

Facultad de Veterinaria
Departamento de Producción Animal y
Salud de los Sistemas productivos
Unidad de Animales de Granja
Patología, Clínica y Producción Avícola

Manual de Buenas Prácticas de Compostaje de Cadáveres de Aves de producción Gallus gallus domesticus



Deborah ROBERT
Susana CASANOVA

Primera edición
Año 2020

Montevideo-Uruguay

Autoría:
Ayudante Dra. Deborah ROBERT

Revisión académica:
Profesora Dra. Susana CASANOVA

Corrección de estilo:
Mag. Claudia BORLIDO

Material financiado por el proyecto Métodos Alternativos de Aprendizaje (MEAAP). Unidad de de Educación Veterinaria, Departamento de Ciencias Sociales, Facultad de Veterinaria, Udelar.

ISBN: 978-9915-40-218-5

Agradecimientos

A todas las personas que han colaborado para la realización de este trabajo: Udelar, Facultad de Veterinaria y Tecnicatura en Control Ambiental.

1. Marco Teórico.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Impacto en salud pública, animales y ambiente.....	4
1.4 Beneficios del compostaje.....	5
1.5 Normativa nacional y antecedentes.....	6
1.6 Proceso de compostaje.....	7
1.7 Características del compostaje.....	9
<i>2. Manual de Buenas Prácticas de Compostaje de Cadáveres de Aves de producción.....</i>	<i>10</i>
I. Prólogo.....	10
II. Glosario.....	10
III. Ámbito de aplicación.....	11
IV. Normativa aplicable.....	11
V. Instalaciones.....	11
VI. Materiales a utilizar.....	12
VII. Medidas de bioseguridad para el operario.....	1
VIII. Procedimiento.....	14
IX. Parámetros a controlar durante todo el proceso.....	17
i. Nutrientes.....	18
ii. Humedad.....	18
iii. Oxigenación.....	18
iv. Temperatura.....	19
v. Tiempo.....	21
vi. pH.....	21
IX. Lixiviado.....	23
<i>3. Resolución a problemas frecuentes.....</i>	<i>24</i>
<i>4. Aspectos a destacar del manual.....</i>	<i>24</i>
5. Bibliografía consultada.....	25
Anexo 1. Planilla de control de proceso de compostaje.....	30
Anexo 2. Sugerencias para problemas frecuentes.....	31

Índice de Figuras

Figura 1. Dinámica del proceso de compostaje.....	7
Figura 2 Diagrama de instalaciones de compostaje de cadáveres.....	11
Figura 3 Proceso de compostaje.....	14
Figura 4. Medición manual de la humedad mediante prueba del puño.....	18
Figura 5 Gráfico de evolución de temperatura y pH durante el compostaje.....	19

Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos de los residuos avícolas en el ambiente.....	4
Tabla 2 Composición del Compost de aves	9
Tabla 3 Composición de compostaje de aves muertas.....	1
Tabla 4 Parámetros ideales durante el compostado.....	17
Tabla 5 Temperatura necesaria para la eliminación de algunas bacterias.....	20

Índice de Abreviaturas

DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
MGAP	Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal

RESUMEN

Se redactó un manual de Buenas Prácticas de Compostaje de Cadáveres de aves para el estudiante y el productor. Esta recoge las medidas recomendadas en nuestro país por el MGAP y DINAMA para el tratamiento de cadáveres, y sobre el cual no se conoce material disponible al respecto a nivel nacional. Recordamos que se debe contar con la autorización por parte de la DINAMA del plan de gestión de residuos del establecimiento que se lleve a cabo.

Surge la inquietud de generar un material de divulgación en lenguaje claro para el productor y el estudiante con el fin de efectuar un adecuado tratamiento de los desechos cadavéricos de la producción y obtener a partir de él un producto de valor.

Como resultado se elaboró un manual para estandarizar la operativa del compostaje de cadáveres de aves de producción.

Palabras claves: cadaver, compostaje, lixiviado

1. Marco Teórico

1.1 Introducción

En el mundo, la avicultura es una de las ramas de la producción animal de mayor importancia porque contribuye a satisfacer las necesidades protéicas de la población. Esto se logra a partir de la producción de carne y huevo (Piad, 2001). Al aumentar la producción avícola es mayor la cantidad de excretas (Bourbonnais et.al., 1995). Se estima que se producen diariamente entre 80 y 120 kg de excretas (pollos de engorde y gallinas ponedoras, respectivamenete) por cada 1000 aves (Collins et al., 1999).

Los residuos de la producción aviar: la gallinaza (excrementos de aves), la cama (materiales como aserrín, virutas de madera, paja y cáscaras de arroz) y la mortalidad en las granjas; pueden generar nutrientes orgánicos e inorgánicos de valor si se gestionan y reciclan correctamente, independientemente del tamaño de la producción (Williams Ch., 2013). Por su composición, estas se han utilizado, principalmente, como fertilizantes orgánicos (Evers, 1998 y Smith *et al.*, 2001), ingredientes de las dietas para animales de granja (Pugh *et al.*, 1994 y Marshall, 2000), sustrato para la generación de metano (Baydan y Yildiz, 2000; Leonardi, 2013) y para la síntesis de proteína microbiana y de larvas de insectos (Inaoka *et al.*, 1999). Dicho residuo presenta un mayor valor nutritivo, comparado con el estiércol de otros animales, debido a que son especialmente ricos en proteínas y minerales (García & Ortiz, 2008).

Los animales en cualquier explotación están propensos a adquirir enfermedades, tener accidentes y otros factores que los pueden llevar a la muerte (Elizondo, 2009). La OIE (2009) determinó que el principal problema de eliminar un gran número de animales muertos son las medidas de bioseguridad que requiere el desplazamiento de animales infectados o expuestos a fuentes de infección, el personal y material disponible, y la protección del ambiente.

El tratamiento de las aves muertas se debe llevar a cabo de tal forma que se evite la contaminación del ambiente y la contaminación cruzada con otras aves o animales, que no sea una molestia para los vecinos y que se cumplan las leyes locales (Ross, 2014).

En el pasado, la disposición o el desecho de los animales muertos estaba limitado a la incineración, al entierro e incluso, muchas veces, el cadáver se

dejaba al aire libre, provocando la atracción de plagas y malos olores, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, con el consiguiente peligro para la salud (Elizondo, 2009). Murphy y Handwerker (1988) fueron los primeros en informar sobre el tratamiento de cadáveres de aves de corral mediante compostaje, ganando aceptación el compostaje de la mortandad de una granja junto a parte de sus excretas (Cummins et al., 1992).

En la actualidad, las técnicas recomendadas para desecho de aves muertas según Ross (2014) son fosas de desechos, incineración, proceso y reciclaje de los desechos, y compostaje; siendo la última la única que no presenta desventajas conocidas. Inicialmente el uso del compostaje de animales muertos se comenzó a utilizar con pollos de engorde (Elizondo, 2009), a nivel nacional se recomienda el compostaje de cadáveres utilizando gallinaza (Umpierrez, 2015).

