimizar los niveles de amoníaco y de microbios. La reutilización de la cama necesita de un manejo más estricto, combinado con una serie de técnicas (deshacer las costras y apelmazamientos, compostaje en hileras, tratamiento de la cama, aflojamiento) (23).

Si se reutiliza la cama, deben considerarse los tiempos muertos. Dejar descansar la cama entre parvadas permite que disminuya los niveles de microbios conforme esta se enfría y se seca. Un mínimo de tiempo muerto de 10 días, y si fuera posible 14 días de tiempo muerto reduce incluso más la amenaza de enfermedades. No obstante se debe de recordar que con el tiempo muerto no se reducen las bacterias formadoras de esporas. Por esta razón, las formadoras de esporas como las clostridias (relacionada con la dermatitis gangrenosa y la enteritis necrótica) se pueden acumular con el tiempo (23).

La limpieza total es la mejor opción, si las condiciones relacionadas con las bacterias formadoras de esporas se convierten en un problema (23).

Beneficios de reutilizar la cama

1. Reducción de costos y mano de obra involucrados en la limpieza frecuente.
2. Menos problemas en obtener materiales para la cama a un buen precio.
3. Mercado variable para la cama como fertilizante (23).

Beneficios para usar cama limpia

1. Mejor conversión alimenticia.
2. Menos decomisos (23).

#### **6.1.1.6 Aireación**

Para la ventilación de la galera se utilizan cortinas laterales ajustables y sistemas de ventiladores (de techo u otros), para el control de la humedad y temperatura de la cama del galpón (34).

#### **6.1.1.7 Malos olores**

El amonio y el sulfuro de hidrógeno, son los dos principales responsables de los malos olores de las galeras. Los elevados niveles de amoníaco en el galpón pueden ser dañinos, incluso hasta fatales para las aves, así como para la gallinaza final por la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal (34).

El amoníaco es un elemento penetrante y siempre presente en la atmosfera de los establecimientos avícolas. Bajo condiciones de calor y de elevada humedad, sus niveles en el

ambiente pueden llegar hasta 50 partes por millón (ppm). El amoníaco es producido en el estiércol durante la conversión del nitrógeno de la urea en nitrato, siendo su proceso: urea-amoniaco-nitrito-nitrato (34).

Cuando la urea se convierte en amoníaco más rápido que la conversión de amoníaco en nitrato, el exceso de amoníaco se libera al aire. Cuando los niveles de humedad son altos y el pH de la excreta excede 7.2 – 7.4, la urea está hidrolizada en amoníaco en un ritmo más rápido del que el amoníaco puede convertirse en nitritos/nitratos. La consecuencia es un aumento en los niveles de amoníaco atmosférico (34).

Para controlar la liberación de amoníaco a partir de los residuos de las granjas avícolas, esto puede lograrse inoculando los residuos del establecimiento con bacterias específicas y enzimas, con una capacidad conocida de acelerar y estabilizar la proporción de la descomposición de las proteínas. Con la incorporación de bacterias benéficas acelera el ciclo del nitrógeno, ósea la transformación del amoníaco de la urea en nitrato, impidiendo de esta manera la liberación de amoníaco. También se produce una drástica eliminación de las bacterias generadoras de sulfhídrico (34).

Las barreras vivas alrededor de las granjas, para que sirvan de rompe vientos y así mitigar los malos olores, además mejora el paisaje, debiéndolas sembrar perpendicularmente a los vientos predominantes con el fin de crear turbulencias que disminuyan los malos olores y ser optimizadas a través de las siguientes indicaciones:

- a. Se recomienda un sistema de siembra de tres bolillos para que se formen dos o más estratos.
- b. La vegetación debe tener buena capacidad de rebrote y no dejar espacios libres en el nivel bajo.
- c. Las especies seleccionadas deben ser de rápido crecimiento, resistentes a las plagas y al viento; teniendo en cuenta las condiciones del clima y del suelo.
- d. No causar grandes efectos de sombra y no sembrarse muy cerca de las construcciones.
- e. Se recomienda sembrar alguna especie aromática (cítricos u otras) en cada barrera, para contrarrestar el impacto de los malos olores (22).

#### **6.1.1.8 Control de moscas**

Se debe conocer el ciclo reproductivo de las moscas, desde que los huevos son depositados en la materia orgánica en descomposición. La fase de huevo dura entre 8 y 30 horas; fase de larva dura entre 5 y 14 días (en esta fase se alimenta de materia orgánica), fase



de pupa dura entre 3 y 10 días, fase de mosca adulta dura de 3 a 20 días, con capacidad de volar y necesitando de materia orgánica en descomposición y en forma húmeda (gallinaza) para continuar su ciclo (22).

Si la gallinaza permanece seca (humedad menor del 20%), la mosca no se reproduce fácilmente. Otros controles son las biotampas, trampas mecánicas, control de larvas, aseo de instalaciones y control biológico con avispa. Lo anterior no erradica totalmente las moscas, sino que pretende que no se reproduzcan con facilidad y considerándose la prevención como el mejor mecanismo de control para evitar condiciones favorables para la disposición de huevos sobre la materia orgánica (22).

La utilización de bacterias benéficas y enzimas específicas, además de controlar la emisión de gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos). Adicionalmente evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo (34).

#### **6.1.1.9 Recolección**

La recolección consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento. El equipo y los vehículos de recolección deben ser adecuados y suficientes para los volúmenes recolectados (37).

Una vez recolectada la gallinaza del galpón, tener un lugar para su disposición (secaderos) que sea cubierto para evitar el contacto con el agua de lluvia y almacenarla en forma de pirámide, con el fin de lograr un escurrido de la humedad que esta presente. Se pueden emplear productos que eviten la humedad y que reduzcan la producción de gases y olores (17).

Al terminar cada ciclo productivo recoger la gallinaza y empacarla en sacos de polipropileno (estopas de fibra), en buen estado (22).

La gallinaza que se procesara en una planta de producción externa a la granja, deberá darle un tratamiento a la misma en un plazo no mayor de 30 días si es gallinaza de jaula ó si es gallinaza de piso, después de que se evacuen las aves (24).

La gallinaza se recogerá directamente del piso de los galpones a los camiones de transporte sin acumularse en los galpones (22).

La gallinaza de las gallinas ponedoras de jaula, se evacua las deyecciones a través de cintas recolectoras situadas bajo las jaulas. Las cintas se retiraran periódicamente, conduciéndose las deyecciones en estado semi-seco hacia la cinta transversal para su evacuación y carga directa sobre el vehículo situado en el exterior de la galera. La cinta

elevadora y la zona de descarga al exterior se protegerán de la lluvia mediante una cubierta que impida la incorporación de agua a las deyecciones y a los vehículos de transporte. Se pavimentará dicha zona, donde se de la operación de retirada de gallinaza y recogida de los líquidos escurridos en una fosa de purines ó aguas contaminadas (30).

La disposición incorrecta de las excretas propicia también el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los mismos animales, quienes a la vez pueden transmitir enfermedades como rotavirus, colibacilosis, parásitos gastrointestinales, Salmonella, New Castle, E Coli y la proliferación de moscas que pueden actuar como vectores mecánicos y/o biológicos (30).

#### **3.1.9.6.10 Transporte**

Para el transporte de la gallinaza y productos de estos, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a). El transporte será vigilado y regulado en lo pertinente por el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Salud. El transporte puede realizarse a granel, cuando el medio de transporte este cubierto y no tenga posibilidad de que este material se derrame durante el transito. Si no se cumple con este requisito deberá empacarse en sacos ó empaque apropiado para evitar derrames, pero siempre cubiertos con una lona impermeable.
- b). Los procedimientos para realizar el transporte de gallinaza estarán bajo la responsabilidad de los transportistas.
- c). Tanto los procesadores y los transportistas deberán llevar un registro que indique el origen, destino y volúmen transportado, así como las respectivas fechas y horas de entrada y salida de gallinaza ó del producto elaborado con base en estos.
- d). Los camiones de transporte deberán lavarse y desinfectarse, evitando posibles riesgos de contaminación (24, 30).

A diferencia de la gallinaza de jaula, la gallinaza de piso de ponedoras ó de pollos de engorde posee condiciones de humedad que facilitan su transporte al área de compostaje (18).

## **6.1.2 Manejo del proceso de compostaje en la planta de producción**

### **6.1.2.1 Recepción**

Una vez ingresada a la planta de compostaje se inicia el proceso porque la gallinaza almacenada sin procesar en 10 semanas puede perder un 75% de N y un 50% de materia orgánica (4).

La gallinaza debe descargarse inmediatamente al ingresar a la planta de producción, para bajarle la humedad (18).

### **6.1.2.2 Control de relación C/N y humedad previo al inicio del proceso**

Para iniciar el proceso se debe establecer la relación carbono/nitrógeno y el grado de humedad presente en la gallinaza, por lo que se recomienda los registros de dichos parámetros (18).

Para un buen proceso de compostaje la gallinaza necesita una relación C/N de 25:1 a 35:1 y un porcentaje de humedad de 40-60 % (18, 34).

En el balance de nutrientes, una deficiencia de carbono podrá ser corregida con materiales de la zona. Si la planta de compostación se encuentra dentro de las instalaciones de la granja no se podrá adicionar materiales ricos en nitrógeno (gallinaza de otras granjas) con el fin de preservar la bioseguridad de la explotación avícola, pero si se puede mezclar con materiales carbonatados, la cantidad varía de acuerdo con el porcentaje de humedad de la gallinaza y la relación carbono/nitrógeno (18).

No existe una diferencia muy grande entre los contenidos nutricionales de la gallinaza de piso y la gallinaza de jaula (4)

### **6.1.2.3 Mezcla y homogenización**

Se debe de romper todo el material compactado de manera que el tamaño de la partícula sea lo más pequeña y homogénea posible (18).

Los materiales ricos en carbono que pueden utilizarse son: viruta de pino, aserrín, cartón, papel, las pajas, cortezas de árbol, etc. (34).

La operación de mezclado y homogenizado con material carbonatado y/o gallinaza tiene como objetivo acelerar el proceso, mitigar los malos olores y disminuir la humedad de la mezcla inicial; se realiza en forma manual ó mecánica hasta lograr un porcentaje de humedad máximo de 60% (18).

#### **6.1.2.4 Inicio del proceso de compostaje**

Posteriormente a la homogenización y mezclado, el material debe ser transportado hacia el área dispuesta para efectuar el proceso de formación de pilas ó inicio de la aireación, esta disposición permite el incremento sistemático de la temperatura de la mezcla en la pila, obteniéndose temperaturas más elevadas hacia el centro y activando el proceso de deshidratación de la gallinaza (18).

La altura de las pilas debe ser la mitad de su ancho y no pueden tener alturas menores a 1.20 metros (34).

#### **6.1.2.5 Control de parámetros durante el proceso de compostaje**

Si los parámetros son bien manejados se tendrá una gallinaza de buena calidad, con las siguientes características: libre de contaminación, higienizada, alto potencial de fertilización, retención de agua, protección de erosión, control de moscas y estabilidad microbiológica (18).

##### **6.1.2.5.1 Aireación**

Las siguientes relaciones establecen el plan de aireación según el contenido de humedad, tendiente a lograr una rápida descomposición (18).

Si el contenido de humedad es inferior a 60%, el primer volteo debe ser realizado el tercer día y proceder de acuerdo con el siguiente calendario:

Humedad 50 – 60 %: volteo a intervalos de 2 días.

Humedad 40 – 50 %: volteo a intervalos de 3 días.

Humedad menor de 40%: Agregar agua.

