



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA
AMBIENTAL Y LABORAL PARA CAFTA-DR

Manual de Compostaje para Granjas Avícolas de Engorde



Julio 2011



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA
AMBIENTAL Y LABORAL PARA CAFTA-DR

Manual de Compostaje para Granjas Avícolas de Engorde



Julio 2011

La elaboración de este material ha sido auspiciada por el Pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido de este informe es responsabilidad de Chemonics International Inc. y su subcontratista Fundación Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador, y no necesariamente refleja la opinión de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

Agradecimientos

El presente manual, está dirigida al personal técnico con responsabilidad dentro de las granjas de engorde de pollo, con el propósito de presentar una alternativa al manejo de desechos sólidos, en este caso específico de pollinaza, generando así beneficios económicos por la venta de abono orgánico y un beneficio ambiental debido al tratamiento que se le brindará a dicho residuo. Además, dicha recomendación, aquí vertida, es de fácil ejecución, por lo que las empresas no tendrán problemas en llevar a cabo la implementación de la misma.

Participaron en la elaboración de la presente guía por parte del Programa de USAID de Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR (el Programa):

Ing. Salvador Vega Prado L, Especialista en Producción Más Limpia
Lic. Carlos Enrique Arze, Asesor experto en Producción Más Limpia

Por parte de la Fundación CNPML de El Salvador:

Inga. Yolanda de Tobar, Directora Ejecutiva
Inga. Yid Lai Quan, Técnico en Producción Más Limpia
Ing. Alejandro Saz, Coordinador Técnico
Ing. Nelson Vaquero, Coordinador de Proyecto
Lic. Christophe Hoor, Experto Integrado

La distribución, reproducción o consulta del presente documento por terceros deberá ser autorizada por las partes que participaron en su elaboración: la Empresa Consultora Chemonics International Inc. y la Fundación Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador, así como la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

Índice

1 INTRODUCCIÓN	1
2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	2
3 ANTECEDENTES	4
3.1 Sistemas de producción avícola	5
4 ASPECTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE GRANJAS DE ENGORDE AVÍCOLA EN EL SALVADOR.....	8
4.1 Descripción general del sistema productivo	8
5 ASPECTOS AMBIENTALES DE LAS GRANJAS DE ENGORDE AVÍCOLA	12
5.1 Impactos ambientales	14
6 DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO AVÍCOLA DE ENGORDE.....	15
6.1 Potencial de generación de compost en El Salvador.....	17
7 VARIABLES DE MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.....	19
7.1 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato	19
7.2 Parámetros de seguimiento	21
8 DISEÑO Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE	26
8.1 Consideraciones para el diseño y construcción de composteras.....	26
8.2 Infraestructura	26
8.3 Llenado de la pila de compost	29
8.4 Tiempo de compostaje	35
9 RECOMENDACIONES GENERALES.....	36
10 CASO DE ESTUDIO	41
11 BIBLIOGRAFÍA.....	46
12 ANEXOS.....	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de granjas avícolas en El Salvador	5
Tabla 2. Número de cabezas de pollos de engorde por departamento en explotaciones especiales y tradicionales en El Salvador.	7
Tabla 3. Número de cabezas de pollos de engorde en explotaciones especiales y tradicionales en El Salvador.	7
Tabla 4. Etapas de crianza del pollo de engorde	9
Tabla 5. Capacidad de generación habitual de pollinaza en las granjas de engorde avícolas en El Salvador.	13
Tabla 6. Generación de mortalidades por granja	13
Tabla 7. Disposición de pollinaza en las granjas de engorde avícolas en El Salvador . .	16
Tabla 8. Lista de chequeo para llenado de la compostera.	34
Tabla 9. Sugerencias a problemas frecuentes	40
Tabla 10. Registro de operación de compostera (Desde inicio hasta fin de llenado) . .	43
Tabla 11. Registros de operación de composteras (Posterior al llenado).	44

Índice de Figuras

Figura 1. Producción de carne de pollo (lb) en El Salvador en el período 1992-2008. . .	4
Figura 2. Aporte porcentual del Sub sector Avícola en el PIB de El Salvador.	5
Figura 3. Distribución de granjas avícolas registradas en El Salvador.	6
Figura 4. Galpón para la crianza de pollos de engorde. Cama de cascarilla de arroz. . .	8
Figura 5. Diagrama de proceso de crianza de pollo de engorde.	10
Figura 6. Ingreso y salida de material durante el proceso de compostaje	18
Figura 7. Evolución característica de la relación C/N durante el proceso de compostaje	20
Figura 8. Esquema de llenado de compostera para condiciones adecuadas de C/N . .	21
Figura 9. Evolución de temperatura durante el compostaje	22

Figura 10. Evolución del pH durante el compostaje.....	24
Figura 11. Techo con aleros.....	27
Figura 12. Piso con pendiente de 3 grados.....	27
Figura 13. Pared Frontal de Compostera	27
Figura 14. Canaletas	28
Figura 15. Esquema ilustrativo de dimensiones y distribución de tubos de aireación .	29
Figura 16. Colocación de la primera capa material en la compostera	30
Figura 17. Preparación de las aves antes de colocarlas en la compostera.....	30
Figura 18. Colocación de la mortalidad en la compostera	31
Figura 19. Humidificación de la compostera	31
Figura 20. Cubrimiento de la mortalidad con pollinaza dentro de una tabla	32
Figura 21. Volteo del compost a los 30 días	33
Figura 22. Molienda y tamizado de compost	34
Figura 23. Duración de proceso de compostaje.....	35
Figura 24. Activador Biológico.....	36
Figura 25. Muestra de compost en proceso de formación	39
Figura 26. Monitoreo de la temperatura de la pila de compost.....	39
Figura 27. Evolución de la temperatura durante el compostaje	45

1. Introducción

Bajo el Programa de USAID de Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR (el Programa), el Componente B – Mejorar el desempeño ambiental del sector privado – tiene como objetivo principal fomentar el uso de tecnologías de Producción Más Limpia (PML), por parte del sector privado, mediante diferentes mecanismos que permitan mejorar la competitividad de las empresas a través de un uso adecuado de sus recursos e insumos.

Entre uno de los mecanismos utilizados, está la divulgación de buenas prácticas y elaboración de guías técnicas sobre la implementación de PML en sectores industriales, agro-industriales y/o de servicios.

En coordinación con el Programa, la Fundación Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML El Salvador) realizó un proyecto de implementación de composteras en siete granjas avícolas en El Salvador. Este trabajo incluyó la ejecución de diagnósticos sobre el manejo de los residuos generados, principalmente referidos a pollinaza, y posteriormente, el diseño y la implementación de composteras cuyo costo fue absorbido por cada granja avícola participante del proyecto.

Este manual recopila las experiencias adquiridas en la implementación de composteras, al igual que incluye recomendaciones específicas para el diseño, construcción y manejo de éstas.

Finalmente, este manual presenta uno de los siete casos exitosos de granjas avícolas que están produciendo su compost como una alternativa de suministro de nutrientes, tanto para uso en sus propios cultivos, como para la venta a viveros.

2. Términos Y Definiciones

Aeróbico:

Es un proceso que implica la descomposición de los sustratos orgánicos en presencia de oxígeno (aire) obteniéndose como principales productos dióxido de carbono, agua y calor. (Martin, 1980)

Anaeróbico:

Es un proceso de descomposición del material orgánico en ausencia de oxígeno obteniéndose como productos principales metano, dióxido de carbono, ácidos y alcoholes. (Martin, 1980)

Cama:

Revestimiento del piso interno del galpón, que actúa como aislante de temperatura, absorbente de humedad y como agente para la dilución y captación de las deyecciones de las aves. Usualmente esta cama es una capa de diez centímetros de espesor de granza de arroz o cascarilla de café. (CCAD/CNPML, 2009)

Cascarilla de café:

Última cubierta que envuelve el grano de café, conocido también como pergamino. Es utilizado como combustible de calderas en beneficiado de café. Otro de sus usos, es como cama para los galpones en una granja avícola donde residen pollos de engorde. (CNAOH, 2009)

Compost:

Material que se origina en la descomposición aeróbica controlada de materia orgánica, en este caso pollinaza, mortalidades y otros. Producto final del proceso de compostaje cuyo uso principal es como fertilizante para mejorar las condiciones del suelo. (Moreno, Moral; 2008)

Compostaje:

Proceso de producción de compost.

Compostera:

Espacio físico formado por cuatro paredes y un techo parejo, con buen drenaje, de fácil acceso y alejado del proceso productivo avícola destinado para realizar el proceso de compostaje. (CNPML, 2010)

Galpón:

Estructura formada por techo, paredes y piso, que alberga a las aves durante el ciclo productivo.

Granza de arroz:

Cubierta exterior del grano de arroz, que se separa del mismo para su consumo, también denominado cubierta seminal. Otro de sus usos, es su utilización como cama para los galpones en una granja avícola donde residen pollos de engorde. (CNAOH, 2009)

Humedades:

Áreas o porciones húmedas de material de cama, compactados y resistentes a deformaciones, generados por concentración de humedad provenientes del agua de consumo, excremento de pollos, fugas en tuberías de transporte de agua u otra actividad con potencial de incorporar agua a la cama. (CNPML, 2010)

Lote:

Ciclo productivo de aves de engorde, que inicia con el pollo proveniente de incubadoras hasta su venta. (CNPML, 2010)

Mortalidad:

Tasa de muertes en la población de aves durante su ciclo productivo. (CNPML, 2010)

Patógenos:

Es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedades o daños a la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, entre otros), sensiblemente predispuesto. (Martín, 1980)

Plagas:

Es una situación en la cual un animal produce daños económicos, normalmente físicos, a intereses de las personas (salud, plantas cultivadas, animales domésticos, materiales o medios naturales); de la misma forma que la enfermedad no es el virus, bacteria, entre otros., sino la situación en la que un organismo vivo (patógeno) ocasiona alteraciones fisiológicas en otro, normalmente con síntomas visibles o daños económicos. (CNAOH, 2009)

Pollinaza:

Excretas de aves de engorde u otras aves en etapas de cría o desarrollo, sola o mezcladas con material de cama. (CNPML, 2010)

Sustancias fitotóxicas:

Son las sustancias orgánicas o minerales dañinas para el desarrollo y el crecimiento de las plantas.

Vectores:

Organismos vivos capaces de transportar y transmitir enfermedades causadas por microorganismos patógenos, tanto de forma mecánica como biológica. (CCAD/CNPML, 2009)

3. Antecedentes

La avicultura en El Salvador representa hoy en día uno de los rubros más importantes por aportar a la seguridad alimentaria de la población mediante la oferta de carne de aves de corral. Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), estiman que, para El Salvador, el suministro per cápita de carnes, es liderado por el de carnes provenientes de aves de corral, reportando 15.22 kg per cápita anuales, en el 2005 (FAO, 2010).

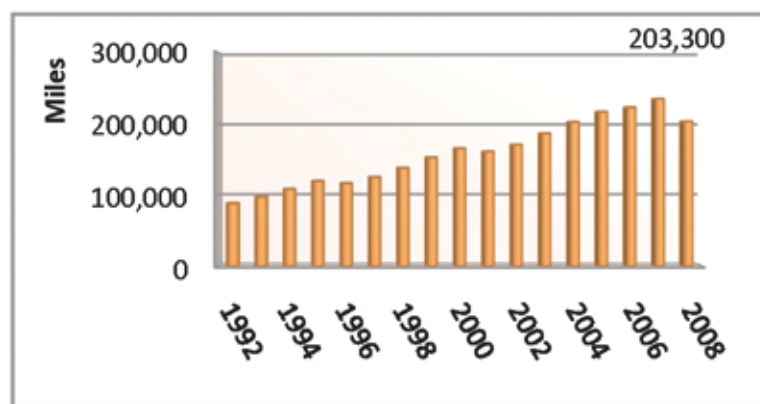


Figura 1. Producción de carne de pollo (lb) en El Salvador en el período 1992-2008

Fuente: (FAO, 2010)

Analizando el comportamiento de la producción de carne de pollo, en el periodo comprendido entre 1991 y 2008, se observa una tendencia creciente, alcanzándose una producción máxima en 2007, que asciende a las 203 millones de libras de carne de pollo; sin embargo para 2008 se observa una reducción del 13.49% en la producción respecto al año anterior (Asociación de Avicultores de El Salvador, 2010).

Para el año 2008 existió una producción de 192.3 millones de libras de carne de pollo que fueron puestas en el mercado. Pese al descenso, este dato representó un 63 % de la producción de carne a nivel nacional (FAO, 2010).