1.2 Justificación

Los residuos sin tratar dan lugar a potenciales problemas de salud ambiental y humana. Pueden ser una fuente de insectos, parásitos y microorganismos patógenos (Williams Ch., 2013). 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 (USAID, 2011). El compostaje de cadáveres es una técnica de bajo costo, ambientalmente respetuoso, bioseguro y prácticamente sin olores (López, 2016), donde el material producido de manera adecuada es ambientalmente seguro y es un abono apto para ser utilizado en cualquier cultivo forrajero (Elizondo, 2009).

A nivel nacional no se conoce ningún material explicativo disponible para los productores ni asesores en materia de tratamiento de compostaje de cadáveres de aves, si bien es una recomendación, no está estipulado un procedimiento que indique cómo se debe efectuar. El Estado ha apoyado la instalación de composteras de cadáveres mediante el proyecto n° 26 *Más tecnologías para la Producción Familiar* del año 2018, pero no se ha caracterizado el lixiviado resultante (DGDR/MGAP, 2018) lo cual es un deber a futuro, motivo por el cual se

incorporaron los parámetros exigidos para el vertido al terreno del lixiviado obtenido.

1.3 Impacto en salud pública, animales y ambiente

La intensificación del sector avícola trae como consecuencia la concentración de animales en áreas pequeñas produciendo la acumulación de grandes cantidades de residuos, generando problemas ambientales como la contaminación del agua, suelos (Ver tabla 1) y produciendo malos olores (Han et.al., 2008) por las grandes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre) que se producen (Costa & Urgel, 2000, Smith *et al.*, 2001).

Tabla 1 Efectos de los residuos avícolas en el ambiente

Atmósfera	Suelo	Agua
Malos olores Gases asfixiantes Gases irritantes Desnitrificación Aerosoles	Variaciones de pH Efectos depresivos Salinidad Metales pesados Patógenos Exceso de NO ₂ Y NO ₃ Retención de agua	Lixiviación Carga orgánica Eutrofización Patógenos fecales Polución

Fuente: Adaptado de García, et.al; 2006

Una inadecuada disposición de los cadáveres, disposición de pollinaza a la intemperie sin retención de lixiviados que se pudieran generar, puede ocasionar problemas de bioseguridad, generación de olores, aumento de poblaciones de plagas y vectores y contaminación del suelo y agua subterránea (USAID, 2011).

A menudo, los residuos son utilizados como abono y aplicados directamente al suelo, sin ningún tipo de tratamiento previo. Sin embargo, estas prácticas pueden conducir a serios problemas por pérdidas de nutrientes mediante lixiviación y volatilización como también, un efecto patógeno con la posible incorporación de microorganismos como *Salmonella spp.* (Ogunwande *et.al*, 2008). El fósforo, una vez en el suelo, se libera mediante la acción de las fitasas que producen los microorganismos de este ecosistema. Después pasa a ríos y lagos, lo que da lugar a los fenómenos de eutrofización de las corrientes de agua y de los reservorios acuáticos, lo que provoca la mortalidad de la fauna acuática (Jongbloed *et al.*, 1996).

El material compostado es seguro para el ambiente y una enmienda valiosa para ciertos cultivos. Asegura la eliminación de la mayoría de los patógenos, debido a

las altas temperaturas alcanzadas, ayudando al control de brotes de enfermedades. Se realiza en cualquier época del año; no se necesita equipamiento especial y demanda pocos requisitos de gestión (Bonhotal et.al., 2008). No obstante, algunos virus y bacterias esporuladas como *Bacillus anthracis*, y agentes patógenos como *Mycobacterium tuberculosis*, pueden sobrevivir (OIE, 2009).

Como medida de bioseguridad para el personal, se debe minimizar la manipulación, prevenir la generación de aerosoles y los cadáveres no deben ser aplastados, cortados o desmenuzados antes de ser añadidos a la pila (Bonhotal et.al., 2008).

Las cuestiones relacionadas con el ambiente, la salud humana y la calidad de vida de las personas que viven cerca y lejos de las unidades de producción de aves de corral hacen de la gestión de los residuos un factor fundamental para el crecimiento y la sostenibilidad a largo plazo de la producción de aves de corral en las instalaciones de mayor escala ubicadas cerca de zonas urbanas y periurbanas (Williams Ch., 2013).

1.4 Beneficios del compostaje

Es una alternativa económica para la eliminación de animales muertos (Fain, et.al., 2016), efectiva y muy fácil de llevar a cabo. Los cadáveres son degradados a un abono orgánico sin producir malos olores y sin atraer moscas o depredadores. Esta alternativa presenta, además, menor riesgo ambiental y de bioseguridad, comparado con los métodos convencionales (Bonhotal y otros, 2002) como ser la incineración o entierro (Federico, 2016). Se logra la destrucción de los patógenos presentes en los cadáveres por las altas temperaturas propias del proceso (Federico, 2016). Es una técnica aplicable ante eventos catastróficos, donde el lote de aves completo muere (Elizondo, 2009). Se obtiene, a partir de un desecho, un producto estable y aplicable al suelo como abono, el que mejora las propiedades físicas y químicas del suelo incrementando el nitrógeno, fósforo, potasio y algunos micronutrientes importantes para las plantas, como zinc, cobre y manganeso, siendo una fuente de nutrientes para los

cultivos. Además, este compost mejora la estructura y aumenta la capacidad de retención de agua del suelo (Federico, 2016).

Como desventaja, cabe recalcar que la aireación es la que requiere mayor consumo de energía o en su defecto mano de obra (Ricaurte, 2005).

1.5 Normativa nacional y antecedentes

Según la Resolución nº 18/2008 del MGAP, se debe eliminar a diario la mortalidad aviar dentro del establecimiento sin producir contaminaciones ambientales ni residuos que afecten la salud humana o animal, siendo recomendado el compostaje de cadáveres como técnica válida (Umpierrez, 2015). Los cadáveres no podrán permanecer más de 12 horas en el galpón, ni en sus alrededores, ni utilizarse como fuente de alimentos de otras especies (Res. Nº18/2008).

Para poder retirar las aves muertas fuera del predio se deberá efectuar en vehículo que no pierda su contenido en el trayecto, acompañadas de un certificado sanitario extendido por el veterinario particular habilitado especificando la causa de muerte siempre y cuando no haya sido por enfermedades infecciosas. En galpones donde ha ocurrido cualquier enfermedad infecciosa, la cama se deberá humedecer y amontonar para provocar el calentamiento fermentativo que supere los 70 °C (Res. Nº18/2008).

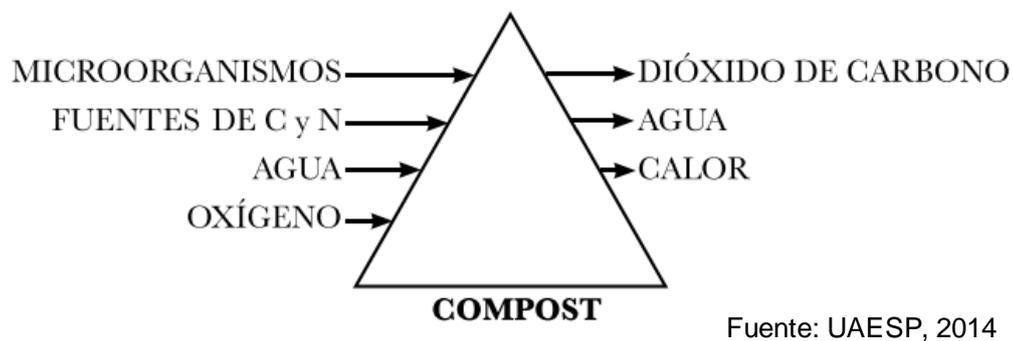
En cuanto a la disposición final del lixiviado, para poder verterlo al terreno se debe cumplir con los parámetros estipulados en el Decreto 253/79.