Si la humedad es superior a 60%, la pila debe ser volteada todos los días hasta reducir su contenido a 60%, ó menos y enseguida operar conforme el calendario establecido (18).

La humedad es requerida para la actividad microbial que causa que el compostaje ocurra y el contenido puede estar entre 40 – 60 %, si el material esta por debajo del 35% de humedad, la velocidad de compostación será mucho más baja que con los porcentajes de humedad recomendados y habrá necesidad de adicionar agua. Cuando la gallinaza se encuentra con altas humedades se debe llevar a un porcentaje de 60% mediante la adición de compost final o con material carbonatado que absorba el exceso de humedad, en proporción de 2:1 aproximadamente (18).

Una forma práctica de determinar la humedad de la pila de compostaje es lo que comúnmente se le denomina “prueba de puño”, que consiste en apretar con la mano el material si esta demasiado húmedo escurrirá agua y si esta demasiado seco no se compactara (18).

Durante el proceso de formación de pilas no se deben generar compactación del material a compostar con el fin de favorecer una buena aireación. La aireación se realiza con equipo ó maquinaria disponible tipo cargador frontal ó mini cargadores, aireadores ó equipos específicos para la conformación y manejo (18).

El objetivo de las máquinas es oxigenar y mezclar permanentemente el material en proceso y la frecuencia de volteo, varia de acuerdo al volúmen, masa, densidad y humedad de la gallinaza (18).

Los materiales con un 10% de humedad no presentan actividad microbológica, así mismo en humedades superiores al 80%, el proceso es anaeróbico. La buena aireación a su vez ayuda en el control de la mosca para recortar el ciclo reproductivo-metamórfico y lograr el inicio de la descomposición por parte de los organismos como artrópodos y microorganismos (18).

Se debe controlar la humedad proveniente del suelo y también del manejo del agua de lluvias, lo cual se logra con la construcción de cunetas perimetrales, con sus correspondientes cunetas sedimentarias, antes de la descarga a los drenajes naturales, así también si las instalaciones están abiertas, el diseño de la estructura debe contemplar techos altos que además impidan la presencia de humedales sobre el material a compostar y aleros que eviten la entrada del agua de lluvia (18).

Cuando la gallinaza esta lista para su empaque la humedad es de 18 – 20 % (18).

#### **6.1.2.5.2 Relación C/N**

Realizando una amplia revisión sobre el compostaje de gallinaza se presentan datos sobre el desarrollo del proceso según diferentes relaciones iniciales C:N. Uno de los factores críticos es que la conversión posible del 85% del amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), ocurre entre las 12 horas iniciales hasta los 4 – 5 días del proceso de compostaje, por lo que la mezcla con materiales de alto contenido de carbono y relaciones crecientes de C: N de la mezcla total reduce las pérdidas de nitrógeno aumentando la retención del compost (34).

Las pérdidas de nitrógeno por volatilización aumentan conforme disminuye la relación C: N de la mezcla total. Se ha tratado de retener nitrógeno en la mezcla también mediante el uso de adsorbentes y enmiendas; con este fin en orden descendente de eficiencia se ha encontrado fibra de coco, zeolitas naturales, sulfato de aluminio y cloruro de calcio (34).

El contenido de nitrógeno del compost es una característica muy apreciada en el mismo. Los ingredientes de la mezcla inicial tienen gran influencia sobre las características del compost resultante, a pesar de que se use una relación C: N de 30:1 como criterio de proporción. Las pérdidas de peso del compost se informa que se encuentran en un ámbito entre 16 y 73%, a partir de la mezcla inicial. Pueden variar también el pH, conductividad eléctrica y curvas de temperatura cuando se mezcla la gallinaza con diferentes materiales como fuente de carbono (34).

#### **6.1.2.5.3 Ph**

El rango ideal se encuentra entre 6.5 y 8. pH muy altos pueden llegar a ser críticos por la generación de malos olores y la gran pérdida de nitrógeno (17, 18).

Por lo general la gallinaza procesada posee un pH cercano a la neutralidad, sin embargo puede tornarse ligeramente básico ó ácido, dependiendo de los materiales que se empleen para ajustar el balance de nutrientes en la mezcla inicial (18).

Los microorganismos encargados de realizar el proceso de compostaje son altamente eficientes en pH neutro (7) ó cercano a él, lo cual favorece el desarrollo de los grupos fisiológicos benéficos, pH ácidos ó básicos inhiben el crecimiento de la gran mayoría de estos grupos fisiológicos, haciendo que los nutrientes esenciales no sean asequibles para los microorganismos, por tal razón no debe usarse cal ó cualquier otro aditivo que altere de manera drástica el pH (18).

#### **6.1.2.5.4. Temperatura**

El manejo del proceso consiste en controlar los rangos de variación de temperatura la cual se incrementa rápidamente en los primeros días del proceso (18).

Cuando el material de compostaje ha alcanzado temperaturas por encima de los 60 °C, se estabiliza y representa una fase importante para la eliminación de patógenos, entendiéndose que la eliminación es debida al ciclo de temperaturas (18).

En la parte final del proceso de compostaje se presenta un descenso gradual de la temperatura hasta que la mezcla alcanza temperaturas próximas a las del ambiente que indica que el material está listo (18).

La toma de la temperatura se debe hacer en varios sitios de la pila de compostaje para posteriormente sacar un promedio y deben de ser tomadas con un termómetro de sonda ó termómetro-cúpula que alcance el centro ó el núcleo de la pila de compostaje. La toma de temperatura debe hacerse a la misma hora. En la casilla de observaciones se colocan las

variables encontradas durante el proceso como presencia de olores ofensivos, moscas, entre otros (18).

La muestra de una hoja de control de registro de temperatura se puede revisar en el anexo (18).

Las causas por las que la gallinaza no alcanza las temperaturas deseadas puede ser por:

1. Proporción inadecuada de la relación carbono: nitrógeno.
2. Material muy seco.
3. Excesiva aireación.
4. Material carbonado de volúmen demasiado poroso (18).

Las medidas preventivas-correctivas para contrarrestar el no alcanzar las temperaturas no deseadas son:

1. Revisión del registro de control de mezcla y humedad, de preparación por semana y de aireación.
2. Análisis de control de calidad del producto final.
3. Revisión y/o cambio de material carbonatado utilizado (18).

#### **6.1.2.6 Pasteurización de la gallinaza**

La pasteurización son todos los procesos u operaciones físicas (tratamiento térmico), químicos ó biológicos (compostaje) ó mezcla de estos, a los que se somete la gallinaza para garantizar la eliminación de agentes infectocontagiosos para las aves, otros animales y para los seres humanos (18).

Los que se pretende con esta práctica en la actividad avícola es disminuir la carga de patógenos presentes en la gallinaza a través de inactividad por aumento de la temperatura (18).

El proceso de pasteurización de la gallinaza, establece medidas sanitarias para la prevención y control de la enfermedad de Newcastle, por lo que es una herramienta que permite de manera efectiva el control de dicha enfermedad (18).

La pasteurización de la gallinaza esta directamente relacionada con la temperatura y para garantizar el proceso se debe dar cumplimiento a dos aspectos:

1. Toda la gallinaza a procesar debe ser expuesta a las condiciones de temperatura.
2. La exposición a altas temperaturas debe ser por un mínimo de espacio de tiempo (18).

En la literatura se reportan diferentes estudios en los cuales se describen parámetros de tiempo y temperatura entre los que citamos:

Para alcanzar la reducción significativa de los patógenos se debe alcanzar una temperatura mayor a 55 °C por lo menos durante 4 horas (18).

La destrucción de la semilla se logra cuando la pila de compostaje alcanza temperaturas mayores de 60 °C, lo cual puede variar de acuerdo a las especies presente (18).

En el siguiente cuadro se describe las temperaturas y tiempos de exposición necesarias para la destrucción de los patógenos más comunes en la avicultura:

CUADRO 14. Temperatura y tiempos de exposición para la destrucción de patógenos

Organismo patógeno	Temperaturas y tiempo de exposición
<b><u>Salmonella typhosa</u></b>	Se elimina rápidamente en la pila de compost; son suficientes 30 minutos a 55 - 60 °C para su eliminación. No se desarrolla a temperaturas superiores a 46 °C.
<b><u>Salmonella sp</u></b>	Se destruye al exponerse 1 hora a 55 °C ó de 15 – 20 minutos a 60 °C.
<b><u>Sigella sp</u></b>	Se destruye al exponerse 1 hora a 55 °C
<b><u>Escherichia coli</u></b>	La mayoría mueren con una exposición de 1 hora a 55 °C o de 15 - 20 minutos a 60 °C.
<b><u>Tenia siginata</u></b>	Se elimina en unos pocos minutos a 55 °C.
<b>Larvas de <u>Trichinella spiralis</u></b>	Mueren rápidamente a 55 °C e instantáneamente a 60 °C.
<b><u>Mycrococcus pyogenes var aureus</u></b>	Muere después de 10 minutos de de exposición a 50 °C.
<b><u>Streptococcus pyogenes</u></b>	Muere después de 10 minutos a 54 °C.
<b><u>Mycobacterium tuberculosis var hominis</u></b>	Muere después de 15 - 20 minutos a 66 °C ó instantáneamente a 67 °C.
<b><u>Corynebacterium diphtheriae</u></b>	Se elimina por exposición durante 45 minutos a 55 °C.
<b><u>Virus del Newcastle</u></b>	Inactivada a 56 °C por 3 horas ó a 60 °C por 30 minutos.
<b><u>Influenza aviar</u></b>	Inactivación por 56 °C en 3 horas ó 60 °C por 30 minutos.

FUENTE: FENAVI (18).

#### 6.1.2.7 Generación de olores

Este factor esta ligado al contenido de la humedad de la gallinaza y a la emisión de gases desprendidos durante el proceso de deshidratación y volteo de la gallinaza percibidos durante la operación de aireación de las pilas de compostaje que están iniciando el proceso; como medida de prevención y minimización de los impactos por la presencia de olores inherentes a esta actividad, se deben formar barreras vivas con especies arbóreas principalmente nativas



que se adapten fácilmente. La socialización y capacitación ambiental dirigida tanto a empleados como a la comunidad mediante curso y talleres, permiten reducir el impacto generado en la zona (18).

El aumento de olores ofensivos se puede deber a las siguientes causas:

1. Daño ó falta de mantenimiento del equipo.
2. Inadecuado almacenamiento del material que permite el exceso de humedad.
3. Condiciones ambientales adversas.
4. Flujo de aire restringido.
5. Proporción inadecuada de la relación carbono: nitrógeno (18).

Las medidas preventivas-correctivas para reducir los olores ofensivos son:

1. Contratación de maquinaria y/o personal requerido para las actividades de la planta por el tiempo necesario.
2. Construcciones diseñadas de acuerdo a la cantidad de material a procesar y mantenimiento de las mismas.
3. Disposición de material carbonado y/o material para proceso en cantidades suficientes (18).

#### **6.1.2.8 Control de moscas**

En el proceso de manejo de la gallinaza, los movimientos que se realizan para mezclar, homogenizar y aireación de las pilas de compostaje, permiten ahogar la larva e interrumpir el ciclo metamórfico de la mosca, sin embargo se debe supervisar permanentemente los posibles focos que se pueden generar por acumulación de gallinaza muy húmeda teniendo especial cuidado en las vías por donde se transporta la gallinaza y en las cunetas de aguas pluviales. Para prevenir y evitar la presencia de mosca en la planta se debe mantener con la humedad recomendada para el proceso (50 – 60 %) (18).