En cuanto a las exportaciones del Sub Sector Avícola, la Asociación de Avicultores de El Salvador (AVES), estima que en el 2009 éstas ascienden a USD\$ 13,679,947; considerando la comercialización de pollo congelado (S.A.C. 02.07), huevo entero con cáscara (S.A.C. 04.07), huevo pasteurizado y congelado (S.A.C 04.08), embutidos de pollo (S.A.C. 16.02), y pollos de engorde (S.A.C. 01.05). Al revisar el aporte de la partida arancelaria 0105 a las exportaciones globales del sector avícola, en el período entre 1995 y 2009, resulta en un promedio del 39.92%, lo que le imprime relevancia a las actividades relacionadas con la partida.

De acuerdo a la Asociación de Avicultores de El Salvador (AVES) y datos del Banco Central de Reserva (BCR), se tiene que para el año 2008 la avicultura aportó al Producto Interno Bruto (PIB) un 1.49 %.

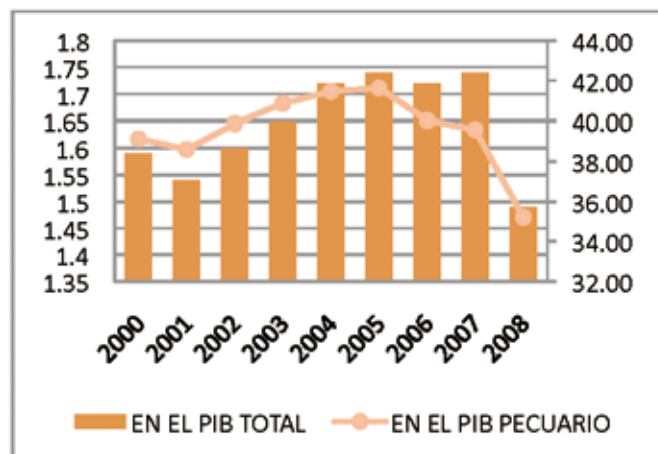


Figura 2. Aporte porcentual del Sub sector Avícola en el PIB de El Salvador
Fuente: (AVES, 2010)

Dicho aporte dentro del rubro agropecuario representa el 11.49 % y específicamente el 35.14 % del aporte de todo el sector pecuario. En la figura 2.6 se muestra la progresión de la fracción del Producto Interno Bruto correspondiente al sub sector avícola en el periodo de 2000 a 2008.

Traducido en millones de dólares, el subsector avícola ha contribuido con aproximadamente 1,235 millones de dólares acumulados para el periodo 2000-2008 en el Producto Interno Bruto nacional.

3.1 Sistemas de producción avícola

La producción de carne de ave se caracteriza por ser una industria dinámica, en la cual el producto terminado se obtiene en un corto período de tiempo (7-8 semanas). La cadena de producción comienza en los planteles de reproducción, donde se obtienen los huevos fértiles que darán origen a las aves comerciales; de este modo, es que se distinguen las siguientes etapas productivas:

- Incubadoras
- Granjas ponedoras (granjas de desarrollo y granjas de postura)
- Granjas de engorde
- Instalaciones de sacrificio

3.1.1 Distribución de granjas avícolas en El Salvador

De acuerdo al diagnóstico ambiental del sub sector avícola de El Salvador (CNPML, 2008), se cuenta con 545 granjas avícolas registradas, las cuales se distribuyen tal y como lo muestra el cuadro siguiente:

Tabla 1. Distribución de granjas avícolas en El Salvador

TIPO DE GRANJA	No. DE GRANJAS
Pollo de engorde	89
Postura	421
Reproductora pesada	29
Reproductora liviana	6
TOTAL	545

Fuente: (CNPML, 2008)

Generando un gráfico de distribución (Figura 3) se observa, que el 17% sobre el total de granjas registradas son de engorde. El mayor porcentaje lo representan las granjas de postura, con un 77%.

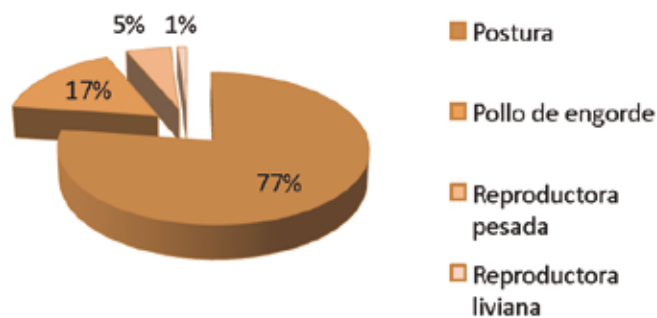


Figura 3. Distribución de granjas avícolas registradas en El Salvador
Fuente: (CNPML, 2008)

El inventario avícola 2007-2008, que se muestra en el IV Censo Agropecuario (DIGESTYC, Ministerio de Economía; 2009), establece el número de aves por departamento en Explotaciones especiales y Explotaciones con tierra (tradicionales); entendiéndose por Explotación especial la unidad económica productiva o establecimiento donde el factor tierra no es un elemento relevante en la producción, pero dedicado a la crianza de animales y obtención de productos pecuarios independientemente que se encuentre en zona rural o urbana; mientras que las Explotaciones con tierra aluden a las unidades que sí dependen de dicho factor.

Con base en los resultados oficiales del Censo Agropecuario, en cuanto a número de aves, se puede decir que para el primero de octubre de 2007, El Salvador contaba con 12,466,123 de pollos de engorde. En las siguientes tablas, se presenta el detalle de las cantidades de pollo de engorde por departamento geográfico y por tipo de explotación.

Tabla 2. Número de cabezas de pollos de engorde por departamento en explotaciones especiales y tradicionales en El Salvador.

DEPARTAMENTO	Explotaciones tradicionales	Explotaciones especiales
Ahuachapán	172,513	107,509
Santa Ana	69,887	47,078
Sonsonate	804,175	70,427
Chalatenango	387,325	35,179
La Libertad	3,885,915	1,482,685
San Salvador	1,945,023	289,140
Cuscatlán	690,368	110,026
La Paz	192,098	120,414
Cabañas	1,115,496	70,758
San Vicente	61,381	42,234
Usulután	51,385	15,281
San Miguel	299,693	276,925
Morazán	80,145	25,419
La Unión	36,750	10,894

Tabla 3. Número de cabezas de pollos de engorde en explotaciones especiales y tradicionales en El Salvador.

TIPO DE EXPLOTACIÓN	No. DE AVES
Tradicionales	9,762,154
Especiales	2,703,969
TOTAL	12,466,123

4. Aspectos técnicos del sistema de producción de granjas de engorde avícola en El Salvador

En El Salvador la producción de pollo de engorde se ha desarrollado y difundido en gran nivel, cubriendo todos los climas y regiones, debido a su alta adaptabilidad, rentabilidad, aceptación en el mercado, y disposición para encontrar pollitos de buena raza con excelentes conversiones.

4.1 Descripción general del sistema productivo

Las granjas de engorde de pollo son bajo sistema a piso, por lo que la superficie del suelo dentro del galpón es cubierta con granza de arroz u otro material de cama.

Estos sistemas de producción se caracterizan por presentar una rotación continua de aves, ya que se alberga a la población de pollos, hasta que ésta alcanza entre cinco y siete semanas.

Las instalaciones y operatividad para este tipo de explotación, pueden variar según el grado de tecnificación, en sistemas de tipo túnel o sistemas de tipo abierto.



*Figura 4. Galpón para la crianza de pollos de engorde.
Cama de cascarilla de arroz.
Fuente: Equipo Técnico CNPML*

4.1.1 Recibimiento y manejo por etapas del pollo de engorde

El proceso de crianza usualmente implementado en El Salvador es semi-automatizado y automatizado, con sistemas que se encargan de regular el ambiente (temperatura), alimento y agua, con lo cual se consigue minimizar pérdidas en materias primas como agua y concentrado (alimento) (CNPML, 2008). El proceso se divide en cuatro etapas de crianza, las cuales se encuentran de forma general divididas de la siguiente forma:

Tabla 4. Etapas de crianza del pollo de engorde

ETAPA	DÍAS
Primera	0 a 14 días
Segunda	15 a 21 días (hembra) 15 a 24 días (macho)
Tercera	22 a 30 días (hembra) 25 a 33 días (macho)
Cuarta	31 a 38 días (hembra) 34 a 41 días (macho)

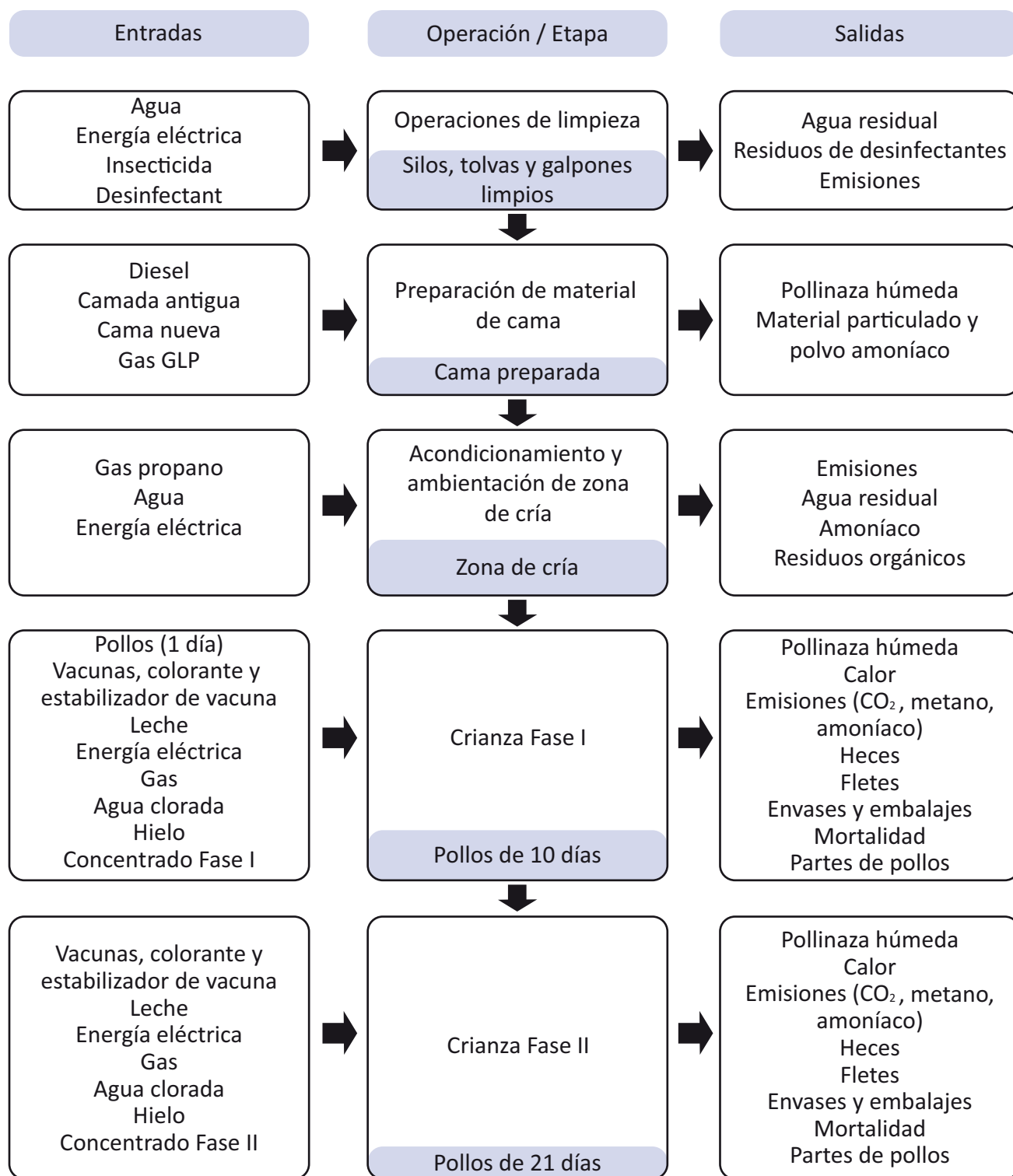
Fuente: (CNPML, 2008)

En las etapas I y II se les brinda a los pollos las vacunas necesarias para su desarrollo, éstas se las administran por vía oral, disolviendo las mismas en leche descremada, esto es debido a que las vacunas administradas son virus vivos, por lo cual se usa leche para inactivar la acción de cualquier desinfectante y como proteína para el virus.