El Decreto 182/013 que brinda el marco para la gestión ambientalmente adecuada de los residuos sólidos y comprende la cría intensiva de aves, indica que se debe contar con un plan de gestión de residuos autorizado por la DINAMA. Siendo evaluado por el MVOTMA y MGAP en conjunto, quienes establecerán las pautas de clasificación y fiscalización. Si el volumen fuera igual o mayor a 10 toneladas/día requerirá la autorización ambiental previa, en conformidad con el decreto 349/005.

1.6 Proceso de compostaje

Es un proceso biológico al que se somete a los animales muertos que consiste en la descomposición aeróbica controlada de material orgánico (Elizondo, 2009), en este caso excreciones, mortalidades y otros (Moreno, Moral; 2008).

Es una biotransformación que se desarrolla con el ánimo de evitar la contaminación orgánica, generando un producto (abono), donde se convierten los cadáveres, la paja o pasto seco y la pollinaza en una biomasa (Ricaurte, 2005). Es un proceso físico, químico y microbiológico de transformación de la materia orgánica, producido en condiciones aeróbicas, que origina dióxido de carbono, agua y calor (ver figura 1). Como resultado de dicha transformación se obtiene el compost, un producto estable, maduro, de color marrón oscuro o negro ceniza y sin olores desagradables (Nch2880, 2008).



Fuente: UAESP, 2014

Figura 1. Dinámica del proceso de compostaje

Tiene como objetivo reducir los agentes patógenos, los huevos de insectos y las semillas de malezas (Williams Ch., 2013). Su uso principal es como fertilizante para mejorar las condiciones del suelo (Moreno, Moral; 2008).

La OIE (2009) define al compost como

«proceso natural de descomposición en presencia de oxígeno. En la primera fase, la temperatura de la pila de compost sube, la materia orgánica se deshace en trozos relativamente pequeños, los tejidos blandos se descomponen y los huesos se ablandan parcialmente. En la segunda fase, el resto de las materias, sobre todo huesos, se convierte en humus marrón oscuro o negro que contiene principalmente bacterias no patógenas y nutrientes vegetales».

El proceso debe alcanzar una temperatura superior a los 60°C durante un mínimo de cinco días para destruir los patógenos. Un proceso eficiente y rápido requiere un cuidadoso control de la relación C:N (carbono/nitrogeno), del porcentaje de humedad, de las condiciones aeróbicas y de la temperatura interna de la mezcla (Barbaro et al., 2011).

Los cadáveres tienen un alto contenido en humedad, baja relación C:N y casi nula porosidad, rodeados de un material con una alta relación C:N, un nivel moderado de humedad y buena porosidad (Keener y Elwell, 2006). Dentro de los cadáveres, los microorganismos anaerobios trabajan para degradarlos, liberando fluidos y gases olorosos, tales como el sulfuro de hidrógeno y el amoníaco, mientras que, los microorganismos aeróbicos degradan estos materiales olorosos liberando dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Este proceso aeróbico es el que provoca el aumento de la temperatura durante el compostaje. Las bacterias activas tanto en las zonas aeróbicas y anaeróbicas son tolerantes al calor. Sin embargo, el calor mata al resto de virus y bacterias que pueden estar presentes en los cadáveres (López, 2016).

1.7 Características del compostaje

El compost que se obtiene tiene igual o mayor calidad como fertilizante que la mayoría de los materiales que se compostan. La composición del compost obtenido puede variar el contenido de nutrientes según la cantidad y composición de la gallinaza y paja usada, la edad del compost, el almacenamiento y la manipulación. Motivo por el cual se recomienda analizarlo para asegurar su correcta utilización posterior (Eldridge & Collins, 2009). Un estudio de la Universidad de Maryland realizado por Murphy & Carr (1991) determinó la siguiente composición promedio del compost de aves (ver tabla 2).

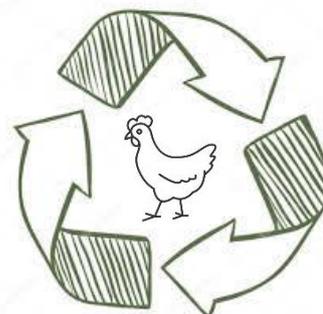
Análisis	Cantidad
Humedad*	46.10 ±2.19
Nitrógeno*	3.27 ±0.23
Fósforo* (P ₂ O ₅)	2.39 ±0.13
Potasio* (K ₂ O)	1.33 ±0.15
Calcio*	0.82 ±0.10
Magnesio*	0.40 ±0.02
Azufre*	122.00 ±18.00
Zinc**	245.00 ±32.00
Cobre**	197.00 ±28.00

*Datos expresados en porcentaje
**Datos expresados en partes por millón
Fuente: Murphy & Carr, 1991

2. Manual de Buenas Prácticas de Compostaje de Cadáveres de Aves de producción

I. Prólogo

El presente manual es una herramienta para la producción aviar con la finalidad de resolver y gestionar los cadáveres dentro del predio para ser utilizado como abono cumpliendo con la normativa vigente nacional y salvaguardando la salud de las poblaciones existentes de aves, así como la salud de las personas y el ambiente.



II. Glosario

Aeróbico: proceso con oxígeno

Anaeróbico: proceso sin oxígeno

Animales muertos: cadáveres de aves resultantes de mortandad de rutina o catastrófica, o bien de sacrificio sanitario (Leonardi, 2013).

Cama de pollo: en producción a piso la cama se define como la acumulación gallinaza sobre un material absorbente como la cáscara de arroz o la de girasol, o la viruta de madera (Leonardi, 2013)

Compostaje: proceso biológico de descomposición de la materia orgánica contenida en los restos de origen animal o vegetal. El producto final resultante se puede aplicar al suelo para mejorar sus características, sin causar riesgos al medio ambiente (CEMPRE, 1998).

Guano o gallinaza o pollinaza: mezcla de deyecciones, a las que se unen la porción no digerible de los alimentos, las células de descamaciones de la mucosa del aparato digestivo, microorganismos de la flora intestinal, diversas sales minerales, plumas y restos de huevos rotos (Leonardi, 2013).

Lixiviado: fracción líquida que se obtiene del proceso de compostaje (Piccinini y Bortone, 1991)

III. Ámbito de aplicación

Este manual de compostaje de cadáveres de aves puede ser aplicado tanto en establecimientos de producción de huevo comercial y de huevo fértil, así como, en establecimientos de producción de pollos de engorde.

IV. Normativa aplicable

- _ Resolución N° 18/2008 del MGAP
- _ Decreto 253/79: Control de las Aguas
- _ Decreto 349/005: Reglamento de evaluación de impacto ambiental y autorización ambientales
- _ Decreto 182/013: Reglamento de gestión de residuos sólidos industriales y asimilados

V. Instalaciones

Primero se debe elegir el sitio donde se instalará la compostera, para el cual se debe tener en cuenta que el área sea de fácil acceso, buena ventilación, lejos de las viviendas de los trabajadores de la granja y de las vías internas de explotación avícola (USAID, 2011).