Si se da una explosión de moscas se puede deber a las siguientes causas:

1. Gallinaza acumulada que se humedece y no se le da movimiento.
2. Retraso en el flujo del proceso.
3. Poca frecuencia del volteo de gallinaza.
4. Acumulación de gallinaza en los alrededores de la planta.
5. Falta de supervisión de posibles focos.
6. Falta de verificación sobre el ciclo dela mosca.
7. Falta de lograr temperaturas deseadas.
8. Demasiada humedad (18).

Las medidas preventivas-correctivas para evitar la explosión de moscas son:

1. Contratación de maquinaria para realizar volteos y ahogar la larva.
2. Asignación de personal para la supervisión y eliminación de focos.
3. Revisión de registros de control de la mezcla y humedad, fecha de preparación por semana, fecha de aireación, fecha de control de temperatura (18).

#### **6.1.2.9 Molienda y tamizado**

La gallinaza esta lista para su empaque cuando toma apariencia de tierra y es inodora que es aproximadamente en 60 días (34).

De acuerdo con las especificaciones deseadas, se termina el proceso con el paso de la gallinaza por un molido y/o zaranda que permita la reducción del tamaño de la partícula del material procesado, obteniendo uniformidad y buena presentación de la gallinaza. El objetivo de pasar la gallinaza por una zaranda es también para eliminar cualquier objeto extraño (piedras, vidrios, pelos, hojas u otros). Luego de este proceso el material esta listo para ser empacado y listo para la venta como abono orgánico (18).

#### **6.1.2.10 Almacenamiento del producto final**

El producto final debe de guardarse en un lugar donde se asegure su protección contra factores externos (agua, roedores, viento y otros) (18).

### **6.2. PRODUCCIÓN DE GALLINAZA**

#### **6.2.1 Características para la implementación de un sistema de compostaje de gallinaza**

Teniendo como variables principales el tamaño de las granjas, la cantidad y tipo de subproductos generados se proyecta la planta de compostaje de acuerdo a las siguientes consideraciones:

##### **6.2.1.1 Ubicación**

Las plantas que se dediquen al procesamiento ó cernido de la gallinaza deben estar ubicadas a una distancia mínima de 5 kilómetros con relación con otras explotaciones avícolas y mínimo a un kilómetro de la orilla de carreteras federales ó principales, considerando los vientos (30).

Se debe de ubicar la planta de compostaje teniendo en cuenta las vías de acceso, el sistema de recolección y el transporte de la gallinaza desde los galpones, y un programa de bioseguridad que defina movimientos, restricciones, utilización de equipos y demarcación de zonas (17).

Seleccionar el mejor lugar para establecer una planta de composta requiere llevar a cabo un análisis previo muy detallado que considere diversos factores. Estos factores están relacionados principalmente con el transporte, la normatividad, y son los siguientes:

#### **6.2.1.1.1 Restricciones normativas**

Se refiere a las establecidas en las diferentes leyes, reglamentos y normas vigentes. Las principales son las relacionadas con el uso del suelo, como los planes de desarrollo urbano, los programas de ordenamiento ecológico y territorial ó las declaratorias de áreas naturales protegidas. De forma particular se solicita que no se construya en zonas de inundación (37).

#### **6.2.1.1.2 Distancia promedio que recorren las materias primas**

Esta distancia debe ser la más corta posible ya que los costos asociados al transporte suelen ser elevados. Además, la planta debe encontrarse a una distancia del origen de los residuos similar a la del sitio de disposición final, para que sea competitiva y no represente un costo adicional de transporte (37).

#### **6.2.1.1.3 Distancia al mercado de consumo**

La distancia al mercado de consumo: esta distancia es importante para fomentar el uso de la composta y disminuir los costos de transporte. La creación de una red de distribución para el transporte de grandes cantidades de compost puede constituir un apoyo valioso en este sentido. También es recomendable obtener algún beneficio del “viaje de regreso” de los vehículos que transportan productos agrícolas ó materia prima a la planta (37).

#### **6.2.1.1.4 Distancia a la fuente de agua**

Durante la temporada seca, en todos los climas, es necesario adicionar agua al proceso de compostaje, y por tal motivo debe existir una fuente de abastecimiento del líquido. En caso de que esto no sea posible, el diseño de la planta debe considerar una disminución de las actividades durante el estiaje, ó el almacenamiento de agua de la temporada de lluvia para aplicarla en la temporada seca (37).

#### **6.2.1.1.5 Uso del suelo circundante**

Para evitar problemas con grupos de la comunidad y vecinos se recomienda ubicar las plantas en suelos con uso agropecuario ó industrial. El cambio de uso del suelo sólo debe considerarse como última opción (37).

#### **6.2.1.1.6 Tamaño del predio**

Las plantas de compostaje requieren de una gran cantidad de superficie, por lo que se sugiere considerar los terrenos más grandes disponibles (aproximadamente 1 ha para 10 a 30 Tm/día). La especificación del tamaño de la planta se indicará en la siguiente sección (37).

La ubicación de una planta de compostaje es una decisión compleja, en la que intervienen la consideración de los factores mencionados, además del costo mismo. Cabe mencionar que un terreno con pendiente puede ser acondicionado para el proceso, sin embargo, el costo de instalación se incrementará (37).

#### **6.2.1.2 Escala de la planta**

El tamaño de la planta de compostaje se puede calcular con base en los criterios que a continuación se presentan:

##### **6.2.1.2.1 Disponibilidad de espacio**

Cuando existe un predio ya destinado para esta actividad, la capacidad de la planta estará restringida a dicho espacio. La producción puede incrementarse si se disminuye el tiempo de proceso; esto es posible aumentando la mecanización del proceso y, consecuentemente, el costo de la infraestructura. Si no existe un mercado suficientemente grande, no resulta conveniente mecanizar en un predio pequeño. Una estimación inicial del tamaño necesario del predio puede ser 1 ha por cada 10 a 30 Tm/día de residuos (37).

Los requisitos que debe llenar un terreno para instalar una planta de compostaje son:

- a. Contar con caminos transitados todo el año.
- b. Tener suficiente espacio para todas las operaciones.
- c. Garantizar la salud y la protección al ambiente.
- d. Que no se pueda inundar.
- e. Debe tener una buena ventilación.
- f. Tener acceso a la electricidad.

### **6.2.1.2.2 Disponibilidad de gasto corriente**

Una planta de compostaje aumenta el gasto corriente de la administración pública municipal, que en general no tiene excedentes. Este aumento deberá ser el mínimo posible para evitar la desaparición del programa durante alguna crisis financiera (37).

### **6.2.1.2.3 Disponibilidad de infraestructura y diseño**

Los elementos mínimos de infraestructura para la instalación de la planta son caminos y fuentes de agua; estos elementos también pueden ser limitantes de la escala de la planta, y dependen en gran medida del clima y las capacidades municipales (37).

El área de procesamiento debe estar completamente cubierto para lo cuál se dispone de opciones de diseño sencillos tales como: enramados, bodegas ó invernaderos (18).

El área total de la planta debe estar cercado, debe de tener una caseta de vigilancia, además debe tener instalaciones sanitarias, sistemas de captación de lixiviados y no debe permitir el ingreso de aguas pluviales (37).

Para la implementación de los sistemas abiertos de compostaje, el diseño de la estructura debe contemplar techos altos que además impidan la presencia de humedales sobre la materia a procesar y aleros que eviten la entrada del agua de lluvia, sin paredes para permitir la aireación y el acceso al material en proceso (18).

Los sistemas cerrados se implementaran de acuerdo a las especificaciones requeridas para el equipo utilizado. Las construcciones estarán de acuerdo con el tipo de equipo a instalar (18).

Por operatividad de los equipos, aislamiento de la mezcla y la humedad proveniente del suelo, se requiere contar con pisos en buen estado, evitando dejar irregularidades en la superficie, que traen como consecuencia dificultades en la operación, deterioro prematuro de la maquinaria utilizada y contaminación del subproducto final (18).

El piso de la planta de compostaje preferiblemente debe estar cubierto con ladrillo revestido de cemento, ó en el último caso, puede ser un piso de tierra firme, que evite al máximo la acumulación de humedad, además debe de una ligera pendiente de 2 o 3% (6, 35).

Para el manejo del agua de lluvia, las instalaciones requieren de la construcción de cunetas sedimentarias, antes de descarga a los drenajes naturales. Esta agua no debe de ser contaminada por residuos orgánicos procesados en la planta. La planta debe de contar con zonas definidas e identificadas entre las cuales tenemos:

- a. Recibo y almacenamiento de materias primas.

En esta zona se descarga y almacena la materia prima (gallinaza y carbonados).

- b. Clasificación y mezclado de materiales  
Se realizan los procesos de mezclado y homogenización.
- c. Zona de aireación y proceso  
Es el área donde se manejan las pilas manual y/o mecánicamente.
- d. Empaque, cargue y descargue  
Área destinada para la actividad de clasificación (zarandeo), molienda (si el producto final lo requiere), empaque, almacenamiento y distribución del subproducto terminado (18).

#### **6.2.1.2.4 Disponibilidad de experiencia**

Al inicio de las operaciones de una planta de compostaje se recomienda que la escala de trabajo sea pequeña ya que, en general, no existe personal capacitado para operar estas plantas y tiene que implementarse un “aprendizaje institucional” al seno de la planta. Es importante contar con personal con alguna experiencia (37).

La disponibilidad de espacio y de materia prima son factores fundamentales para el dimensionamiento de la planta de compostaje. Por su lado, la disponibilidad de gasto corriente, la infraestructura y la experiencia son factores que pueden ser mejoradas en el corto plazo y permitir el crecimiento en la escala de operación en muy poco tiempo (37).

El procedimiento para estimar el tamaño máximo de una planta de composta consta de los siguientes pasos:

1. Determinar el área de influencia de la planta con respecto a la materia prima.
2. Determinar la materia prima máxima disponible en Tm/año.
3. Con base en los recursos disponibles actuales (infraestructura y gasto corriente), determinar el modo de operación más adecuado y estimar las necesidades de espacio en  $m^2/Tm/año$ .
4. Calcular el tamaño del predio requerido (37).

Es importante señalar que cambiar una planta de lugar es casi tan costoso como construir una nueva, por lo que se debe tomar la mejor decisión al fijar la ubicación y establecer la escala de operación de la planta. Una opción que resulta muy apropiada es seleccionar predios alejados de la dirección de la tendencia de crecimiento urbano y con terrenos aledaños que tengan una alta probabilidad de poder ser incorporados a la planta en el futuro (37).

#### **6.2.1.3 Operaciones unitarias de la planta de compostaje**

Las operaciones unitarias en ingeniería son aquellos elementos de una planta que se diseñan independientemente. En plantas modulares, una misma operación unitaria puede servir para la fabricación de diversos productos (37).

Estas operaciones unitarias en la planta de compostaje son formulación, transporte, degradación, aireación, pasteurización, maduración, cribado, secado y empaçado. Cada operación unitaria contiene los siguientes rubros:

Nombre: identificador de la operación unitaria.

Tipo: se refiere al cambio en los materiales y puede ser físico, químico ó biológico.

Descripción: incluye el cambio principal y la función dentro del proceso de compostaje.

Puntos críticos: son aquellos aspectos más importantes, cómo identificarlos y cómo solucionar algunos problemas relacionados.

Método manual: estrategia que permite realizar una operación manual (sin motores) con apoyo únicamente de herramientas.

Maquinaria: equipo electromecánico que es posible emplear para llevar a cabo la operación unitaria y, en su caso, las adecuaciones necesarias a la misma (37).