Durante el período de vacunación (desde los 7 hasta los 15 días) no se clora el agua de los pollos, para que el cloro no interfiera con la acción de la vacuna. Se sigue clorando el agua después de 72 horas de administrada la última vacuna, además de notar que solo en estas etapas (hasta los 18 días) se hacen necesarios los calefactores, aunque esto puede variar según el clima de la zona. Para las etapas III y IV se aumenta drásticamente la cantidad de concentrado consumida por los pollos, pero ya no se les administra ningún tipo de vacuna.

4.1.2 Diagramas de flujo de proceso de crianza del pollo de engorde

El diagrama siguiente muestra el desglose de las operaciones unitarias existentes en la crianza de los pollos de engorde; con el fin de poder establecer las entradas y salidas de materia prima, como de insumos, desechos y descargas a la atmósfera.



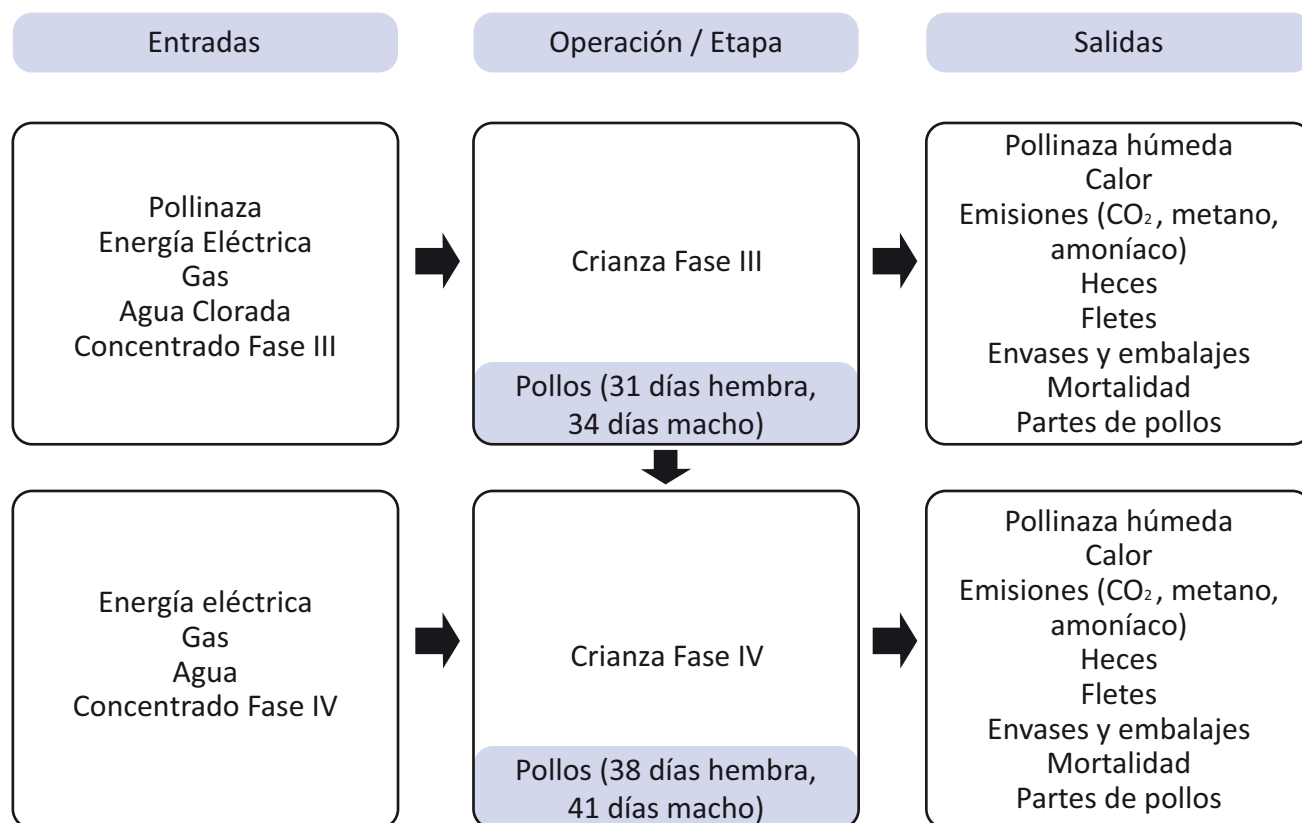


Figura 5. Diagrama de proceso de crianza de pollo de engorde.
 Elaborado por: Equipo Técnico CNPML

5. Aspectos ambientales de las granjas de engorde avícola

Dentro de los diferentes aspectos e impactos ambientales asociados al proceso productivo avícola de engorde, únicamente se evaluará los asociados a pollinaza y mortalidades, ya que son de interés para la finalidad del presente manual.

• Generación de pollinaza

Entre los residuos generados en las granjas avícolas de engorde, cabe destacar a la pollinaza, por las cantidades y características de generación. La pollinaza es una mezcla entre cama y deposiciones sólidas/líquidas de los pollos.

Usualmente la cama utilizada en granjas avícolas en El Salvador, es de cascarilla de arroz y/o de cascarilla de café, variando según la disponibilidad del material.

La principal función de la cama es actuar como aislante de temperatura, absorbente, regulador de humedad y diluyente de las deyecciones. Así mismo, protege de la dureza del suelo evitando la formación de callosidades en patas y pechugas de las aves.

Cada una de las granjas adopta un plan de cambio de cama particular (con frecuencias que oscilan entre uno y cinco lotes), en función de la disponibilidad del material y las condiciones en las que la cama se encuentre al finalizar el ciclo productivo.

El programa de cambio de cama pretende garantizar un ambiente propicio para el desarrollo de las aves. De ello depende que el cambio se efectúe una vez hayan transcurrido uno o cinco lotes productivos.

Por otro lado, como política de algunas granjas, se implementa una remoción continua de los focos húmedos de los galpones, conocidos como “humedades”. En la tabla siguiente, se muestra la generación de pollinaza en granjas nacionales, tomadas como base para la elaboración de este manual.

Tabla 5. Capacidad de generación habitual de pollinaza en las granjas de engorde avícolas en El Salvador

CÓDIGO DE GRANJA	Generación de Pollinaza (QQ/lote)
GPE 01	845
GPE 02	3,070
GPE 03	790
GPE 04	708
GPE 05	3,400
GPE 06	1,500
GPE 07	14,000
GPE 08	2,964
GPE 09	2,964
GPE 10	3,810
GPE 11	3,720
GPE 12	762
PROMEDIO	3,211.07
TOTAL	38,533

Fuente: CNPML, 2010 y CNPML, 2011

• Generación de mortalidades

Durante el proceso de engorde se genera aproximadamente de un 2 a un 7% de mortalidades. En la tabla siguiente se presentan los porcentajes de mortalidad registrados en lotes correspondientes al último semestre del año 2010, por las granjas tomadas como base para la elaboración de este manual.

Tabla 6. Generación de mortalidades por granja

CÓDIGO DE GRANJA	Generación de Pollinaza (QQ/lote)
GPE 01	3.5 %
GPE 02	3.34 %
GPE 03	4.00 %
GPE 04	3.98 %
GPE 05	5.00 %
GPE 06	3.00 %
GPE 07	3.22 %
GPE 08	3.59 %
GPE 09	3.13 %
GPE 10	4.53 %
GPE 11	4.29 %
GPE 12	6.53 %
PROMEDIO	4.01 %

Fuente: CNPML, 2010 y CNPML, 2011

5.1 Impactos ambientales

Los materiales orgánicos desechados durante la producción avícola de engorde, por su naturaleza, contienen sustancias fitotóxicas y materia orgánica lábil, a veces en exceso, capaz de provocar en ocasiones en el suelo, un aumento exagerado de la actividad microbiana que podría derivar en una competencia entre los microorganismos y las plantas, por algún nutriente.

El uso de pollinaza como fertilizante sin previo saneamiento y estabilización (compostaje), ocasiona, en primera instancia, una saturación del suelo por obstrucción de los poros del mismo, disminuyendo la capacidad de drenaje del terreno. Posteriormente comienza una degradación estructural a causa de la acumulación progresiva de sales y nutrientes; y finalmente se genera una acción biológica consistente en el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos, para los animales y el hombre.

Así mismo, el exceso de material orgánico y nutrientes puede ocasionar una disminución del oxígeno en el medio, hasta anaerobiosis, dificultando la mineralización del nitrógeno. Por otra parte, si las plantas absorben nitrógeno en cantidades mayores a las que pueden asimilar, presentarán una acumulación de nitratos, que pueden generar problemas de intoxicaciones.

La disposición de pollinaza a la intemperie y sin sistema de retención de los lixiviados, que se pudieran generar, causa contaminación no únicamente al suelo, sino también a los mantos acuíferos de la zona. De igual forma, una mala disposición favorece la generación de olores y vectores.

Por otro lado, una inadecuada disposición de las mortalidades puede ocasionar problemas de bioseguridad, mayor generación de olores, aumento de poblaciones de plagas y vectores y contaminación del suelo y agua subterránea por degradación de cadáveres.

6. Disposición de desechos sólidos orgánicos generados durante el proceso productivo avícola de engorde

Todos los aspectos ambientales asociados a la pollinaza y a las mortalidades, junto a la generación de olores, son subsanables si se realizan adecuados procesos de estabilización de dichos materiales orgánicos. Los procesos de compostaje son, actualmente, los más empleados para conseguir la mencionada estabilización.

A fin de establecer una línea base de la situación actual, en esta sección se presenta una recopilación de las técnicas habituales para la disposición de pollinaza y mortalidades en las granjas de engorde avícolas en El Salvador.

Al final del capítulo se realiza una estimación del potencial de generación de compost, como alternativa viable para la disposición de los desechos orgánicos.

• Disposición actual de pollinaza en granjas de engorde avícola en El Salvador

En cuanto a su disposición, la pollinaza se acumula en los galpones durante todo el ciclo productivo. Al término de éste es desechada, o bien preparada para recibir a un nuevo lote de aves.

A fin de propiciar las condiciones para la reutilización de la cama, sin comprometer con ello la salud del nuevo lote, usualmente, ésta recibe flameo para la eliminación de las plumas, y un tratamiento térmico para garantizar la eliminación de patógenos. Dicho tratamiento consiste en favorecer la digestión aeróbica del material de 3 a 5 días, amontonándolo dentro de los galpones, en forma de montículos y volteando manualmente de forma regular. Como parte del comportamiento habitual del sistema, éste alcanzará temperaturas de hasta 60oC.

Generalmente, la pollinaza acumulada en las granjas, luego de haber funcionado como aislante térmico de los galpones durante el periodo establecido como conveniente, es utilizada como fertilizante orgánico y/o alimento para ganado.

En algunos casos la cadena de suministro, desde las granjas hacia los productores agropecuarios, es ampliada, y las granjas entregan el sub producto para su posterior comercialización y distribución.

Tabla 7. Disposición de pollinaza en las granjas de engorde avícolas en El Salvador

CÓDIGO DE GRANJA	DISPOSICIÓN FINAL
GPE 01	Compostaje / Se vende para su uso como abono
GPE 02	Las humedades se utilizan para compostaje y abono para pastizal. La pollinaza seca se utiliza como alimento para ganado
GPE 03	Compostaje / Se vende para su uso como abono
GPE 04	Compostaje / Se vende para su uso como abono
GPE 05	Compostaje / Se regala a una asociación de trabajadores para su comercialización
GPE 06	Compostaje / Se regala a una asociación de trabajadores para su comercialización
GPE 07	Compostaje / Se regala a una asociación de trabajadores para su comercialización
GPE 08	Se regala a productores agropecuarios
GPE 09	Se regala para su uso como abono
GPE 10	Se regala para su uso como abono
GPE 11	Se regala a productores agropecuarios
GPE 12	Se vende para su uso como abono

Fuente: CNPML, 2010 y CNPML, 2011

• Disposición actual de mortalidades en granjas de engorde avícola en El Salvador

El Artículo 12, de la Norma técnica para el funcionamiento, inspección y certificación de establecimientos avícolas, establece que las granjas deberán eliminar de forma oportuna y sanitaria las aves muertas o sus restos. Las técnicas avaladas para tales fines pueden ser enterramiento, compostaje o incineración.