Para asegurar la operación ante cualquier inclemencia climática (precipitaciones, granizo), se debe contar con techo (ver Figura 2). Con respecto a las paredes deberá ser un sitio cerrado o semicerrado (Ricaurte, 2005; Leonardi, 2013).



Figura 2 Diagrama de instalaciones de compostaje de cadáveres

Los materiales de construcción deben ser fuertes, si se usa madera debe ser tratada contra la putrefacción y resistir la actividad biológica del compostaje, usando clavos galvanizados en caliente para resistir la oxidación (Eldridge & Collines, 2009).

Se recomienda que el piso sea de cemento para evitar que los lixiviados penetren en la tierra (Fain et. al., 2016), con una leve inclinación (Ricaurte, 2005) para la recolección y el tratamiento del lixiviado generado (Leonardi, 2013). A su alrededor se recomienda contar con canaletas para evitar empozamiento de agua, dado que el material utilizado para compostaje debe estar aislado de la humedad (USAID, 2011).

Se sugiere la incorporación de cajones de madera dura, separadas entre sí por 2 cm para facilitar la aireación estática (Fain et. al., 2016) o tubos de aireación (USAID, 2011).

Los tubos de aireación se colocan formando una red de tuberías fabricadas de PVC perforado, debiendo ser de 2 pulgadas de diámetro como mínimo y 2 metros de largo. Deberán tener agujeros de por lo menos ½ pulgada de diámetro cada 0,32 metros. Estos tubos deberán ser removibles para permitir el ciclo de volteo y estar colocados de forma equidistante y distribuidos como mínimo cada metro cuadrado (USAID, 2011).

Se recomienda colocar cerco perimetral, así como malla mosquitero, para evitar el ingreso de insectos y animales carroñeros (Leonardi, 2013). Plantar árboles en los alrededores ayudará a generar sombra, proteger de vientos fuertes y actuar como barreras naturales ante la eventual generación de olor (USAID, 2011).

Para determinar las dimensiones de las instalaciones se deberá tomar en cuenta la mortalidad histórica del predio, ya que se deberá llenar por día con una capa de aves muertas (Eldridge & Collins, 2009).

VI. Materiales a utilizar

A continuación se detallan los insumos requeridos para el funcionamiento de la compostera.

- Tierra o compost maduro
- Pollinaza
- Mortalidades
- Agua
- Tubos de aireación (opcional)
- Paja o pasto seco
- Tamiz
- Planillas de control diario (ver anexo 1)
- Termómetro de pincho
- pH metro o papel de pH

Las proporciones de los insumos de la compostera se detallan en la tabla 3.

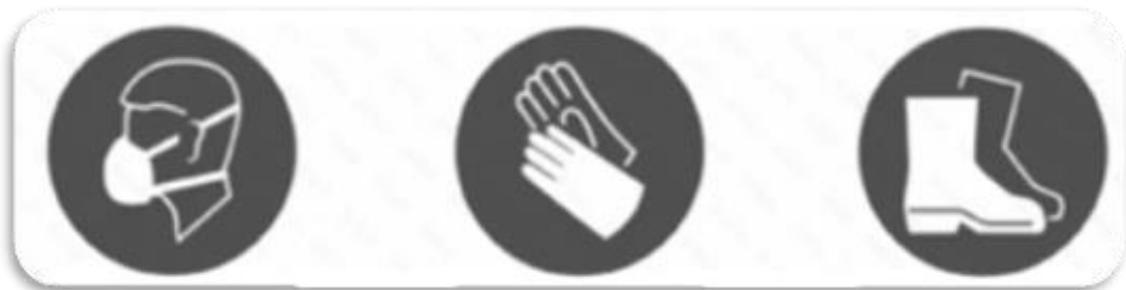
Componentes	Partes por peso
Gallinaza	1.5-3
Aves muertas	1
Paja	0.1
Agua*	0-0.5

* El requerimiento de agua variará dependiendo del contenido de humedad de la paja, la gallinaza y otros factores. Humedad requerida 40-60%

Fuente: Eldridge & Collins, 2009

VII. Medidas de bioseguridad para el operario

- _ El personal deberá utilizar guantes, tapa boca y calzado acorde
- _ Se debe minimizar la manipulación, las aves no deben ser aplastadas, cortadas o desmenuzadas antes de ser añadidas a la pila (Bonhotal et.al., 2008).
- _ Siempre consultar con un veterinario en caso de duda.



VIII. Procedimiento

El presente procedimiento es adaptado de USAID (2011).

Paso 1. Colocar una capa de tierra, compost maduro o cama de 30 cm y nivelar. Si se usa compost maduro sirve de inóculo de microorganismos. El material de esta capa no debe contener focos húmedos ni encontrarse empastado (ver figura 3).

Paso 2. (Opcional) Incorporar verticalmente tubos de aireación en las esquinas de la compostera separadas de 50 cm aproximadamente de las paredes.

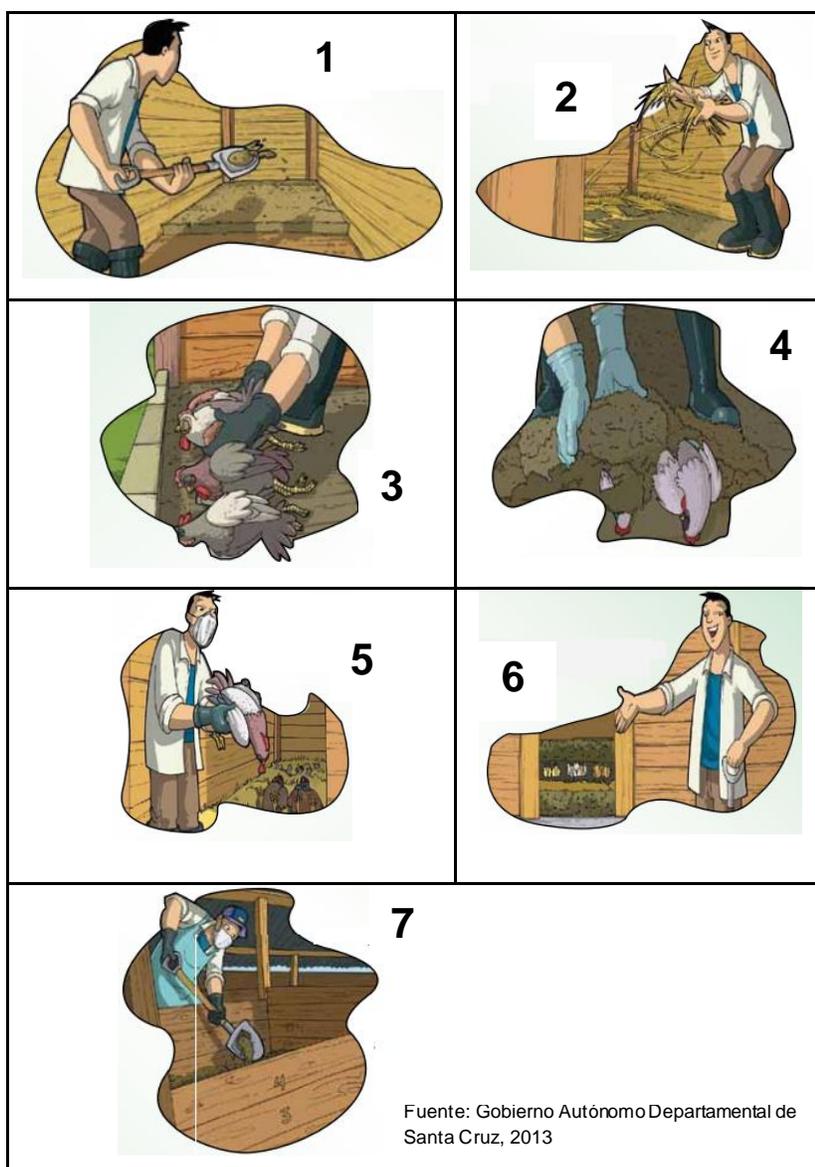


Figura 3 Proceso de compostaje

Paso 3. Colocar una capa de 10 cm de paja o pasto seco.