#### **6.2.1.3.1 Formulación**

Tipo: físico

Es la adición de diferentes tipos de residuos y agentes químicos que facilitan el compostaje. Para el caso de agentes químicos, pueden emplearse ácidos y bases que permitan el ajuste del pH y una previa reacción química. Otros agentes químicos deben consultarse directamente con el proveedor. En ocasiones es necesario agregar compost ya lista a la mezcla para su maduración (37).

##### a. Puntos críticos

Falta de materiales verdes ó cafés.

Tiempo elevado de almacenaje de materias primas.

Dependencia de agentes químicos.

##### b. Solución

Adición de agentes químicos.

Diversificación de las operaciones biológicas.

Búsqueda de residuos específicos.

##### c. Método manual

Construcción de pilas y relleno de trincheras por capas con ayuda de palas, carretillas y rampas de madera.

##### b. Maquinaria

Cargador frontal.

Tanque de formulación (37).

**6.2.1.3.2 Transporte**

Tipo: físico

Cambio de la localización física de los materiales en el interior de la planta. Incluye su movimiento desde la admisión de la materia prima hasta la salida del producto final (37).

Se debe de tener una lista actualizada que detalle los transportistas y los camiones que transportan gallinaza hasta los patios de procesos ó disposición final (24).

## a. Puntos críticos

Caminos internos en mal estado.

Tornillos y bandas atascadas.

Espacio insuficiente.

## b. Solución

Recubrimiento de caminos.

Mantenimiento preventivo.

Cambio de la distribución de planta ó del sistema de transporte.

## c. Método manual

Utilizando principalmente carretillas y palas.

## d. Maquinaria

Cargador frontal.

Camiones de volteo.

Bandas de transportación.

Tornillo sinfín.

Bandas de transportación.

Equipos de aireación y transporte combinado (37).

**6.2.1.3.3 Degradación**

Tipo: Biológico

Reacción biológica de los componentes orgánicos de la mezcla. Un conjunto diverso de organismos ataca los residuos, transformándolos bioquímicamente durante varios días (37).

## a. Puntos críticos

Control de humedad y temperatura.

Control de pH.

Control de patógenos.

Control de anaerobiosis (malos olores).

Control de vectores (moscas, ratas, etc.)

## b. Solución

Humectación en temporada seca y drenaje en temperatura húmeda.



- Humectación, aireación y cubrir pilas.
- Control de temperatura y adición de químicos.
- Pasteurización.
- Aireación.
- Cambio de diseño de pila, humectación, aireación y formulación.
- c. Método manual
  - En pilas y trincheras (zanjas).
  - Tanques ó naves industriales cerradas.
- d. Maquinaria
  - En tanques cerrados mecanizados ó naves industriales cerradas mecanizadas (37).

#### **6.2.1.3.4 Aireación**

Tipo: físico

Proporcionar suficiente oxígeno a la degradación y evitar de esta forma la proliferación de malos olores y reducción de velocidad en el proceso de compostaje. Esta puede llevarse a cabo por convección natural ó forzada (con uso de motores) (37).

- a. Puntos críticos
  - Sellado de los canales de aireación.
  - Disminución de la temperatura antes de tiempo.
- b. Solución
  - Disminuir la humectación, aumentar el drenaje, aumentar el tamaño de algunas partículas.
  - Disminuir el periodo de volteo.
- c. Método manual
  - Construcción de la pila ó trinchera con canales para la difusión de oxígeno. Estos canales pueden ser de tubería de plástico perforada, ramas y troncos que al retirarlos de la pila ó trinchera dejan huecos, ó construyendo un soporte de ramas para los residuos. El volteo manual de las pilas solo se recomienda para plantas muy pequeñas (hasta 50 toneladas/año de composta) y se realiza con palas y bioldos.
- d. Maquinaria
  - Cargador frontal.
  - Equipo para el volteo de pilas.
  - Aspersores, tuberías y compresores en tanques y naves cerradas (37).

#### 6.2.1.3.5 Humectación

Tipo: físico

Proporciona la humedad necesaria para la degradación, evitando la inundación ó la resequedad de la mezcla (37).

##### a. Puntos críticos

Escurrimiento de lixiviados.

Encharcamiento en la base.

Resequedad de la mezcla.

Estación seca ó estación húmeda.

Escases de agua.

##### b. Solución

Volteo ó perforación de nuevos canales de aireación.

Disminución de la humectación y adecuación del drenaje.

Aumento de la humectación y volteo.

Protección del sol.

Protección del sol utilizando plásticos perforados, compost inmadura ó residuos cafés en la superficie.

Cambiar la pendiente de la pila.

Reformulación aumentando los residuos húmedos y protegiendo la pila del sol, así como la captación y recirculación de lixiviados en la tubería.

Recolección de agua y almacenamiento en grandes tanques (cisternas o depósitos) en la estación lluviosa para uso durante el año.

##### c. Método manual

Con ayuda de recipientes (cubetas, tambos) ó tubería flexible (manguera). El agua proviene de la red municipal ó canales de riego muy cercanos. No es muy recomendable hacer la humectación manualmente en zonas con problemas de abastecimiento de agua, debido a las distancias necesarias para acarrear el líquido.

##### d. Maquinaria

Sistema de irrigación con aspersores, tubería y bombas.

Equipo combinado de aireación y humectación.

Aspersores, tubería y bombas en tanques y naves cerradas (37).

#### 6.2.1.3.6 Pasteurización

Tipo: biológico

Es la eliminación de los microorganismos patógenos para la salud humana, animal y vegetal en contacto con el compost. Como primer paso se incrementa la temperatura

alrededor de 35 °C durante algunos días para favorecer la germinación de semillas, quistes, esporas, etc. Posteriormente se eleva la temperatura lo más rápidamente posible por encima de los 55 °C durante más de 5 días para eliminar todos los organismos excepto las bacterias termófilas (que proliferan a esta temperatura). Manteniendo la degradación a temperaturas altas disminuye el tiempo de compostaje y favorece la pasteurización (37).

a. Puntos críticos

Clima frío ó temperatura baja.

Semillas persistentes en el compost.

b. Solución

Proteger con plásticos u otro material del frío.

Disminuir la humectación, disminuir el volteo y proteger la pila.

Secar el compost.

c. Método manual

El calor necesario para la pasteurización proviene de la degradación. La temperatura necesaria para la pasteurización puede ser medida con un termómetro de bayoneta. Con ayuda del sol en el producto terminado.

d. Maquinaria

En reactores y naves se puede instalar controles de temperatura utilizando agua o aire.

Utilizando un secador de gas al final del proceso (37).

### 6.2.1.3.7 Maduración

Tipo: biológico

Después de la degradación, la actividad biológica y la temperatura tienden naturalmente a disminuir. Los materiales residuales de la degradación se convierten lentamente en compost. Se utiliza el mismo equipo que en la degradación pero su operación es diferente, disminuyendo la frecuencia de volteo ó la intensidad de la aireación (37).

a. Puntos críticos

Residuos orgánicos no degradados

b. Solución

Recirculación del material, utilizándolo como filtro biológico ó protección contra el sol ó el frío.

c. Método manual

Construcción de pilas cónicas, triangulares ó semiesféricas con ayuda de palas, bieldos y carretillas.

d. Maquinaria

Cargador frontal.

Equipo de transporte en tanques y naves cerradas a muy baja velocidad.

Equipo de volteo (37).

#### **6.2.1.3.8 Cribado (Tamizado, cernido)** Tipo: físico

Esta operación separa el compost en dos partes: una primera fracción más fina que esta lista para su comercialización, otra fracción de impurezas y residuos de lenta degradación. El tamaño de la malla depende del uso final. Una medida común es de 15 mm para los finos y 50 mm para los medios (37).

- a. Puntos críticos
  - Obstrucción ó ruptura de la malla.
- b. Solución
  - Compost demasiado húmedo, secar (al sol) antes de tamizar.
  - Seleccionar malla de acero más resistente. Si se usan rastrillos, las cerdas deberán ser mucho menos duras.
- c. Método manual
  - Utilizando mallas montadas en marcos de acero (reutilización de tambores de camas) ó madera, palas y carretillas.
- d. Maquinaria
  - Cribas circulares especializadas.
  - Cribas vibratorias.
  - La adaptación de cribas puede causar algunos problemas (37)

#### **6.2.1.3.9 Secado** Tipo: físico

Esta operación reduce la cantidad de agua en el producto final. Su principal propósito es disminuir los costos de transporte y aumentar la estabilidad biológica del producto. El secado se realiza incrementando la temperatura del compost, ya sea con calor solar ó calentamiento artificialmente con empleo de combustible (37).

- a. Puntos críticos
  - Compost demasiado seca que dificulta la rehidratación.
  - Demasiado tiempo de secado.
  - Muy alto costo de secado.
- b. Solución
  - Disminuir el tiempo de secado.

Aumentar la maduración.

Proteger de lluvia y humedad.

Utilizar la energía solar.

c. Método manual

En una superficie plana de color oscuro se coloca el compost con ayuda de rastrillos y se seca al sol. Hay que retirarla por las noches ó cubrirla con el material impermeable para que el rocío no la humedezca.

d. Maquinaria

Secadores de túnel.

Secadores en lote (horno de muy baja temperatura).

Cambio de temperatura y humedad en reactores y naves cerradas (37).

### 6.2.1.3.10 Empacado

Tipo: físico

Es el acondicionamiento final del compost para su comercialización. Protección del producto del sol y la humedad excesivos durante el transporte y el almacenamiento. Facilita el transporte y comercialización, incluye el pesaje del producto (37).

Los sacos para empacar el producto compostado deben de ser de lámina de polietileno, que han sido fabricados de acuerdo con la normativa medioambiental vigente y que estén asociados a sistemas de reciclado de envases y punto verde (18).

a. Puntos críticos

Ruptura de sacos.

Sacos de diversos pesos.

Acumulación de un tipo de sacos.

b. Solución

Utilizar materiales especializados para sacos de productos agropecuarios finos.

Modificar el sistema de pesaje.

Rediseño del empaado.

c. Método manual

Llenado y pesado de sacos con ayuda de pala y báscula. Es saco puede ser cerrado con un simple lazo manualmente.

d. Maquinaria

Cosedora portátil de sacos.

Sistema automatizado de llenado, pesaje y costura de sacos (37).

La combinación de estas operaciones unitarias y la aplicación de diferentes equipos (maquinarias) y estrategias de ubicación generan una gran diversidad de posibilidades para la construcción y operación.

#### **6.2.1.4 Programa de bioseguridad de la planta de compostaje**

Son todas aquellas medidas sanitarias y profilácticas que, utilizadas en forma permanente, previenen y evitan la entrada y salida de agentes infecto-contagiosos a una explotación agropecuaria. Estas medidas buscan establecer unas barreras protectoras que disminuyan el riesgo de enfermedades (18).

El programa de bioseguridad en la planta de compostaje contempla aspectos tan importantes como:

a. Control de rastros y limpieza de áreas externas

Es fundamental que el área externa se encuentre limpia completamente, libre de vegetación, libre de maquinaria y equipo fuera de uso; debe tener buenos drenajes y no permitir el estancamiento del agua.

b. Control de vehículos

Todos los vehículos que ingresan a la planta deben ser lavados y desinfectados a la entrada y salida.

c. Control de visitas

Se debe permitir el ingreso de las visitas a la planta únicamente al personal autorizado.

d. Uso del equipo y uniformes

Los equipos y uniforme utilizados deben ser de uso exclusivo de esta área (18).

#### **6.2.1.5 Elementos de ingeniería**

Un proceso de compostaje puede estar descrito en un conjunto de documentos con diferentes elementos de ingeniería que permiten contener la información básica necesaria para presupuestar, construir, operar y mantener la planta. El detalle de los documentos depende de la escala de la planta de tal manera que una planta a gran escala requiere de un diseño más detallado que proporcione mayores elementos de oportunidad en la producción y una planta más pequeña requiere un menor esfuerzo en este sentido (37).