En la práctica, usualmente las mortalidades son enterradas en fosas rudimentarias. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), recomiendan esta práctica para atender situaciones de contingencia o emergencia, en virtud de que permite de manera segura disponer de las aves en el mismo lugar donde se ha presentado un problema sanitario, minimizando el riesgo de diseminar el agente infeccioso a otras zonas. Para la construcción de fosas, debe de considerarse el nivel freático del lugar, dado el alto riesgo de contaminación.

Algunas empresas, que integran a la crianza de pollos de engorde y el procesamiento de los mismos, utilizan las mortalidades como base proteica para la generación de harina de concentrado, siempre y cuando éstas cumplan requisitos de calidad establecidos.

El compostaje es una opción viable y de costo efectivo para la disposición de la mortandad, comparado con la incineración o entierro, ya que los patógenos son destruidos, por las altas temperaturas inherentes al proceso.

6.1 Potencial de generación de compost en El Salvador

Según estudios preliminares¹, se estima que en El Salvador se generan anualmente 53,300 TM de pollinaza por concepto de cambio de cama y remoción de humedades.

Con base en los resultados oficiales del IV Censo Agropecuario², hasta el primero de Octubre de 2007, se contabilizaron 12,466,123 pollos de engorde.

Para el promedio de mortalidades de las granjas tomadas como base para la elaboración de este manual (Ver tabla 6 “Generación de mortalidades por granja”), se estima que hasta el primero de Octubre de 2007, se generaron 499,700 mortalidades.

Los resultados presentados por el Censo Agropecuario son instantáneos, por lo que se multiplicarán por el número promedio de ciclos productivos anuales registrados en las explotaciones avícolas en El Salvador (6.2 lotes/año), a fin de extrapolar hacia un índice de generación anual de mortalidades. De este modo, se estima que anualmente durante la etapa de desarrollo de pollo de engorde, se generan 3.1 millones de mortalidades. Estimando un peso promedio de 2.5 libras por ave, habrían de generarse aproximadamente 3,500 TM de mortalidades.

Durante el compostaje, diversos microorganismos aerobios actúan de manera sucesiva sobre la materia orgánica original (pollinaza y mortalidades), produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento.

La materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar el 20% de la masa compostada³. Bajo esta consideración, si las cantidades de residuos orgánicos producidos anualmente en las explotaciones avícolas de engorde ascienden a 56,800 TM (53,300 TM de pollinaza y 3,500 TM de mortalidades), potencialmente, podrían generarse 45,400 TM de compost, anualmente.

En la siguiente figura se presenta un diagrama de balance de materia durante el compostaje, donde se detallan los materiales de entrada, emisiones y el producto final resultante.

¹ Ortez, Zelada; 2010; “Evaluación del Potencial Energético de Desechos Sólidos de Granjas de Engorde Avícolas en El Salvador”

² DIGESTYC, MINEC; 2009.

³ (Zucconi, 1987)

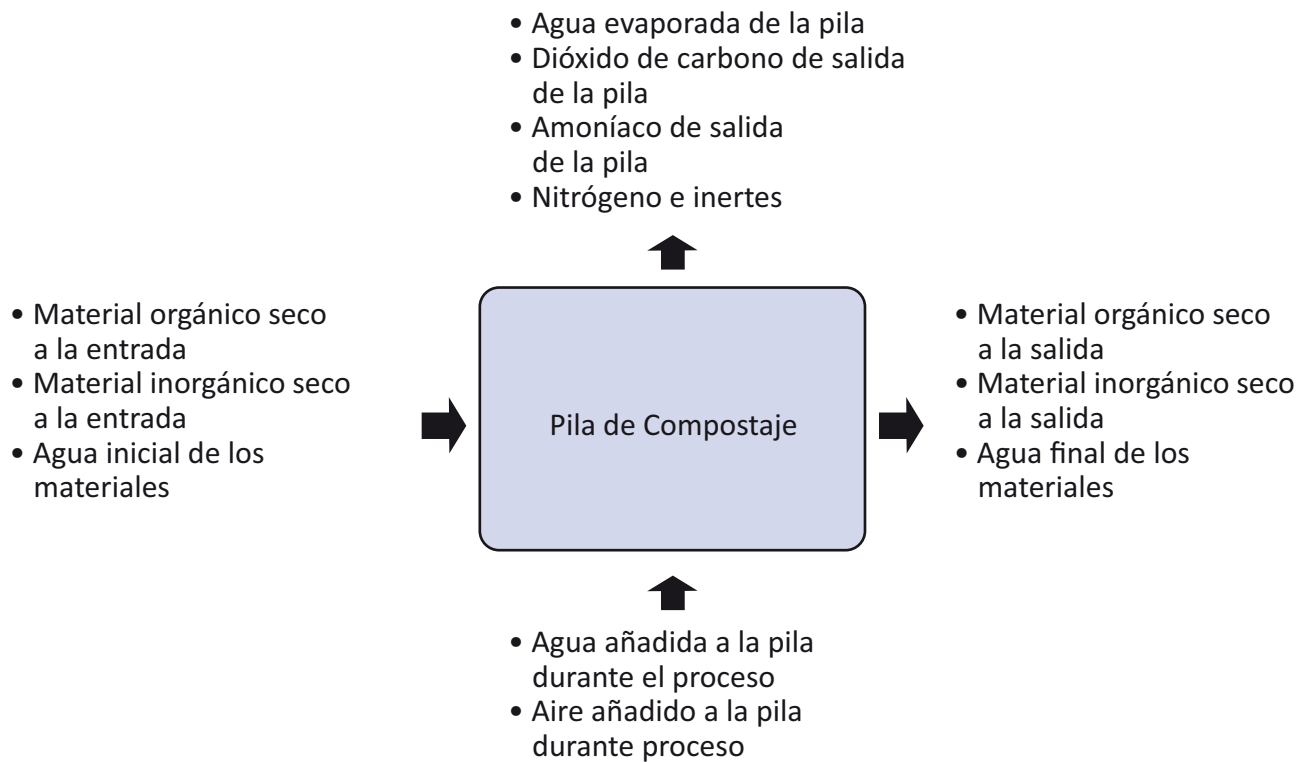


Figura 6. Ingreso y salida de material durante el proceso de compostaje
Elaborado por: Equipo Técnico CNPML

7. Variables de monitoreo del proceso de compostaje

Las variables operacionales, que influyen en el desempeño de una compostera, se relacionan directamente con las necesidades de los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, a fin de garantizar un ambiente propicio para su desarrollo, una dieta balanceada, agua y oxígeno. Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos:

- a) Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato.
- b) Parámetros de seguimiento.

7.1 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato

Los parámetros relativos a la naturaleza del sustrato son todos aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos, fundamentalmente al inicio del proceso. Por su especial relevancia, dentro de esta categoría, en esta sección se detallan los niveles óptimos de la relación Carbono Nitrógeno del sustrato.

• Relación carbono/nitrógeno

Para un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y del N, la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N. Por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo de la materia de partida (inicial), para el compostaje, es de 25-35 (Jhorar, 1991).

La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N en el material de partida es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos.

Si el material de partida posee una relación C/N baja (inferior a 19) el compostaje se lleva a cabo con mayor rapidez, pero se desprende como amoníaco el exceso de nitrógeno, produciéndose una autorregulación de la relación C/N.

Estas pérdidas, si bien no afectan negativamente al compostaje, suponen un derroche, porque el nitrógeno es el nutriente fundamental para los cultivos, y un problema medioambiental al convertirse en óxido de nitrógeno ya que es un gas con un considerable efecto invernadero.

La relación C/N tiene una gran dependencia de la riqueza inicial de N, un valor en concreto de C/N no refleja el estado de madurez del compost, por lo que es más indicado seguir la evolución de C/N del proceso o calcular la diferencia entre los valores iniciales y finales.

En la práctica, se suele considerar que el producto final (compost) es suficientemente estable o maduro cuando C/N es menor a 20, aunque ésta es una condición necesaria pero no suficiente.

La relación C/N decrece durante el compostaje, así que la mejor manera de comprobar la madurez del compost es de comparar esta relación C/N en la fase inicial (punto de partida) y final. Algunos autores⁴, proponen para el parámetro: $(C/N_{\text{Final}})/(C/N_{\text{Inicial}})$ un valor menor a 0.75, para un compost de más de 120 días y preferiblemente del orden de 0.6 en un compost de más de 180 días. Por lo tanto, respetando la relación inicial del material de C/N entre 25 a 35, se obtendrá un compost en tres a cuatro meses (90 a 120 días) apto para aplicarse en fase productiva de cultivos.

En la figura siguiente, se muestra la evolución característica de la relación C/N durante el compostaje.

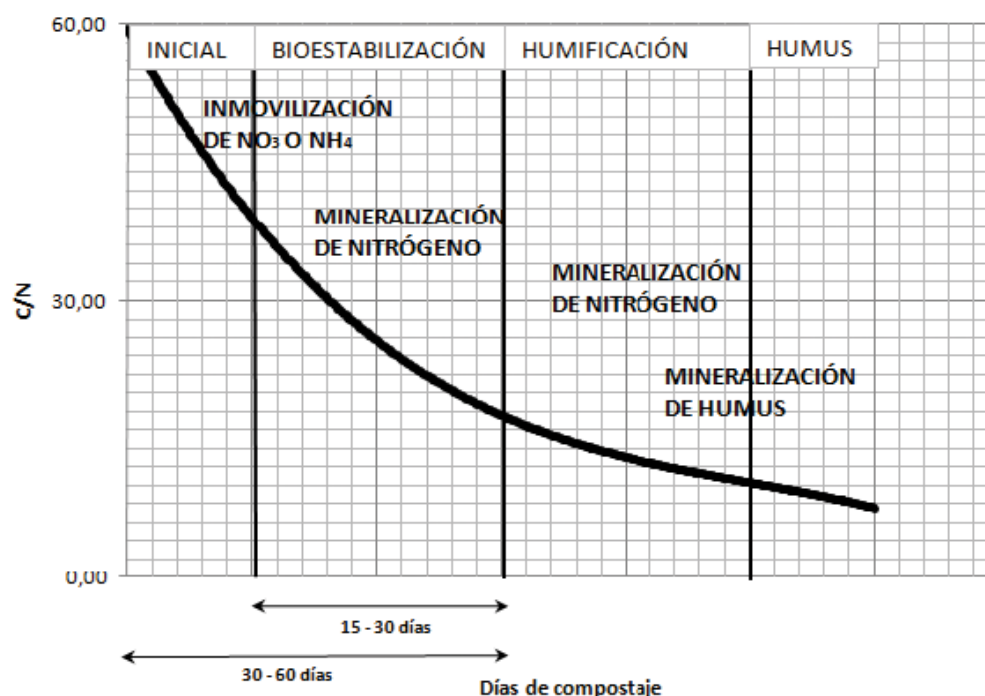


Figura 7. Evolución característica de la relación C/N durante el proceso de compostaje.

Fuente: (Moreno, Moral; 2008)

Según datos bibliográficos, las mortalidades poseen una relación C/N de 5/1, mientras que la pollinaza una relación que oscila entre 7/1 hasta 25/1. En la práctica, mediante la adición de dos volúmenes de pollinaza, y un volumen de mortalidad, es posible alcanzar una relación C/N adecuada (en un intervalo que oscile entre relaciones de 19/1 a 55/1, dependiendo de la composición proximal de la pollinaza utilizada). En la siguiente figura se presenta un esquema para el llenado de compostera para estas condiciones.

⁴ Iglesias Jiménez y Pérez García, 1989.



Figura 8. Esquema de llenado de compostera para condiciones adecuadas de C/N
Fuente: Equipo Técnico CNPML

7.2 Parámetros de seguimiento

Los parámetros de seguimiento comprenden las variables que han de ser medidas, seguidas durante todo el proceso y adecuadas, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso.

A continuación se describen los parámetros de seguimiento, incluidos en este manual (temperatura, humedad, pH y aireación).

• Temperatura de la pila de compost

Al disponer el material que se va compostar, si las condiciones son las adecuadas, comienza la actividad microbiana. Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecer los microorganismos se genera calor, el cual es transferido al material y al ambiente, por lo que el centro del material presentará una temperatura más elevada que la registrada en los bordes de la pila de compostaje.

El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que se está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje.

La evaluación de la temperatura representa muy bien al proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperaturas afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de humedad, pH o relación C/N.

Se observan cuatro fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); fase de enfriamiento y fase de maduración, considerando que el proceso ha concluido, cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Algunos autores engloban la fase de enfriamiento y la fase de maduración en una sola etapa, denominada fase mesófila final.

Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. Así mismo, existe una relación directa entre la degradación y el tiempo de duración de la etapa termófila. A veces la temperatura puede alcanzar prolongadamente valores superiores a los 65°C , lo que inhibe el crecimiento de los propios microorganismos, conociéndose este fenómeno como suicidio microbiano⁵. En la siguiente figura se ejemplifica el esquema de evolución de temperatura durante el compostaje.

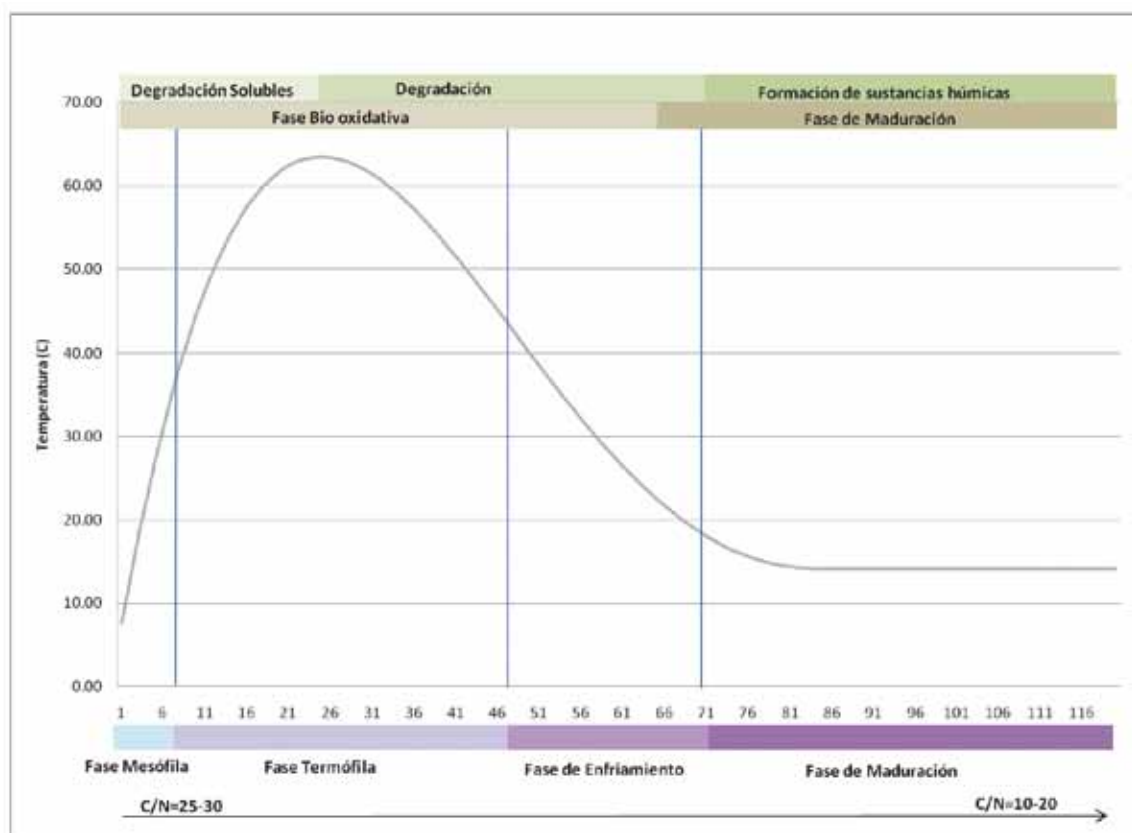


Figura 9. Evolución de temperatura durante el compostaje
Fuente: (Moreno, Mormeneo; 2008)

⁵ Neumann, 2010.

Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva. Estas temperaturas, oscilan entre 15 y 40 °C para los microorganismos mesófilos y entre 40 y 70 °C para los termófilos. Cuando se ve limitada la eficacia competitiva y la capacidad de supervivencia de una población de microorganismos por las condiciones imperantes en el sistema, las poblaciones decrecen.

Los microorganismos que resultan beneficiados a una temperatura concreta son los que principalmente descompondrán la materia orgánica del residuo, produciéndose un desprendimiento de calor. Las fluctuaciones de temperatura provocan la sucesión en el tiempo de distintas poblaciones microbianas mesófilas y termófilas. Una vez finalizado el proceso, se obtiene un producto humificado estable o maduro en el que los mecanismos de descomposición microbiana no ocurren o lo hacen de forma muy lenta.

Este calor provoca una variación de temperatura de la pila que dependerá de la adecuación de los demás factores a los intervalos óptimos, del tamaño de la pila, de las condiciones ambientales y del tipo de adición de aire a la pila, ya sea con volteos o con inyección de aire a presión.

• Humedad de la pila de compost

Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles, que sirven de alimento a las células, y de los productos de desecho generados por las reacciones que tienen lugar durante el proceso.

Algunos autores (Haug, 1993) consideran que la humedad es un importante criterio para la optimización del proceso de compostaje. La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que se permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción.

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el **50 y el 70%**; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza el aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando el sistema se hace anaerobio se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso.

El exceso de humedad puede ser reducido aumentando la aireación, esto es debido que durante el proceso de compostaje se debe llegar a un equilibrio en los huecos entre partículas (de tamaño variable) que pueden llenarse, ya sea de aire o de agua.

• pH de la pila de compost

El pH tiene una 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, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH.

El pH varía según la fase en que el proceso se encuentre, durante la fase mesófila se observa una disminución del pH, debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos, entre los cuales están ácido acético, propiónico y butírico.

Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formará más cantidad de ácidos orgánicos. En una segunda fase (termófila) se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y a la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. En la tercera fase el pH tiende a la neutralidad (mesófila final) debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades de tampón.

En la gráfica siguiente se ilustra la evolución del pH durante el compostaje.

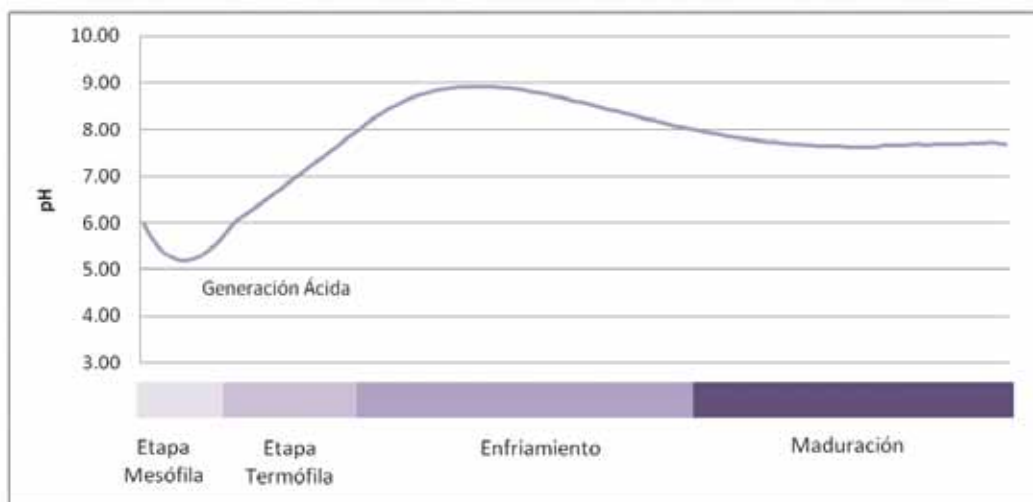


Figura 10. Evolución del pH durante el compostaje
Fuente: (Abarataldea; 2005)

Un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y que el material aún no está maduro.

A su vez, existen relaciones entre pH-aireación-microorganismos existentes en el proceso, y de estas se deduce que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7.5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición.

• Aireación de la pila de compost

Para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que intervienen en el proceso son aerobios. Las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en sus espacios libres: la parte externa, la de los bordes, contiene casi tanto oxígeno como el aire del ambiente (18-20%); hacia el interior, el contenido de aire va disminuyendo (por lo tanto también el de oxígeno), mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0.5 y 2%.

Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores.

El exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos.

La aireación es una variable de operación muy importante y la que más incide en los costos de operación, ya que supone entre el 32 y el 46% de los costos totales. La medida de la concentración de oxígeno requiere equipos costosos, pero puede realizarse de manera indirecta mediante las medidas de temperatura y humedad, ya que bajas temperaturas, y altas humedades son indicadores de bajas cantidades de oxígeno, mientras que altas temperaturas y bajas humedades señalan que el proceso marcha de manera adecuada.

Durante el proceso de maduración no deben de hacerse aportaciones adicionales de oxígeno, ya que una excesiva aireación podría dar lugar a un consumo de los compuestos húmicos formados y a una rápida mineralización de los mismos.

8 Diseño y operación de un sistema de compostaje

En este capítulo, se presentan algunas condiciones que habrán de tomarse en cuenta al momento de diseñar y construir unidades para elaboración de compost, a fin de obtener los resultados esperados.

8.1 Consideraciones para el diseño y construcción de composteras

A continuación se enlistan algunos criterios a considerar para la selección del emplazamiento:

- Suelo: El suelo del sitio deberá de ser plano y con buen drenaje, a fin de evitar la infiltración de escorrentía superficial hacia la instalación.
- Cortinas Vegetales: El lugar debe mantenerse parcialmente con sombra y protegido de vientos fuertes. Para ello se recomienda la siembra de árboles en los alrededores, los cuales, a su vez, podrán funcionar como barreras vegetales, ante eventuales generaciones de olores.
- Ubicación: La unidad de compostaje debe estar ubicada en un área de fácil acceso para el transporte del material a compostar, con buena ventilación y distante de las vías internas principales de la explotación avícola y de las viviendas de los trabajadores de la granja.
- Manto Freático: Considerar el nivel freático de la zona; para tal efecto, la distancia mínima, deberá ser de seis metros medidos en forma vertical. La condición es que se cuente con piso de concreto en la compostera para evitar una posible infiltración.

8.2 Infraestructura

Las dimensiones de las composteras están en función básicamente del tamaño de la explotación avícola, ya que de ello depende la cantidad de mortalidades y de pollinaza que se generen. Típicamente, las composteras para los desechos de granjas de engorde consisten en varias unidades construidas con madera, sobre una base de concreto y con un techo.

El calor generado en las composteras, es proporcional al volumen o masa de la pila de compostaje, pero la pérdida de calor es proporcional a la superficie, por la diferencia de temperatura entre la pila y el medio. Es por ello que deben considerarse como factores de diseño la temperatura ambiental y la temperatura de operación de la pila de compost que se desea alcanzar.

En función de lo antes expuesto, la altura de la pila de compostaje puede variar según el clima de la zona; en climas cálidos se trabaja con menor altura, para que no caliente en exceso, mientras que en climas fríos deben ser más altas para mantener la temperatura.



Figura 11. Techo con aleros.
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

Para las condiciones imperantes en El Salvador, se recomienda manejar una altura de llenado de compost no superior a 1.6 metros. Sin embargo, el techo podrá poseer una altura máxima de 2.5 metros. Es conveniente, en todo caso, que el techo posea un alero de un metro, a fin de garantizar que el material en proceso no se humedezca por ingreso de agua lluvia, entre otros.

Se recomienda que los cajones de las composteras tengan de 2 a 2.5 m de ancho y de 2 a 2.5 m de largo, con base y piso de concreto, para evitar el paso de lixiviados hacia el suelo. La construcción de la base de las composteras debe tener una ligera pendiente, de 3 grados, lo que facilita las operaciones de limpieza y volteo.



Figura 12. Piso con pendiente de 3 grados
Fuente: Granja Avícola en El Salvador



Figura 13. Pared Frontal de Compostera
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

Se recomienda que la pared frontal sea de tablones de madera móviles para un mejor manejo del material.

Las unidades deberán contar con canaletas en su alrededor, tal como se muestra en la figura siguiente, para el manejo de las aguas lluvias, dado que el material utilizado para compostaje debe estar aislado de la humedad.



Figura 14. Canaletas
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

En el modelo de producción de compost presentado en este manual, para el suministro de oxígeno al sistema, la aireación será llevada a cabo mediante el mecanismo de convección térmica, y mediante volteo.

La convección térmica consiste en que el calor generado durante el proceso de fermentación del compost aumenta la temperatura de los gases presentes en los materiales, disminuyendo su densidad. Los gases calientes son liberados de la masa en compostaje, creando un vacío que provoca que el aire fresco penetre. La eficacia de este proceso depende de la mayor o menor resistencia al flujo de aire que penetra en la masa del material que se está compostando.