Paso 4. Colocar las aves muertas teniendo la precaución de que las aves queden separadas 12 a 15 cm de las paredes. Acomodar las aves intercalando cabeza y cola, asegurando que no queden espacios entre ellas.

Paso 5. Humedecer las aves con agua (150 ml/ave en las dos primeras capas y 300 ml en las siguientes capas), para obtener las condiciones óptimas de humedad (40-60 %).

Paso 6. Colocar una capa de pollinaza de 20-25 cm sobre los cadáveres y nivelar.

Paso 7. Sellar con cama los espacios existentes entre los cadáveres y las paredes.



Si la mortalidad generada diariamente no ocupa la totalidad del área del recinto, se sugiere utilizar una tabla para dividir el área y optimizar el espacio.

Se repetirán el paso 3 al 7 diariamente hasta llenar la compostera o hasta que se incorpore la mortalidad generada en la granja durante un máximo de 20 días posteriores al inicio del llenado.



Nota: La altura no deberá sobrepasar 120 cm, ya que una altura mayor a 2 metros aumenta la temperatura interna y el riesgo de combustión espontánea.

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 21 días para la realización del volteo, el cual incorpora aire a la mezcla.

Paso 10. Dejar reposar otros 20 días, tiempo en el cual no se debe mover el material, pero sí se deben efectuar los controles a diario. Cumplido este tiempo, se tamiza el producto.

Paso 11. Empacar el producto tamizado como producto final. El material retenido en el tamizado (ej. huesos de animales grandes) puede ser dispuesto de las siguientes maneras:

- _ Enterrarse sin que presente ningún riesgo Sanitario (Mukhtar et al., 2003; Keener & Elwell, 2006).

- _ Molerse e incorporarse al compost (la proporción de carcasa/compost, no debe ser superior al 13%).

Paso 12. Barrer el recinto al finalizar cada proceso de compostaje, para evitar la generación de olores y proliferación de moscas. El barrido puede utilizarse en el siguiente proceso de compostaje a efectuar.

El lixiviado es recogido en contenedores el cual deberá ser analizado antes de ser infiltrado en el terreno (ver ítem IX)

Resumen del proceso de compostaje:

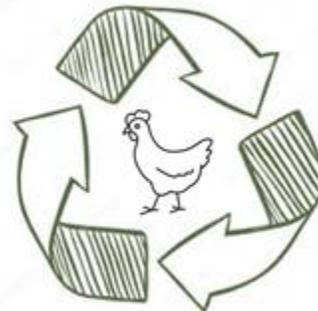
El proceso de compostado de las aves muertas consiste en colocar una capa de material de cama usada de 30 cm y sobre esta una capa de paja seca de 10 cm. Luego, se acomodan los cadáveres sin encimarlos y alejados de las maderas laterales (10cm). A continuación, se rocía agua para proporcionar humedad y se tapa con cama usada sin dejar al descubierto ninguno de los cuerpos.

Se llena el cajón siguiendo este procedimiento hasta alcanzar una altura de 1,20 m. A los 21 días de haber puesto la última capa se debe efectuar el volteo, favoreciendo así la aireación (Fain, 2016).

El tiempo según Federico (2016) de todo el proceso es de unos 60 días aproximadamente, ya que los primeros 20 días son de llenado de la compostera en capas, luego 20 días se voltea y se deja actuar 20 días más.

La duración podrá extenderse según la temperatura ambiente promedio.

El producto obtenido puede permanecer en el cajón hasta 6 meses (Arbiza, 2005).



IX. Parámetros a controlar durante todo el proceso

Los parámetros que se deben controlar se deberán registrar en planillas (ver anexo 1) para poder efectuar un seguimiento constante de las operativas y poder prevenir fallas (ver anexo 2).

A continuación, se detallan los parámetros que se deben controlar, se sugiere llevar registros de todos los datos (ver tabla 4).

Tabla 4 Parámetros ideales durante el compostado

Parámetros	Estándar
Nutrientes	3/1 (Carbono/Nitrógeno)
Humedad	40-60%
Oxigenación	presente
Temperatura	Primera etapa: 15° C a 45° C Segunda etapa: 45° C a 70° C
Tiempo	60 días (aprox)*
pH	≥7.5
Nota: el tiempo varía según la temperatura ambiente	



TEMPERATURA



HUMEDAD



OXIGENACIÓN



pH



NUTRIENTES



TIEMPO

Herramientas de control

- **Humedad:** con un higrómetro. Si no se cuenta con el instrumento se puede apretar una porción en la mano, debe quedar compactada pero no escurrir agua. Si el material queda suelto en la mano es indicativo que falta humedad (Federico, 2016), esta técnica es denominada «técnica del puño cerrado».
- **Temperatura:** con termómetro de pincho
- **pH:** con un pH metro digital o se puede insertar una tira indicadora de pH en el compost. Se deja reposar durante unos minutos para absorber el agua y se lee el pH mediante la comparación del color.

i. Nutrientes

Es necesario que se utilicen materiales que aporten carbono y otros que aporten nitrógeno a la mezcla, siendo una **relación óptima de carbono-nitrógeno de 3 a 1**. Debe ser mayor la cantidad de cama y paja o pasto seco (materiales que aportan carbono) que aves muertas (materiales que aportan nitrógeno) (Federico, 2016).

ii. Humedad

La presencia de agua favorece el proceso de degradación de la materia orgánica (cama, plumas, alimento y cadáveres de aves). No debe ser excesiva, pues puede producir apelmazamiento de las capas y olores desagradables. La humedad óptima según USAID (2011) es de **40-60%**, mientras que para Berge et.al. (2009) es de 50-60%.

En caso de no contar con un hidrómetro se toma una muestra de material y se apreta, cuando se cuenta con la humedad adecuada la muestra queda compactada y no escurre agua o si escurre es en poca cantidad (ver figura 4).