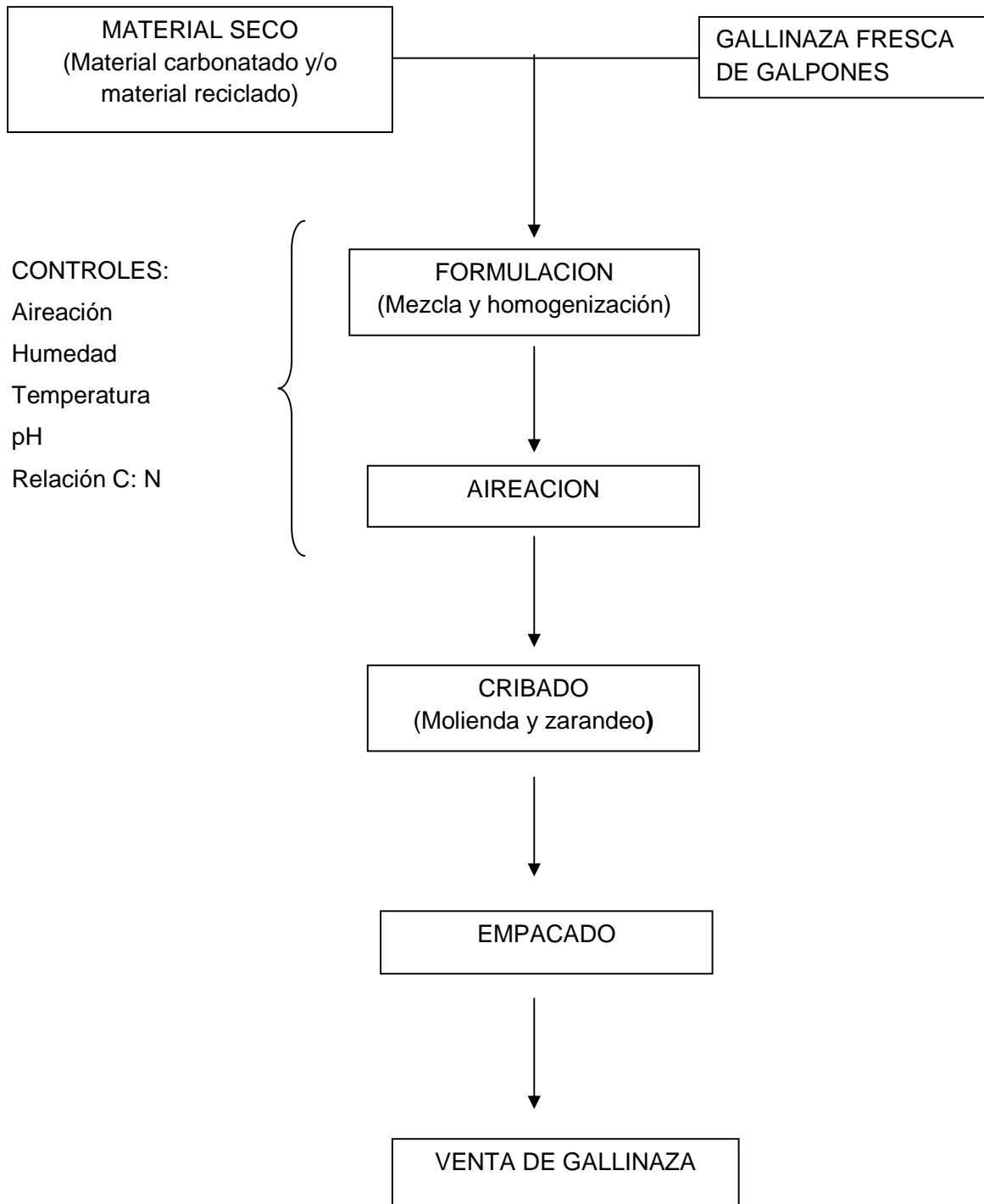


FIGURA 3. Flujo de las etapas desarrolladas en la planta de compostaje

#### **6.2.1.5.1 Diagrama del proceso**

Es un esquema que representa el orden de las operaciones unitarias, sus principales características así como el flujo de los materiales. Este documento permite observar todo el proceso en conjunto, en ocasiones incluye el balance de materiales y la hoja de proceso. Un documento más detallado para plantas de mayores dimensiones es el diagrama de tubería e instrumentación (37).

#### **6.2.1.5.2 Hoja de proceso**

Este documento muestra las principales variables y acciones que se llevan a cabo durante el proceso. Está organizado en forma secuencial y, por tal motivo, tiene como referencia el tiempo de proceso. Para el caso del compostaje, incluye las variables de temperatura, pH, humedad, frecuencia de aireación, humectación etc. En esta hoja está basado el diseño de calidad del proceso. Es frecuente colocarla sobre el diagrama del proceso (37).

#### **6.2.1.5.3. Balance de materiales**

Incluye la información de salida y entrada de materiales en cada operación unitaria, describiendo sus características principales que, para este caso pueden asociarse con la relación C/N ó el porcentaje de materia orgánica. En plantas pequeñas, el número de componentes es menor que en las de mayor tamaño. El balance de materiales es indispensable para un adecuado control de la calidad. Se acostumbra colocar bajo el diagrama del proceso en forma de tabla (37).

Se debe de contar con una lista actualizada y detallada de las granjas avícolas de las cuales recibe gallinaza (24).

#### **6.2.1.5.4 Distribución de planta**

En este esquema ó plano, se muestra el lugar que ocupa cada una de las operaciones unitarias así como las instalaciones complementarias más importantes. También el esquema debe mostrar el flujo de los materiales a través de la planta. Para su diseño se requiere de un amplio análisis del proceso, para así determinar la distribución óptima (37).

#### **6.2.1.5.5 Hojas de equipo**

Incluyen las especificaciones necesarias para la adquisición de un equipo, su uso y el mantenimiento preventivo necesario. Estas hojas contienen más información en los equipos complejos que en los sencillos; sin embargo, son siempre necesarias. Estas hojas pueden ser la



carátula del expediente del equipo que incluye la copia de la factura, el manual de operación, el programa de mantenimiento preventivo, los informes de mantenimiento correctivo, las especificaciones técnicas y los proveedores de refacciones e insumos, entre otros (37).

#### **6.2.1.5.6 Instalaciones complementarias**

Es un conjunto de esquemas, planos y hojas de equipo de aquellos elementos necesarios para la planta y los cuales necesariamente no se encuentran dentro del proceso. Entre éstos se incluye el drenaje, la red de distribución de agua, la red eléctrica, los servicios sanitarios, las oficinas, almacenes, cobertizos, caseta de vigilancia, etc. (37).

Las plantas de compostaje pueden ser diseñadas por consultores especializados en cuyo caso deberán presentarse los términos de referencia respectivos y ajustar el contrato a dichos términos (37).

#### **6.2.1.6 Tipos de operación de la planta**

Una planta de compostaje puede iniciarse con operación manual y con el paso del tiempo ir mecanizándose hasta la construcción de una nave cerrada. Para una nave cerrada es necesario considerar el clima, debido a que puede ser un excelente punto de oportunidad ó una grave desventaja. Los principales tipos de operación de plantas de compostaje son:

##### **6.2.1.6.1 Planta de operación manual**

La planta más sencilla es la que se diseña con operación 100% manual y con el mínimo de personal posible. Este tipo de planta puede producir hasta 50 Tm/año de compost. Los procesos se realizan manualmente con herramienta y se excluyen aquellos que requieren el uso de maquinaria. El equipo de control mínimo en una planta de operación manual es un termómetro de bayoneta (37).

##### **6.2.1.6.2 Plantas parcialmente mecanizadas**

Cuentan principalmente con equipo que apoya en diversas operaciones unitarias. La maquinaria más empleada es el cargador frontal simple ó con retroexcavadora (figura 5). El cargador frontal pequeño (*Bobcat*) puede ser la opción más adecuada para plantas pequeñas; sin embargo, por encima de 500 Tm/año de compost producida podría presentar problemas por uso excesivo. En este sentido, los cargadores frontales tienen que seleccionarse de acuerdo a la capacidad de la planta (37).



FIGURA 4. Termómetro de bayoneta.

Este tipo de maquinaria es indispensable en las plantas de compostaje que operan con el sistema de pilas al aire libre; incluso en plantas con equipos más sofisticados para la aireación y humectación, el cargador frontal se utiliza para el transporte con ayuda de vehículos de volteo. En algunas plantas con naves cerradas, el cargador frontal se sigue empleando para transporte en algunas secciones de la nave. El cargador frontal no resulta muy útil cuando existe maquinaria diseñada expresamente para el transporte, aireación, humectación, cribado, etc. (37).

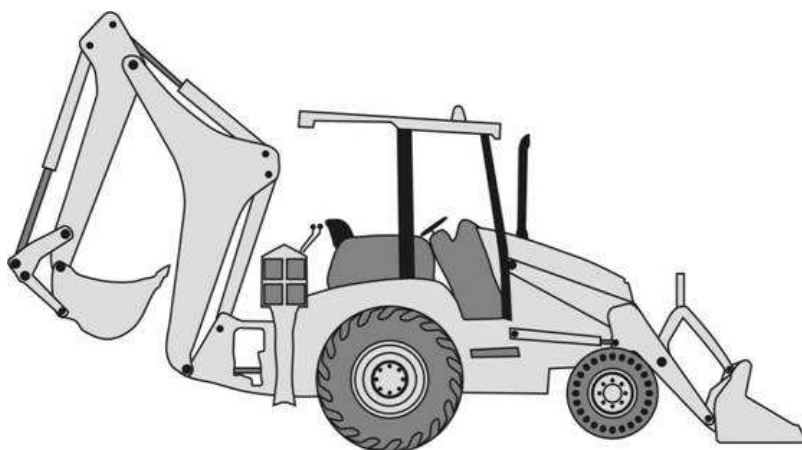


FIGURA 5. Cargador frontal (pala mecánica) con retroexcavadora (mano de chango).

La mecanización de la planta puede continuar con la adquisición de equipo menor como bombas y tanques almacenadores de agua, generadores de electricidad (si no hay línea eléctrica cercana), cosedora manual de sacos, equipo de control (termómetro, medidor de pH y de humedad, etc.), una báscula y una criba para cargador frontal, entre otros (37).

#### **6.2.1.6.3 Plantas mecanizadas**

Estas plantas pueden ser de tres tipos principales: las que operan en pilas, en naves cerradas y en reactores (tanques). Una combinación de estos métodos es la mejor opción pero requiere de un conocimiento muy especializado del proceso y contar con especialistas en ingeniería, microbiología y biotecnología (37).

La planta mecanizada más sencilla es la que opera en pilas. En lugar de emplear el cargador frontal para todas las operaciones unitarias, sólo éste se utiliza para el transporte de los materiales con ayuda de un vehículo de volteo. Cada operación unitaria se realiza con un equipo especializado (37).

Uno de los puntos críticos del compostaje es la degradación, la cual se puede afectar por la humectación y la aireación inadecuadas. Existe también la posibilidad de utilizar maquinaria especializada instalada en una nave industrial cerrada para estas dos últimas operaciones, y de esta forma, poder controlar con mayor precisión el proceso de degradación (37).

En estas plantas con temperatura y humedad controlada, en ocasiones se continúa empleando el cargador frontal como medio de transporte; sin embargo, existe equipo especializado que al mismo tiempo que transporta y voltea, proporciona el oxígeno y el agua necesarios para el compostaje (37).