Dado que los residuos sólidos orgánicos generados en las granjas de engorde avícola son muy densos, se puede obstaculizar la vía de transferencia. A fin de favorecer el mecanismo de transferencia, se recomienda que las composteras cuenten con una red de tuberías fabricadas de PVC perforado. Los tubos de PVC deben ser de 2 pulgadas de diámetro como mínimo y 2.00 metros de largo, deberán tener agujeros de por lo menos ½ pulgada de diámetro cada 0.32 metros. En la figura siguiente se presenta un esquema con fines ilustrativos.

Estos tubos deberán ser removibles para permitir el ciclo de volteo y estar colocados de forma equidistante, y distribuidos como mínimo cada metro cuadrado. Además de los tubos de PVC para facilitar la aireación, se necesitará un medidor de humedad y un termómetro para el control de la temperatura.

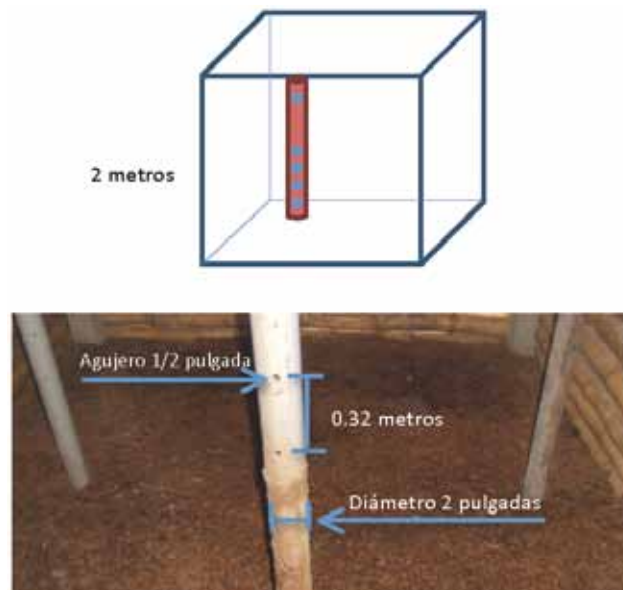


Figura 15. Esquema ilustrativo de dimensiones y distribución de tubos de aireación
Fuente: Equipo Técnico CNPML

8.3 Llenado de la pila de compost

La técnica que se presenta a continuación es una ligera variante del modelo de pila volteada. Para su selección se consideró la simplicidad del modelo y los bajos costos de instalación y operativos asociados.

Básicamente, el proceso consiste en colocar el material a compostar, dentro de pilas y airearlo mediante volteo. Los insumos para la compostera, se enlistan a continuación:

- Tierra o compost maduro
- Pollinaza (seca y/o humedades)
- Mortalidades
- Agua
- Materiales opcionales como enzimas, melaza, y fuentes de carbono si necesario (hojarasca, virutas de madera, entre otros)

Pasos para la formación de la pila de compost

Paso 1.

Colocar la primera capa de tierra o compost maduro de 10 cm en el cajón y nivelar. La finalidad de incorporar compost maduro es que éste actúe como inóculo de microorganismos degradadores. El material de esta capa no debe contener focos húmedos ni encontrarse empastado.



Figura 16. Colocación de la primera capa material en la compostera
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

Paso 2.

Incorporar verticalmente los cuatro tubos de aireación⁶, en las esquinas de la compostera separadas de 50 cm aproximadamente de las paredes.

Paso 3.

Abrir las aves (mortalidad), cortar las patas, y colocarlas dentro de la cavidad abdominal para permitir una mejor descomposición del animal.



Figura 17. Preparación de las aves antes de colocarlas en la compostera
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

⁶ Según lo dispuesto en la sección 4.2 de este documento y en el Manual de Compostaje (CNPML, 2010).

Paso 4.

Sobre la capa de pollinaza, colocar las mortalidades, teniendo la precaución de que las aves queden separadas de 12 a 15 cm de las paredes. Con el fin de maximizar el espacio, acomodar las aves intercalando cabeza y cola entre los cadáveres asegurando que no queden espacios entre los mismos.



Figura 18. Colocación de la mortalidad en la compostera
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

Paso 5.

Humedecer detenidamente las aves con agua (150 ml/ave grande en las dos primeras capas y 300 ml en las siguientes capas), a fin de obtener las condiciones óptimas de humedad (40-60 %). De manera opcional se puede agregar enzimas o bacterias en solución que aceleren el proceso de descomposición de las aves.

Paso 6.

Colocar otra capa de pollinaza de 20-25 cm y nivelar.



Figura 19. Humidificación de la compostera
Fuente: Granja Avícola en El Salvador

Paso 7.

Se sellarán los espacios existentes entre los cadáveres y las paredes de la unidad adicionando cama. Inmediatamente después se procederá a cubrir la capa de mortalidad con pollinaza, garantizando la cobertura total de las aves.

En la mayoría de casos, la mortalidad generada diariamente no ocupa la totalidad del área de la capa, para esto se utilizará una tabla que permita dividir y optimizar el espacio de entierro, a la vez que retiene el material colocado (mortalidad y cama) (ver Figura 20).

Se repetirán los pasos del 3 al 7 diariamente hasta llenar todo el cajón (el cual ha sido calculado para una altura máxima de 1.6 metros) o hasta que se incorpore la mortalidad generada en la granja durante un máximo de 20 días posteriores al inicio del llenado. Una altura mayor a 2 metros aumenta la temperatura interna y el riesgo de combustión espontánea.



Figura 20. Cubrimiento de la mortalidad con pollinaza dentro de una tabla

Fuente: Granja Avícola en El Salvador

Paso 8.

Colocar una capa final de 10 cm de tierra o compost maduro, a fin de sellar la compostera.

Paso 9.

Después de haber llenado la compostera, se deberá esperar 30 días para la realización del volteo. El volteo carga aire fresco al material, sin embargo, el aire es rápidamente consumido. El efecto del volteo que mayor influencia tiene sobre la aireación es la reconstrucción de espacios intersticiales en el material que facilita los procesos de aireación por difusión molecular y convección térmica.

Para realizar el volteo, se recomienda seguir las siguientes indicaciones:

- Frente al cajón, sobre la losa de concreto, sacar el material y con la ayuda de la pala se trituran o desmenuzará los cadáveres.

- Mezclar, garantizando que el material que estaba en la parte superior del cajón se incorpore al de la parte inferior del mismo y viceversa.
- Monitorear el nivel de humedad que está recibiendo el proceso. Si el material está muy seco se deberá adicionar agua en muy poca cantidad o hasta alcanzar máximo un 50 % de humedad; si está muy húmedo se adicionará cama hasta lograr el porcentaje recomendado.
- Terminada esta actividad, introducir nuevamente el material al mismo cajón y se colocará una capa de gallinaza o pollinaza que permita proteger y aislar la mortalidad en proceso de descomposición y evitar la generación de olores y presencia de vectores.



*Figura 21. olteo del compost a los 30 días
Fuente: Granja Avícola en El Salvador*

Paso 10.

Posteriormente, se dejará reposar otros 30 días, tiempo en el cual no se debe mover el material. Cumplido este tiempo el subproducto estará listo para su evacuación con las siguientes opciones:

- Tamizar el material en una zaranda para retener el residuo que no ha concluido su descomposición (carcasa)
- Moler el material o carcasa remanente



Figura 22. Molienda y tamizado de compost
Fuente: (FENAVI, 2010)

Paso 11.

Finalmente se empaquetará el producto tamizado como subproducto final y el material retenido en la zaranda como “carcasa”.

La carcasa o material, que no se alcance a incorporar en esta fase, no generará problemas de olores, ni proliferación de moscas y puede ser dispuesta de las siguientes maneras:

- Enterrarse sin que presente ningún riesgo ambiental.
- Molerse e incorporarse al compost (la proporción de carcasa-compost, no debe ser superior al 13%).

Paso 12.

Es importante que al finalizar cada entierro de la mortalidad o de cualquier actividad en la unidad de compostaje, se realice un barrido del material que quede alrededor para evitar la generación de olores y proliferación de moscas.

• Lista de chequeo

A fin de verificar la realización adecuada de los pasos descritos en el acápite anterior, se recomienda implementar la siguiente lista de chequeo:

Tabla 8. Lista de chequeo para llenado de la compostera

RESPONSABLE _____	Compostera No. _____
ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
Colocar capa de pollinaza	
Nivelar pollinaza	
Abrir ave	
Cortar patas	
Introducir las patas en la cavidad abdominal	
Colocar el ave con un margen de 12-15 cm de las paredes	
Sellar espacios	
Colocar capa de gallinaza (10 cm aprox.)	
Asear la zona de la unidad	

8.4 Tiempo de compostaje

El tiempo de compostaje es el tiempo transcurrido desde la disposición de las primeras capas de materiales hasta la obtención del compost estable.

El proceso puede durar hasta un máximo de 60 días después de llenado el cajón (20 días aproximadamente).

El buen manejo y control del proceso aseguran las condiciones óptimas de compostaje con lo que se acorta el tiempo necesario para descomponer toda la materia orgánica.

Condiciones sub-óptimas (humedad, temperatura, oxígeno, entre otros) frenan la labor de las enzimas de descomposición alargando el tiempo de descomposición. Las medidas de temperaturas le dan la pauta.

El proceso de descomposición trabaja a una temperatura de 65°C. Si la temperatura baja y si los demás parámetros están bien, significa que es tiempo de voltear la pila o que el compost ya es maduro si se encuentra al final del ciclo.

Ejemplo:

Fecha de inicio: 9 de junio.

Fecha proyectada de llenado de cajón (máximo 20 días después de la fecha de inicio o mitad del ciclo en pollo de engorde): 29 de junio

Fecha volteo (30 días después del llenado): 29 de julio

Fecha de retiro compost (30 días después del volteo): 28 de agosto

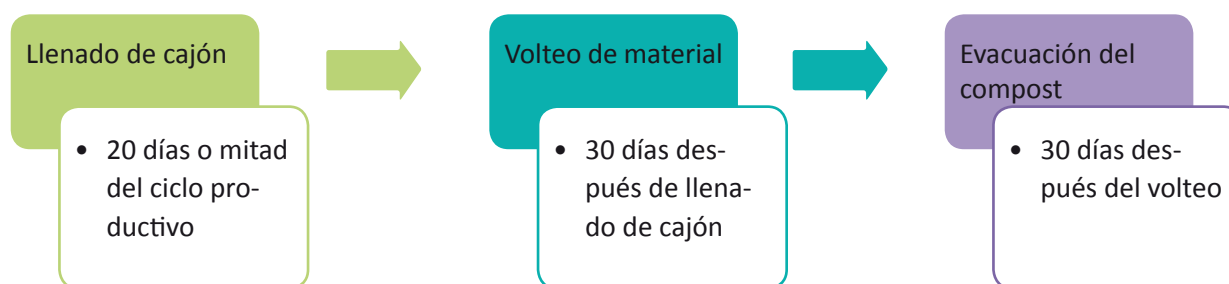


Figura 23. Duración de proceso de compostaje
Fuente: Equipo Técnico CNPML

9. Recomendaciones generales

• Uso de activadores biológicos en el proceso de compostaje

El compostaje puede mejorarse mediante la adición de nutrientes específicos que favorezcan actividades microbianas deseables (bioestimulación) o bien mediante la inoculación de microorganismos (bioaumentación). Mediante uno u otro procedimiento se puede obtener un mayor control del proceso, una mayor velocidad degradativa y generar productos de mayor calidad.

La bioaumentación implica incorporar nuevos microorganismos que pueden haber sido previamente aislados a partir del propio material sometido a compostaje o de otra fuente. Esta operación mejora la conversión de los sustratos orgánicos, reduce las reacciones indeseables, como la generación de olores, e incrementa las actividades degradativas.

Entre los productos disponibles, en el mercado existen algunos que consisten en una mezcla de bacterias mesófilas, termófilas y algunas facultativas, adheridas a medios de cultivo, como el afrecho, las cuales cumplen con la función de generar enzimas hidrolíticas, que degradan todo tipo de compuestos biológicos.

La dosificación consiste en la mezcla del producto en agua para activar a los microorganismos. Posteriormente se añade la mezcla a un equipo de aspersión para agregarla uniformemente sobre la capa superior de la compostera.



Figura 24. Activador Biológico
Fuente: Equipo Técnico CNPML

7 El nombre comercial del producto es Enziclean.

8 Cáscara de trigo desmenuzada por la molienda.

9 Enzimas hidrolíticas son aquellas que rompen los enlaces covalentes por hidrólisis, es decir por el agregado de una molécula de agua (H_2O).