Fuente: UAESP, 2014

Figura 4. Medición manual de la humedad mediante prueba del puño

iii. Oxigenación

El oxígeno es un factor determinante ya que el proceso utiliza bacterias aerobias. Realizando **el volteo de la mezcla se favorece la aireación** y el mezclado (Federico, 2016). La frecuencia de volteo depende del contenido de humedad de la pollinaza, si hay mucha humedad se reduce el espacio disponible para aire,

generando mayor compactación (Ricaurte, 2005). En caso de haber instalado las tuberías de aireación, éstas deben ser removidas para efectuar el volteo correspondiente.

iv. Temperatura

El cambio de temperatura ocurre por la actividad bacteriana y la altura de la pila (Federico, 2016), siendo un factor que determina si el proceso se está efectuando adecuadamente (Elizondo,

2009). Ocurren dos fases (ver Figura 5), durante la primera fase de compostaje la temperatura de la pila de compost aumenta (15-45°C), descomponiéndose los tejidos blandos y ablandándose parcialmente los huesos. En la segunda fase (45-70°C), los materiales restantes se

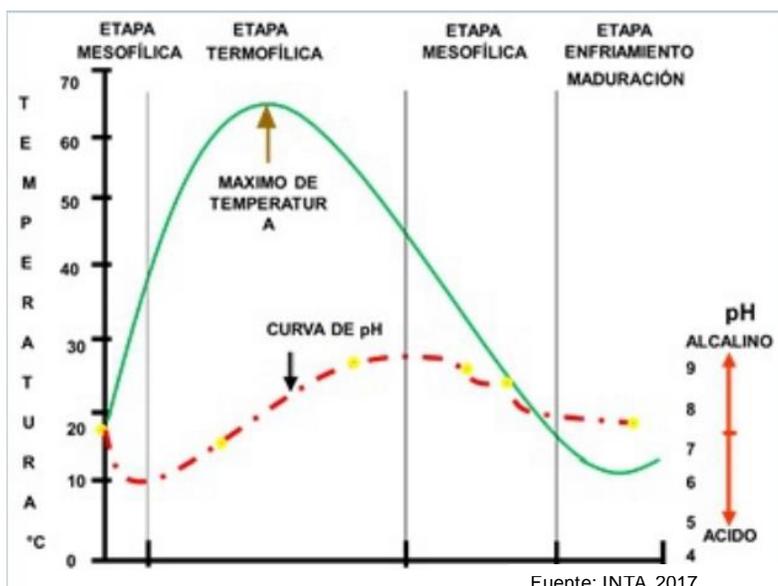


Figura 5 Gráfico de evolución de temperatura y pH durante el compostaje

descomponen por completo y el compost se convierte en un

material marrón oscuro con olor a suelo húmedo que contiene principalmente bacterias no patógenas y nutrientes vegetales. Se completa el proceso de compostaje mediante la fase de maduración final (Federico, 2016).

El enfriamiento final del compostaje es un buen indicador de que el producto se ha estabilizado y el proceso ha culminado (Federico, 2016). Una temperatura de 55°C durante 3 días consecutivos es suficiente para eliminar la mayoría de las bacterias patógenas, parásitos y virus (Berge, et. al, 2009).

No obstante, se debe considerar el tipo bacteriano preexistente debido a que diferentes bacterias requieren diferente tiempo de exposición a determinada temperatura para ser eliminadas (ver Tabla 5).

Mientras la temperatura de la pila esté aumentando, funciona bien y debe dejarse sola. **La temperatura alcanza su punto máximo y luego comienza a disminuir, momento en el que debe voltearse para incorporar oxígeno al compost. Después de voltearla, la temperatura debe volver a subir. Idealmente, el proceso de volteo debe continuarse hasta que la respuesta de recalentamiento no vuelva a ocurrir**, lo que indica que el material de compostaje es biológicamente estable (Eldridge & Collins, 2009).

Es de resaltar que los bordes del recinto de compostaje pueden no alcanzar las temperaturas deseadas, lo cual se soluciona mediante las acciones de volteo para evitar la sobrevivencia de organismos patógenos y larvas de insectos (Eldridge & Collins, 2009).

Es importante asegurar que el compost que se utilice, en especial para el cultivo de hortalizas de tallo corto o de hoja, así como para la producción de frutas, no contenga patógenos e indicadores de contaminación fecal (*Salmonella* y *Escherichia coli*) (Roman et. al., 2013). Este es uno de los motivos por el cual es fundamental controlar la temperatura (ver Tabla 5), ya que estas bacterias son incorporadas en las hortalizas y pueden causar enfermedades en el ser humano tras su consumo.

Tabla 5 Temperatura necesaria para la eliminación de algunas bacterias

Microrganismos	Temperatura	Tiempo
<i>Salmonella spp.</i>	55 ° C	1 hora
	65 ° C	15-20min
<i>Escherichia coli</i>	55 ° C	1 hora
	65 ° C	15-20min
Fuente: Adaptado de Jones and Martin, 2003		

La presencia de coliformes termotolerantes (*Salmonella*, *Shigella* y *E. coli*) en concentraciones altas en un compost indica que el proceso térmico ha sido insuficiente o deficiente. Es decir, el compost no alcanzó las temperaturas adecuadas o se que alcanzaron, pero por periodos de tiempo muy cortos, o se presentó una contaminación posterior con agua contaminada durante las etapas de

enfriamiento. Sería importante realizar análisis microbiológicos del compost a fin de determinar la concentración de estos coliformes, se considera un compost seguro aquel que presenta menos de 1000 ufc/g de peso seco de compost (Roman et. al., 2013).

v. Tiempo

El tiempo de compostaje es el tiempo transcurrido desde la disposición de las primeras capas de materiales hasta la obtención del compost estable. El buen manejo y control del proceso acorta el tiempo necesario para descomponer toda la materia orgánica. Condiciones subóptimas (humedad, temperatura, oxígeno, entre otros) frenan la acción de las enzimas de descomposición, alargando el tiempo. La temperatura del compost determina el tiempo, 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 (USAID, 2011).

Los tiempos de compostado varían en función del tamaño de los cadáveres, temperatura y factores fisiológicos, entre otros. En el caso de pollos parrilleros (2,8kg de promedio) el proceso estaría terminado 21 días posterior a la disminución de temperatura (Arbiza, 2005).

USAID (2011) determinó que, luego de **60 días del llenado con todas las aves, se obtiene el compostaje**, lo cual es **compatible para el verano uruguayo, pero no para el invierno donde los tiempos podrán extenderse.**

vi. pH

Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla ya que, si se crean condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno), se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH (USAID, 2011).

El pH varía según la fase en que se encuentre el proceso (ver Figura 3):

- **Primera etapa** (fase mesófila): hay una **disminución del pH** debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. La caída inicial del pH puede ser muy pronunciada si

existen condiciones anaeróbicas, pues se formará más cantidad de ácidos orgánicos (USAID, 2011).

- **Segunda fase** (fase termófila): hay un progresivo **aumento del pH** (alcalinización del medio), debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y a la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas (USAID, 2011).
- **Tercera fase** (fase mesófila final): el pH tiende a la neutralidad por la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades de tampón. Un proceso con buena aireación da un producto final con un pH entre **7 y 8**; valores más bajos son indicativos de anaerobiosis y de que el material aún no está maduro (USAID, 2011).



Existen relaciones entre pH-aireación-microorganismos. La acción de las bacterias se inhibe a pH bajos, **si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición** (USAID, 2011).

IX. Lixiviado

A nivel nacional no está permitida la dilución de efluentes con aguas no contaminadas. Para verter el resultado del efluente debe volcarse a una distancia mínima de 50 m de cursos de agua o pozos manantiales, a 10 m como mínimo de la medianera y únicamente en zonas rurales, con las siguientes condiciones: material flotante (ausente), pH (5,5 a 9,0), sólidos sedimentables (Hasta 10 ml/l) y sólidos totales (Máx. 700 mg/l) (Ver Tabla 6) (Decreto 253/79).

En cuanto a tóxicos orgánicos, no podrán exceder en más de 100 veces los valores que se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7 Tóxicos Orgánicos	
PARAMETROS	ESTANDAR
Aldrin más Dieldrin	Max 0.004µg/L
Clordano	Max 0.01 µg/L
DDT	Max 0.001µg/L
Endosulfan	Max 0.02µg/L
Endrin	Max 0.004µg/L
Hepatocloro mas Hepatocloro EPXI	Max 0.01µg/L
Lindano	Max 0.01µg/L
Metoxicloro	Max 0.03µg/L
Mirex	Max 0.001 µg/L
2,4 D	Max 4 µg/L
2,4,5 T	Max 10 µg/L
2,4,5 TP	Max 2 µg/L
Paration	Max 0.04µg/L
Comp. Poliromaticos (BPS)	Max 0.04µg/L
Fuente: Decreto 253/79	

Los lixiviados pueden tratarse por procesos aerobios o anaerobios; el proceso anaerobio produce menos lodos, menor necesidad de energía y costos bajos (Henry, 1996). El buen proceso aerobio, reduce la DBO mediante lodos activados, pero también es posible aplicar un sistema de película fija (Henry, 1996).

Para eliminar los organismos patógenos presentes se puede desinfectar utilizando Cloro, Ozono, Dióxido de Cloro o Radiaciones ultravioletas. Se usan como indicadores de efectividad los coliformes fecales y totales (Kiely, 1999).

Tabla 6 Parámetros de infiltrado de efluentes al terreno	
PARAMETRO	ESTANDAR
Material flotante	Ausente
Temperatura	Max 35 °C
pH	5.5-9.0
Solidos sedimentables	Hasta 10 ml/L*
Solidos totales	Max 700 mg/L
Aceites y grasas	Max 200 mg/L
Cianuros	Max 1 mg/L
Arsénico	Max 0.5 mg/L
Cadmio	Max 0.05 mg/L
Cobre	Max 1 mg/L
Cromo total	Max 3 mg/L
Mercurio	Max 0.05 mg/L
Niquel	Max 2 mg/L
Plomo	Max 0.3 mg/L
Zinc	Max 0.3 mg/L
* Determinados en cono Imhoff en una hora	
Fuente: Decreto 253/79	

3. Resolución a problemas frecuentes

Si no se efectúan los monitoreos pertinentes pueden aparecer problemas al momento del compostaje, siendo fundamental llevar registros (ver anexo 1).

La presencia de olor desagradable puede deberse a exceso de humedad o falta de aireación, lo cual se soluciona utilizando pasto seco en próximas capas y en el caso de las capas ya establecidas introducir alguna estaca en forma horizontal para permitir el ingreso de aire. Por el contrario, la falta de humedad puede causar una descomposición lenta, lo cual se soluciona mediante humedecimiento de la capa de aves o usando cama más húmeda (INTA, 2017).

Falta de elevación de temperatura en los laterales del recinto hace que los cadáveres no se procesen adecuadamente, motivo por el cual no se deben colocar cadáveres a menos de 15 cm de las paredes (Eldridge & Collins, 2009).

El exceso de Nitrógeno causa olor a amoníaco, pudiendo corregirlo mediante la incorporación de pasto, hojas secas o cama nueva, es decir, incorporando carbono y obteniendo así el balance C/N adecuado (INTA, 2017).

Ritz & Worley (2009) elaboraron una tabla de problemas frecuentes con sus soluciones el cual se puede visualizar en el Anexo 2.

4. Aspectos a destacar del manual

En el presente manual se ha eliminado de la operativa la acción de abrir las aves, cortar las patas y colocarlas dentro de la cavidad abdominal que sugiere USAID (2011) por recomendación Bonhotal et.al., (2008) que indicó que las aves no deben ser aplastadas, cortadas o desmenuzadas antes de ser añadidas a la pila, para prevenir la generación de aerosoles y salvaguardar la salud de los operarios.

Se han incluido las medidas de bioseguridad para operarios a fin de salvaguardar la salud pública, material que habitualmente no se incluye en los manuales disponibles.

Aquellas camas provenientes de galpones donde ha ocurrido cualquier enfermedad infecciosa no podrán ser incorporadas al proceso de compostaje por no asegurar que se alcancen temperaturas superiores a los 70 °C, como se solicita en la Resolución N° 18/2008 del MGAP.

5. Bibliografía consultada

Arbiza, H. (2005). Manejo de aves muertas. Compost. Amevea, Entre Ríos.

Barbaro, L. A. (2011). Compost de ave de corral como componente de sustratos. Ciencias del suelo, vol. 29, n. 1, pp. 83-90. ISSN 1850-2067.

Baydan, E. & Yildiz, G. (2000). The problems caused of chicken feces and resolution. Lalahan Hay Arast Enst Derg. 40:98

Berge, A., Glanville, T., Millner, P., Klingborg, D. (2009). Methods and microbial risks associated with composting of animal carcasses in the United States. JAVNA, Vol 234, Nº 1.

Bonhotal, J., Telega, L., Petzen, J. (2002). Natural rendering: composting livestock mortality and butcher waste. USA. Cornell Waste Management Institute. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell Cooperative Extension.

Bonhotal, J., Schwarz, M., Brown, N. (2008). Natural Rendering: Composting Poultry Mortality. The Emergency Response to Disease Control. Cornell Waste Management Institute.

Bourbonnais, R.; Paice, M. G.; Reid, I. D.; Lanthier, P.; Yaguchi, M. (1995). Lignin oxidation by laccase isozymes from *Trametes versicolor* an role of the mediator 2,2'-azino-bis (ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) in Kraft lignin depolymerization. Appl. Environ. Microbiol. 61: 1876-1880.

CEMPRE (1998). Manual de gestion Integral, Residuos sólidos urbanos. Montevideo, Uruguay

Collins, E, Barker, J, Carr, L, Brodie, H. y Martin, J. (1999) Poultry waste management handbook. Ithaca, Nueva York, EE.UU., Natural Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES). ISBN 0-935817-42-5.

Costa, A. & Urgel, O. (2000). El nuevo reto de los purines. EDIPOR. Junio, 30. p. 24

Cummins, C., Wood W. & Delaney D. (1992). A survey of the fertilizer value of co-composted poultry mortalities and poultry litter. In J.P. Blake, J.O. Donald y P.H. Patterson, editors, Proceedings of the National Poultry Waste Management Symposium, pp 358-363. Auburn University Printing Service, Auburn, Alabama.

Decreto 253/79: Control de las Aguas

Decreto 349/005: Reglamento de evaluación de impacto ambiental y autorización ambientales

Decreto 182/013: Reglamento de gestión de residuos sólidos industriales y asimilados

DGDR/MGAP, 2018, Proyecto n° 26. Más tecnologías para la Producción Familiar. Disponible en:

http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/avance_de_proyectos_mas_tecnologias_nde26_.pdf Ultima consulta: 11/09/2020.

Elizondo J. (2009) Compostaje de animales muertos: Una alternativa fácil, económica y amigable con el ambiente. ECAG-Infoma. 48:32-34

Evers, G.W. (1998). Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for Coastal Bermudagrass Production in the Southeastern US. J. Sustainable Agriculture, Vol. 12: 4.

Eldridge R. & Collins, Jr., (2009) Composting Dead Poultry. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Fain, V., Albornoz, J., Canet, Z., y Rondelli, F. (2016). Compostado de aves muertas. XVII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas. Facultad de Ciencias Veterinarias. IV Jornada Latinoamericana, Universidad Nacional de Rosario. Casilda y Zavalla, 22 y 23 de septiembre de 2016. ISBN 978-987-4055-04-0.

Federico F. (2016). Manual de Normas Básicas de Bioseguridad de una Granja Avícola. INTA. Argentina.

García, Y. & Ortiz, E. (2008). Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. International Poultry Expo 2008.

García, Y. Ortiz, A. y Lon, E. (2006). Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Su aprovechamiento en la producción agrícola y animal. Revista cubana de ciencia agrícola Vol. 40 Número 2.

Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. (2013). Buenas prácticas para el manejo, uso, transporte y eliminación de la cama usada y mortalidad avícola. Dirección de Sanidad Agroalimentaria. Santa Cruz, Bolivia. 16 p. Disponible en: <http://www.sicsantacruz.com/sic/index.php/avicultura/170-buenas->

practicas-para-el-manejo-uso-y-transporte-de-las-camas-usadas-y-mortalidad-avicola Ultima visita: 11.09.20

Han, J. Ko; Ki Y. Kim, Hyeon T. Kim, Chi N. Kim, M. Umeda (2008). Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in compost made from animal manure. *Waste Mangement* 28: 813-820.

Henry, J. Glunn. (1996). *Ingeniería Ambiental*; Pearson, 2da. Edición; México D.F. México.

Inaoka, T., Okubo, G., Yokota, M. & Takemasa, M. (1999). Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken faeces as food source for poultry. *Jap. Poult. Sci.* 36:174.

INTA. (2017). *Compostaje de aves muertas en granjas de parrilleros. Coleccion de divulgación.*

Jones P, Martin M. (2003). A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost. In: *Health IfA*, editor. Oxon, UK2003. p. 33.

Jongbloed, A.W., Van der Klis, J.D., Kemme, P.A., Versteegh, H.A. & Mroz, Z (1996). Proc. 47th European Association for Animal production (EAAP), Lillehammer, Austria. p. 1.

Keener, H., and Elwell, D. (2006). Mortality composting principles and operation. In "Ohio's Livestock and Poultry Mortality Composting Manual. ", pp. 1-7. Ohio State University Extension, Ohio.

KIELY, Gerard (1999). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos entornos, tecnologías y sistemas de gestión.* Editorial Mc Graw Hill, Vol. II: 1ra Edición: Madrid – España. ISBN:84-481-2039-6.

Leonardi E. (2013). *Mejores técnicas disponibles en la gestión ambiental de residuos de la producción intensiva de aves.* SENASA. SNS vol. 1, N.º 1, ISSN 2314-2901.

López, J. (2016). *Tratamiento y revalorización de sandach procedente del sector productivo de la avicultura de puesta mediante compostaje.* Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.

Marshall, W.A. (2000). Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza. Tesis de Dr. en Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Moreno, J. & Moral, R. (2008). Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa. 2008.

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

Mukhtar, S., Auvermann, B. W., Heflin, K., and Boriack, C. N. (2003). A low maintenance approach to large carcass composting. ASAE Annual International Meeting, Las Vegas, Nevada.

Murphy, D., & Handwerker, T. (1988). Preliminary investigations of composting as a method of dead bird disposal. In "Proceedings of National Poultry Waste Management Symposium", pp. 65-72, Columbus, Ohio.

Murphy D. & Carr L. (1991) Composting dead birds. University of Maryland. Fact Sheet 537.

NCh 2880 (Norma Chilena de Compost). 2004. Norma Chilena Oficial. Compost-Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.

OIE. (2009). Código Sanitario para los Animales Terrestres. CAPÍTULO 4.13. Eliminación de los animales muertos.

Ogunwande, G.; Osunade, J.; Ogunjimi, L. (2008). Effects of carbon to nitrogen ratio and turning frequency on composting chicken litter in turned-windrow piles. *Agricultural*. 99: pp. 7495-7503.

Piad, R. (2001). Evaluación de la actividad probiótica de un hidrolizado enzimático de crema de destilería en pollitas de reemplazo de ponedoras. Tesis Dr. Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Piccinini S., Bortone G. (1991). The fertilizer value of agriculture manure: simple rapid methods of assessment. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 49: 197-208.

Pugh, D.G., Rankins, D.L., Powe, T.D. & Andrea, G. (1994). Feeding broiler litter to beef cattle. *Veterinary Medicine*. 89:661.

Roman, P., Martinez M. y Pantoja M. (2013). Manual de compostaje del agricultor. FAO. ISBN 978-92-5-307844-8.

Resolución N° 18/2008 Control sanitario de establecimientos avícolas.
MGAP

Ricaurte S. (2005). Compostaje en las granjas avícolas REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. VI, núm. 8, pp. 1-9 Veterinaria Organización Málaga, España. ISSN 1695-7504.

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

Ross. (2014). Manual de Manejo. Pollo de engorde.

Smith, K, Brewer, A, Crabb, J. & Dauven, A. (2001). A survey of the production and use of animal manures in England and Wales. II. Poultry manure. Soil Use and Management. 17:48.

UAESP. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Contrato Interadministrativo 369 UAESP - Universidad Nacional de Colombia.

Umpierrez, D. (2015). Manual de Buenas Prácticas en la Producción Avícola. DGDR. ISBN: 9789974594272.

USAID. (2011). Manual de Compostaje para Granjas Avícolas de Engorde.

Williams Ch., (2013). Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo, Revisión del desarrollo avícola, FAO, Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo, ISBN 978-92-5-308067-0.

Anexo 2. Sugerencias para problemas frecuentes

Problema/Síntoma	Causa probable	Sugerencias
Temperatura inadecuada	Muy Seco (menos de 40% humedad)	Añadir agua
	Muy húmedo (más de 60% de humedad)	Añadir paja seca o material de cama y aplicar volteo a la pila de compost
	Relación C/N inadecuada	Evaluar las cantidades de paja y en el 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 inadecuado	Evaluar las cantidades de paja 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 15 cm entre las mortalidades y los bordes de la compostera
Olores	Muy húmeda	Agregar paja seca material de cama y aplicar volteo
	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 25-30 cm de material de cama
Vectores	Cobertura inadecuada de las mortalidades	Sellar la compostera con 25-30 cm de material de cama
	Condiciones pobres de saneamiento	Evitar lixiviados en la pila de compost
	Muy húmeda	Agregar paja seca o material de cama y aplicar volteo
	No se alcanzan temperaturas adecuadas durante el proceso	Evaluar relación C/N
Recolección de residuos animales	Cobertura inadecuada de las mortalidades	Cubrir con 25-30cm de paja

Fuente: Adaptación de Ritz & Worley, 2009

ISBN: 978-9915-40-218-5



9 789915 402185