Este equipo está montado en el techo de la nave y consta de tornillos sinfín, bandas transportadoras, aspersores, tuberías y bombas. Normalmente no se lleva a cabo la maduración del compost dentro de las naves. Una planta se puede tecnificar cada vez más para aumentar eficiencias y capacidad de procesamiento; sin embargo, el cambio de equipo en una operación unitaria puede afectar todo el proceso haciendo necesario el cambio de otros equipos (37).

Por lo anterior es indispensable hacer un análisis antes de la compra de un nuevo equipo que considere la vida útil de los ya existentes para minimizar los recursos necesarios para el cambio (37).

La maquinaria más sofisticada para el compostaje es el reactor. Estos reactores son tanques cilíndricos con sección circular ó cuadrada en donde de forma continua se agregan los materiales, el agua y el aire. En cualquier momento dentro del reactor se pueden identificar todas las operaciones unitarias del compostaje (37).

En la figura 6 se muestra un esquema de este reactor, indicando las principales etapas. Los materiales ingresan por la parte izquierda del mismo y se efectúa la formulación en ese punto. Gracias a la helicoidal de la pared del tanque, el material se va desplazando hacia la derecha conforme el tanque gira. Por la parte central se agrega el agua y el aire necesarios para la degradación; también se agrega la recirculación de materiales no completamente degradados. En el centro de la primera sección del reactor se lleva a cabo la degradación, en donde la temperatura y la humedad del proceso se controlan mediante sensores y aspersores. La maduración se lleva a cabo en la segunda sección del reactor e, incluso, es posible incluir el lombricompostaje como operación en estos reactores. Al final, en el área a la derecha del cilindro, se tiene una criba que permite la salida de los materiales finos y la recirculación de los compuestos orgánicos no degradados (37).

Algunas diferencias con relación al diseño mostrado en la figura 6, incluyen un tornillo sinfín en lugar de la helicoidal ó un pistón; una sección cuadrada ó una mayor inclinación para aprovechar la gravedad como fuerza de transporte. Incluso existe un diseño basado en una columna con "válvulas" interiores para cada etapa. Estos reactores pueden trabajar desde algunos kilogramos al día y hasta decenas miles de toneladas al año. En algunas plantas se puede combinar la operación del reactor con el método de pilas (37).

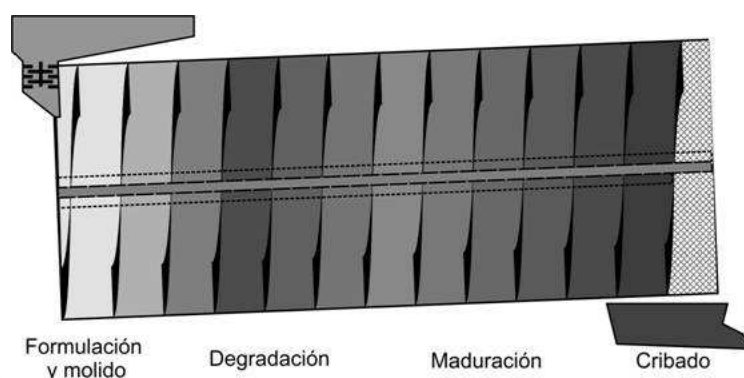


FIGURA 6. Esquema de un reactor cilíndrico para compostaje.

### **6.2.1.7 Administración de la planta de compostaje**

Una buena administración permite tener una operación eficiente, optimizar el proceso de producción y disminuir los costos. Esto es muy importante ya que una mala administración genera problemas y es uno de los principales motivos del fracaso de este tipo de proyectos (37).

#### **6.2.1.7.1 Elementos de la administración**

La administración estudia los procesos de producción de bienes y servicios. Tradicionalmente se identifican cinco elementos: planeación, organización, dirección, producción y control. Estos elementos están interrelacionados y las actividades asociadas a cada elemento se asignan al personal de la empresa, institución ó sistema, para una operación efectiva y exitosa (37).

La planeación tiene por objeto hacer un “plan”, un modelo ó idea de lo que se pretende producir y cómo llevarlo a cabo. Los planes son ejercicios de estimación de una realidad futura e incluyen programas, cronogramas y presupuestos, entre otros. El proceso de planeación puede resumirse en las siguientes etapas.

- a. Diagnóstico.
- b. Planteamiento de objetivos.
- c. Diseño de estrategias.
- d. Evaluación de estrategias.
- e. Definición de los elementos de planeación.
- f. Integración del plan (37).

#### **6.2.1.7.2 El manual de operación y organización**

Este documento, describe la estructura, la asignación de tareas, el perfil de puestos, la línea de mando y, en general, la organización de la planta. Un modelo de la estructura del manual puede ser la siguiente:

##### **6.2.1.7.2.1 Descripción general de la planta**

Incluye la ubicación, el nombre del propietario, otros datos relevantes y se describe de forma general el proceso de compostaje y sus operaciones unitarias, y se elabora un listado de los documentos relacionados, ya sea de la producción ó la administración (37).

#### **6.2.1.7.2.2 Perfil de puestos**

Incluye los conocimientos, las habilidades y las actitudes mínimas deseables, así como la totalidad de las actividades que debe realizar cada puesto dentro de la organización (37).

#### **6.2.1.7.2.3 Organigrama**

Incluye no solamente el diagrama que muestra la línea de mando, sino también el nivel para la asignación del sueldo ó salario y la modificación de las líneas de mando en caso de ausencias cortas ó largas. Para el caso de plantas grandes, pueden elaborarse dos manuales: uno que describa con gran detalle las actividades de cada persona en el seno de la institución, y otro que se ocupe de la línea de mando (37).

Para el caso de la maquinaria compleja, es recomendable contar con un manual específico para ella y de esta forma se puede disminuir el tiempo durante la capacitación y la atención de eventos inusuales (accidentes). También puede desarrollarse un manual específico para eventos inusuales ó actividades sociales (37).

Los manuales permiten el “fortalecimiento institucional”, pero no son lo único necesario. Un manual en sí es un conjunto de hojas impresas, sin utilidad alguna si el personal de la planta no lo conoce, ni lo sabe aplicar. La elaboración de los manuales requiere de un gran esfuerzo y resume los conocimientos que ya poseen las personas de la organización al momento de elaborarlo (37).

Sin embargo, la utilidad de los manuales va más allá: los manuales facilitan la transmisión de conocimiento nuevo cuando se modifica el proceso, se adquiere un nuevo equipo ó se integra nuevo personal. Los manuales permiten elaborar productos con calidad, y la carencia de aquellos dificulta el logro de este objetivo (37).

#### **6.2.1.7.3 Recursos humanos**

La base de cualquier empresa, institución ó sistema son las personas. El recurso humano debe ser administrado aprovechando los mejores y mayores esfuerzos, y es el centro de la administración (37).

La planta de compostaje debe de contar con personal competente para el proceso y los operarios específicos de acuerdo con los equipos utilizados; ellos son los encargados de las labores de alimentar las maquinas, recibir materia prima, almacenar, empacar, sellar y entregar el producto terminado (18).

#### **6.2.1.7.4 Calidad**

Una producción con calidad significa que existe una producción con resultados definidos y constantes. Un producto diseñado como el compost, al momento de fabricarse debe contar con las características de diseño requeridas (18).

El compost como producto se diseña con base en las características que permiten ofrecer al consumidor un producto útil. La calidad es mantener constante estas características a lo largo del tiempo. Si los productos difieren entre sí (por ejemplo un lote es más húmedo que otro) no se logra la calidad y el consumidor no tiene certeza sobre lo que realmente adquiere (18).

La calidad se logra controlando el compostaje en cada una de sus operaciones unitarias, las materias primas y el trabajo administrativo. Para alcanzar la calidad se pueden seguir los siguientes pasos:

##### **6.2.1.7.4.1 Definir el producto**

Con base en sus características, como color, olor, tamaño de partícula, humedad, carbono total, nitrógeno total, etc., y las especificaciones particulares de los clientes. Éstos constituirán los estándares de calidad del producto (37).

Definir los elementos a controlar en cada operación unitaria y tarea administrativa (37).

Se elabora un listado de características medibles para cada una de las operaciones unitarias y de las tareas administrativas (37).

##### **6.2.1.7.4.2 Definir un programa de muestreo**

Este programa puede ser aplicado en forma semanal, mensual ó aleatoria. El muestreo se efectúa en el producto final y todas las operaciones unitarias y tareas administrativas. La programación del muestreo debe buscar interrumpir lo menos posible la producción (37).

##### **6.2.1.7.4.3 Implementar el programa de muestreo**

Muestreando y midiendo las características seleccionadas. El registro de estas medidas permite llevar un control estadístico de la calidad (37).

##### **6.2.1.7.4.4 Analizar estadísticas**

Se elaboran talleres internos que permiten analizar los elementos causales de los problemas observados en el control de calidad. Se elabora un diagrama de causa–efecto que permite solucionar problemas existentes en la planta. Efectuar este análisis periódicamente permite asegurar la calidad (37).

La administración total de la calidad es un proceso administrativo que se centra en el control. Todas las tareas, tanto productivas como administrativas, tienen un estándar así como los “productos intermedios”. Estos productos intermedios no sólo se refieren a las fases intermedias de la producción, sino también a los productos de la administración, como son los informes, manuales, planes, ventas, compras, etc. Sólo las plantas con un departamento de calidad pueden hacer frente a los embates de un mercado cada día más globalizado (37).

#### **6.2.1.7.5 Estimación de costos**

La estimación de costos distribuye una porción de todos los gastos en cada producto. Este análisis permite obtener información sobre los puntos críticos en el proceso de producción y en la administración (37).

Un producto (bien ó servicio) es resultado de la unión de los recursos materiales (máquinas, muebles, vehículos, herramientas, materias primas) con los recursos humanos (personal) y los recursos financieros (dinero). Este producto incluye una parte de cada uno de estos elementos y es esta fracción lo que se desea estimar. Sin embargo, la fracción de recursos que se utiliza para un producto no es constante, depende del momento en que fue fabricado. Por tal motivo, es necesario hacer la referencia al lote ó al tiempo, que puede ser mensual, semestral ó anual (37).

Todos los recursos empleados para la producción tienen una expresión monetaria y pueden ser divididos en dos rubros:

##### **6.2.1.7.5.1 Gastos**

Son aquellos recursos en los que no se puede apreciar la contribución específica al producto. Dentro de este rubro se incluyen los gastos de administración, de distribución y financiamiento (37).

##### **6.2.1.7.5.2 Costos**

Son aquellos recursos en los que se puede apreciar una contribución precisa a la generación del producto. Dentro de este rubro se incluyen materias primas, mano de obra a destajo y gastos financieros periódicos (37).

Los costos definen la fracción de recursos en cada producto, no así los gastos. Para establecer la fracción de gastos se tiene que considerar un cierto período de tiempo, y así sumar los gastos del período más los costos utilizados durante el período, y obtener el total de



recursos consumidos. La producción del período fue posible gracias a todos los recursos de dicho período. De esta forma se conocen los costos totales del producto (37).

La estimación de costos en una planta de compostaje permite establecer el precio mínimo de venta y, consecuentemente, la rentabilidad de la planta. El precio de venta no debe ser menor que este mínimo, puesto que se estaría “subsidiando” la producción (37).

#### **6.2.1.8. Características finales de la gallinaza procesada**

El producto terminado de la gallinaza procesada se espera que alcance las siguientes características:

1. La relación carbono/nitrógeno debe descender en forma lenta, esto garantiza pocas pérdidas de nitrógeno.
2. Los nutrientes N y K deben conservarse en valores cercanos a los originales y en principio no deben de ser menores 3% y 1% respectivamente.
3. El pH debe localizarse en los alrededores de 8.1.
4. La conductividad eléctrica no debe exceder a 3 mS/cm.
5. La capacidad de intercambio cationico (CIC) debe ser 170 meq/100g materia orgánica.
6. La fracción de liposolubles no debe de ser mayor a 1%.
7. La fracción de hidrosolubles debe disminuir como mínimo en 25% con respecto al valor inicial.
8. La capacidad de retención de agua (C.R.A) en el compost debe ser a 1.5 mililitros por gramo de biomasa considerada.
9. No debe presentar microorganismos patógenos para humanos, aves y plantas (17).

Se recomienda tomar muestras en la pila de compostaje y en el producto final para realizar análisis de diferente tipo para asegurar la calidad del proceso y del producto final obtenido (27).

Se toman las muestras haciendo la recolección en forma práctica en las pilas de compostaje y en el producto final, las muestras se deben homogenizar, moler, tamizar y llevarlas a analizar (27).

Los análisis de las muestras son de:

1. Características físicas.
2. Propiedades químicas.
3. Propiedades biológicas y orgánicas.
4. Presencia de patógenos.
5. Presencia de contaminantes orgánicos (27).

CUADRO 15: Parámetros físico-químicos de la gallinaza

Parámetros	Rango
pH (unidades)	8 - 9
Humedad (g Humedad/g M)	1 - 2
Sólidos Volátiles (g SV/g M)	2 - 4
D.Q.O (mg 2/g M)	200 - 500
D.B.O (mg 2/g M9)	200 - 400
Nitrógeno total (mg N/g M)	3 - 12
Nitrógeno amoniacal (mg NH <sub>3</sub> /g M)	3 - 7
Fósforo (mg P/g M)	5 - 25
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> /g M)	2 - 16

mg = miligramos                      g M = gramos de materia

FUENTE: Estrada, M (17).

#### 1. Características físicas

El examen físico del compostaje permite un buen proceso y aseguran la calidad del producto final. A continuación se lista una serie de variables para las cuales se debería de disponer de métodos estandarizados, entre las características a evaluar tenemos.

- a. Capacidad de aireación: densidad aparente, espacio poroso y porosidad.
- b. Porcentaje de humedad.
- c. Capacidad de retención de humedad.
- d. Conductividad hidráulica.
- e. Drenaje.
- f. Infiltración.
- g. Permeabilidad.
- h. Resíduos extraños.
- i. Textura.
- j. Sólidos totales y cenizas.
- k. Olor.
- l. Color (27).

#### 2. Análisis químicos

Las propiedades químicas a evaluar son:

- a. Índices agrícolas.

- b. Capacidad de intercambio catiónico.
  - c. Conductividad eléctrica (sales solubles).
  - d. Metales pesados (Ag, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni, Mo, Se, Zn).
  - e. Reacción (pH de la pasta y del extracto de saturación).
  - f. Nitrógeno (Kjeldahl, nitratos, amonio).
  - g. Contenido de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn).
  - h. Otros elementos (Al, Sb, Ba, Be, As, Th y cianuros).
3. Propiedades orgánicas y biológicas
- a. Sólidos volátiles biodegradables.
  - b. Relaciones indicadoras: C/N, C/P, NH<sub>4</sub> y C/S.
  - c. Actividad enzimática (fosfatasas, deshidrogenasas, proteasas, celulasas, peroxidasa).
  - d. Respirometría (tasa de absorción de oxígeno y tasa de evolución de CO<sub>2</sub>).
  - e. Ácidos grasos volátiles.
  - f. Carbono orgánico (materia orgánica).
  - g. Sustancias húmicas (ácidos húmicos y ácidos fulvicos) (27).

4. Presencia de patógenos

La calidad sanitaria del producto final que se aplicarán a los suelos debe ser garantizada. Se debe analizar los productos finales para identificar la presencia o abundancia, en caso positivo, de microorganismos que se juzgan con potencial patogénico para los humanos, animales y plantas. Entre los organismos que se proponen que sean examinados se tienen los siguientes:

- a. Escherinchia coli.
- b. Salmonella.
- c. Bacterias coliformes fecales.
- d. Estreptococos fecales.
- e. Coliformes totales.
- f. Newcastle.
- g. Rotavirus.
- h. Colibacilosis.
- i. Influenza aviar.

- j. Hongos y levaduras.
- k. Áscaris ova.
- l. Aspergillus fumigatus.
- m. Enterococos.
- n. Cryptoridium.
- o. Giardia lamblia.
- p. Campylobacter jejumi (27).

5. Presencia de contaminantes orgánicos

Se presenta una lista de productos orgánicos contaminantes que deberían ser analizados en los productos finales. Entre estos tenemos:

- a. Pesticidas organofosforados y organoclorados.
- b. Compuestos orgánicos semivolátiles y volátiles (27).

### 6.3 COMERCIALIZACIÓN DE GALLINAZA

Para garantizar la utilización segura de la gallinaza, se debe de elaborar un plan de fertilización de acuerdo al cultivo a establecer, se debe considerar los siguientes:

1. Caracterización del subproducto final (gallinaza) a través de pruebas físico-químicas y microbiológicas.
2. Análisis de suelos que permitan la caracterización y el establecimiento de valores como el contenido de materia orgánica expresado como carbono orgánico oxidable total, micronutrientes, micronutrientes, pH entre otros.
3. Necesidades nutricionales del cultivo al cual se va aplicar la gallinaza (18).

El producto final obtenido en el proceso de compostaje (gallinaza) se puede utilizar como enmienda orgánica en el suelo con el fin de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, eliminar patógenos y así aumentar el crecimiento de las plantas (18).

El uso agrícola de la gallinaza, además de la propiedad de fertilizante que ofrece para el desarrollo normal de las plantas, se debe considerar su importancia en la capacidad de recuperar suelos altamente degradados, más aun cuando se logra enriquecer el compost con los diferentes elementos [menores y mayores que permitan satisfacer las necesidades ó requerimientos nutricionales específicos para cada cultivo (mineral orgánicos ó abonos enriquecidos)] (18).

La aplicación de la gallinaza no se debe de hacer en seco, porque pueda afectar en forma perjudicial para la actividad biológica del suelo y por ende el desarrollo de las plantas, por eso debe aplicarse cuando exista humedad en el suelo ó se aplique un riego posterior a la aplicación de la gallinaza (39).

La gallinaza se puede aplicar durante la siembra ó en el trasplante de los cultivos directamente a los lados de las semillas ó plántulas, así también puede ser abonado directamente en la base del hoyo donde va a ser colocada la plántula (se debe de cubrir la gallinaza con un poco de tierra para que no entre en contacto directo con las raíces de las plántulas) y otra forma es abonando directamente en el surco donde se ira a establecer el cultivo que se quiere sembrar, sin previa germinación y trasplante (7, 35).

La cantidad de gallinaza a ser aplicada en los cultivos esta condicionada principalmente a varios factores, como son la fertilidad original del suelo donde se desea establecer el cultivo, el clima y la exigencia nutricional de las plantas que se quiere cultivar. La gallinaza, una vez aplicada, se debe cubrir con tierra para que no se pierda fácilmente y así obtener mejores resultados (7, 35).

CUADRO 16. Compañías y nombres comerciales de gallinaza en Guatemala

Compañía	Nombre comercial
Grupo PAF	Ferticonsa
Fertilizantes BIO-COFYA	BIO-COFYA
Avícola Villalobos	Alinivio
FERTIORGANICO, S.A	FERTIORGANICO
Avícola Rosanda	Bio-Abono orgánico
Granjazul	El paraíso

FUENTE: Solórzano, H (41).

## 6. CONCLUSIONES

Una vez recopilada, sintetizada y ordenada toda la información del manejo, producción y comercialización de gallinaza para uso agrícola se generaron las siguientes conclusiones:

1. El período de descanso del galpón debe ser lo más prolongado posible.
2. Se debe realizar una limpieza profunda de toda la granja.
3. El grosor de la cama depende del tipo de material utilizado, del tipo de ave y del costo del material.
4. Una forma práctica de evaluar la humedad de la cama en el galpón y de las pilas de compostaje es el método del puño.
5. La cama se puede reutilizar pero si se maneja en forma adecuada.
6. Para iniciar el proceso de compostaje de la gallinaza se debe de conocer la relación carbono: nitrógeno y la humedad de la gallinaza.
7. Un buen proceso de compostaje de la gallinaza necesita de 25 a 35 de la relación C/N y de 40 a 60% de humedad.
8. La altura de las pilas de compostaje debe ser la mitad del ancho y nunca menores de 1.20 metros.
9. La frecuencia de volteos para airear las pilas varia de acuerdo al volumen, masa, densidad y humedad de la gallinaza.
10. El rango ideal de pH para el proceso de compostaje de la gallinaza es de 6.5 a 8.
11. Para alcanzar la reducción significativa de los patógenos se debe alcanzar una temperatura mayor a 55 °C durante 4 horas.
12. La gallinaza procesada se debe de almacenar en un lugar donde este protegido del agua, roedores, viento entre otros.
13. La producción de gallinaza de un galpón depende de la edad de la ave, clase de ave, el consumo de alimento, el numero de aves y del manejo que se le de a la cama durante el tiempo que este en el galpón.
14. Para implementar un sistema de compostacion de gallinaza se debe de considerar: el tamaño de la granja, la cantidad de excretas, ubicación, escala de la planta, las operaciones unitarias de la planta, el programa de bioseguridad, los elementos de ingeniería, el tipo de operación de la planta y la administración de la misma.
15. Las operaciones unitarias de una planta de compostaje de gallinaza son: formulación, transporte, degradación, aireación, humectación, pasteurización, maduración, secado y empaque.

16. Para que la gallinaza procesada sea de buena calidad deben de tomarse muestras durante el proceso de compostaje y al producto final para el análisis de las propiedades físicas, químicas, biológicas, presencia de patógenos y contaminantes orgánicos.
17. Para garantizar la utilización correcta de la gallinaza se debe de elaborar un plan de fertilización de acuerdo a las características de la gallinaza, análisis de suelo y a las necesidades nutricionales del cultivo.
18. No se recomienda la utilización de la gallinaza fresca y sin procesar.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda procesar mediante compostaje la gallinaza.
2. Todo proceso de compostaje de gallinaza que se quiera utilizar debe probar su capacidad para eliminar patógenos.
3. Los tratamientos de las excretas de aves no deben dañar la calidad nutritiva del producto final, porque pierde valor para utilizarse como abono orgánico y se convierte en un potencial contaminante.
4. Es necesario que las universidades, los productores y el gobierno se unan para desarrollar programas con la participación de los inversionistas y especialistas que permitan afianzar estrategias, para aumentar el uso correcto de la gallinaza y se pueda producir suficiente gallinaza procesada para abastecerla demanda.
5. Los gobiernos deben de crear estímulos, tal vez fiscales, que promuevan la inversión en los procesos que mejoren el uso de los desechos de la avicultura.
6. Es preciso que el congreso de la república legisle para reglamentar la disposición final de los desechos y subproductos de la industria avícola, así como la reglamentación en el manejo, producción y comercialización de la gallinaza.
7. Se deben extremar medidas de bioseguridad en la granja avícola y en la planta de compostaje.
8. Se recomienda evaluar las otras alternativas de uso de la gallinaza, como la alimentación de animales y producción de biogás.
9. Se recomienda promover en la industria avícola la compostación de las aves muertas.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ABIMGRA (Abonos Integrales Mi Granja, CO). 2009. Compuesto ABIMGRA, en un suelo fértil (en línea). Bucaramanga, Colombia. Consultado 25 jun 2009. Disponible en: <http://www.abimgra.5u.com/about.html>
2. AGRI-NOVA, ES. s.f. El compostaje (en línea). España. Consultado 5 feb 2009. Disponible en <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>
3. \_\_\_\_\_. s.f. Las normas de producción de agricultura ecológica (en línea). España. Consultado 2 feb 2009. Disponible en [http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/manual\\_agricultura\\_ecologica.htm](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/manual_agricultura_ecologica.htm)
4. Arias, F. 2002. Análisis de puntos críticos de control en granjas de aves de postura (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 8 feb 2009. Disponible en <http://www.anavih.org/publicaciones/dic-2002/articulo-2.html>
5. Barragán, J. 2008. Material de cama en la crianza de pollos (en línea). Madrid, España. Consultado 14 jun 2009. Disponible en: <http://wpsa-aeca.com/img/informacion/wpsa1239721428a.pdf>
6. Bongcam, E. 2003. Guía para el compostaje y manejo de suelos (en línea). Bogotá, Colombia, UPAR. Consultado 12 mar 2009. Disponible en <http://books.google.com/books?id=BUDmjTQxKhQC&printsec=frontcover&dp=compostaje&hl=es&rview=1>
7. Brechelet, A. 2004. Manejo ecológico del suelo (en línea). Santiago de Chile, Chile, RAP-PAL. Consultado 20 mar 2009. Disponible en [http://www.clusterorganicodom.org.do/publicaciones/Manejo\\_Ecologico\\_del\\_Suelo.pdf](http://www.clusterorganicodom.org.do/publicaciones/Manejo_Ecologico_del_Suelo.pdf)
8. Butland, G; Wright, C. 2009. Estado actual de la industria avícola global: empresas líderes 2009 (en línea). Industria Avícola no. 1. Consultado 17 jun 2009. Disponible en: <http://www.industriaavicola-digital.com/industriaavicola/200901/?Pg=28>
9. Caballero, K. 2006. Aspectos energéticos y económicos relacionados con los residuos orgánicos (en línea). Madrid, España. Consultado 23 jun 2009. Disponible en [http://html.rincondelvago.com/compostaje\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/compostaje_1.html)
10. Castañeda Reyes, J. 2007. Sistematización de las experiencias sobre densidades de alojamiento de aves de engorde para el aprovechamiento y calidad de canal en planta de proceso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 32 p.
11. Cervantes, M. s.f. Abonos orgánicos (en línea). Madrid, España. Consultado 12 feb 2009. Disponible en [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm)
12. Cobb-Vantres, US. 2008. Guía para el manejo de pollo de engorde (en línea). Arkansas, Estados Unidos. Consultado 13 jun 2009. Disponible en: <http://www.cobb-vantres.com/contactus/brochures/BroilerGuideSPAN.pdf>

13. Duque, C. s.f. Industria avícola: impacto ambiental y aprovechamiento de los residuos (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 25 jun 2009. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxviii.pdf>
14. Encolombia.com. s.f. Cundinamarca, Santander, Valle y Antioquia, con severos problemas respiratorios por causas aun desconocidas (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 5 ene 2009. Disponible en <http://encolombia.com/VETERINARIA/fenavi9002actualidad.htm>
15. Engormix, US. 2009. Foro de avicultura: ¿Camas de viruta ó de cascara de arroz? (en línea). US. Consultado 19 jun 2009. Disponible en: [http://www.engormix.com/camas\\_viruta\\_o\\_forumview1536.htm](http://www.engormix.com/camas_viruta_o_forumview1536.htm)
16. Estrada, J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 11 abr 2009. Disponible en <http://books.google.com/books?id=qhBLgdouyJkC&printsec=frontcover&dq=pastos+y+forrajes&hl=es&view=1>
17. Estrada, M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza (en línea). Lasallista 2(1). Consultado 25 ene 2009. Disponible en <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol2n1/gallinaza.pdf>
18. FENAVI (Federación Nacional de Avicultores de Colombia, CO). 2006. Alternativas para el manejo de residuos orgánicos (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 7 ene 2009. Disponible en: <http://www.fenavi.org/fenavi/tec-manejo-residuos.php?idm=109>
19. Forero, G. 2004. Manual granja integral autosuficiente. San Pablo. Consultado 9 mayo 2009. Disponible en: [http://books.google.com/books?id=r\\_UteWRobqkC&printsec=frontcover&dq=granja+integral+autosuficiente&hl=es](http://books.google.com/books?id=r_UteWRobqkC&printsec=frontcover&dq=granja+integral+autosuficiente&hl=es)
20. Gernat, A. 2009. Uso de arena como cama de pollos (en línea). Industria Avícola no. 4. Consultado 17 jun 2009. Disponible en <http://www.wattpoultry.com/arena2.aspx>
21. Grave, C. 2007. Manejo inadecuado de abono orgánico conocido como gallinaza (en línea). Prensa Libre, Guatemala, GT, nov 12:34. Consultado 3 feb 2009. Disponible en <http://www.prensalibre.com/pl/2007/noviembre/12/187515.html>
22. Herrera, F. 2008. Granjas avícolas y los planes de ordenamiento territorial de los municipios (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 15 ene 2009. Disponible en [http://www.engormix.com/granjas\\_avicolas\\_planes\\_ordenamiento\\_s\\_articulos\\_1998\\_AVG.htm](http://www.engormix.com/granjas_avicolas_planes_ordenamiento_s_articulos_1998_AVG.htm)
23. Hess, J. 2008. Manejo efectivo de la cama de polla de engorda (en línea). Industria Avícola no. 6. Consultado 10 jun 2009. Disponible en <http://www.wattpoultry.com/IndustriaAvicola/Article.aspx?id=23428>
24. MAG (Ministerio de Agricultura, CR). 1986. Reglamento sobre manejo y control de gallinaza y pollinaza (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 28 ene 2009. Disponible en <http://www.senasa.go.cr/Documentos/legislacion/29145-MAG-S-MINAE.htm>

25. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1995. Reglamento de la ley de sanidad vegetal y animal. Guatemala. Consultado 20 jun 2009. Disponible en [http://www.agrequima.com.gt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34:sanidadni\\_malveget&catid=8:мага&Itemid=22](http://www.agrequima.com.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=34:sanidadni_malveget&catid=8:мага&Itemid=22)
26. \_\_\_\_\_. 2004. Normas para la prevención, control y erradicación de la enfermedad de Newcastle (en línea). Guatemala. Consultado 21 jun 2009. Disponible en [http://www.unr.gob.gt/unr\\_normativas/pdfs/AM6252004.pdf](http://www.unr.gob.gt/unr_normativas/pdfs/AM6252004.pdf)
27. Martínez, C. 1999. Lombricultura y abonos orgánicos (en línea). México, IICA. Consultado 22 abr 2009. Disponible en <http://books.google.com/books?id=vJ8qAAAAYAAJ&pg=PA10&dq=GALLINAZA&lr=&hl=es&rview=1#PPP1,M1>
28. Microsoft, US. 2000. Encarta: piedra pómez. US. 3 CD.
29. Moreno, J. 2008. Compostaje (en línea). España, Mundi-Prensa. Consultado 14 abr 2009. Disponible en: <http://books.google.com/books?id=V2x2hEfBbboC&pg=PA358&dq=gallina&lr=&hl=es&rview=1#PPA1,M1>
30. NATLAW (National Law Center for Inter, AR). 1996. Tratamiento y usos de gallinaza y pollinaza (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 15 jun 2009. Disponible en [http://www.natlaw.com/cgi-bin/wgnatlaw/webglimpse.cgi?Country=ar&Go=Go&ID=53&Search=Search&Subject=any&A\\_Type=any&autosyntax=EXACT&cache=yes&limit=800%3A300&nonascii=off&query=pollinaza&rankby=CST](http://www.natlaw.com/cgi-bin/wgnatlaw/webglimpse.cgi?Country=ar&Go=Go&ID=53&Search=Search&Subject=any&A_Type=any&autosyntax=EXACT&cache=yes&limit=800%3A300&nonascii=off&query=pollinaza&rankby=CST)
31. Plana, R. 2008. Maestro compostador: los tratamientos biológicos de residuos orgánicos (en línea). Madrid, España. Consultado 22 jun 2009. Disponible en <http://www.maestrocompostador.com>
32. Prieto, C. 2003. Basuras: manejo y transformación practico-económico (en línea). Bogotá, Colombia, ECO. Consultado 15 abr 2009. Disponible en <http://books.google.com/books?id=N-S0U5Y7FTgC&pg=PP1&dq=basuras&hl=es>
33. Programa Ambiental Regional para Centroamérica, GT. 2004. Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala-2004 (en línea). Guatemala. Consultado 20 feb 2009. Disponible en <http://www.femica.org/areas/modambiental/archivos/docs/Reporte%20Manejo%20de%20Residuos%20Guatemala.pdf>
34. Ramírez, I. 2009. Tecnologías de bajo impacto para el tratamiento de residuales y el control del ambiente interno de los galpones. Quito, Ecuador, Engormix. Consultado 21 jun 2009. Disponible en [www.engormix.com/articulo\\_tecnologias\\_bajo\\_impacto\\_forumview17121.htm](http://www.engormix.com/articulo_tecnologias_bajo_impacto_forumview17121.htm)

35. Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares (en línea). Brasilia, Brasil, IICA. Consultado 17 mar 2009. Disponible en **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**
36. Rivero, C. 1999. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante (en línea). Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía no. 25. Consultado 10 ene 2009. Disponible en **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**
37. Rodríguez, M. 2006. Manual de compostaje municipal (en línea). México, GTZ. Consultado 23 mar 2009. Disponible en **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**
38. Rosales, N. 2007. Gallinaza: un residual avícola como fuente alternativa de nutrientes para producción de biomasa microalgal (en línea). Revista Colombiana de Biotecnología no. 13. Consultado 20 ene 2009. Disponible en <http://www.articlearchives.com/science-technology/life-forms-seaweed-algae/1529962-1.html>
39. Seoanez, M. 2000. Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos (en línea). Madrid, España, Mundi-Prensa. Consultado 25 mar 2009. Disponible en <http://books.google.com/books?id=lvq2Wn4HNroC&pg=PA1928&dq=manejo+de+gallinaza&hl=es&rview=1#PPA7,M1>
40. \_\_\_\_\_. 2003. Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimenticias (en línea). Madrid, España, Mundi-Prensa. Consultado 30 mar 2009. Disponible en **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**
41. Solórzano, H. 2009. Manejo, producción y comercialización de gallinaza en Guatemala (entrevista). San Miguel Petapa, Guatemala, Grupo PAF.
42. Wikipedia.com. 2007a. Abono (en línea). España. Consultado 30 mayo 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Abono>
43. \_\_\_\_\_. 2007b. Abonos orgánicos (en línea). España. Consultado 20 mayo 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/biofertilizante>
44. \_\_\_\_\_. 2007c. Estiércol (en línea). España. España. Consultado 25 mar 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Esti%C3%A9rcol>

## **ANEXOS**

CUADRO 17.

Control de registro de temperatura

CONTROL DE PASTEURIZACIÓN DE CAMAS		
Persona responsable:		
Número de pila:		
Dimensiones de la pila en metros: Largo:      Ancho:      Alto:		
Fecha de inicio del apilado:		
Fecha de volteo:		
Fecha de terminación del apilado:		
Fecha y hora de la toma de temperatura:		
Temperatura promedio en °C:		
Observaciones:		
Firma de la persona responsable:		