• Adición de melaza en el proceso de compost

La actividad microbiana y los cambios que esta induce en el material van estimulando a un tipo determinado de población en cada fase del proceso. Esta sucesión natural de microorganismos puede alterarse mediante la incorporación de nuevos materiales.

Por ejemplo, mediante la incorporación de material fácilmente biodegradable, como la melaza, se logra **prolongar la fase termófila** del proceso de compostaje y con ello se inhiben los microorganismos no termotolerantes como parásitos y patógenos.

Otro de los aspectos que se favorece por la adición de melaza a la pila de compostaje, es que existe una relación directa entre la degradación del material y el tiempo durante el cual la temperatura ha permanecido alta. Sin embargo, la adición de melaza puede impactar en la generación de olores, ya que los materiales que se descomponen rápidamente son los que producen olores fuertes.

• Técnica para el monitoreo de humedad

A continuación se presenta una técnica empírica, no cuantitativa, para la identificación de los rangos de humedad del compost, al momento del muestreo:

1. Protéjase las manos con guantes para evitar cualquier contaminación con el producto.
2. Introduzca la mano o instrumento en el compost por lo menos a 30 cm de profundidad y tome una muestra del sustrato (compost).
3. Deposite el sustrato en su mano, cierre la mano y apriete fuertemente el sustrato.
4. Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces puede concluir que el material contiene más de un 40% de humedad.
5. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, puede concluir que su contenido en humedad es cercano al 40%.
6. Si el material no gotea y cuando abre el puño de la mano permanece moldeado, puede concluir que la humedad está entre un 20 a 30 %.
7. Finalmente si abre el puño y el material se disgrega (esparce), puede concluir que el material contiene una humedad inferior al 20 %.

• Manejo de registros para el control de variables de seguimiento (humedad y temperatura)

El éxito del proceso de descomposición depende del control de parámetros de seguimiento como la temperatura y la humedad, para mantenerlos dentro de los rangos determinados. Este control diario se efectuará

mediante la implementación de listas de chequeo y hojas diarias de monitoreo. A continuación, se ejemplifica un formato de registro de una hoja diaria de control de parámetros.

Hoja diaria de control de parámetros

NOMBRE EMPRESA		Fecha: _____
NOMBRE GRANJA		Camada No: _____
Hoja diaria de control de parámetros		Compostera No: _____
Hora	Densidad	% Humedad
9:00 am		
Rango	Indicador	Tratamiento
61%-100%	Falta de oxígeno	Agregar materiales secos
40%-60%	Actividad microbiana óptima	Mantener las condiciones que se tienen.
11%-39%	Actividad microbiana baja	Agregar un porcentaje de agua para llegar a condiciones óptimas.
0%-10%	Actividad microbiana nula	Agregar agua Agregar pollinaza húmeda
Temperatura		
Temperatura (°C)		
Hora	Sección 1	
9:00 am		
12:00 md		
4:00 pm		
Rango	Indicador	Tratamiento
> 65 °C	Temperaturas máximas	----
45 °C - 65 °C	Temperatura óptima	----
< 45 °C	Temperatura inadecuada	Volteo
Cantidad de pollos ingresados: _____ lbs.		No de pollos ingresados: _____
Cantidad de pollinaza ingresada: _____ lbs.		
Cantidad de otro material utilizado: Hojarasca _____ lbs. Tierra _____ lbs.		



Figura 25. Muestra de compost en proceso de formación

Fuente: Equipo Técnico CNPML

- **Uso de equipo para monitoreo de temperatura**

A través del monitoreo de la temperatura es posible identificar las fases del proceso de descomposición aeróbica y la finalización del mismo (una vez que se alcanza nuevamente la temperatura inicial). Para determinar la temperatura de operación de la pila de compostaje, se recomienda hacer uso de un termómetro de contacto o termocupla. Para garantizar la representatividad de la toma de datos, el sensor del dispositivo debe de introducirse 50 cm al interior de la pila.



Figura 26. Monitoreo de la temperatura de la pila de compost

Fuente: Equipo Técnico CNPML

- **Sugerencias ante problemas frecuentes**

En la siguiente tabla se enlistan problemas operativos frecuentes, las causas probables y posibles soluciones.

Tabla 9. Sugerencias a problemas frecuentes

Problema/Síntoma	Causa probable	Sugerencias
Temperatura inadecuada	Muy seco (menos de 40% de humedad).	Añadir agua.
	Muy húmedo (más de 60% de humedad).	Añadir pollinaza seca o material de cama y aplicar volteo a la pila de compost.
	Relación C/N inadecuada.	Evaluar las cantidades de pollinaza y en caso de ser necesario, ajustar.
	Mezcla inapropiada de ingredientes.	Colocar de forma apropiada las capas de ingredientes.
	Ambiente externo adverso.	Asegurar cobertura adecuada.
Material no descompuesto	Relación C/N inadecuada.	Evaluar las cantidades de pollinaza y en caso de ser necesario, ajustar.
	Capas de mortalidades muy gruesas.	Colocar capas individuales de mortalidades.
	Mortalidades fuera de los bordes.	Mantener una distancia de 6 a 10 pulgadas entre las mortalidades y los bordes de la compostera.
Olores	Muy húmeda.	Agregar pollinaza seca o material de cama y aplicar volteo a la pila de compost.
	Baja relación C/N	Evaluar las cantidades de material compactable y en caso de ser necesario, ajustar.
	Cobertura inadecuada de las mortalidades.	Sellar la compostera con diez o doce pulgadas de material de cama.
Vectores	Cobertura inadecuada de las mortalidades	Sellar la compostera con diez o doce pulgadas de material de cama.
	Condiciones pobres de saneamiento.	Evitar lixiviados en la pila de compost.
	Muy húmeda	Agregar pollinaza seca o material de cama y aplicar volteo a la pila de compost.
	No se alcanzan temperaturas adecuadas durante el proceso.	Evaluar relación C/N.
Recolección de residuos animales	Cobertura inadecuada de las mortalidades	Cubrir con 10 o 12 pulgadas de pollinaza.

Fuente: (Ritz y Worley, 2009)

10. CASO DE ESTUDIO

El presente caso de estudio, es el resultado de la participación de una de las siete granjas en el proyecto de implementación de composteras en granjas avícolas en El Salvador, el cual fue auspiciado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través del Programa de Excelencia Ambiental y Labora para CAFTA-DR, contando como socio técnico a la Fundación Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador (CNPML).

La empresa se dedica a la producción y venta de pollo de engorde. Tenía al momento de las visitas técnicas 21,624 pollos en engorde. La granja avícola, cuenta con una fuerza laboral de entre seis y siete personas, las cuales son responsables de realizar las diversas actividades que se requieren en las instalaciones y diversas etapas del ciclo de producción.

Algunos aspectos, en términos ambientales, consideran la generación de pollinaza que, para esta empresa, en promedio es de 708 quintales por camada y una mortalidad de 860 aves por camada, lo que representa en promedio un 4%.

Finalizada la asistencia técnica, la cual se dio a través de la identificación de los potenciales con los que contaba la granja para la instalación de composteras, el CNPML de El Salvador, realizó visitas de seguimiento y monitoreo para identificar y determinar cuáles habían sido los beneficios obtenidos al ejecutar este tipo de tecnología. A continuación se presentan las observaciones resultantes del proceso de asistencia técnica:

Diseño y construcción de la compostera

Ubicación	Las unidades de compostaje están ubicadas en un área de fácil acceso, en espacio abierto, que propicia la ventilación. La compostera se encuentra distante de las vías internas principales de la explotación avícola y de las viviendas de la granja, sin interferir o representar peligro sanitario.
Infraestructura de compostera	La compostera piloto construida por la granja tiene dimensiones de 1.9 m (ancho) x 2.35 m (largo) x 2.0 m (alto).
Volumen efectivo de llenado	Durante la visita de monitoreo, se constató que el volumen efectivo de llenado corresponde generalmente a una altura de 1.20-1.50 m, lo que permite realizar el volteo.
Piso	El piso de la instalación es de concreto con bordes de 20 cm de altura lo cual garantiza que no habrá infiltraciones hacia el suelo.

Paredes	La compostera cuenta con paredes de bambú removibles, lo que favorece las operaciones de llenado y volteo.
Techo	El techo posee una altura máxima de 2.5 metros. Cuenta con alero de 1.75 metros.
Tubos de aireación	Poseen 5 tubos perforados de PVC, de 3 pulgadas de diámetro. Están distribuidos en todo el cajón. Estos tubos son removibles a fin de que permitan el ciclo de volteo. Ubicados aproximadamente a 50 cm de las paredes
Canaletas	Sí, cuentan con canaletas, convenientemente donde fue instalada la compostera ya existían las canaletas.

Llenado y monitoreo de variables de operación de la compostera

Para el llenado de la pila de compostaje la granja acató con fidelidad el procedimiento incluido en el presente manual, paralelamente adquirió una termocupla para el monitoreo de la temperatura de operación de la compostera.

En la tabla que se presenta a continuación, se muestra el registro de operación, el cual involucra las fechas de inicio de llenado (03 de febrero de 2011) y fin del mismo (10 de marzo de 2011), cantidad de mortalidades y los materiales utilizados. La cantidad de mortalidades corresponde al 100% de las generadas en la granja durante dicho periodo.

Mediante la operación de la compostera, se dispusieron 1,982.61 libras de mortalidades y 3,256.48 libras de humedades, para un total de 5,139.09 libras de desecho procesado.

Tabla 10. Registro de operación de compostera (Desde inicio hasta fin de llenado)

Fecha	Mortalidades (lb)	Humedades (lb)	Temperatura
2/3/2011	19.31	36.94	55.7
2/4/2011	15.75	45.62	56.8
2/5/2011	5.75	10.25	55.4
2/6/2011	14.75	33.5	55.4
2/7/2011	18.5	34.25	53
2/8/2011	8.5	15	59
2/9/2011	9.5	71.25	52.4
2/10/2011	14.25	44	57.6
2/11/2011	32	56.25	56.4
2/12/2011	22.5	57	66.9
2/13/2011	14.51	38.5	60.2
2/14/2011	30.75	30.75	60.4
2/15/2011	30	33.25	57
2/16/2011	44.31	53.06	59.9
2/17/2011	52.5	81.5	66
2/18/2011	81	68	62.5
2/19/2011	60	85	63.3
2/20/2011	51	95	60.9
2/21/2011	84	71	60.7
2/22/2011	95	62	61
2/23/2011	155	106	60.1
2/24/2011	190	148	60.7
2/25/2011	S.M. ¹⁰	S.H. ¹¹	61.2
2/26/2011	210	298	61.2
2/27/2011	S.M.	S.H.	63.5
2/28/2011	197.99	513	65
3/1/2011	94.37	206.8	67.5
3/2/2011	95.5	170	63
3/3/2011	60.5	112	60.1
3/4/2011	66.87	108.56	63.2
3/5/2011	33	60	61
3/6/2011	S.M.	S.H.	63
3/7/2011	56.5	166	66.5
3/8/2011	S.M.	S.H.	65
3/9/2011	9	121	67
3/10/2011	110	125	66

¹⁰ S.M. = sin colocación de mortalidad

¹¹ S.H. = sin colocación de humedades

La tabla siguiente muestra el registro de medición de temperatura de la compostera, posterior al periodo de llenado de la misma, hasta la fecha dispuesta para la realización de volteo.

Tabla 11. Registros de operación de composteras (Posterior al llenado)

Fecha	Temperatura (°C)	Fecha	Temperatura (°C)	Fecha	Temperatura (°C)
3/11/2011	63.9	4/11/2011	42.9	5/12/2011	52
3/12/2011	65.2	4/12/2011	42	5/13/2011	52
3/13/2011	60.8	4/13/2011	53.2	5/14/2011	52
3/14/2011	65.1	4/14/2011	53.8	5/15/2011	52
3/15/2011	65	4/15/2011	50.7	5/16/2011	52
3/16/2011	60.2	4/16/2011	54.2	5/17/2011	57
3/17/2011	58.6	4/17/2011	68.5	5/18/2011	57.2
3/18/2011	58.9	4/18/2011	52.1	5/19/2011	65
3/19/2011	56.7	4/19/2011	52	5/20/2011	65
3/20/2011	55.9	4/20/2011	52	5/21/2011	67
3/21/2011	55	4/21/2011	52	5/22/2011	38.8
3/22/2011	56.6	4/22/2011	52	5/23/2011	53.3
3/23/2011	55.2	4/23/2011	52	5/24/2011	55.6
3/24/2011	55.7	4/24/2011	52	5/25/2011	53.8
3/25/2011	55.3	4/25/2011	52	5/26/2011	49.8
3/26/2011	55.7	4/26/2011	52	5/27/2011	69.1
3/27/2011	55.3	4/27/2011	52	5/28/2011	61.1
3/28/2011	55.1	4/28/2011	52	5/29/2011	59.7
3/29/2011	54.2	4/29/2011	52	5/30/2011	58
3/30/2011	54.2	4/30/2011	52	5/31/2011	58
3/31/2011	52.8	5/01/2011	52	6/01/2011	52.6
4/1/2011	52.8	5/02/2011	52	6/02/2011	51.9
4/2/2011	52	5/03/2011	52	6/03/2011	51
4/3/2011	52	5/04/2011	52	6/04/2011	55.5
4/4/2011	50.9	5/05/2011	52	6/05/2011	49.8
4/5/2011	50.9	5/06/2011	52	6/06/2011	42
4/6/2011	50	5/07/2011	52	6/07/2011	42
4/7/2011	50	5/08/2011	52	6/08/2011	42
4/8/2011	49.2	5/09/2011	52		
4/9/2011	42.9	5/10/2011	52		
4/10/2011	42.8	5/11/2011	52		

La siguiente figura muestra la evolución de la temperatura de compost desde el inicio de llenado de la compostera (03 de febrero de 2011) hasta la fecha de realización de volteo (01 de abril de 2011). Obsérvese que posterior a la fecha de fin de llenado, se observa una disminución de la temperatura de operación de la compostera, lo que señala la necesidad de proveer aireación al sistema. Adicionalmente, la figura muestra la

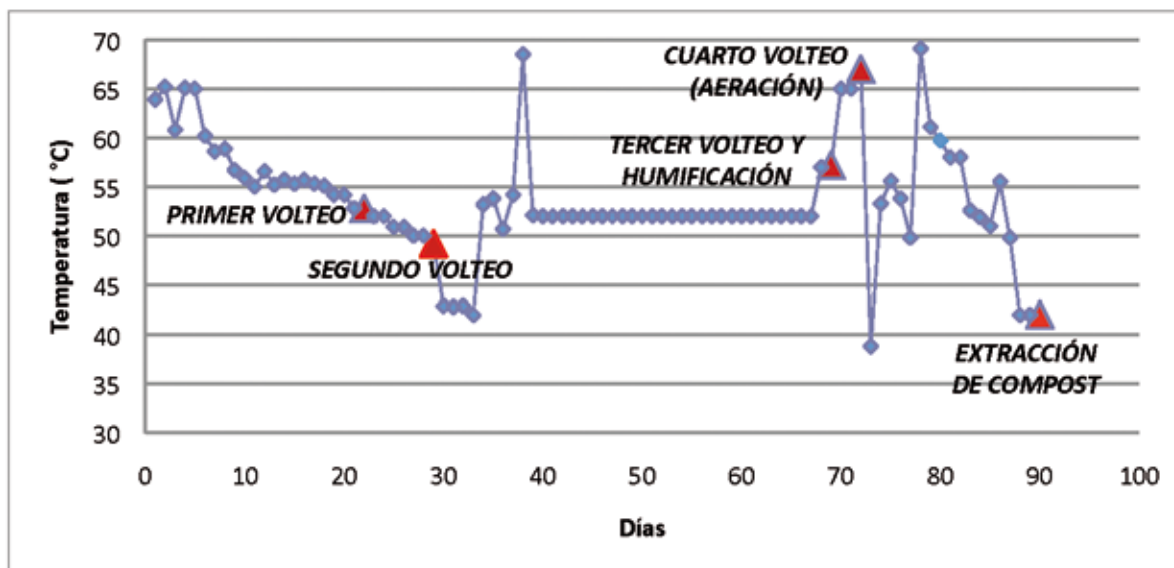


Figura 27. Evolución de la temperatura durante el compostaje
Fuente: Equipo Técnico CNPML

evolución de la temperatura de compost desde el segundo volteo (08 de Abril de 2011) hasta el tercer volteo y humificación (18 de Mayo de 2011). Finalmente se puede observar que el 8 de Junio de 2011, la temperatura de compost descendió a 42 °C, con lo cual se procedió a extraer el compost en sacos para su posterior uso.

El volumen generado que reporta la granja fue de 3.54 metros cúbicos, con una densidad de 3.43 lb/gal.

El compost generado en peso fue de 1.46 toneladas, equivalente a aproximadamente a 45 sacos. El 10% del compost generado se utilizará en la granja para fertilización de cultivos y el restante se venderá a un vivero, a un valor de US\$ 1.00 por saco.

11. Bibliografía

Abarrataldea, 2005; Manual Práctico de Técnicas de Compostaje.

Acuerdo ejecutivo No. 170, Diario oficial 107. Norma técnica para el funcionamiento, inspección y certificación de establecimientos avícolas.

AVES, (2010). Asociación de Avicultores de El Salvador, El Salvador. Consultada en mayo de 2010, Sitio web: <http://www.aves.com.sv/>

CCAD/CNPML, (2009). “Acuerdo de producción mas limpia para el subsector avícola, granjas de engorde, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y Centro Nacional de Producción Mas Limpia de El Salvador.

CNAOH, (2009). “Manual de abonos orgánicos y manejo de plagas y enfermedades”, Comité Nacional de Agricultura Orgánica, Honduras.

CNPML, (2008). “Diagnóstico Ambiental del Sub Sector Avícola”, Acuerdo de Cooperación USAID-CCAD-SICA, Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador.

CNPML, (2010). Informes de diagnóstico para la implementación de composteras en diez granjas avícolas de El Salvador.

CNPML, (2011). Informes de seguimiento para la implementación de composteras en diez granjas avícolas de El Salvador.

FAO, (2010). “Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación”. Consultada en mayo de 2010. Sitio web: <http://faostat.fao.org>

FENAVI (2010). Federación Nacional de Avicultores de Colombia. Consultada en Mayo 2010. Sitio web: <http://www.fenavi.org>

Haug, R. T. 1993; The Practical Handbook of compost engineering

Jhorar, B.S., Phogat, V. y Malik, E., (1991). Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment.

Martin, A., (1980). “Introducción a la microbiología del suelo”, Editorial AGT, México

Moreno, J. y Moral, R., (2008). Compostaje

Moreno, J. y Mormeneo, S., (2008). Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje

Neumann, M., (2010). Seminarios sobre evaluación de tecnologías y sistemas de tratamiento de RSU.

Ritz, C. y Worley, J., (2009). Poultry Mortality Composting Management Guide.

Shulze, K., 1962; Continuous Thermophilic Composting

Suler, D. y Finstein, S. 1977. Effect of temperature, aeration and moisture on CO₂ formation in bench scale , continuously thermophilic composting of solid waste.

12. Anexos

Características y Usos del Compost

El compostaje es el método indicado para estabilizar y desinfectar subproductos orgánicos y, con ello, valorizar los residuos mediante su empleo como enmiendas de suelos o componentes de sustratos de cultivo. Muy probablemente la última etapa del proceso de reciclaje de residuos orgánicos, es decir, la comercialización de los productos obtenidos, que todavía tenga algunas deficiencias derivadas de la aceptación final de compost.

Al iniciar un proceso de compostaje es necesario asegurar un mercado final para el producto generado, ya que el uso del producto es fundamental para alcanzar el beneficio económico y ambiental del compostaje. Si el compost obtenido al final del proceso cumple con estándares de calidad reconocidos, aunque no siempre sea necesario, esto aumenta la confianza del consumidor y facilita su utilización en una gran variedad de aplicaciones.

Existen normativas internacionales sobre fertilizantes, abonos y enmiendas, tales como el Reglamento (CE) N° 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 3 de octubre de 2002¹², el Reglamento (CE) N° 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003¹³, y el Real Decreto 824/2005¹⁴, entre otros. Actualmente, en El Salvador se encuentra en vigencia la Ley sobre control de pesticidas, fertilizantes y productos para uso agropecuario¹⁵. El objeto de todas estas normativas es el de especificar requisitos en los productos que se apliquen al suelo. De este modo, se lo protege para que no se convierta en un sumidero de residuos con capacidad de depuración infinita.

Las aplicaciones de compost y otros nutrientes han de ser establecidas según las características de los suelos y las necesidades de los cultivos, y no en función de la cantidad de residuos orgánicos generados. El objetivo prioritario del uso del compost debe ser el de mantener y mejorar la fertilidad del suelo, a la vez de conseguir una producción agrícola de calidad y rentabilidad aceptable.

Características y gestión agronómica de compost

A nivel práctico, cuando se plantea la utilización agronómica de residuos orgánicos es necesario separar el compost del resto de residuos debido a las características que los diferencian, y que son fundamentalmente dos:

- El compost es el producto de un tratamiento biológico controlado que implica una serie de operaciones (apilamiento, volteos, riegos, cribados, etc.), mientras que otros materiales orgánicos (por ejemplo pollinaza cruda) no han sido tratados de forma específica. Esto implica un cambio en la composición y en la dinámica del material en el suelo.

¹² Por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.

¹³ Relativo a los abonos.

¹⁴ Relativo a fertilizantes.

¹⁵ Diario oficial 85, Tomo 239.

- En función del procesamiento específico asociado al compostaje, el compost tiene un contenido de humedad inferior al 40%, mientras que el resto de materiales orgánicos frescos superan con creces este porcentaje. Esto implica diferencias en el manejo y aplicación al suelo.

Como consecuencia práctica de lo anterior, se deduce una serie de factores que diferencian el manejo y la gestión agronómica del compost, frente a los desechos orgánicos frescos:

- Adquiere un mayor precio, derivado de su proceso de producción.
- Para su dosificación es aplicado en cantidades menores que los residuos no tratados, dado su menor contenido de humedad.
- Por su riqueza y propiedades, su uso garantiza una reducción en el consumo de fertilizantes químicos.

Usos alternativos del compost

• El compost como fertilizante

La sustitución del abono orgánico utilizado en la agricultura tradicional por los fertilizantes químicos ha sido uno de los rasgos característicos del proceso de modernización de la agricultura. El compost actúa aportando nutrientes directamente asimilables por la planta y mejorando las condiciones del suelo, aportando humus y materia orgánica que será mineralizada.

Los ácidos resultantes de los procesos de degradación de la materia orgánica disuelven parte de los productos minerales del suelo y los hacen aprovechables para la nutrición de las plantas. El nitrógeno contenido en el compost se encuentra en forma asimilable por las raíces, con la ventaja de ser retenido, evitando ser arrastrado por las aguas de lluvia o de riego. La modificación que produce en la población microbiana del suelo la hace más apta para la asimilación del nitrógeno.

El contenido en fósforo y potasio del compost no suele ser elevado, pero la modificación de las características físico-químicas del terreno hace que se incremente el grado de disponibilidad de estos elementos para el cultivo. El compost incorpora al terreno elementos (cobre, magnesio, cinc, hierro, boro, etc.) que son necesarios para el desarrollo de las plantas.

El compost reduce la erosión y mejora la estructura del suelo: los suelos arenosos retendrán mejor el agua mientras que las arcillas desaguarán más rápido.

• Control de enfermedades de las plantas

El compost puede ayudar a controlar las enfermedades de las plantas y reducir las pérdidas en las cosechas. El control de enfermedades a través del compost puede ser atribuido a lo siguiente:

- Competencia por nutrientes por microorganismos benéficos
- Producción de antibióticos por los mismos microorganismos
- Eliminación de patógenos por procesos anaerobios (incremento de temperaturas)

Investigaciones han demostrado que el compost debidamente preparado reduce significativamente o reemplaza la aplicación de pesticidas y fungicidas, los cuales pueden causar efectos no deseados en fuentes de agua, suelo y alimentos.

- **Control de pestes**

La utilización de compost es una alternativa al uso de estos plaguicidas químicos en una agricultura sostenible. Su incorporación mejora el control biológico de plagas, además de mejorar el contenido de la materia orgánica en el suelo.

Esta acción de biocontrol se mantiene a lo largo de un periodo sin aplicaciones adicionales. Una de las fracciones del compost más activa frente a la acción de los microorganismos patógenos es la fracción húmica.

Muchos tipos de compost ayudan a controlar pestes, proveyendo nutrientes al suelo, los cuales ayudan al crecimiento de hongos, los que a su vez, compiten en atacar nemátodos.



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA