

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EFECTO DEL TIPO DE ESTIÉRCOL Y FRECUENCIA DE
AIREACIÓN (VOLTEO) EN EL COMPORTAMIENTO DEL
PROCESO DE COMPOSTAJE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

LUIS FELIPE ORTIZ DONGO

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“EFECTO DEL TIPO DE ESTIÉRCOL Y FRECUENCIA DE
AIREACIÓN (VOLTEO) EN EL COMPORTAMIENTO DEL
PROCESO DE COMPOSTAJE”**

Presentado por:

LUIS FELIPE ORTIZ DONGO

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Carlos Vilchez Perales

PRESIDENTE

Biol. Juan Juscamaita Morales

MIEMBRO

Ing. Pedro Ciriaco Castañeda

MIEMBRO

Dra. Gladys Carrión Carrera

PATROCINADORA

*El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres y hermanas,
por brindarme su apoyo incondicional y ser el motivo de siempre seguir
saliendo adelante.*

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Gladys Carrión Carrera, por sus enseñanzas en mi etapa universitaria y asesoría constante en la presente investigación.

Al Dr. Lizardo Visitación Figueroa, por las facilidades en la realización de la fase experimental llevada a cabo en el Centro Modelo de Tratamiento de Residuos – CEMTRAR.

A la Mg. Sc. Mary Flor Cesare Coral, por su apoyo en las pruebas de laboratorio.

Al Dr. Carlos Vílchez Perales, por su tiempo y asesoría en los análisis estadísticos.

Al Blgo. Juan Juscamaita Morales por ser parte de jurado calificador y apoyo en las recomendaciones.

A Luis Bovadilla Oscoco y Jonathan Rojas Quispe por el apoyo en las actividades del arduo trabajo de campo en el CEMTRAR.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVO GENERAL	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1	ENFOQUE SISTÉMICO DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA	4
2.1.1	Agenda del 2030 para el desarrollo sostenible y sus objetivos	4
2.2	RECURSO ANIMAL	5
2.2.1	Marco legal referente a bienestar animal	6
2.2.2	Proceso de producción en el sector pecuario y generación de residuos	8
2.3	RECURSO AMBIENTAL	9
2.3.1	Residuos sólidos en la ganadería lechera	10
a.	Residuos sólidos no biodegradables	11
b.	Leche no comercializada	11
c.	Residuos del lavado de la ordeñadora y del equipo de frío	11
d.	Residuos de la limpieza de los pisos	11
2.3.2	Residuos sólidos en la actividad avícola	11
a.	Residuos Sólidos Industriales	11
b.	Residuos Sólidos Domésticos	12
2.3.3	Marco legal referente a residuos sólidos	13
2.3.4	Plan de manejo ambiental	16
2.3.5	Manejo y tratamiento de excretas	17
a.	Estiércoles	18
b.	Abonos orgánicos	18
c.	Compostaje	18
d.	Proceso de compostaje	18
e.	Fases del proceso de compostaje	19
f.	Parámetros físicos-químicos del proceso de compostaje	20

g.	Parámetros microbiológicos	23
h.	Sistemas de compostaje	24
-	Sistemas abiertos	24
-	Sistemas cerrados	27
-	Sistemas semi-cerrados	29
i.	Calidad del compost	29
j.	Beneficios del uso del compost	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1	LUGAR Y DURACIÓN	32
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	32
3.3	METODOLOGÍA	33
3.3.1	Fase de Campo	33
a.	Acondicionamiento del lugar	33
b.	Abastecimiento de sustratos	33
c.	Segregación de elementos inorgánicos	33
d.	Armado de las pilas	33
e.	Volteo de las pilas	33
f.	Riego de las pilas	33
g.	Tamizado y pesado del compost	33
h.	Tratamientos	34
i.	Toma de muestras	34
3.3.2	Fase de Medición de Parámetros	35
a.	Parámetros físicos	35
b.	Parámetros físico-químicos	36
c.	Parámetros microbiológicos	37
d.	Parámetros nutricionales	37
3.4	DISEÑO ESTADÍSTICO	38
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1	PARÁMETROS AMBIENTALES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	39
4.2	RESUMEN DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	40

V.	CONCLUSIONES	42
VI.	RECOMENDACIONES	43
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	44
VIII.	ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de residuos sólidos en una granja de aves ponedoras	13
Tabla 2: Factores físico-químico que determinan una buena calidad del compost en el proceso de compostaje	21
Tabla 3: Criterios microbiológicos para la caracterización de biosólidos	24
Tabla 4: Parámetros guía para evaluar algunas calidades de compost en Estados Unidos	30
Tabla 5: Lista de materiales y equipos	32
Tabla 6: Tratamientos y sus características	34
Tabla 7: Análisis estadístico sobre el efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación	39
Tabla 8: Resumen de resultados analíticos del compost	41
Tabla 9: Valores de la actividad respiratoria (mgO ₂ /g DM)	50
Tabla 10: Valores de la materia orgánica (%)	50
Tabla 11: Valores del rendimiento (%)	50
Tabla 12: Valores de pH y Conductividad eléctrica (mS/cm)	51
Tabla 13: Valores de la relación de C/N	51
Tabla 14: Valores de Humedad (%) y Densidad (Kg/m ³)	51
Tabla 15: Valores de la temperatura (°C)	52
Tabla 16: Valores de metales pesados	52
Tabla 17: Valores nutricionales	53
Tabla 18: Valores microbiológicos	53
Tabla 19: Información de niveles de clase por tratamiento	54
Tabla 20: Análisis de varianza para la actividad respiratoria por tratamiento.	54
Tabla 21: Análisis de varianza para la materia orgánica por tratamiento	54
Tabla 22: Análisis de varianza para el rendimiento por tratamiento	55
Tabla 23: Prueba de Duncan para la actividad respiratoria por tratamiento	55
Tabla 24: Prueba de Duncan para la materia orgánica por tratamiento	56
Tabla 25: Prueba de Duncan para el rendimiento por tratamiento	56
Tabla 26: Información de niveles de clase por factorial	56

Tabla 27: Análisis de varianza para la actividad respiratoria por factorial	57
Tabla 28: Análisis de varianza para la materia orgánica por factorial	57
Tabla 29: Análisis de varianza para el rendimiento por factorial	58
Tabla 30: Prueba de Duncan para la actividad respiratoria por factorial tipo de estiércol	58
Tabla 31: Prueba de Duncan para la materia orgánica por factorial tipo de estiércol	59
Tabla 32: Prueba de Duncan para el rendimiento por factorial tipo de estiércol	59
Tabla 33: Prueba de Duncan para la actividad respiratoria por factorial frecuencia de volteo	60
Tabla 34: Prueba de Duncan para la materia orgánica por factorial frecuencia de volteo	60
Tabla 35: Prueba de Duncan para el rendimiento por factorial frecuencia de volteo	61
Tabla 36: Valores de la actividad respiratoria y materia orgánica durante el proceso de compostaje	61
Tabla 37: Valores límites (OE-ÖNORM S-2022)	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Efectos de los residuales avícolas en el ambiente	9
Figura 2: Pila aireada pasivamente	25
Figura 3: Pila estática con aireación pasiva	25
Figura 4: Pila estática con aireación forzada	26
Figura 5: Sistema de compostaje tipo silo	27
Figura 6: Sistemas de compostaje tipo cajón	28
Figura 7: Sistema estático de cama rectangular	28
Figura 8: Sistema dinámico de cilindro rotativo	29
Figura 9: Método “Coning and Quartering Procedure”	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Valores de los parámetros ambientales en el proceso de compostaje	50
Anexo 2: Análisis estadísticos	54
Anexo 3: Norma austriaca OE-ÖNORM S-2022	62
Anexo 4: Reglamento de manejo de los residuos sólidos del sector agrario (D.S.016-2012-AG)	63

RESUMEN

El presente trabajo de investigación desarrolló el proceso de compostaje como una tecnología amigable con el ambiente para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, teniendo como finalidad determinar el efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (volteo) en el proceso de compostaje y en la calidad del compost. En los tratamientos, se utilizaron una proporción de 40% de estiércol y 60% de material vegetal. Se evaluaron 4 tratamientos con diferentes tipos de estiércol (vacuno o gallina) y frecuencias de volteos (1 ó 6 volteos cada 2 semanas). Los resultados del estudio mostraron que el mejor tratamiento para la actividad respiratoria fue el T4 (estiércol de gallina y 6 volteos cada 2 semanas), lo cual indicó que tuvo una mayor estabilidad a diferencia de los demás tratamientos; por otro lado, con respecto al porcentaje de materia orgánica, el mejor valor lo obtuvo el tratamiento T2 (estiércol vacuno y 6 volteos cada 2 semanas). El uso del estiércol de gallinas ponedoras en el proceso de compostaje, tuvo un efecto favorable sobre la actividad respiratoria, dando así una mejor estabilidad en el producto final, mientras que en la frecuencia de aireación de 6 volteos cada 2 semanas favoreció la estabilidad y materia orgánica del compost; por lo que se concluyó que el uso de estiércol de gallinas ponedoras realizando 6 volteos cada 2 semanas presentó la mejor calidad de compost. Finalmente, la presencia de estiércol vacuno como sustrato en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en el rendimiento del compost generado.

Palabras clave: compostaje, estiércol vacuno, estiércol gallina, volteo, calidad.

ABSTRACT

The present research work developed the composting process as an environmentally friendly technology for the use of organic waste, with the purpose of determining the effect of the type of manure and frequency of aeration (turning) in the composting and in the quality of the compost. For each treatment, a proportion of 40% manure and 60% plant material were used. Four treatments were evaluated with different types of manure (cattle or hen) and turning frequencies (1 or 6 turning every 2 weeks). The results of the study showed that the best treatment for respiratory activity was T4 (hen manure and 6 turns every 2 weeks), which indicated that it had a greater stability than the other treatments. On the other hand, with respect to the percentage of organic matter, the best value was obtained by the T2 treatment (cattle manure and 6 turns every 2 weeks). The use of laying hen manure in the composting process had a favorable effect on respiratory activity, thus giving better stability in the final product, while the aeration frequency of 6 turns every 2 weeks favored stability and organic matter of the compost. Therefore, it was concluded that the use of manure from laying hens performing 6 turns every 2 weeks presented the best quality of compost. Finally, the presence of cattle manure as a substrate in the composting process favorably influenced the performance of the compost generated.

Keywords: composting, cattle manure, hen manure, turning, quality.

I. INTRODUCCIÓN

El sector pecuario es el de crecimiento más rápido en el mundo en comparación con otros sectores agrícolas. Para muchos campesinos pobres en los países en desarrollo, el ganado es también una fuente de energía como fuerza de tiro y una fuente esencial de fertilizante orgánico para las cosechas. No obstante, este sector ganadero es uno de los principales responsables de los graves problemas medioambientales de hoy en día, generando más gases de efecto invernadero que hasta el sector del transporte, siendo también una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos.

Por otro lado, la industria avícola es uno de los sectores más importantes del país, ocupando también un lugar entre las principales actividades de la economía agropecuaria nacional. Esta actividad viene creciendo de manera significativa en los últimos años debido a la creciente demanda de estos productos, dado su versatilidad en la preparación, como también los precios bajos comparativamente con otros productos de fuente proteica de origen animal (vacuno, ovino y porcino). Estas características convierten al sector avícola en uno de los más importantes y con mayor proyección, sobre todos enfocados en controles sanitarios y reducción de los impactos ambientales derivados.

En términos ambientales, uno de los grandes problemas de la actividad pecuaria, es la creciente emisión de residuos orgánicos al ambiente; no obstante, la preocupación de la sociedad en los últimos tiempos por consumir productos ambientalmente sanos, lleva a que las empresas busquen alternativas que le permitan conseguir y demostrar un manejo ambiental acorde con las actividades desarrolladas; y así, dar cumplimiento a las normas ambientales existentes, contribuyendo a mejorar la disposición final de los residuos sólidos y líquidos generados de las actividades realizadas diariamente.

El proceso de compostaje es una estrategia ambientalmente amigable para el aprovechamiento de residuos orgánicos. Este es un proceso natural y biológico, mediante el cual, los microorganismos presentes actúan sobre la materia biodegradable, permitiendo obtener un producto orgánico denominado compost, el cual tiene muchas ventajas desde el punto de vista ambiental. Este proceso puede ser una alternativa ideal para el tratamiento de

los residuos orgánicos como son los estiércoles, ya que estos pueden tener un fuerte impacto sobre el ambiente (calentamiento global) cuando su manejo no es el adecuado, trayendo como consecuencia lo siguiente: olores, contaminación de la atmósfera, el suelo y las aguas.

En tal sentido, los estiércoles pueden ser aprovechados como insumos en este proceso, logrando así, un doble beneficio: reducir la cantidad de desechos y obtener un abono orgánico de buena calidad, que puede ser utilizado como mejorador de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo como son su estructura, drenaje, aireación, retención de agua y nutrientes, prevención de la erosión del suelo, recuperación de suelos degradados y superficies alteradas sin uso agrícola, entre otros. De esta forma, las acciones de mejora ambiental de residuos orgánicos en las granjas, servirán como soporte para controlar, prevenir y mitigar los impactos negativos generados por estas. Además, es la base para que exista un equilibrio entre la industria, la sociedad y el medio ambiente, garantizando un óptimo desarrollo del ser humano dentro de su entorno.

Por ello, el presente trabajo de investigación permitirá determinar al compostaje como un método de tratamiento de dos tipos de estiércol (vacunos y gallinas ponedoras), con mejoras en el comportamiento de la aireación.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de dos tipos de estiércol y frecuencia de aireación (volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje y calidad del producto final, utilizando como sustratos estiércol de vacunos, estiércol de gallinas ponedoras y rastrojo vegetal provenientes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar comparativamente los parámetros de calidad del compost resultante en la utilización de dos diferentes tipos de estiércol.
- Evaluar comparativamente los parámetros de calidad del compost resultante en la utilización de dos diferentes frecuencias de volteo.
- Determinar el tipo de estiércol y la frecuencia de volteo adecuada que presente la mejor calidad en el producto final.
- Evaluar comparativamente el rendimiento en el proceso de compostaje utilizando dos diferentes tipos de estiércol y frecuencias de volteo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ENFOQUE SISTÉMICO DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA

2.1.1 Agenda del 2030 para el desarrollo sostenible y sus objetivos

La Asamblea de las Naciones Unidas (ONU, 2015), en su agenda 2030 plantea, para asegurar el desarrollo sostenible 17 objetivos, denominados objetivos del Milenio, entre los cuales destacan: (1) poner fin a la pobreza; (2) fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible; (12) plantear la producción sostenible de alimentos tanto de origen animal como vegetal. Sin embargo, todos los objetivos – diecisiete en total- están interrelacionados, considerándose de mayor jerarquía los tres primeros – erradicación de la pobreza, del hambre, y garantía de una vida sana y con bienestar para todos-, siendo la agricultura sostenible un medio para lograrlo y plantea las siguientes metas: (1) De aquí al 2030, duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los ganaderos y los pescadores, entre otras cosas mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a otros recursos e insumos de producción y a los conocimientos, los servicios financieros, los mercados y las oportunidades para añadir valor y obtener empleos no agrícolas. (2) De aquí al 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo. (3) De aquí al 2020, mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados y sus correspondientes especies silvestres, entre otras cosas mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, y promover el acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales conexos y su distribución justa y equitativa, según lo convenido internacionalmente. No obstante, el cambio climático y la degradación

ambiental socavan el progreso logrado, y las personas pobres son quienes más sufren. Las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial se han incrementado en más de 50% desde 1990. Enfrentar el aumento sin freno de las emisiones de gases de efecto invernadero y los posibles impactos resultantes del cambio climático, tales como la alteración de ecosistemas, las condiciones climáticas extremas y los riesgos a la sociedad, continúa siendo un desafío urgente y crítico para la comunidad global.

Por otro lado, La ganadería es una actividad de fundamental importancia para el área rural y la seguridad alimentaria del país. Esta actividad genera empleo e ingreso a 1.8 millones de familias, que equivalen a 7.6 millones de personas, y representa el 40.2% del Valor Bruto de la Producción (VBP) del Sector Agropecuario. En general, se observa que a nivel de pequeños y medianos productores pecuarios existen bajos rendimientos, notándose altas brechas productivas, tecnológicas y de infraestructura. Para mejorar estas condiciones, se requiere la participación articulada de todos los entes del subsector pecuario en base a planes concertados (PNDG, 2017).

2.2 RECURSO ANIMAL

Hoy en día existe el acelerado crecimiento de la población mundial, lo que significa una mayor demanda de alimentos de origen animal, como es el caso de la carne, leche, huevos; entre otros, y por ende un incremento en la producción animal, que tiene como consecuencia un riesgo de contaminación ambiental al aumentarse el número de animales en el futuro (Vílchez, 2007). Cada año la humanidad consume más carne y productos lácteos. Está previsto que la producción mundial de carne se duplique desde los 229 millones de toneladas en 1999/2001 a 465 millones de toneladas en 2050, al tiempo que la producción lechera se incrementará en ese período de 580 a 1043 millones de toneladas (FAO, 2009). En el 2016 la producción avícola nacional se incrementó en 5.6 por ciento respecto al año 2015, este incremento estuvo influenciado principalmente por la producción de pollo, pavo y huevo de gallina. La producción de huevo de gallina para consumo en el año 2015 fue de 386.3 mil toneladas, mientras que en el 2016 fue de 401 mil toneladas, mostrando un crecimiento promedio anual del 3.8 por ciento (SIEA, 2016).

2.2.1 Marco legal referente a bienestar animal

El concepto de bienestar animal incluye tres elementos: (a) el funcionamiento adecuado del organismo (lo que entre otras cosas supone que los animales estén sanos y bien alimentados), (b) el estado emocional del animal (incluyendo la ausencia de emociones negativas tales como el dolor y el miedo crónico) y (c) la posibilidad de expresar algunas conductas normales propias de la especie (Fraser et al., 1997). Se han planteado cinco libertades del bienestar animal (FAWC, 1992):

- El animal no sufre sed, hambre ni malnutrición, porque tiene acceso a agua de bebida y se les suministra una dieta adecuada a sus necesidades.
- El animal no sufre estrés físico ni térmico, porque se le proporciona un ambiente adecuado, incluyendo refugio frente a las inclemencias climáticas y un área de descanso cómoda.
- El animal no sufre dolor, lesiones ni enfermedades, gracias a una prevención adecuada y/o a un diagnóstico y tratamiento rápidos.
- El animal es capaz de mostrar la mayoría de sus patrones normales de conducta, porque se le proporciona el espacio necesario y las instalaciones adecuadas, y se aloja en compañía de otros individuos de su especie.
- El animal no experimenta miedo ni estrés, porque se garantizan las condiciones necesarias para evitar el sufrimiento mental.

Según el Plan Nacional de Desarrollo Ganadero (PNDG, 2017), respecto a la infraestructura productiva pecuaria, no existe información sobre el número de ganaderos que cuentan con infraestructura adecuada para la crianza de animales. Existe evidencia que la infraestructura es insuficiente e inadecuada para el manejo productivo del ganado, lo que atenta contra el bienestar animal.

El “Plan Bicentenario Perú hacia el 2021”, enfatiza la “Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad con un enfoque integrado y ecosistémico” y un ambiente que permita una buena calidad de vida para las personas y la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo. Entre sus lineamientos, este plan promueve la agricultura orgánica, la agricultura ecológica, la agroforestería y la acuicultura, estableciendo un marco de normas y medidas promocionales que las aproximen a los estándares aceptados internacionalmente.

Regula además la calidad ambiental para asegurar su adecuación a la salud y el desarrollo integral de las personas, así como el equilibrio de los ecosistemas.

La Cumbre de las Naciones Unidas en el año 2015 aprobó el documento final “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, en ella se plantearon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas, siendo los siguientes objetivos relacionados a los animales:

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Objetivo 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.

A. Plataforma de bienestar animal: Una de las principales prioridades de la Comisión Europea es promover un diálogo reforzado sobre cuestiones de bienestar animal que sean pertinentes a nivel de la Unión Europea entre las autoridades competentes, las empresas, la sociedad civil y los científicos. Para alcanzar estas prioridades, la Plataforma ayudará a la Comisión a desarrollar e intercambiar acciones coordinadas en el ámbito del bienestar animal, con especial atención a:

- Una mejor aplicación de las normas de la Unión Europea en materia de bienestar de los animales mediante el intercambio de información y las mejores prácticas y la participación directa de las partes interesadas.
- El desarrollo y la utilización de compromisos voluntarios por parte de las empresas para mejorar aún más el bienestar de los animales.
- La promoción de normas de bienestar animal de la Unión Europea para valorizar el valor de mercado de los productos de la Unión a nivel mundial.
- Las tareas y operaciones de la «Plataforma sobre bienestar de los animales» se establecen en la Decisión de la Comisión de 24 de enero de 2017.

B. Bienestar animal en práctica: Existen normas armonizadas de la Unión Europea que abarcan una gama de especies animales y de cuestiones que afectan al bienestar. Aunque la directiva 98/58 / CE del Consejo Europeo establece las normas mínimas para la protección de todos los animales de cría, las directivas específicas se abordan en la protección de los animales individuales. La legislación de la Unión Europea también establece normas de bienestar para su transporte y condiciones en el momento del aturdimiento y el sacrificio.

La legislación bajo la responsabilidad de la Dirección General Medio Ambiente abarca animales salvajes y animales utilizados con fines científicos en la granja, durante el transporte y en el beneficio.

2.2.2 Procesos de producción en el sector pecuario y generación de residuos

Según FAO (2009), el sector ganadero reviste una importancia fundamental ya que es responsable del 18 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero medidos en equivalentes de CO₂, un porcentaje mayor que el correspondiente a los medios de transporte. Este sector es también responsable en medida aún más significativa de la emisión de algunos gases que tienen un mayor potencial de calentamiento de la atmósfera. Así, por ejemplo, el sector emite el 37 por ciento del metano antropógeno, el cual proviene en su mayor parte del proceso de fermentación ocurrido en la digestión entérica de los rumiantes y tiene un potencial de calentamiento global (PCG) 23 veces mayor que el del CO₂, y el 65 por ciento del óxido nitroso antropógeno, cuyo PCG es 296 veces mayor que el del CO₂, en su mayor parte proveniente del estiércol. Las emisiones de metano se pueden reducir a través de dietas mejoradas que disminuyan la fermentación entérica, el mejoramiento del manejo del estiércol y el biogás, que representa además una fuente de energía renovable. Las emisiones de nitrógeno pueden reducirse mejorando las dietas y el manejo del estiércol. La ganadería es probablemente la mayor fuente de contaminación del agua y contribuye a la eutrofización, a las zonas “muertas” en áreas costeras, a la degradación de los arrecifes de coral, a la aparición de problemas de salud en los seres humanos, a la resistencia a los antibióticos y a muchos otros problemas

La actividad avícola se visualiza como una actividad productiva sencilla, no obstante, se requiere de conocimientos específicos sobre el manejo de aves; los métodos para establecer y mantener una producción alta y la conservación de las aves en buen estado sanitario. Por otro lado, la producción avícola depende de factores técnicos de producción tales como la edad de las aves en postura, de mercado, la armonía que pueda existir entre la oferta y la demanda, y factores ambientales. El período de producción de huevos de las gallinas es de un año o poco más a partir del inicio de la puesta, sobre las 20 semanas de edad la explotación de las gallinas tiene lugar por lo general en instalaciones equipadas para facilitar su reproducción (Vinuesa, 2012).

De acuerdo a Sutton et al., (2002), la manipulación de la alimentación de los animales y las operaciones de producción no se manejan adecuadamente, las consecuencias por las

descargas de los nutrientes, materia orgánica, patógenos y emisión de gases, a través de los desechos puede causar grados de contaminación significativa de los recursos esenciales para la vida. Por otro lado, Rodríguez (1999) divide en tres bloques los problemas que se generan por la producción de residuos avícolas al medio ambiente, y estos se organizan como lo muestra la figura 1.

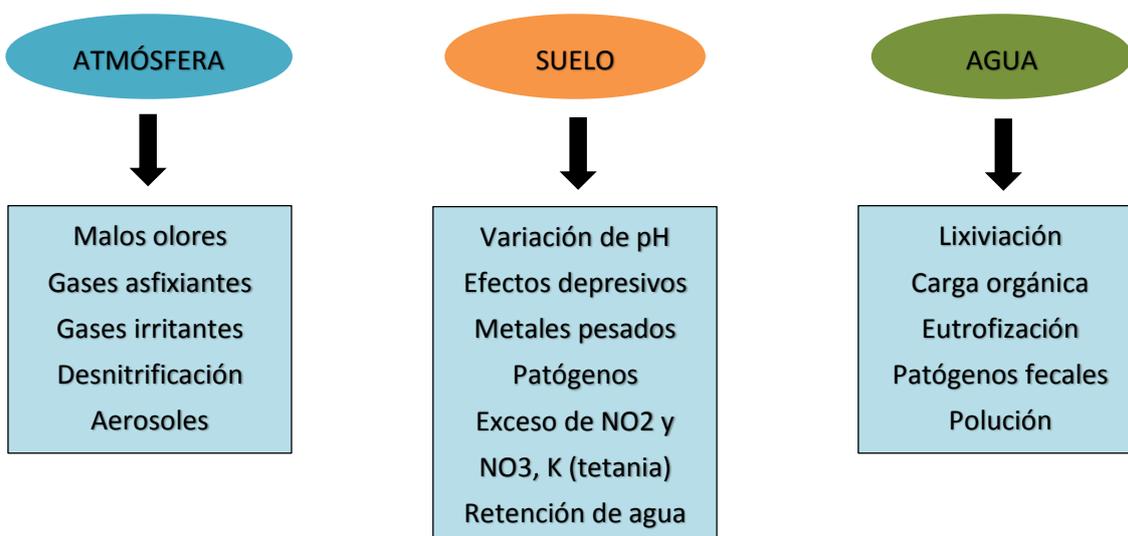


Figura 1. Efectos de los residuales avícolas en el ambiente.

Fuente: Rodríguez, V. (1999)

2.3 RECURSO AMBIENTAL

Según la FAO (2012), el crecimiento de la producción que se registró durante la revolución pecuaria fue en gran medida el resultado de un incremento del número de animales. La demanda creció tan rápidamente que era difícil que la productividad mantuviera el mismo ritmo. Todo incremento tendrá que ser en parte fruto de los esfuerzos destinados a convertir un mayor volumen de los recursos naturales disponibles en alimentos que llegan a la mesa. En otras palabras, es preciso aumentar la eficacia o, visto desde otro ángulo, es necesario aprovechar las pérdidas y residuos de los recursos naturales. En ambos casos, el punto de llegada es el mismo, pero la focalización en los residuos centra la atención en lo que se desecha o pierde pudiendo ser reciclado.

Stuart (2009), indica que se generan pérdidas y residuos en todos los componentes de los sistemas alimentarios pecuarios. Pueden deberse a ineficiencia en la producción ocasionada por enfermedades o por una alimentación decreciente. También pueden ser el

resultado de la pérdida de alimentos entre el lugar de producción y el lugar de consumo, que podría llegar a una cantidad equivalente al 33 por ciento de la producción total mundial.

El ganado cumple una función importante en el reciclaje de residuos. Como es bien sabido, los sistemas agropecuarios son particularmente idóneos para este fin, pero incluso en los sistemas de producción intensiva se hace uso de subproductos. Por ejemplo, los granos desecados de destilería con solubles, un subproducto de la producción de biocombustibles, pueden sustituir a los cereales en la alimentación de los animales, especialmente ganado bovino lechero y de carne. De esta manera se contribuye al balance alimentario y a mejorar la viabilidad económica de la producción de biocombustibles. La ganadería intensiva también puede usar otros tipos de subproductos industriales, entre ellos algunos subproductos procedentes de la industria de alimentos, con la condición de que se sometan a un adecuado proceso de elaboración.

Un desafío urgente es hacer que la producción intensiva sea más respetuosa con el medio ambiente. Con los conocimientos y tecnologías existentes, hay tres maneras de alcanzar este objetivo: reducir los niveles de contaminación generados por los gases de efecto invernadero y el estiércol, reducir el volumen de agua y cereales empleados para producir cada unidad de proteína animal y reciclar los residuos agroindustriales mediante el uso de la población ganadera. Todo esto requiere inversiones de capital y un marco normativo, institucional y reglamentario de apoyo (FAO, 2012).

2.3.1 Residuos sólidos en la ganadería lechera

Según Sommantico (2018), los residuos hacen referencia a la totalidad de los desechos originados en un establecimiento lechero, junto con los efluentes, es decir, las aguas generados como consecuencia de la actividad de ordeño, que contienen desechos sólidos (estiércol, restos de alimentos y barro) y líquidos (agua, orina, restos de leche y soluciones de limpieza del equipo de ordeño y tanque de frío). Por lo tanto, al ser esta una actividad que origina grandes volúmenes de residuos, es importante realizar un manejo adecuado de los efluentes ya que un mal manejo puede derivar en grandes problemas como: cambios en la calidad microbiológica del agua, contaminación por la elevada cantidad de nitratos, salinización de napas, olores desagradables y moscas.

- a. Residuos sólidos no biodegradables:** un residuo no biodegradable es aquél que tarda cientos de años en descomponerse. Tiene una muy lenta descomposición. Pueden ser aquellos de goma, vidrio, metal o plásticos (pezoneras, mangueras, guantes, bidones, jeringas, envases de medicamentos, agujas, bolsas polietileno, etc.).
- b. Leche no comercializada:** dentro de esta fracción se puede distinguir entre la leche producida por animales tratados por alguna enfermedad, el calostro y la leche de los primeros chorros.
- c. Residuos del lavado de la ordeñadora y del equipo de frío:** el residuo originado durante la higiene está formado por restos de leche y el agua, provenientes de la rutina de lavado de la máquina de ordeño y el equipo de frío.
- d. Residuos de la limpieza de los pisos:** en este sector se genera la mayor parte de los efluentes. Está constituido por una fracción sólida y otra mayoritariamente líquida. La fracción líquida está formada por agua de la limpieza de pisos, agua de lavado de los pezones y agua de lluvia, y la fracción sólida biodegradable está compuesta por barro, arena, restos de alimentos y estiércol.

2.3.2 Residuos sólidos en la actividad avícola

Según Orjuela (2014), los residuos sólidos que se generan en las granjas avícolas están constituidos por dos tipos: uno de tipo industrial, generado dentro el proceso productivo de la granja, y el otro por los residuos domésticos producidos en áreas administrativas.

a. Residuos Sólidos Industriales

- **Gallinaza:** Es el principal de la actividad avícola en las granjas, no sólo por la cantidad que genera sino, por sus propiedades como abono orgánico, a esto se le debe dar un correcto manejo para evitar olores molestos y proliferación de vectores.
- **Huevos rotos:** Son los huevos que no se pueden destinar a la venta.
- **Mortalidad:** Son las aves que mueren en la granja por diferentes factores, cada vez que ocurre este evento se sacan de los galpones para llevarlas a la caseta de compostaje.
- **Reciclables:** Sacos del alimento se utilizan para empacar la gallinaza, chatarra sobrante de equipos (comederos, nidales, otros), infraestructura (mallas y similares).
- **Especiales:** Recipientes de vacunas y diluyentes.

b. Residuos Sólidos Domésticos

Los residuos que se generan en la granja son de dos tipos: los orgánicos e inorgánicos:

- **Residuos orgánicos:** Los residuos de comida, producidos en la granja básicamente los provenientes de la cocina.
- **Residuos inorgánicos:** Estos residuos se generan principalmente por el empaque de alimentos, de materias primas y de productos como recipientes desinfectantes, los provenientes de los baños del área administrativa (papeles sanitarios, toallas higiénicas, pañales desechables, etc.).

Por otro lado, Muñoz (2013) estableció la siguiente clasificación con el fin de definir la forma más apropiada de manejo de cada residuo:

- **Residuos Orgánicos (Aprovechables):** Residuos biodegradables, es decir que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente (naturalmente), transformándose en otro tipo de materia orgánica.
- **Residuos Convencionales - No Peligrosos:** Son objetos, materiales, sustancias o elementos sólidos que, por su naturaleza, uso, consumo y/o contacto con otros elementos, objetos o productos no son peligrosos, el generador abandona, rechaza o entrega siendo susceptibles de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.
- **Residuos Especiales - Peligrosos:** Son objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan, desechan, descartan o rechazan y que por su naturaleza, uso, contacto, cantidad, concentración o características son infecciosos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, corrosivos, radiactivos, reactivos o volatilizables y pueden causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana.

La tabla 1 presenta la clasificación de los residuos generados en el proceso productivo de una actividad avícola.

Tabla 1***Clasificación de residuos sólidos en una granja de aves ponedoras***

Residuos Orgánicos	Residuos Convencionales No Peligrosos	Residuos Peligrosos
Gallinaza.	Bandejas de cartón.	Envases de:
Aves muertas.	Empaque de polipropileno.	Desinfectantes, detergente
Cáscara de huevo.	Implementos de aseo.	y plaguicidas (plásticos).
Residuos de	Empaques o envolturas de	Medicamentos (plástico y
limpieza.	alimentos y bebidas.	vidrio). Vacunas (plástico y
Residuos orgánicos	Bolsas plásticas.	vidrio). Aceites y grasas
de alimentos.	Cajas de cartón.	(plásticos).
	Papel industrial (oficina).	Jeringas.
	Residuos de metal.	Material corto punzante.
	Papel sanitario.	Residuos de aceite usado
		en mantenimiento.
		Residuos de plaguicidas
		(rodenticida).
		Luminarios (bombillos
		ahorradores de luz, tubos
		fluorescentes).
		Dotación usada para la
		fumigación de plaguicidas
		(filtros).
		Aceites de motores y
		compresores.
		Filtros de maquinarias.

Fuente: Muñoz, S. (2013)

2.3.3 Marco legal referente a residuos sólidos

Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario (D.S.016-2012-AG).

El objeto principal de este reglamento es regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en el Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país. A continuación, se detallan algunos artículos:

Artículo 13°.- Almacenamiento de residuos: El almacenamiento de los residuos, se efectuará en recipientes apropiados de acuerdo a la cantidad generada y las características del residuo separando obligatoriamente los peligrosos de los no peligrosos, además deben

estar dotados de los medios de seguridad previstas en las normas técnicas correspondientes, de manera tal que se eviten pérdidas o fugas durante el almacenamiento, operaciones de carga, descarga y transporte.

Artículo 17°.- Del Recojo de residuos sólidos: El recojo de los residuos sólidos se realizará mediante contenedores y vehículos debidamente acondicionados.

Artículo 24°.- Tratamiento de residuos orgánicos: Los residuos orgánicos, que se generen en las actividades del Sector Agrario, deben recibir tratamiento con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen, recuperar materia o sustancias valorizables, facilitar su uso como fuente de energía, favorecer la disposición del rechazo y en general, mejorar la gestión del proceso de valorización.

Artículo 27°.- Gestión de los residuos de las actividades agrícolas

Los restos vegetales de cultivos o cosecha, pueden ser reaprovechados como forrajes de animales de crianza; así también se puede realizar su aplicación directa en la superficie del suelo, para incrementar el nivel de fertilidad, favorecer la estructura y textura del suelo y con el tiempo incrementar la infiltración del agua y reducir la erosión eólica e hídrica. El compostaje es una opción de valorización para los residuos agrícolas donde estos restos vegetales se usan como estructurantes de aporte de carbono, para el buen funcionamiento del proceso de compostaje, también puede usarse como biocombustibles. Está prohibido realizar la quema de dichos residuos vegetales.

Artículo 28°.- Gestión de los residuos de establecimientos avícolas: La Planta de tratamiento y/o reprocesamiento de los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, deberá estar por lo menos a 1 km de distancia de las actividades productivas del generador y a no menos de 2 km en el caso de que esta actividad sea realizada por una EPS-RS o una EC-RS. En el caso de que el generador no disponga de planta de tratamiento de residuos como órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, deberá entregarlos a una EPS-RS registrada en DIGESA, que realice las actividades de tratamiento o a una EC-RS, que realice las actividades de reprocesamiento.

• **28.1 Residuos de Planta de Incubación:**

Los restos como aves desechadas, huevos rotos, huevos no nacidos de las plantas de incubación de aves, pueden ser utilizados como un sustrato para el proceso de compostaje o pueden ser incinerados. Los residuos de la planta de incubación, al momento de ser transportados, deben hacerse en depósitos que eviten su escurrimiento

o diseminación hacia el lugar donde serán tratados, o de darse el caso hasta un relleno sanitario autorizado por DIGESA, a través de una EPS-RS, registrada en DIGESA.

- **28.2 Residuos de Granjas Avícolas:**

- Las deyecciones de aves de corral (gallinazas) junto con el material usado en la cama, en los casos que correspondan, pueden ser incorporados al suelo previo tratamiento para estabilizarla, mejorando su calidad como abono, y si es posible, fijar el nitrógeno amoniacal. La mejor opción de tratamiento para la gallinaza es el compostaje. El manejo y almacenaje de la gallinaza debe realizarse bajo el concepto de buenas prácticas agrarias, con la finalidad de reciclar los nutrientes de las deyecciones y evitar la contaminación de las aguas. Asimismo, la gallinaza puede utilizarse como materia prima para la producción de biogás y de bio-fertilizantes, basadas en un proceso de descomposición anaeróbica.

- Las aves muertas de las granjas avícolas deben ser manejadas de manera que no generen riesgos de escapes y de diseminación de agentes patógenos hacia su entorno. Las aves muertas pueden ser utilizadas, como un co-sustrato para el proceso de compostaje o pueden tratarse vía incineración.

- Los restos de los productos usados, para la desinfección, prevención y tratamiento de enfermedades de aves, son considerados residuos peligrosos, debiendo ser manejados como tal.

- **28.3 Residuos de centros de faenamiento de aves:** Los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, serán manejados y dispuestos dentro de las instalaciones del centro de faenamiento, antes de ser eliminados o reprocesados para consumo industrial, debiendo ser sometidos a un proceso que neutralice su riesgo. Es obligatorio cremar a los animales y productos del beneficio, que no sean aptos para el consumo humano, ni para su transformación en subproductos.

Artículo 29°.- Gestión de los residuos de actividades de crianza y faenamiento de animales mayores de abasto

- **29.1 Residuos de establecimientos de crianza de animales mayores (bovinos, porcinos, ovinos, camélidos sudamericanos domésticos, caprinos y équidos):** Las deyecciones animales con restos de cama, alimentos y agua en cantidades variables, que resultan del sistema productivo de los animales y que presentan consistencia fluida, con un contenido aproximado de sólidos menor al 12% pueden ser

reaprovechados en los cultivos agrícolas como abono órgano mineral, para lo cual deberán disponer de balsas de estiércol, cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de infiltración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas o rebosamiento por inestabilidad geotécnica, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses, que permitan la gestión adecuada de los mismos.

El tratamiento de la deyección de los animales, pueden darse mediante compostaje, secado artificial y otros, con la finalidad de transformarse en un producto orgánico estable, con características óptimas para su utilización en cultivos agrícolas.

2.3.4 Plan de manejo ambiental

El primer eje estratégico del Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017-2027 (PNDG, 2017), hace referencia a la gestión adecuada de los recursos naturales y nos indica que, el ordenamiento territorial es fundamental para establecer y optimizar el desarrollo de las actividades productivas, puesto que, realizar actividades pecuarias en zonas vulnerables, incrementa el riesgo de pérdidas económicas. Se conoce que 13 Gobiernos Regionales, bajo Ordenanza Regional, han realizado su Zonificación Ecológica Económica (MINAM, 2016), la cual será la base de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) que permitan establecer las zonas más aptas para el desarrollo de las diferentes especies ganaderas, optimizando el uso del territorio en función a su potencial productivo. Por otro lado, tiene como uno de sus objetivos específicos (OE1): Gestionar adecuadamente los recursos naturales de uso ganadero, asegurando la sostenibilidad de los sistemas productivos pecuarios y reduciendo su vulnerabilidad frente a los eventos climatológicos extremos. Esta estrategia responde a la necesidad de manejar y mejorar los pastos naturales, promover la adaptación de los sistemas ganaderos a los riesgos existentes por la variabilidad de las condiciones climáticas, que, sumado a las acciones antropogénicas, hacen más frágiles el suelo y agua que son el soporte de la producción ganadera, obligando a contar con estrategias de conservación y al ajuste de los sistemas productivos. Para lograr este objetivo se plantean 3 líneas estratégicas:

- **Línea Estratégica 1. Desarrollar procesos de ordenamiento territorial con fines pecuarios:** Los procesos de ordenamiento territorial permiten definir los espacios para la actividad ganadera, agrícola, forestal y de protección. A partir de ello se identifican las áreas potenciales para cada una de las especies ganaderas.

- **Línea Estratégica 2. Promover el manejo y conservación de praderas naturales, suelos y agua:** La sostenibilidad de la ganadería extensiva (vacunos, ovinos y camélidos) se basa en el aprovechamiento de los pastos, cuya producción depende del suelo y del agua, por ello se diseñarán medidas de manejo y conservación de las praderas en base a estudios específicos y mecanismos que contribuyan a la sostenibilidad de los recursos.
- **Línea Estratégica 3. Gestionar adecuadamente el riesgo, en zonas vulnerables, frente a eventos climáticos extremos:** La gestión del riesgo implica una política de prevención, por lo que se optimiza la producción y conservación del alimento para garantizar la capacidad productiva de los animales. Asimismo, la velocidad de respuesta frente a los impactos del clima extremo reducirá las pérdidas.

Ortega (2014) señala que, en el transcurso y desarrollo de cualquier actividad productiva se generan ciertos impactos los cuales repercuten en el estado natural del medio ambiente, estos van generando una acumulación de efectos que en el tiempo se convierten en un problema social, por lo tanto, se ve la necesidad y obligación de asumir la responsabilidad frente al medio ambiente y generar instrumentos necesarios para contribuir con el desarrollo sostenible. No obstante, es necesario establecer programas de manejo ambiental como medio fundamental para brindar una producción más limpia y ambientalmente sana en el desarrollo de las actividades avícolas. Ahora, el objetivo de estos programas es desarrollar medidas de mitigación, control, prevención o remediación que desde el punto de vista tecnológico y económico sean viables para su ejecución, además especificar los costos, su metodología, responsables y su tiempo de ejecución.

2.3.5 Manejo y tratamiento de excretas

Las excretas se han estado usando en la agricultura, desde que el productor combinó su actividad agrícola con la ganadería en el nivel de traspatio o solar. Bajo estas condiciones, estas excretas no presentan problema en su almacenamiento y manejo por los volúmenes pequeños y la facilidad que se presenta para su transporte hasta la parcela del agricultor. No obstante, cuando se manejan hatos o establos grandes es necesario seguir un procedimiento apropiado en el almacenamiento de las excretas para evitar la pérdida de nutrimentos principalmente del nitrógeno (puede lavarse fácilmente con la lluvia o volatilizarse como amoníaco por calentamiento y evaporación del agua). Si no se manejan apropiadamente, por anaerobiosis producen metano y otros gases contaminantes y de mal

olor. También proliferan organismos asociados a la transmisión de algunas enfermedades del hombre (Trinidad, 2010).

a. Estiércoles

Son las excretas de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consume, ya que sólo una pequeña parte de estos alimentos son asimilados y aprovechados por su organismo, y el resto (60-80 %), contiene elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión junto con el estiércol (Sánchez, 2003). La materia orgánica, particularmente cuando proviene de estiércoles, contiene importantes cantidades de todos los elementos químicos utilizables por las plantas (Trinidad, 2010).

b. Abonos orgánicos

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, la cual se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Estos abonos pueden ser: residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha, cultivos para abonos verdes, restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas, desechos domésticos, compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados, etc. (Buzon, 1996).

c. Compostaje

El compostaje es posiblemente la técnica más antigua de tratamiento de residuos que conoce el hombre, que debido al auge que actualmente se presenta en cuanto a la solución de la problemática ambiental, ha encontrado una mayor difusión y un mayor estudio. Esto ha permitido acelerar su proceso que ha pasado a durar entre seis meses a dos años, a un máximo de cuatro meses de acuerdo con la tecnología utilizada (López, 2002). Este proceso aeróbico tiene como producto final al compost, el cual contiene humus, que es el factor nutritivo del suelo, por lo que se convierte en un producto más valioso que los estiércoles u otros residuos orgánicos. El compost, llamado también “tierra vegetal” o “mantillo”, constituye un abono natural, que ha sido descompuesto bajo condiciones controladas, el cual se ha mezclado en un “montón o pila” (Sánchez, 2003).

d. Proceso de compostaje

La FAO (2013) señala que el compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas. Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una

transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y carbono (C) presentes para producir su propia biomasa.

e. Fases del proceso de compostaje

La FAO (2013) indica que, en este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

- **Fase Mesófila:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 ó 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).
- **Fase Termófila o de Higienización:** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.
- **Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta

los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

- **Fase de Maduración:** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

f. Parámetros físicos-químicos del proceso de compostaje

Dalzell *et al.* (1991) señala los valores óptimos de ciertos parámetros físico-químicos que determinan la calidad del compost (Tabla 2).

- **Olor:** El compost maduro debe tener ausencia de olor desagradable y similar a la tierra húmeda. Porque olores desagradables muestran que el compost no se ha terminado de estabilizar (Negro *et al.*, 1996).
- **Color:** Durante el compostaje, el material sufre un proceso de oscurecimiento o melanización hasta transformarse en un producto oscuro. Esto se debe a que la materia orgánica, específicamente el humus adquiere un color oscuro en su proceso de degradación (Cepeda, 1999).
- **Relación Carbono/Nitrógeno:** Tanto el carbono como el nitrógeno son fundamentales para los organismos involucrados en el proceso de compostaje, pero esta proporción debe estar en una cifra adecuada. Una relación C/N de 30:1 o de 40:1 es la apropiada para la mezcla inicial de materiales a compostar (Coyne, 1999).
- **Temperatura:** De acuerdo con Fogiel (2003) la temperatura es la forma más conveniente y significativa de monitorear el progreso de una pila de compost. Una mezcla de residuos compostándose que exceda los 71 °C debe voltearse para liberar calor. Si bien se necesita que la pila alcance temperaturas por encima de los 60 °C para garantizar la muerte de muchos microorganismos patógenos y semillas de malezas, por encima de los 71 °C el calor también comienza a matar a los microorganismos encargados de la descomposición de los materiales.

Tabla 2

Factores físico-químico que determinan una buena calidad del compost en el proceso de compostaje

Parámetro	Valor
Relación C/N Del Insumo	25-35/1
Tamaño de partículas	1 cm para sistemas con agitación y aireación forzada y 5 cm para pilas largas y aireación natural.
Contenido de humedad	40-60%
Flujo de aire	0.6-1.8 m ³ aire/día/kg de sólidos volátiles durante el estado termofílico o mantener el nivel de oxígeno de 10-18%.
Temperatura	55-60 °C durante 3 días.
Agitación o volteo	Desde la no agitación al volteo regular en sistemas sencillos. Ráfagas cortas de agitación vigorosa en sistemas mecanizados.
Control de pH	Normalmente no es necesario
Tamaño de la pila	1.5 m de altura y 2.5 m de ancho para las pilas con aireación natural.

Fuente: Dalzell *et al.*, (1991)

- **Humedad:** Se debe evitar una humedad superior al 60 % porque el agua desplazaría el aire del espacio entre las partículas del residuo y el proceso viraría hacia reacciones anaerobias. Por otra parte, si la humedad baja del 40%, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retrasa (Solans *et al*, 2008).
- **Condiciones aeróbicas o saturación de oxígeno:** El oxígeno es esencial para el metabolismo y respiración de los microorganismos descomponedores aeróbicos que llevan a cabo el proceso de compostaje. Los microorganismos aeróbicos utilizan el oxígeno para oxidar (quemar o metabolizar) la materia orgánica y obtener de esta forma energía y alimento (NYC Department of Sanitation, 2012).
- **Actividad Respiratoria:** Mide el consumo de oxígeno de los microorganismos que degradan la materia orgánica. Cuanto mayor sea el consumo de oxígeno, mayor será

el contenido de materia orgánica biodisponible lo cual indica la menor estabilidad de esta. El test de actividad respiratoria AT4 es el método adecuado para caracterizar la estabilidad de desechos tratados tanto mecánicamente y biológicamente. Ejemplo: la estabilidad del compost es importante para la evaluación de la calidad del producto, ya que afecta la respuesta de las plantas a la aplicación de compost y su potencial para la actividad microbiana, la generación de olores y el recrecimiento de patógenos. Además, el grado de estabilidad logrado dentro de un cierto tiempo se puede utilizar para el monitoreo del rendimiento del proceso y la evaluación comparativa de diferentes sistemas de compostaje. Este parámetro indica el consumo acumulado de oxígeno en cuatro días (Binner, 2017). En el año 2002 se desarrolló en Austria la “Guía para el Tratamiento Biomecánico de los Residuos Sólidos” (“MBA-Richtlinie”) y se hizo efectiva según la comunicación No. 2001/423/A. Esta guía recomienda los siguientes parámetros que deben presentar los residuos orgánicos que reciben tratamiento biomecánico para asegurar la calidad del tratamiento en la actividad respiratoria ($AT4 < 7 \text{ mg O}_2/\text{g DM}$) significa que el compost es estable (Binner, 2002). Las normativas alemana y austriaca, por su parte, recomiendan utilizar como indicador de estabilidad de bio-residuos el índice AT4. Este índice representa el consumo acumulado de O_2 en 4 días de una muestra sólida en condiciones de saturación de agua y 20°C de temperatura. Fue propuesto por Binner y Zach (1999) quienes igualmente diseñaron para su determinación el respirómetro Sapromat E.

- **pH:** Los niveles de pH varían debido a la composición de los materiales o subproductos utilizados en la mezcla original compostada y a la producción de varios productos e intermediarios a lo largo del proceso de compostaje (USDA, 2000). Autores como Moon (1997); USDA (2000); Labrador (2001); Christian, Evanylo and Pease (2009) y NYC Department of Sanitation (2012) concuerdan en que durante el proceso de compostaje el pH generalmente varía entre los valores de 5.5 y 8.5. No obstante, valores de pH entre 6.5-7.5 (cercano al neutro), ligeramente ácido o ligeramente alcalinos nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de grupos fisiológicos (Sztern y Pravia, 1999).
- **Conductividad eléctrica (C.E.):** La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso. La CE tiende generalmente a

aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que, en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes (Sánchez-Monedero, 2001).

- **Tiempo de maduración:** Dependiendo de los materiales y las condiciones de la pila, se puede tomar varias semanas o más de un año realizar el proceso de compostaje. El compost generalmente puede estar listo para su uso luego de 3 o 6 meses, realizando volteos continuos, manteniendo una humedad adecuada y seleccionando una adecuada mezcla inicial de materiales a compostar. Con volteos diarios y materiales de rápida descomposición, el tiempo de compostaje puede reducirse a menos de un mes. Aquellos métodos que involucran poco o ningún volteo, usualmente requieren más de un año para que el compost esté en condiciones de ser usado. (Rynk and Colt, 1997).
- **Tamaño de partícula:** Partículas que son demasiado pequeñas se compactarán fuertemente y reducirán la porosidad en la pila. Sin embargo, partículas de tamaño más pequeño proporcionarían una mayor superficie expuesta que partículas de tamaño más grande, acelerando de esta forma el proceso de compostaje (Christian *et al*, 2009). Un promedio de 1-5 cm de diámetro generalmente producirá los mejores resultados (Environment Agency Of UK, 2001).

g. Parámetros microbiológicos

El desarrollo de la Norma 40 CFR parte 503, establece un precedente importante en cuanto a manejo de lodos y biosólidos, fijando límites de metales pesados, calidad microbiológica y atracción de vectores, además de recomendar tratamientos para su estabilización, de tal forma que puedan cumplir con dichas exigencias. En países como México, Brasil, Chile y Argentina también se ha logrado regular el uso y disposición de biosólidos con características similares a la norma de Estados Unidos. En Colombia la norma se encuentra en proceso de aprobación.

La tabla 3 resume la clasificación de los biosólidos en términos de la calidad microbiológica.

Tabla 3***Criterios microbiológicos para la caracterización de biosólidos***

Criterio	Unidad	EE.UU. (1)	México (2)	Brasil (3)	Chile (4)	Argentina (5)	Colombia (6)
Coliformes fecales	NMP/g	Clase A: <1x10 ³	Clase A: <1x10 ³	Clase A: <1x10 ³	Clase A: <1x10 ³	Clase A: <1x10 ^{3*}	Clase A: <1x10 ³
		Clase B: <2x10 ⁶	Clase B: <1x10 ⁶	Clase B: < 1x10 ⁶		Clase B: <2x10 ^{6*}	Clase B: <2x10 ⁶
			Clase C: <2x10 ⁶				

Fuentes: (1) Norma 40 CFR parte 503 (EPA, 2003) (2) NOM-004-2002 (SERMANAT, 2002) (3) Resolución N° 375 de 29 de agosto de 2006 (CONAMA, 2006). (4) Decreto Supremo N° 123 (30/08/2006) (CONAMA, 2000; Mena, 2008) (5) Resolución N° 97/01 (22/11/2001) (Mena, 2008) (6) Propuesta de norma, versión de abril, 2009 (MINAMBIENTE, 2009). * Valores para E. coli.

En la mayoría de estas normas, los biosólidos se clasifican en Clases A y B, con excepción de la norma mexicana, que introduce una tercera categoría (clase C), y la norma chilena, en la que sólo existe la clase A, la cual corresponde a biosólidos que pueden utilizarse sin restricción en agricultura incluyendo todos los usos urbanos con contacto público directo; los de Clase B pueden ser aplicados con restricciones, para contacto indirecto, revegetación, cultivos de alimentos que se procesen antes de ser consumidos o cobertura en rellenos sanitarios, y los de clase C mostrados en la norma mexicana pueden emplearse para usos forestales o mejoramientos de suelos (EPA, 2003).

h. Sistemas de compostaje

Los sistemas de compostaje pueden clasificarse principalmente de dos formas: abiertos o cerrados, cada uno de estos a su vez comprende diferentes formas. (Costa, 1991; USDA, 2000 y Labrador, 2001).

- Sistemas abiertos

Son los sistemas tradicionales, donde los sustratos o subproductos a compostar son expuestos al aire ya sea bajo libre exposición o bajo cubiertas. Entre estos tenemos:

- **Pila aireada pasivamente:** Este método de pila de compostaje estático pasivo involucra la formación de una pila con la mezcla de materiales o subproductos iniciales a compostar, como muestra la figura 2.

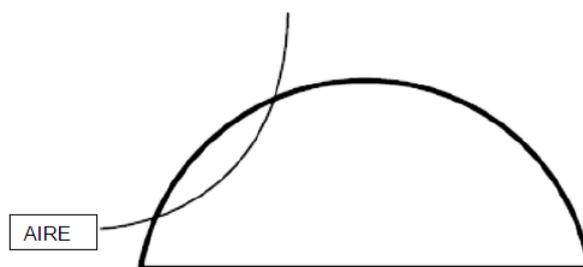


Figura 2. Pila aireada pasivamente

Fuente: USDA, 2000.

Esta pila puede ser volteada periódicamente al inicio del proceso para aumentar su porosidad. La aireación se logra debido al movimiento pasivo del aire a través de la pila. Por esto se requiere que la pila sea lo suficientemente pequeña para permitir el flujo pasivo del aire. Si la pila es muy grande, el aire no fluirá a través de ella y se generarán zonas anaeróbicas al interior de esta.

La limitante de este método es que se debe poner especial atención a la mezcla de los materiales iniciales. La mezcla debe ser capaz de mantener la estructura y porosidad necesaria para garantizar una buena aireación a lo largo de todo el proceso de compostaje. Una de las ventajas de este método es que requiere de mínimo trabajo y equipo.

- **Pila estática con aireación pasiva:** Estas pilas estáticas de aireación pasiva no se voltean. La aireación de la pila es lograda únicamente con el movimiento pasivo del aire a través de tubería perforada instalada en la base o en la cama de la pila al momento del montaje. como muestra la figura 3.

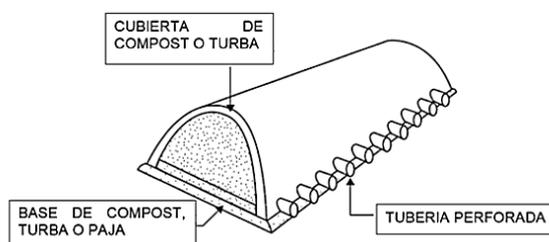


Figura 3. Pila estática con aireación pasiva

Fuente: USDA, 2000.

La base o cama de la pila está compuesta principalmente de paja, compost o turba. La principal característica de esta cama es que debe ser porosa para que el aire que

está entrando por las tuberías se distribuya finalmente a través de toda la pila. La principal diferencia entre estas pilas estáticas y las pilas con volteo es que estas llevan una cubierta o capa de compost terminado o turba en su parte superior. Esta capa sirve como un filtro que retiene los olores que pueda emitir la pila, también retiene la humedad, el amoníaco e impide la proliferación de moscas y otros vectores.

Una de los limitantes de esta pila es que su construcción inicial demanda considerable mano de obra. También requiere que la mezcla inicial sea cuidadosamente ajustada para garantizar la porosidad y tampoco puede ser tan alta como las pilas con volteo.

- **Pila estática con aireación forzada:** Este sistema es una variación de la pila estática con aireación pasiva reseñada antes. La única diferencia con la anterior es que este sistema utiliza insufladores o ventiladores mecánicos para forzar el aire a través de las tuberías o canales. El aire puede ser succionado desde el interior de la pila o impulsado a través de las tuberías utilizando presión positiva. como muestra la figura 4.

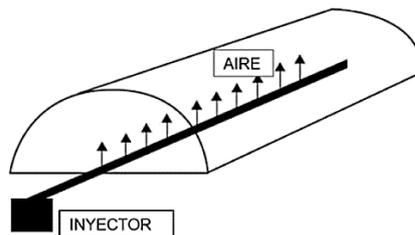


Figura 4. Pila estática con aireación forzada

Fuente: USDA, 2000.

El uso de succión permite un mayor control de olores que la aireación con presión positiva. Generalmente en este caso se utiliza algún tipo de material filtrante que atrape los olores. La desventaja del uso de succión radica en que la cantidad de aire que se hace pasar a través de la pila es menor, comparada con la cantidad de aire que fluiría a través de la pila si el aire se insuflara. Los inyectores de aires además de aportar Oxígeno a la pila también la refrigeran o enfrían. Estos pueden funcionar de forma continua o intermitentemente accionados por timers.

Una de las limitantes de este método, es que como en todas las pilas estáticas, la mezcla inicial de los materiales debe ser cuidadosa para garantizar una adecuada porosidad a través de todo el proceso de compostaje. La otra limitante es que su

montaje requiere de cálculos adicionales: tamaño y número de inyectores, longitud y diámetro de las tuberías, tipo de tubería, etc.

- **Sistemas cerrados**

Según Ward (2002) estos sistemas son quizás los más utilizados para el tratamiento de desechos sólidos a nivel domiciliario y a pequeña y mediana escala. Estos sistemas pueden incluir algunos sistemas de compostaje como:

- **Sistemas de disposición verticales:** Los cuales a su vez pueden ser:
 - **Continuos o de Tipo Silo:** Son sistemas con alturas de 4 a 10 m donde el material compostable se encuentra confinado en un único espacio o compartimento vertical, como muestra la figura 5.

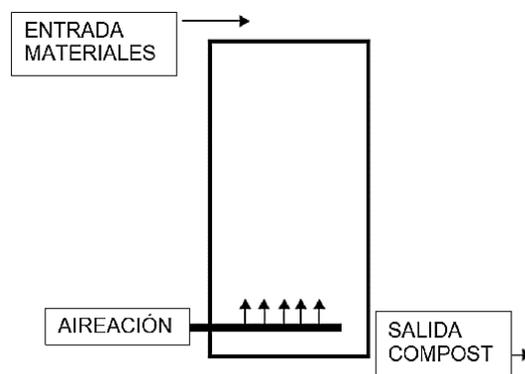


Figura 5. Sistema de compostaje tipo silo

Fuente: USDA, 2000.

El tiempo de compostaje es corto (dos semanas) pero requiere de un tiempo de curado adicional. En este sistema los materiales se cargan por la parte superior del silo y el compost se retira por la parte inferior con la ayuda de un eje helicoidal o sinfín.

- **Discontinuos o de Tipo Cajón:** En este método el compostaje se realiza en cajones, cajas o container que pueden ser hechos de madera, metal, plástico o cualquier otro material. Se puede utilizar un solo cajón o un conjunto de cajones en donde el compostaje se va volteando de un cajón a otro según su grado de madurez. La altura de los cajones generalmente va de 2 a 3 m y los cajones o container pueden estar destapados o cubiertos. como muestra la figura 6.

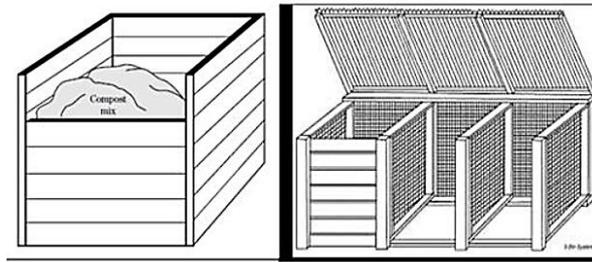


Figura 6. Sistemas de compostaje tipo cajón

Fuente: USDA, 2000 y NYC Department of Sanitation, 2002.

Las mismas condiciones que para las pilas de aireación forzada aplican a este método. El material sin airear en los contenedores debe ser regularmente volteado para facilitar sus condiciones aeróbicas.

- **Sistemas de disposición horizontales:** Estos a su vez pueden ser:
 - **Estáticos o de Cama rectangular con volteador:** En este sistema los materiales a compostar se depositan sobre una superficie sólida estática y ancha (Cama) y un dispositivo volteador automático se desplaza a lo largo de la cama regularmente, realizando el volteo y movimiento de los materiales, como muestra la figura 7.

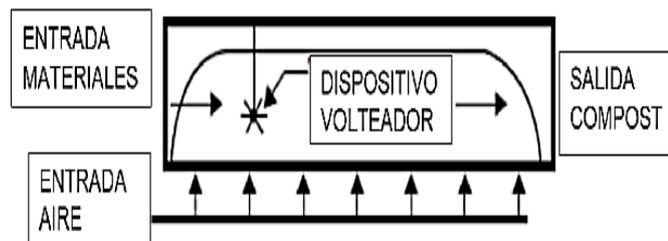


Figura 7. Sistema estático de cama rectangular

Fuente: USDA, 2000.

En algunos sistemas se utilizan también inyectores, para forzar aire al interior de las camas. La duración del proceso de compostaje es determinada por la longitud de la cama y la frecuencia de los volteos. Sin embargo, el tiempo de compostaje puede variar entre 15 y 30 días. El producto obtenido por este método requiere de un periodo extendido de curado posterior.

- **Dinámico o de cilindros rotativos:** Este sistema de cilindros rotativos es el método indicado cuando se requieran compostar pequeñas cantidades de material. Este método consiste de un cilindro o barril, de diferentes dimensiones, al interior del cual se colocan los residuos a compostar, los cuales son aireados o movidos cuando el barril gira sobre su eje central o sobre uno de sus lados. como muestra la figura 8.



Figura 8. Sistema dinámico de cilindro rotativo

Fuente: Rynk, 1997.

Este sistema permite que mezclas adicionales de residuos sean cargadas en el tubo una vez se ha iniciado el proceso de compostaje. El cilindro debe ser girado con alguna periodicidad para garantizar la aireación de la mezcla y las condiciones aeróbicas del proceso de compostaje. El tamaño del tubo estará limitado por el peso del material que el operario pueda girar cuando el cilindro o tubo este lleno a su capacidad.

- **Sistemas semi-cerrados**

Otros autores hablan de un sistema que difiere un poco de los anteriormente mencionados. En este tipo de sistemas las operaciones que se realizan se encuentran dentro de un contenedor cubierto y cerrado que dispone de un sistema de extracción de la atmosfera interior a través de tuberías colocadas a lo largo del techo; bajo este sistema se logra un mejor control de las operaciones. (Gordillo y Chávez, 2010).

i. Calidad del compost

Labrador (2001) asegura que la calidad del compost es una expresión de sus características que refleja que hemos obtenido un producto orgánico estable.

En la tabla 4, se detalla una guía para evaluar las diferentes calidades de compost que se distribuyen en Estados Unidos.

Tabla 4***Parámetros guía para evaluar algunas calidades de compost en Estados Unidos***

Características	Grado de calidad			
	Sustrato único	Sustrato para mezclas en vivero	Abono o sustituto suelo	Enmienda para suelos
Uso recomendado	Como sustrato o medio único de crecimiento sin ninguna mezcla adicional.	Sustrato o medio de crecimiento para mezclar con otros materiales, para bandejas y macetas en invernaderos.	Aplicación en pastizales y gramas establecidas.	Mejorador de suelos agrícolas, Establecimiento/mantenimiento de siembras en labores de paisajismo, Restauración de suelos degradados.
Color	Café oscuro a negro.	Café oscuro a negro.	Café oscuro a negro.	Café oscuro a negro.
Olor	Debe tener buen olor a tierra.	No debe tener olores cuestionables	No debe tener olores cuestionables	No debe tener olores cuestionables.
Tamaño de partícula	< 1.2 cm	< 1.2 cm	< 0.6 cm	<1.2 cm >1.2 cm para restauración suelos degradados
pH	5.0 – 7.6	5.0 – 7.2	5.5 – 8.0	Se debe definir el rango
Sales solubles (dSm-1)	< 2.5	< 4	< 5	< 20
Tasa respiratoria. O ₂ =mg/kg.hr CO ₂ =mg/día	< 200 (O ₂)	< 200 (O ₂) ≤ 5 (CO ₂)	< 200 (O ₂) ≤ 5 (CO ₂)	< 400 (O ₂) ≤ 10 (CO ₂)
Elementos trazas/metales pesados	No exceder los estándares de la EPA para el compost proveniente de residuos orgánicos. (Part. 503 Reg).			

Fuente: Rynk (1997) y Christian *et al.* (2009)

j. Beneficios del uso del compost

La Association Of American Plant Food Control Officials - AAPFCO (2012) afirma que la utilización del compost como acondicionador orgánico reporta varios beneficios al suelo entre los que se tienen:

- Mejoramiento de la estructura y la porosidad del suelo, creando un mejor medioambiente para el desarrollo radical.
- Incremento de la infiltración y permeabilidad y reducción de la densidad aparente en suelos compactados.
- Mejoramiento de la tasa de infiltración de humedad y reducción de la erosión y la lixiviación de nutrientes.
- Aumento de la capacidad de retención de humedad en suelos arenosos.
- Aumento de la Capacidad de intercambio catiónico CIC de los suelos, mejorando la habilidad de estos para retener los nutrientes que pueden ser tomados por la planta.
- Suministro de materia orgánica a los suelos.
- Ayuda y promueve la proliferación de microorganismos benéficos.
- Aporte de microorganismos benéficos al suelo y de un medio de crecimiento apto para ellos.
- Promueve un crecimiento radical vigoroso.
- Facilita a los suelos retener los nutrientes por más tiempo.
- Aporta humus, el cual facilita la agregación del suelo y permite que los nutrientes estén más disponibles para la absorción por parte de las plantas.
- Aumenta el efecto buffer o tampón del pH de los suelos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR Y DURACIÓN

La investigación fue realizada en la planta de compostaje del Centro Modelo de Tratamiento de Residuos (CEMTRAR) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, ubicada en el distrito de La Molina, Lima, Perú. La duración de la fase experimental fue de doce semanas desarrolladas entre los meses de enero y abril del 2018.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

En la tabla 5 se detallan los materiales y equipos que se utilizaron

Tabla 5

Lista de materiales y equipos

Materiales	Equipos
Residuo Vegetal de parques y jardines (rastros, hojarasca, cáscaras, restos de poda) del campus universitario de la UNALM.	Equipos de Campo: Termómetro digital. Balanza.
Estiércol Vacuno de Leche del establo de la Unidad Experimental de Zootecnia de la UNALM.	Equipos de Laboratorio: Potenciómetro. Conductímetro.
Estiércol de Gallinas Ponedoras de la Granja de Aves de la UNALM.	
Carretillas.	
Lampas.	
Trinches.	
Mangueras.	
Guantes de cuero.	
Guardapolvo blanco.	
Mascarillas	
Plástico de polipropileno.	
Tamiz metálico.	

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Fase de Campo

a. Acondicionamiento del lugar

Se limpió la zona y se colocó mantas de plástico sobre el terreno nivelado para evitar la mezcla con otros elementos que pudieran alterar la calidad del compost y también así evitar la pérdida de agua. Esta actividad tuvo una duración de 1 día.

b. Abastecimiento de sustratos

Se recolectó, transportó y descargó los residuos vegetales y los estiércoles cerca de la zona del armado de las pilas. Esta actividad se realizó en 1 semana.

c. Segregación de elementos inorgánicos

Esta selección se hizo para separar los elementos como: vidrios, metales, papeles, telas, plásticos, etc. Con el fin de que se lleve a cabo el proceso de compostaje sin problema alguno. Esta actividad se realizó en 2 días.

d. Armado de las pilas

El armado de las pilas se inició con el pesado de cada uno de los sustratos (residuo vegetal y estiércoles) en las proporciones respectivas de cada tratamiento. Luego se colocó el residuo vegetal sobre las mantas de plásticos en el terreno nivelado y se procedió a humedecer. Posteriormente se esparció los estiércoles sobre la capa del residuo vegetal, humedeciendo nuevamente. Finalmente, con la ayuda de trinchas se mezcló homogéneamente los sustratos utilizados. Las pilas fueron armadas el día 24 de enero del 2018, mediante el sistema abierto. Sus dimensiones fueron de 1.5 m de largo, 1m de ancho y 1.5 m de alto, con una capacidad de 300 kilogramos cada una.

e. Volteo de las pilas

Los volteos fueron de forma manual con ayuda de lampas y trinchas. La frecuencia fue de acuerdo a cada tratamiento (1 y 6 volteos cada dos semanas).

f. Riego de las pilas

El riego fue de forma manual con mangueras, con un periodo de una vez a la semana.

g. Tamizado y pesado del compost

En esta actividad se removió plásticos, vidrios y otros materiales, que a veces permanecen luego de la primera selección. Como también se retiró el material orgánico de mayor tamaño. Luego, se procedió a empacar el compost final y el pesado respectivo.

h. Tratamientos

Todos los tratamientos tuvieron una proporción de 40% de estiércol (vacuno o gallina) y 60% material vegetal. Se evaluaron cuatro tratamientos con diferentes tipos de estiércol y frecuencias de volteos, de los cuales el tratamiento control fue el T1 (estiércol vacuno con 1 volteo cada 2 semanas). Se consideraron tres repeticiones por tratamiento. Estas evaluaciones se especifican en la tabla 6.

Tabla 6

Tratamientos y sus características

Tratamientos	Tipo de estiércol	Frecuencia de volteos
T1 (Control)	Vacuno	1 volteo cada 2 semanas
T2	Vacuno	6 volteos cada 2 semanas
T3	Gallina	1 volteo cada 2 semanas
T4	Gallina	6 volteos cada 2 semanas

i. Toma de muestras

Se obtuvieron muestras homogéneas y representativas cada 3 semanas con el método “Coning and Quartering Procedure” (Binner, 2017), el cual siguió la siguiente secuencia: a) Toma de sub-muestras en 3 puntos distintos de las pilas b) Mezclado de todas las sub-muestras. c) Formación de un cono y la división del mismo en cuatro partes similares (1-2-3-4). d) Separación de dos de las partes (1-3). e) Mezclado de las otras dos partes (2-4) cuidadosamente. f) Formación de otro cono y división en cuatro partes similares (1-2-3-4). g) Separación de dos partes (2-4). h) Mezclado de las otras dos partes (1-3) cuidadosamente. i) Finalmente se procedió a guardar las muestras en frascos correctamente identificados para su posterior análisis.

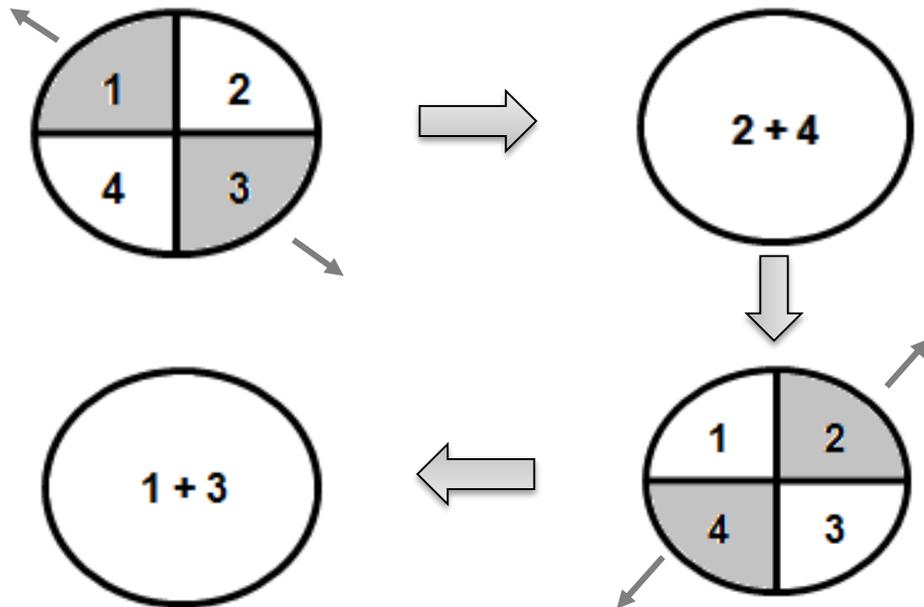


Figura 9. Método “Coning and Quartering Procedure”

3.3.2 Fase de medición de parámetros de laboratorio

a. Parámetros físicos

- **Densidad:** Se realizó la medición mediante el método analítico tomado de la ordenanza de compost (BGBI.II 292, 2001). Se aplicó la siguiente fórmula:

$$D \text{ (g/ml)} = \frac{P_t - P_r}{V_r}$$

Donde:

P_t : peso de la muestra más el recipiente (g).

P_r : peso del recipiente vacío (g).

V_r : volumen del recipiente (ml).

- **Rendimiento:** Una vez terminado el proceso de compostaje se procedió a pesar los diferentes compost maduros y se halló el rendimiento mediante la siguiente fórmula:

$$R \text{ (%) } = \frac{C_f}{C_i} \times 100$$

Donde:

C_f : peso del compost final (Kg).

C_i : peso del compost inicial (Kg).

b. Parámetros físico-químicos

- **Temperatura:** La medición de temperatura se realizó mediante el método analítico tomado de la ordenanza de compost (BGBI.II 292, 2001). Se registró todos los días durante las dos primeras semanas y luego semanalmente. Este registro se hizo entre las 10:00 y 11:00 horas en tres puntos distintos de cada pila.
- **Actividad Respiratoria:** La determinación de la actividad respiratoria fue realizada con el método sugerido por la norma de evaluación de residuos de tratamiento mecánico-biológico (ONORM 2027-4:2012). Para la lectura se utilizó el sistema Oxitop®, el cuál mide la cantidad de oxígeno consumido de los microorganismos (Binner et al. 2012).
- **Humedad:** Se realizó mediante el análisis termogravimétrico – TGA (proximal), en el Laboratorio de Energías Renovables – Unidad de Biomasa Energética de la Universidad Nacional Agraria La Molina, según la norma ASTM D7582.
- **pH:** Se realizó la medición mediante el método analítico tomado de la ordenanza de compost (BGBI.II 292, 2001).
Primero las muestras fueron secadas a estufa por dos días (105 C°), molidas y tamizadas. Luego se pesó 10 gramos de muestra en un vaso de 100 mililitros, adicionándole 100 mililitros de agua destilada; se agitó de manera continua por dos horas. Finalmente, se pasó por papel filtro y en el filtrado se midió el pH utilizando un potenciómetro.
- **Conductividad Eléctrica (CE):** Se realizó la medición mediante el método analítico tomado de la ordenanza de compost (BGBI.II 292, 2001).
Primero las muestras fueron secadas a estufa por dos días (105 C °), molidas y tamizadas. Luego se pesó 10 gramos de muestra en un vaso de 100 mililitros, adicionándole 100 mililitros de agua destilada; se agitó de manera continua por dos horas. Finalmente, se pasó por papel filtro y en el filtrado se midió la conductividad utilizando un conductímetro.
- **Materia orgánica:** Se realizó mediante el análisis termogravimétrico – TGA (proximal), en el Laboratorio de Energías Renovables – Unidad de Biomasa Energética de la Universidad Nacional Agraria La Molina, según la norma ASTM D7582.
- **Relación C/N:** Se realizó mediante el análisis elemental (C, H, N, O, S), en el Laboratorio de Energías Renovables – Unidad de Biomasa Energética de la Universidad Nacional Agraria La Molina, según la norma ASTM D4239.

- **Metales Pesados:** Se realizaron siguiendo el método de espectrometría de absorción atómica (EAA) empleados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

c. Parámetros microbiológicos

La enumeración de coliformes totales y fecales, se realizaron siguiendo el método ICMSF. 1983, en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

d. Parámetros nutricionales

Las sustancias nutritivas: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N, P₂O₅, K₂O). Se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO

El experimento fue conducido mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos de diferentes proporciones de estiércol y frecuencia de volteo, con arreglo factorial 2 x 2. Considerando tres repeticiones en cada tratamiento. El modelo matemático asociado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta_{ij}) + \epsilon_{ijk}$$

i: 1, 2	Tipo de estiércol
j: 1, 2	Frecuencia de volteo
k: 1, 2, 3	Repeticiones

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta a la i-ésima ($i = 1, 2$) tipo de estiércol, j-ésima ($j = 1, 2$) frecuencia de volteo y t-ésima ($t = 1, 2, 3$) repetición.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de la i-ésima tipo de estiércol.

β_j = Efecto de la j-ésima frecuencia de volteo.

$(\alpha\beta_{ij})$ = Interacción y efecto extra sobre la respuesta debido a que se observan conjuntamente los niveles i y j del tipo de estiércol y la frecuencia de volteo respectivamente.

ϵ_{ijk} = Error experimental debido a la i-ésima ($i = 1, 2$) tipo de estiércol, j-ésima ($j = 1, 2$) frecuencia de volteo y t-ésima ($t = 1, 2, 3$) repetición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PARÁMETROS AMBIENTALES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

La Tabla 7 muestra la evaluación estadística de la actividad respiratoria. En ella se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, lográndose una mejor estabilidad en el tratamiento T4 (estiércol de gallina y 6 volteos cada 2 semanas) con un valor de 0.70 mgO₂/g DM. Por el tipo de estiércol y la frecuencia de aireación también se observan diferencias significativas, teniendo un efecto favorable el uso de estiércol de gallina con un valor de 0.85 mgO₂/g DM y realizando 6 volteos cada 2 semanas con un valor de 0.90 mgO₂/g DM respectivamente.

Tabla 7

Análisis estadístico sobre el efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación

Tratamientos	E	F	AR	MO	REN
T1	V	1x2	2.10 ^a	23.6433 ^c	60.090 ^a
T2	V	6x2	1.10 ^b	27.7033 ^a	60.073 ^a
T3	G	1x2	1.00 ^{bc}	26.2800 ^{ab}	45.357 ^a
T4	G	6x2	0.70 ^c	25.4433 ^{bc}	48.520 ^a
Efecto del tipo de estiércol					
	V		1.60 ^a	25.6733 ^a	60.082 ^a
	G		0.85 ^b	25.8617 ^a	46.938 ^b
Efecto de la frecuencia de volteo					
		1x2	1.55 ^a	24.9617 ^b	52.723 ^a
		6x2	0.90 ^b	26.5733 ^a	54.297 ^a
Probabilidad					
	E		<.0001	0.7541	0.0286
	F		0.001	0.0241	0.7579
	E x F		0.0064	0.0029	0.7554

E: tipo de estiércol, F: frecuencia de volteo, V: estiércol vacuno, G: estiércol de gallina, 1x2: 1 volteo cada 2 semanas, 6x2: 6 volteos cada 2 semanas, AR: actividad respiratoria (mgO₂/g DM), MO: materia orgánica (%), REN: rendimiento (%).

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan (P≤0,05).

Respecto de la materia orgánica, se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, lográndose un mayor porcentaje en el tratamiento T2 (estiércol vacuno y 6 volteos cada 2 semanas) con un valor de 27.7033 %. Según el tipo de estiércol no se observan diferencias significativas, mientras que por la frecuencia de aireación si se observan diferencias significativas, teniendo un efecto favorable realizando 6 volteos cada 2 semanas con un valor de 26.5733% (tabla 7).

Finalmente, en la evaluación estadística del rendimiento se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio y tampoco por la frecuencia de aireación. No obstante, por el tipo de estiércol, sí se observan diferencias significativas, teniendo el uso de estiércol vacuno el mejor porcentaje con un valor de 60.082% (tabla 7).

4.2 RESUMEN DE RESULTADOS ANALÍTICOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.

En la tabla 8 se observa que, el rango del pH varía desde 7.41 (tratamiento T3) hasta 7.73 (tratamiento T1), la conductividad eléctrica desde 2.9 mS/cm (tratamiento T4) hasta 3.9 mS/cm (tratamiento T1), la relación C/N desde 10.19 (tratamiento T2) hasta 11.18 (tratamiento T3), la humedad desde 34.58% (tratamiento T4) hasta 52.23% (tratamiento T1), la densidad desde 484.13 (tratamiento T3) hasta 558.50 Kg/m³ (tratamiento T4) y la temperatura desde 27.24 (tratamiento T4) hasta 29.67 (tratamiento T1); en todos estos parámetros podemos decir que los tratamientos se encuentran dentro del rango óptimo (ÖNORM S-2022).

Respecto de los metales pesados, el rango del contenido de plomo varía entre 48.04 ppm (tratamiento T2) hasta 64.40 ppm (tratamiento T3) y el contenido de cromo desde 15.98 ppm (tratamiento T1) hasta 19.54 ppm (tratamiento T3); encontrándose que todos los tratamientos están dentro del rango óptimo. Mientras que en el contenido de cadmio varía desde 1.28 ppm (tratamiento T1) hasta 3.01 ppm (tratamiento T3), estando todos los tratamientos fuera del rango óptimo (ÖNORM S-2022). La concentración de estos metales pesados es menor cuando se utiliza estiércol vacuno.

Tabla 8**Resumen de resultados analíticos del compost**

Parámetros	T1	T2	T3	T4
Actividad respiratoria (mgO ₂ /gDM)	2.10	1.10	1.00	0.70
Materia orgánica (%)	23.64	27.70	26.28	25.44
Rendimiento compost tamizado (%)	60.09	60.07	45.36	48.52
pH	7.73	7.63	7.41	7.45
Conductividad eléctrica (mS/cm)	3.9	3.8	3.3	2.9
Relación C/N	10.70	10.19	11.18	10.75
Humedad (%)	52.23	47.06	44.42	34.58
Densidad (Kg/m ³)	504.10	545.95	484.13	558.50
Temperatura (°C)	29.67	28.31	28.40	27.24
Plomo (ppm)	51.83	48.04	64.40	57.39
Cadmio (ppm)	1.28	2.50	3.01	2.34
Cromo (ppm)	15.98	16.78	19.54	18.68
Nitrógeno (%)	2.23	2.25	1.79	1.88
Fósforo (%)	1.60	1.60	2.32	2.31
Potasio (%)	1.79	1.21	0.98	1.08
Coliformes totales (NMP/g.)	> 11 x 10 ²			
Coliformes fecales (NMP/g.)	76 x 10	> 11 x 10 ²	59 x 10	> 11 x 10 ²

En relación a la calidad nutricional, el rango del contenido de nitrógeno varía desde 1.79% (tratamiento T3) hasta 2.25% (tratamiento T2), estando todos los tratamientos por encima del valor mínimo. Mientras que el rango del contenido de fósforo varía desde 1.60% (tratamientos T1 y T2) hasta 2.32% (tratamiento T3), estando los tratamientos T1 y T2 por debajo y los tratamientos T3 y T4 por encima del valor mínimo y el rango del contenido de Potasio varía desde 0.98% (tratamiento T3) hasta 1.79% (tratamiento T1), lo cual los tratamientos T3 y T4 están por debajo y los tratamientos T1 y T2 están por encima del valor mínimo (ÖNORM S-2022). La concentración de nitrógeno y potasio es superior cuando se utiliza estiércol vacuno, mientras que los valores de fósforo son mayores cuando se usa estiércol de gallinas ponedoras.

Finalmente, en los valores microbiológicos, el rango del contenido de coliformes fecales varía desde 59x10 NMP/g (tratamiento T3) hasta > 11 x 10² NMP/g (tratamientos T2 y T4). Se pueden clasificar como compost de clase A (<1x10³ NMP/g) a los tratamientos T1 (76x10 NMP/g) y T3 (59x10 NMP/g), mientras que los tratamientos T2 y T4 superan este límite; no obstante, se podrían clasificar como compost de clase B (<1x10⁶ NMP/g). (EPA, 2003., SERMANAT, 2002., CONAMA, 2006. & CONAMA, 2000).

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las que se llevó a cabo el presente estudio para evaluar el efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje, se concluye:

- El uso de estiércol de gallinas ponedoras realizando 6 volteos cada 2 semanas en el proceso de compostaje, tuvo una mayor estabilidad respecto a la actividad respiratoria, teniendo así un menor consumo de oxígeno por parte de los microorganismos. Mientras que el uso de estiércol vacuno realizando 6 volteos cada 2 semanas, tuvo el mejor valor respecto al porcentaje de materia orgánica.
- El uso del estiércol de gallinas ponedoras en el proceso de compostaje, tuvo un efecto favorable sobre la actividad respiratoria del compost, dando así una mejor estabilidad en el producto final.
- La frecuencia de aireación realizada de 6 volteos cada 2 semanas, favoreció la estabilidad y el porcentaje de materia orgánica del compost.
- El uso del estiércol vacuno como sustrato en el proceso de compostaje, influyó favorablemente en el rendimiento del compost generado.
- El uso de estiércol de gallinas ponedoras realizando 6 volteos cada 2 semanas presentó la mejor calidad en el producto final.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones expuestas se recomienda lo siguiente:

- Usar estiércol vacuno para fines de obtener un mejor rendimiento en el comportamiento del proceso de compostaje, mas no se recomienda ejecutar diferentes frecuencias de aireación.
- En un procesamiento de compostaje, evaluar diferentes proporciones combinadas en el uso de estiércol de gallinas ponedoras y de vacunos.
- Comparar el comportamiento de la degradación usando sólo sustrato de rastrojo vegetal versus mezclas con estiércol.
- Además de las frecuencias (1 volteo cada dos semanas y 6 volteos cada dos semanas) evaluar el efecto de otras frecuencias de aireación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. Association of American Plant Food Control Officials - AAPFCO. (2012). Product label guide. Apex, North Caroline: US Composting council. 21 p.
2. ASTM D4239-17. (2017). Standard Test Method for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion, ASTM International, West Conshohocken, PA.
3. ASTM D7582-15. (2015). Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis, ASTM International, West Conshohocken, PA.
4. BGBl.II 292-2001. (2001). Regulación: Ordenanza de Compost. Austria.
5. Binner, E. (2002). The Impact of Mechanical-Biological Pretreatment on the Landfill Behavior of Solid Wastes. Workshop "Biological Treatment of Biodegradable Waste - Technical Aspects". Brussels. Belgium.
6. Binner, E. (2017). 13° Curso Internacional de Compostaje "Fundamentos, Operación y Diseño de Planta de Compostaje". Calidad y monitoreo del compost. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
7. Binner, E., & Zach, A. (1999). Laboratory test describing the biological reactivity of pretreated residual wastes. Proceedings ORBIT (1): 255-261.
8. Binner, E., Böhm, K., & Lechner, P. (2012). Large scale study on measurement of respiration activity (AT4) by Sapromat and OxiTop. Waste Management 32:1752-1759.
9. Buzon, S. (1996). Importancia y aplicaciones de los sustratos orgánicos. En: Instituto de Estudios Ambientales IDEA, Memorias del Curso Taller Alternativas para Disminuir los Impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Colombia. 1-12 p.
10. Cepeda, J. (1999). "Química de suelos". 4da Edición. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. Impreso en México. 177pp.

11. Christian, A., Evanylo, G., & Pease, J. (2009). On farm composting: a guide to principles, planning and operations. Blacksburg, Virginia: Virginia Cooperative Extension (VCE). 36 p.
12. Comisión Nacional del Medio Ambiente – CONAMA. (2000). Reglamento chileno para el manejo de lodos no peligrosos generados en las plantas de tratamiento de aguas. Chile. 27 p.
13. Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA. (2006). Resolução 375, de 29 de agosto de 2006. Critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasil. 32 p.
14. Costa, F., García, C., Hernández, T., & Polo, A. (1991). Residuos orgánicos urbanos: Manejo y utilización. Murcia, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. 181 p.
15. Coyne, M. (1999). Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo, Madrid, España. 416p. ISBN Papel: 9788428326483
16. Dalzell, H., Biddlestone, A., Gray, K., & Turairajan, K. (1991). Manejo del suelo: Producción y uso del composte en ambientes tropicales. Boletín de suelos de FAO N° 56. 178p. Roma. Italy.
17. Environment Agency of UK. (2001). “Technical Guidance On Composting Operations” Draft for external consultation. Approved by EA National Waste Group for external consultation. 126pp.
18. Environmental Protection Agency – EPA. (2003). Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under 40 CFR part 503. Office of Water/ Office Science and Technology Sludge/ Risk Assessment Branch. Washington.
19. Farm Animal Welfare Council. (1992). FAWC updates the five freedoms Veterinary Record 17: 357.
20. Fogiel, A. (2003). Composting on the farm. East Lansing, MI: Michigan State University. 12 p.
21. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2009). La larga sombra del ganado – problemas ambientales y opciones. Roma. Italia.
22. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2012). Ganadería mundial 2011 – La ganadería en la seguridad alimentaria. Roma. Italia.
23. Food and Agriculture Organization of the United – FAO. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Chile.

24. Fraser, D., Weary, D., Pajor, E., & Milligan, B. (1997). A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns *Animal Welfare* 6: 187-205.
25. Gordillo, F., & Chavez, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. (E. S. TECNOLÓGICA, Ed.) Repositorio de la Escuela superior politécnica del litoral, Ecuador. 1-10 p.
26. Labrador, J. (2001). La materia orgánica en los agrosistemas (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación ed.). Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
27. Mena, M. (2008). Legislación sobre lodos en América Latina: un análisis comparativo. XXXI Congreso Interamericano AIDIS. Chile.
28. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. (2012). Decreto supremo 016-2012-AG “Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario”. Lima. Perú.
29. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MINAMBIENTE. (2009). Reglamentación sobre aprovechamiento de residuos sólidos, y lodos estabilizados generados en plantas de tratamientos de aguas residuales municipales. Propuesta de resolución, abril de 2009. Colombia.
30. Ministerio del Ambiente – MINAM. (2016). Ordenamiento Territorial (OT) en el Perú (2011-2015). Avances concretos para la Sostenibilidad y acciones del MINAM en ejercicio de su rol rector. Informes sectoriales N°3. Lima. Perú.
31. Moon, P. (1997). Basic On-Farm composting manual. Final report. Seattle, Washington: The Clean Washington Center. 36 p.
32. Muñoz, S. (2013). Formulación de un plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) en la industria avícola “Estudio de caso: Granja de aves ponedoras”. Microbióloga Industrial, Bogotá. Colombia.
33. Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcon, R., Ciria, P., Cristobal, M..... Zaragoza, C. (1996). “Producción y gestión del compost”. Centro de técnicas agrarias. Zaragoza-España. 52pp.
34. New York City Department of Sanitation. (2012). New York city master composter manual. NYC: Department of Sanitation NYC.158 p.
35. ÖNORM S-2022: (2012). Gütekriterien für Müllkompost (Quality criteria for waste compost)
36. ÖNORM S-2027-4: (2012). Evaluación de residuos de tratamiento mecánico-biológico. Parte 4: Parámetros de estabilidad. Actividad respiratoria (AT4). Austria.
37. Organización De Las Naciones Unidas – ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015-2030).

38. Orjuela, Y. (2014). Propuesta del plan de manejo ambiental para la avícola Acapulco. Universidad Militar Nueva Granada. Cundinamarca. Colombia.
39. Ortega, C. (2014). Formulación de un plan de manejo ambiental para la granja avícola la paz del Tequendama. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Colombia.
40. Plan Nacional De Desarrollo Ganadero – PNDG. (2017). Dirección General de Ganadería. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú.
41. Rodríguez, V. (1999). La problemática de los residuos Ganaderos: el caso de la gallinaza. Consultado el 11 de Julio del 2017. Disponible en: <http://www.terra.es/personal/forma-xxi/cono2.htm>.
42. Rynk, R. (Editor). (1997). On-Farm Composting Handbook. NRAES sheet No. 54. Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service NRAES. 186 p.
43. Rynk, R., & Colt, M. (1997). Composting at home. Boise, Idaho: Cooperative extension system, University of Idaho College of Agriculture. 41 p.
44. Sánchez, C. (2003). Abonos orgánicos y Lombricultura. Ediciones RIPALME. Perú.
45. Sánchez-Monedero, A., Roig, A., Paredes, C., & Bernal, P. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.*, 78 (3): 301-308.
46. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SERMANAT, México. (2002). Norma de Protección Ambiental de Lodos y Biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. NOM-004- SERMANAT-2002.
47. Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA. (2016). Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización Avícola. Lima. Perú.
48. Solans, X., Alonso, R., & Gadea, E. (2008). Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos: Riesgos higiénicos. Ficha técnica No. 597. Madrid, España: Instituto nacional de higiene y seguridad en el trabajo. 7 p.
49. Sommantico, S. (2018). Residuos generados en los tambos. Infocampo. Argentina.
50. Stuart, T. (2009). Waste: Uncovering the global food scandal. Londres, Penguin Books.
51. Sutton, A., Ong, H., Zulkifli, I., Tec, T. & Liang, J. (2002). The role of education and technology transfer in livestock waste management. Global perspective in livestock waste management. Proc. Fourth Internacional Livestock Waste Management Symposium and Technology Expo. Penang. Malaysia.
52. Sztern, D., & M. Pravia. (1999). “Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos”. OPS/OMS. Uruguay. 69pp.

53. Trinidad, S. (2010). Utilización de Estiércoles. SAGARPA. Colegio de Postgraduados, México.
54. Vilchez, C. (2007). XIII Curso de Actualización en Zootecnia. Nutrición Animal y el Medio Ambiente: Conceptos actuales y perspectivas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
55. Vinuesa, F. (2012). Diseño de un plan de manejo ambiental para la granja avícola “Gacasa”. Santo domingo de los Tsáchilas. Riobamba. Ecuador.
56. United States Department of Agriculture – USDA. (2000). Part 637 Environmental Engineering, National Engineering Handbook. Chapter 2. Composting. Washington D.C.: USDA. 67 p.
57. Ward, M. (2002). Composting A beginner’s guide. Slippery rock, Pennsylvania: Slippery Rock University. 26 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. VALORES DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Tabla 9

Valores de la actividad respiratoria (mgO₂/g DM)

Fecha	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Inicio	12.10	14.20	0.10	3.20
Semana 3	8.80	4.40	2.60	2.70
Semana 6	2.50	3.10	3.60	1.50
Semana 9	1.50	1.00	1.20	0.40
Semana 12	2.10	1.10	1.00	0.70

Tabla 10

Valores de la materia orgánica (%)

Fecha	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Inicio	44.64	45.45	27.55	32.45
Semana 3	19.27	21.52	21.25	21.31
Semana 6	16.11	20.63	17.57	20.49
Semana 9	20.13	21.23	22.22	23.2
Semana 12	23.64	27.70	26.28	25.44

Insumos	MO
Estiércol Vacuno	65.64
Estiércol Gallina	22.27
Residuo Vegetal	69.02

MO: materia orgánica (%)

Tabla 11

Valores del rendimiento (%)

Fecha	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Peso inicial (Kg.)	300	300	300	300
Peso de compost tamizado (Kg.)	180.27	180.22	136.07	145.56
Rendimiento de compost tamizado (%)	60.09	60.07	45.36	48.52

Tabla 12**Valores de pH y conductividad eléctrica**

Fecha	T1		T2		T3		T4	
	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
Inicio	7.43	7.2	7.45	7.1	7.26	7.2	7.31	8.4
Semana 3	7.83	7.4	7.28	6.4	7.08	5.4	7.28	4.5
Semana 6	7.62	5.0	7.42	5.0	7.08	4.3	7.04	3.5
Semana 9	7.84	5.6	7.79	5.9	7.49	4.0	7.66	3.9
Semana 12	7.73	3.9	7.63	3.8	7.41	3.3	7.45	2.9

CE: conductividad eléctrica (mS/cm)

Insumos	pH	CE
Estiércol vacuno	7.97	9.8
Estiércol gallina	6.97	13.7
Residuo vegetal	6.98	11.1

CE: conductividad eléctrica (mS/cm)

Tabla 13**Valores de la relación de carbono – nitrógeno**

Fecha	T1	T2	T3	T4
Inicio	17.61	20.08	14.42	15.42
Semana 3	12.51	12.03	13.23	13.38
Semana 6	12.13	11.70	13.46	14.31
Semana 9	10.94	10.25	11.71	12.11
Semana 12	10.70	10.19	11.18	10.75

Insumos	C/N
Estiércol Vacuno	65.64
Estiércol Gallina	22.27
Residuo Vegetal	69.02

C/N: relación carbono – nitrógeno

Tabla 14**Valores de humedad y densidad**

Fecha	T1		T2		T3		T4	
	Hd	D	Hd	D	Hd	D	Hd	D
Inicio	44.19	172.65	40.10	174.98	50.85	258.83	45.00	292.85
Semana 3	66.30	347.55	59.42	364.83	56.57	307.18	54.89	368.78
Semana 6	66.44	427.95	60.59	449.08	64.69	403.13	49.51	475.18
Semana 9	63.22	441.78	54.02	489.58	47.63	350.63	45.43	489.38
Semana 12	52.23	504.10	47.06	545.95	44.42	484.13	34.58	558.50

Hd: humedad (%), D: densidad (Kg/m³)

Insumos	Hd	D
Estiércol Vacuno	16.27	313.23
Estiércol Gallina	56.16	873.83
Residuo Vegetal	16.84	69.13

Hd: humedad (%), D: densidad (Kg/m³)

Tabla 15**Valores de la temperatura (°C)**

Fechas	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Día 1	37.26	36.70	34.52	34.07
Día 2	51.49	52.08	45.86	45.13
Día 3	52.37	55.08	44.30	43.37
Día 4	50.68	52.56	46.09	47.80
Día 5	50.97	51.80	45.90	48.76
Día 6	49.69	50.07	47.12	48.22
Día 7 - Semana 1	49.71	50.52	50.83	49.81
Día 8	53.22	52.42	52.06	52.02
Día 9	56.26	56.22	53.04	53.90
Día 10	55.04	54.96	52.06	51.20
Día 11	54.08	54.46	51.01	50.06
Día 12	55.39	53.90	49.78	49.03
Día 13	52.27	53.32	49.38	50.81
Día 14 - Semana 2	54.16	54.11	50.88	51.37
Semana 3	44.43	51.40	40.03	45.01
Semana 4	43.24	45.46	40.30	44.77
Semana 5	41.96	44.81	40.71	41.54
Semana 6	41.13	41.86	40.32	40.37
Semana 7	38.41	37.94	37.06	36.56
Semana 8	34.30	33.78	33.86	32.08
Semana 9	32.63	30.18	31.43	31.43
Semana 10	31.44	29.56	30.38	28.21
Semana 11	29.81	28.50	29.57	28.12
Semana 12	29.67	28.31	28.40	27.24

Tabla 16**Valores de metales pesados**

Fechas	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Pb				
Inicio	30.50	37.00	44.25	39.25
Semana 12	51.83	48.04	64.40	57.39
Cd				
Inicio	2.25	2.25	3.25	3.50
Semana 12	1.28	2.50	3.01	2.34
Cr				
Inicio	10.25	11.75	13.75	19.25
Semana 12	15.98	16.78	19.54	18.68

Pb: plomo (ppm), Cd: cadmio (ppm), Cr: cromo (ppm).

Insumos	Pb	Cd	Cr
Estiércol Vacuno	16.00	1.75	5.00
Estiércol Gallina	29.50	3.50	18.50

Pb: plomo (ppm), Cd: cadmio (ppm), Cr: cromo (ppm).

Tabla 17**Valores nutricionales**

Fechas	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
N				
Semana 12	2.23	2.25	1.79	1.88
P ₂ O ₅				
Semana 12	1.60	1.60	2.32	2.31
K ₂ O				
Semana 12	1.79	1.21	0.98	1.08

N: nitrógeno (%), P₂O₅: fósforo (%), K₂O: potasio (%).

Insumos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Estiércol Vacuno	2.26	1.39	4.35
Estiércol Gallina	1.97	3.73	3.68

N: nitrógeno (%), P₂O₅: fósforo (%), K₂O: potasio (%).

Tabla 18**Valores microbiológicos**

Fechas	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
CT				
Semana 12	$> 11 \times 10^2$			
CF				
Semana 12	76×10	$> 11 \times 10^2$	59×10	$> 11 \times 10^2$

CT: coliformes totales (NMP/g), CF: coliformes fecales (NMP/g).

Nota: Clase A: $< 1 \times 10^3$. Clase B: $< 2 \times 10^6$ (EPA, 2003., SERMANAT, 2002., CONAMA, 2006. & CONAMA, 2000).

ANEXO 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Tabla 19
Información de niveles de clase por tratamiento

Class	Levels	Values
T	4	1 2 3 4
R	3	1 2 3

Number of observations: 12

Tabla 20
Análisis de varianza para la actividad respiratoria por tratamiento

Dependent Variable: AR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	3.32350000	1.10750000	40.27	<.0001
Error	8	0.22000000	0.02750000		
Corrected Total	11	3.54250000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	AR Mean
0.937897	13.53724	0.165831	1.225000

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
T	3	3.32350000	1.10750000	40.27	<.0001

Tabla 21
Análisis de varianza para la materia orgánica por tratamiento

Dependent Variable: MO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	25.88182500	8.62727500	8.52	0.0071
Error	8	8.10080000	1.01260000		
Corrected Total	11	33.98262500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MO Mean
0.761619	3.905231	1.006280	25.76750

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
T	3	25.88182500	8.62727500	8.52	0.0071

Tabla 22**Análisis de varianza para el rendimiento por tratamiento**

Dependent Variable: REN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	533.252067	177.750689	2.44	0.1396
Error	8	583.577933	72.947242		
Corrected Total	11	1116.830000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	REN Mean
0.477469	15.96135	8.540916	53.51000

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
T	3	533.252067	177.750689	2.44	0.1396

Tabla 23**Prueba de Duncan para la actividad respiratoria por tratamiento**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	0.0275

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	2.1000	3	1
B	1.1000	3	2
C B	1.0000	3	3
C	0.7000	3	4

Tabla 24**Prueba de Duncan para la materia orgánica por tratamiento**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	1.0126

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	27.703	3	2
B A	26.280	3	3
B C	25.443	3	4
C	23.643	3	1

Tabla 25**Prueba de Duncan para el rendimiento por tratamiento**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	72.94724

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	T
A	60.090	3	1
A	60.073	3	2
A	48.520	3	4
A	45.357	3	3

Tabla 26**Información de niveles de clase por factorial**

Class	Levels	Values
E	2	1 2
F	2	1 2
R	3	1 2 3

Number of observations: 12

Tabla 27**Análisis de varianza para la actividad respiratoria por factorial**

Dependent Variable: AR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	3.32350000	1.10750000	40.27	<.0001
Error	8	0.22000000	0.02750000		
Corrected Total	11	3.54250000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	AR Mean
0.937897	13.53724	0.165831	1.225000

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
E	1	1.68750000	1.68750000	61.36	<.0001
F	1	1.26750000	1.26750000	46.09	0.0001
E*F	1	0.36750000	0.36750000	13.36	0.0064

Tabla 28**Análisis de varianza para la materia orgánica por factorial**

Dependent Variable: MO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	25.88182500	8.62727500	8.52	0.0071
Error	8	8.10080000	1.01260000		
Corrected Total	11	33.98262500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MO Mean
0.761619	3.905231	1.006280	25.76750

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
E	1	0.10640833	0.10640833	0.11	0.7541
F	1	7.79240833	7.79240833	7.70	0.0241
E*F	1	17.98300833	17.98300833	17.76	0.0029

Tabla 29
Análisis de varianza para el rendimiento por factorial

Dependent Variable: REN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	533.252067	177.750689	2.44	0.1396
Error	8	583.577933	72.947242		
Corrected Total	11	1116.830000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	REN Mean
0.477469	15.96135	8.540916	53.51000

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
E	1	518.2416333	518.2416333	7.10	0.0286
F	1	7.4261333	7.4261333	0.10	0.7579
E*F	1	7.5843000	7.5843000	0.10	0.7554

Tabla 30
Prueba de Duncan para la actividad respiratoria por factorial tipo de estiércol

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	0.0275
Number of Means	2
Critical Range	.2208

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	1.6000	6	1
B	0.8500	6	2

Tabla 31**Prueba de Duncan para la materia orgánica por factorial tipo de estiércol**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	1.0126
<hr/>	
Number of Means	2
Critical Range	1.340

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	25.8617	6	2
A	25.6733	6	1

Tabla 32**Prueba de Duncan para el rendimiento por factorial tipo de estiércol**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	72.84724
<hr/>	
Number of Means	2
Critical Range	11.37

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	E
A	60.082	6	1
B	46.938	6	2

Tabla 33**Prueba de Duncan para la actividad respiratoria por factorial frecuencia de volteo**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	0.0275
<hr/>	
Number of Means	2
Critical Range	.2208

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	F
A	1.55000	6	1
B	0.90000	6	2

Tabla 34**Prueba de Duncan para la materia orgánica por factorial frecuencia de volteo**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	1.0126
<hr/>	
Number of Means	2
Critical Range	1.340

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	F
A	26.5733	6	2
B	24.9617	6	1

Tabla 35**Prueba de Duncan para el rendimiento por factorial frecuencia de volteo**

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	8
Error Mean Square	72.94724
<hr/>	
Number of Means	2
Critical Range	11.37

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	F
A	54.297	6	2
A	52.723	6	1

Tabla 36**Valores de la actividad respiratoria y materia orgánica durante el proceso de compostaje**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Fechas	Actividad respiratoria (mgO ₂ /g DM)			
Inicio	12.10	14.20	0.10	3.20
Semana 3	8.80	4.40	2.60	2.70
Semana 6	2.50	3.10	3.60	1.50
Semana 9	1.50	1.00	1.20	0.40
Semana 12	2.10	1.10	1.00	0.70
	Materia orgánica (%)			
Inicio	44.64	45.45	27.55	32.45
Semana 3	19.27	21.52	21.25	21.31
Semana 6	16.11	20.63	17.57	20.49
Semana 9	20.13	21.23	22.22	23.20
Semana 12	23.64	27.70	26.28	25.44

AR: actividad respiratoria (mgO₂/g DM), MO: materia orgánica (%).

ANEXO 3. NORMA AUSTRIACA OE-ÖNORM S-2022

Tabla 37

Valores límites (OE-ÖNORM S-2022)

		unidad	resultados de medición		OE-NORM S 2200	
					A	B
Materia orgánica (MO)						
Pérdida por calor	PC	% MS	38,5		≥ 20	
Carbon orgánico total	COT	% MS	18,9		≥ 12	
Sustancias nutritivas						
Nitrógeno, total	N _{tot}	% MS	1,3		?	?
Nitrógeno nítrico	NO ₃ -N	% MS	0,02		≤ 0,2	?
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ -N	% MS	<0,001		≤ 0,1	?
Fosfato, total	P ₂ O ₅	% MS	2,0		?	
Fosfato, disponible	P ₂ O ₅ _{calc}	% MS	0,37		?	
Calcio, total	CaO	% MS	3,8		?	
Potasio, total	K ₂ O	% MS	1,09		?	
Potasio, disponible	K ₂ O _{calc}	% MS	0,53		?	
Magnesio, total	MgO	% MS	2,1		?	
Boro, sol. en agua caliente	B _{calc}	mg/kg MS	< 10		≤ 10	
Relación carbono/nitrógeno	C / N	-	14		?	
Relación NO ₃ -N/NH ₄ -N	NO ₃ -N / NH ₄ -N	-	100		≥ 2	?
Cualidades físicas						
Contenido de agua	WG	% MF	41,4		25 - 50	
Capacidad hidráulica	WK	% MS	120		≥ 100	?
Densidad de muestra fresca	ρ _{Fs}	kg/l MF	0,79		≤ 0,85	
Valor pH	pH	-	7,5		?	
Conductividad	CE	mS/cm	2,0		≤ 2,0	≤ 4,0
Partículas > 25 mm		-	0		≤ 3	
Suma de sustancias remanentes no biodegrad. (vidrio, plástico, metales) de ello		% MS	0,14		< 0,5	
plástico > 2mm		% MS	0,08		< 0,2	
plástico > 20 mm		% MS	0		0	
Soportabilidad de las plantas						
			Lepidium sativum	Phicun pratense		
15 % compost	biomasa	% MFV ¹⁾	110	100	100	> 80
	germinación retrasada	días	0	0	0	0
	tasa de germin.	%	100	100	100	100
30 % compost	biomasa	% MFV ¹⁾	105	100	100	-
	germinación retrasada	días	0	0	0	-
	tasa de germin.	%	100	100	100	-
45 % compost	biomasa	% MFV ¹⁾	100	95	90	-
	germinación retrasada	días	0	0	1	-
	tasa de germin.	%	100	100	100	-
semillas germinativas componentes		no. / litro de comp.	n.a.		1	3
Metales pesados y lindano			valor con MO natural	referido a MO (PC) = 30 %	clase I	clase II
Cromo	Cr	mg/kg MS	42	48	70	70
Niquel	Ni	mg/kg MS	29	29	42	80
Cobre	Cu	mg/kg MS	75	83	70	100
Cinc	Zn	mg/kg MS	380	400	210	400
Cadmio	Cd	mg/kg MS	≤ 1,0	< 1,1	0,7	1
Mercurio	Hg	mg/kg MS	0,97	1,1	0,7	1
Plomo	Pb	mg/kg MS	< 10	< 11	70	150
Lindano	-	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,1	0,1

¹⁾ el valor debe ser indicado/

²⁾ masa fresca vegetal

n.a. = no determinado

ANEXO 4. REGLAMENTO DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR AGRARIO (D.S.016-2012-AG)

sea comisionado será financiado y/o ejecutado por el Pliego 026: Ministerio de Defensa, con cargo a su presupuesto.

Artículo 4º.- Autorizar el viaje en Comisión de Servicios del personal del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, del 15 al 17 de noviembre de 2012, a la República de Cuba, para los fines descritos en la parte considerativa de la presente Resolución, conforme el siguiente detalle:

Nombres y Apellidos	Viáticos autorizados
Titulares	
Edgar Fortunato Ortega Torres	480 USD (240 USD* 02 días)
Jorge Luis Arguedas Bravo	480 USD (240 USD* 02 días)
Alberto Martín Rugel Merino	480 USD (240 USD* 02 días)
TOTAL	1440.00 USD
Alternos	
Roberto Rolando Burneo Bermejo	480 USD (240 USD* 02 días)
Carlos Armando Cieza Córdova	480 USD (240 USD* 02 días)
Alvaro Martín Ballena Domínguez	480 USD (240 USD* 02 días)

Artículo 5º.- Los gastos por concepto de viáticos que irroga el cumplimiento de la presente Resolución Suprema serán con cargo al presupuesto del INDECI, por el monto ascendente al detalle del cuadro del artículo anterior.

La participación del personal alterno del INDECI queda supeditada solamente a la imposibilidad de viajar por parte de los miembros titulares.

Artículo 6º.- Dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje autorizado, el citado representante deberá presentar ante el Titular de la Entidad, un informe detallado describiendo las acciones realizadas, los resultados obtenidos y la rendición de cuentas por los viáticos entregados.

Artículo 7º.- La presente Resolución no dará derecho a liberación o exoneración de impuestos aduaneros, cualquiera sea su clase o denominación.

Artículo 8º.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros, el Ministro de Relaciones Exteriores y el Ministro de Defensa.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

JUAN F. JIMÉNEZ MAYOR
Presidente del Consejo de Ministros

MIDORI DE HABICH ROSPIGLIOSI
Ministra de Salud
Encargada del Despacho del Ministerio de Relaciones Exteriores

PEDRO CATERIANO BELLIDO
Ministro de Defensa

ANEXO I CARGA PROPUESTA DE BIENES DE AYUDA HUMANITARIA PARA "CUBA"

DESCRIPCION DEL BIEN	MEDIDA	CAN-TIDAD PRO-PUESTA A ENVIAR	VOL UNIT	VOL TOTAL	PESO TOTAL M3	PRECIO TOTAL
BIDON DE PLASTICO X 131 L	UNIDAD	450	0.07573	34.08	2,385.00	S/. 24,503.26
C A L A M I N A C O R R U G A D A D E A C E R O GALVANIZADO DE 1.80 M X 83 CM X 22 MM	UNIDAD	2,300	0.00062	1.43	6,900.00	S/. 27,923.98
CAMA DE METAL PLEGABLE DE 3/4 PLAZA	UNIDAD	450	0.07236	32.56	4,275.00	S/. 60,430.04
COLCHON DE ESPUMA DE 3/4 PLAZA	UNIDAD	450	0.11100	49.95	900.00	S/. 24,043.38
SABANAS	UNIDAD	1,500	0.00163	2.45	750.00	S/. 22,380.00
MOSQUITERO DE TAFETAN 1 PLAZA	UNIDAD	1,500	0.00499	7.49	750.00	S/. 30,286.81
				127.95	15,960.00	S/. 189,567.48
				130 M3	16 TM	

866101-11

AGRICULTURA

Aprueban Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario

**DECRETO SUPREMO
N° 016-2012-AG**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2º, numeral 22) de la Constitución Política del Perú consagra el derecho que tiene toda persona, a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, mediante Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, se dispuso como objeto establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana;

Que, el artículo 6º de dicha Ley, modificado por el artículo 1º del Decreto Legislativo N° 1065, establece que la gestión y el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, agropecuario, agroindustrial, de actividades de la construcción, de servicios de saneamiento o de instalaciones especiales, son normados, evaluados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores o de fiscalización correspondientes, sin perjuicio de las funciones técnico normativas y de vigilancia que ejerce la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y las funciones que ejerce el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Ministerio del Ambiente;

Que, la Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final del Reglamento de la Ley N° 27314, aprobada mediante Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, establece que el Ministerio de Agricultura debe coordinar la formulación y oficialización de una norma específica que reglamente el manejo de residuos de actividades agropecuarias y agroindustriales, estableciendo que la denominación final de dicha norma específica corresponderá al Ministerio de Agricultura, en base a su marco normativo;

Que, la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura, ha propuesto el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario, el cual recoge los aportes y comentarios de los Ministerios del Ambiente y de Salud, así como de personas naturales e instituciones públicas y privadas;

Que, siendo así, resulta necesario aprobar el Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario, con la finalidad de promover y regular el manejo de los residuos sólidos generados en el desarrollo de actividades de competencia del Sector Agrario (agrícolas, pecuarias, de transformación de productos agropecuarios, hidráulicas y forestales), y de esa forma prevenir y minimizar los riesgos ambientales, así como proteger la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país;

En uso de las atribuciones que confiere el numeral 8) del artículo 118º de la Constitución Política del Perú, y de conformidad con la Ley N° 29158, la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y el Decreto Legislativo N° 997, que aprueba la Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura;

DECRETA:

Artículo 1º.- Aprobación del Reglamento

Apruébese el "Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario", que consta de ocho (8) títulos, dieciocho (18) capítulos, sesenta y tres (63) artículos y dos (2) disposiciones complementarias finales, cuyo texto forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2º.- Normas Complementarias

Facúltase al Ministerio de Agricultura para dictar las normas complementarias que fueran necesarias para garantizar el cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Artículo 3°.- Refrendo
El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Agricultura.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los trece días del mes de noviembre del año dos mil doce.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

MILTON VON HESSE LA SERNA
Ministro de Agricultura

REGLAMENTO DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR AGRARIO

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- Objetivo del Reglamento

Regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en el Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

Los objetivos específicos de este reglamento son:

a. Asegurar el cumplimiento de las disposiciones legales para el manejo de residuos sólidos con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger la calidad ambiental, la salud y bienestar de las personas, estableciendo las acciones necesarias para dar un adecuado tratamiento técnico a los residuos de las actividades de competencia del Sector Agrario.

b. Regular la minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, valorización, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos derivados de las actividades agropecuarias y agroindustriales.

c. Promover, regular e incentivar la participación de la inversión privada en las diversas etapas de la gestión de los residuos sólidos, promoviendo, en particular, el reaprovechamiento ecoeficiente de los recursos que puedan ser generados a partir de los residuos sólidos no peligrosos agropecuarios y agroindustriales.

Artículo 2°.- Ámbito de aplicación

El presente Reglamento es de aplicación al conjunto de actividades relativas a la gestión y manejo de los residuos sólidos en el Sector Agrario, siendo de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica, pública o privada, generadora de residuos, quienes deberán cumplir con las condiciones, requisitos y procedimientos establecidos en el presente Reglamento y normas complementarias.

Artículo 3°.- De la mención a referencias

Cualquier mención en este Reglamento a:

-"Ley General", se entiende referida a la Ley N° 27314 -Ley General de Residuos Sólidos.

-"Reglamento", se entiende referida al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.

-"EPS-RS", se entiende referida a la Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos.

-"EC-RS", se entiende referida a la Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos.

-"DIGESA", se entiende referida a la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud.

-"Residuos Sólidos", se entiende referida a los Residuos Sólidos Agropecuarios, Agroindustriales y de otras actividades de competencia del Sector Agrario.

-"Actividades del sector", se entiende referida a las Actividades Agropecuarias, Agroindustriales y otras actividades de competencia del Sector Agrario.

TÍTULO II DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE ACTIVIDADES DE COMPETENCIA DEL SECTOR AGRARIO

Artículo 4°.- Origen de los residuos

El presente reglamento norma la gestión de los residuos, cuyo origen sea de actividades agropecuarias, agroindustriales y otras de competencia del Sector Agrario.

Artículo 5°.- Residuos sólidos agropecuarios
Los residuos agropecuarios son aquellos que provienen de las actividades agrícolas, forestales, ganaderas, avícolas y de centros de faenamiento de animales.

Artículo 6°.- Residuos sólidos agroindustriales
Los residuos agroindustriales, son aquellos generados en los establecimientos de procesamiento de productos agrícolas.

Artículo 7°.- Residuos sólidos de otras actividades
Los residuos sólidos de otras actividades como las de producción y transformación primaria forestal e irrigaciones.

TÍTULO III DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES

Capítulo I Aspectos generales

Artículo 8°.- Manejo de residuos y modalidad de prestación de servicios

El manejo de los residuos debe ser seguro, sanitario y ambientalmente adecuado, teniendo responsabilidad el generador y la Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) y/o la Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS), teniendo en cuenta la clasificación y el destino de los residuos, con la finalidad de prevenir los impactos negativos a la salud pública y al ambiente, respetando los principios de prevención y los lineamientos de la Ley General.

Las empresas operadoras de residuos sólidos, EPS-RS o EC-RS, pueden realizar sus actividades en las instalaciones del generador. Las actividades a desarrollar por estas empresas operadoras de residuos sólidos dependerán del origen, composición y característica de los residuos sólidos.

Capítulo II De los Planes de Manejo, Declaraciones de Manejo y Planes de Contingencia de los Residuos Sólidos Agropecuarios y Agroindustriales

Artículo 9°.- Plan de manejo de residuos sólidos

El Plan de Manejo de Residuos Sólidos, deberá formar parte del Plan de Manejo Ambiental contenido en el Instrumento de Gestión Ambiental que corresponda.

Para aquellos proyectos, actividades y/u obras que no les corresponden instrumentos de gestión ambiental, deben desarrollar su respectivo Plan de Manejo de Residuos, el cual debe ser presentado ante la autoridad ambiental competente del Sector Agrario para su respectiva aprobación.

El Plan de Manejo incluirá los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para lograr una adecuada gestión de los residuos sólidos.

Conjuntamente con la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos del año anterior, el generador debe presentar en formato digital e impreso ante la autoridad ambiental competente del Sector Agrario, el respectivo Plan de Manejo de Residuos Sólidos que va a ejecutar en el siguiente año, dicho plan deberá ser refrendado por la empresa operadora de residuos sólidos.

Artículo 10°.- Contenido del plan de manejo de residuos sólidos

El Plan de Manejo de Residuos Sólidos deberá cumplir con los objetivos del presente Reglamento y debe considerar lo siguiente:

Datos Generales de la actividad

1. El Plan de Manejo de Residuos, deberá estar sellado y firmado por el titular del proyecto o de la actividad y un profesional colegiado, con especialización y experiencia en gestión y manejo de residuos sólidos.

2. Describir la actividad que desarrolla, incluyendo el flujo de insumos e identificando los puntos en que se generan los residuos sólidos.

Características de los residuos

3. Caracterizar los residuos sólidos tanto peligrosos y no peligrosos, estimando los volúmenes.

Manejo de residuos sólidos generados

4. Determinar medidas alternativas para la minimización y valorización de residuos sólidos.

5. Determinar procedimientos internos de recojo, segregación, almacenamiento, reciclaje y traslado de residuos sólidos.

6. Definir los equipos, rutas, calendarios y señalización que deberán emplearse para el manejo interno de los residuos sólidos. (adjuntando un plano con la infraestructura básica).

7. Determinar un Plan de Contingencia ante un evento inesperado que genere derrame, incendio o exposición de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

8. Elaborar un formato del registro de residuos sólidos, considerando cantidad, peso, volumen, identificación, peligrosidad u otras características.

9. Otros que pudieran ser considerados y aprobados por la normatividad vigente.

Educación Ambiental en manejo de residuos

10. Elaborar un programa de capacitación para el personal responsable de la generación y manejo de los residuos sólidos de la actividad.

11. Diseñar actividades de difusión y educación ambiental en la gestión del manejo de residuos sólidos con sus trabajadores, usuarios, instituciones y/o otros grupos de interés haciendo uso de los diversos medios de comunicación.

Todo lo que se consigne en el Plan de Manejo de Residuos Sólidos será exigible desde su aprobación.

Artículo 11°.- Declaración de manejo de residuos sólidos

Los generadores de residuos sólidos, deberán presentar la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos, generados durante el año transcurrido, debidamente firmados por quienes la suscriben, en formato digital ante la autoridad ambiental del Sector Agrario para su aprobación, dentro de los primeros quince días hábiles de cada año, según formulario establecido en el Anexo I del Decreto Supremo N° 057-2004-PCM. Dicha declaración debe hacerse por cada tipo de residuo generado, debiendo declarar todos los residuos generados durante el desarrollo de sus actividades.

Artículo 12°.- Plan de contingencias

Todo generador de residuos sólidos, debe contar con un Plan de Contingencias que determine las acciones a seguir, en caso de emergencias, durante el manejo de los residuos.

Si las EPS-RS y EC-RS prestan servicios a un tercero que cuente con su propio Plan de Contingencias, aprobado por su respectiva autoridad competente, ambos cumplirán las medidas dispuestas en sus instrumentos. Si hubiera alguna discrepancia entre dichas medidas, se aplicarán las más rigurosas.

El Plan de Contingencias debe ser actualizado por lo menos cada cinco años, cuando se modifique significativamente su contenido o cuando como resultado de la vigilancia y seguimiento se determine la necesidad de reevaluar su contenido; actualización que debe ser aprobada por la autoridad competente.

Capítulo III

Del Almacenamiento y Prohibición de Abandono de Residuos Sólidos agropecuarios, agroindustriales y de otras actividades del Sector Agrario

Artículo 13°.- Almacenamiento de residuos

El almacenamiento de los residuos, se efectuará en recipientes apropiados de acuerdo a la cantidad generada y las características del residuo separando obligatoriamente los peligrosos de los no peligrosos, además deben estar dotados de los medios de seguridad previstas en las normas técnicas correspondientes, de manera tal que se eviten pérdidas o fugas durante el almacenamiento, operaciones de carga, descarga y transporte.

Artículo 14°.- Almacenamiento temporal de residuos

El proceso de almacenamiento inicial de residuos sólidos, se realizará dentro de las instalaciones de la actividad, teniendo en cuenta el lugar o áreas donde los

residuos sólidos se generan. Una vez acumulado, y de acuerdo a su Plan de Manejo, el generador podrá disponer el traslado según corresponda.

Artículo 15°.- Almacenamiento central de residuos

El proceso de almacenamiento central de residuos, se realizará dentro de las instalaciones de la actividad, debe estar cerrado, cercado y, en su interior se colocarán los contenedores necesarios para el acopio temporal de dichos residuos sólidos, en condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para el tratamiento o disposición final. Estas instalaciones deben reunir las condiciones establecidas en el artículo 40° del Reglamento.

Artículo 16°.- Prohibición de abandono de residuos en lugares no autorizados

Está prohibido el uso de los espacios públicos (vías, parques, entre otros), así como áreas arqueológicas, áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento, playas, cuerpos de agua y fajas marginales de ríos, así como otros bienes de uso público, para el abandono de residuos. La transgresión será materia de sanción por parte de la autoridad ambiental del Sector Agrario.

Capítulo IV

Del recojo de residuos sólidos dentro de las instalaciones de la actividad

Artículo 17°.- Del recojo de residuos sólidos

El recojo de los residuos sólidos se realizará mediante contenedores y vehículos debidamente acondicionados, teniéndose en consideración lo siguiente:

1. Los contenedores y vehículos se ubicarán, de preferencia, dentro de las instalaciones de la actividad o cerca de las áreas y actividades de generación de residuos y en zonas de fácil acceso y visibilidad.

2. El generador de los residuos deberá colocar el rotulado de los contenedores de acuerdo al código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos, en base a lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP) N° 900.058.2005.

3. El área de almacenamiento temporal de los residuos, deberá contar con la delimitación, señalización, además de las medidas de seguridad y salud ocupacional para prevenir accidentes.

Artículo 18°.- Uso de envases para la recolección y almacenamiento de residuos

Se utilizarán envases de material resistente y hermético para la recolección y almacenamiento de los residuos. Estos se dispondrán en el interior del área del proyecto; su retiro podrá estar a cargo de una EPS-RS o una EC-RS, debidamente registradas.

Capítulo V

Del reaprovechamiento de residuos sólidos agropecuarios, agroindustriales y de otras actividades del Sector Agrario

Artículo 19°.- Objetivo de la minimización de residuos

La minimización de los residuos, se inicia en el diseño del proyecto con el objetivo central de reducir la generación de residuos en cada etapa o fase del proceso productivo, fomentando la segregación, reciclaje y aprovechamiento de residuos, habilitándolos mediante un tratamiento, para darle un nuevo uso. La minimización de residuos presta especial atención a evitar el uso de insumos que en su composición contienen elementos peligrosos, según indicado en el Anexo 4 del Reglamento.

Artículo 20°.- Acciones de minimización de residuos

El generador de los residuos, aplicará estrategias de minimización, valorización o de reaprovechamiento de residuos, con el fin de reducir el volumen y peligrosidad, estas acciones forman parte del Plan de Manejo de Residuos Sólidos, tal como se indica en el artículo 9°.

Las acciones de minimización de residuos sólidos generadas en el Sector Agrario deben ser realizadas por el generador y de ser posible se contará con la participación de las EPS-RS o EC-RS respectivas, en tanto éstas tengan los registros y autorizaciones respectivas.

Artículo 21°.- Segregación de residuos

La segregación de los residuos tiene por objeto facilitar su reaprovechamiento o comercialización mediante separación sanitaria de los elementos o componentes de los residuos generados en la actividad agropecuaria y agroindustrial, y fomentar el ahorro en el uso de recursos naturales. Para tal efecto, se realizarán los procesos de segregación en el sitio del proyecto o actividad, la fuente de generación, o en la instalación designada para su tratamiento.

La segregación podrá ser efectuada por una EC-RS autorizada con miras a su comercialización y reprocesamiento, de ser el caso, o por una EPS-RS en tanto ésta sea una operadora autorizada para actividades de tratamiento o el transporte para disposición final.

Artículo 22°.- Comercialización de residuos

La comercialización de residuos puede ser realizada por el generador o por una EC-RS registrada en la DIGESA, pudiendo los residuos ser adquiridos por personas naturales o jurídicas generadoras que los reutilicen en sus procesos.

Capítulo VI

Del tratamiento de los residuos sólidos

Artículo 23°.- Tratamiento de residuos sólidos

Aquellos residuos que no sean de origen orgánico, deben ser tratados según lo estipulado en el Título III de la Ley General.

Artículo 24°.- Tratamiento de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, que se generen en las actividades del Sector Agrario, deben recibir tratamiento con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen, recuperar materia o sustancias valorizables, facilitar su uso como fuente de energía, favorecer la disposición del rechazo y en general, mejorar la gestión del proceso de valorización.

El tratamiento de los residuos peligrosos puede ser realizado por el generador y de no contar con un sistema de tratamiento, deberá utilizar los servicios de una EPS-RS autorizada para tal fin.

Capítulo VII

Pautas para la gestión de los residuos sólidos

Artículo 25°.- Residuos de limpieza de cursos o cuerpos de agua

El manejo de sedimentos o lodos provenientes del dragado de cursos o cuerpos de aguas continentales, que se realiza con fines de limpieza, se ejecuta con la autorización de la Autoridad Nacional del Agua, previa opinión técnica favorable de la autoridad de salud, indicando:

- a) Las características físicas, químicas y biológicas del material a retirar.
- b) La metodología de extracción.
- c) La tecnología de tratamiento o disposición final.

Artículo 26°.- Residuos de la actividad de irrigación

El manejo de sedimentos o lodos, residuos orgánicos e inorgánicos, envases contaminados, suelos contaminados, provenientes de las actividades de irrigación, deben establecer:

- a) Las características físicas, químicas y biológicas del material a retirar.
- b) La metodología de extracción.
- c) La tecnología de tratamiento o disposición final.

Artículo 27°.- Gestión de los residuos de las actividades agrícolas

27.1 Los restos vegetales de cultivos o cosecha, pueden ser reaprovechados como forrajes de animales de crianza; así también se puede realizar su aplicación directa en la superficie del suelo, para incrementar el nivel de fertilidad, favorecer la estructura y textura del suelo y con el tiempo incrementar la infiltración del agua y reducir la erosión eólica e hídrica.

El compostaje es una opción de valorización para los residuos agrícolas donde estos restos vegetales se usan como estructurantes de aporte de carbono, para el buen funcionamiento del proceso de compostaje, también puede usarse como biocombustibles.

Está prohibido realizar la quema de dichos residuos vegetales.

27.2 Los titulares de proyectos y/o actividades sujetas a certificación ambiental que generen envases por el uso de plaguicidas, fertilizantes y agroquímicos diversos, en el ámbito de las actividades productivas e instalaciones agroindustriales de competencia del sector agrario, serán responsables de la gestión, manejo y disposición final de los envases usados.

Artículo 28°.- Gestión de los residuos de establecimientos avícolas

Las operaciones de segregación pueden ser realizadas por una EC-RS con miras al reprocesamiento de los residuos; en tanto, las actividades de tratamiento pueden ser realizadas a través de una EPS-RS autorizada para el compostaje.

La Planta de tratamiento y/o reprocesamiento de los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, deberá estar por lo menos a 1 Km de distancia de las actividades productivas del generador y a no menos de 2 km en el caso de que esta actividad sea realizada por una EPS-RS o una EC-RS.

En el caso de que el generador no disponga de planta de tratamiento de residuos como órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, deberá entregarlos a una EPS-RS registrada en DIGESA, que realice las actividades de tratamiento o a una EC-RS, que realice las actividades de reprocesamiento.

28.1 Residuos de Planta de Incubación

Los restos como aves desechadas, huevos rotos, huevos no nacidos de las plantas de incubación de aves, pueden ser utilizados como un sustrato para el proceso de compostaje o pueden ser incinerados.

Los residuos de la planta de incubación, al momento de ser transportados, deben hacerse en depósitos que eviten su escurrimiento o diseminación hacia el lugar donde serán tratados, o de darse el caso hasta un relleno sanitario autorizado por DIGESA, a través de una EPS-RS, registrada en DIGESA.

28.2 Residuos de Granjas Avícolas

- Las deyecciones de aves de corral (gallinazas) junto con el material usado en la cama, en los casos que correspondan, pueden ser incorporados al suelo previo tratamiento para estabilizarla, mejorando su calidad como abono, y si es posible, fijar el nitrógeno amoniacal.

La mejor opción de tratamiento para la gallinaza es el compostaje.

El manejo y almacenaje de la gallinaza debe realizarse bajo el concepto de buenas prácticas agrarias, con la finalidad de reciclar los nutrientes de las deyecciones y evitar la contaminación de las aguas.

Asimismo la gallinaza puede utilizarse como materia prima para la producción de biogás y de biofertilizantes, basadas en un proceso de descomposición anaeróbica.

- Las aves muertas de las granjas avícolas deben ser manejadas de manera que no generen riesgos de escapes y de diseminación de agentes patógenos hacia su entorno. Las aves muertas pueden ser utilizadas, como un co-sustrato para el proceso de compostaje o pueden tratarse vía incineración.

- Los restos de los productos usados, para la desinfección, prevención y tratamiento de enfermedades de aves, son considerados residuos peligrosos, debiendo ser manejados como tal, según el Título VI, del presente Reglamento.

28.3 Residuos de Centros de Faenamiento de Aves.

Los animales descartados, órganos, plumas, sangre o productos no aptos para el consumo humano, serán manejados y dispuestos dentro de las instalaciones del centro de faenamiento, antes de ser eliminados o reprocesados para consumo industrial, debiendo ser sometidos a un proceso que neutralice su riesgo. Es obligatorio cremar a los animales y productos del beneficio, que no sean aptos para el consumo humano, ni para su transformación en subproductos.

Artículo 29°.- Gestión de los residuos de actividades de crianza y faenamiento de animales mayores de abasto

29.1 Residuos de establecimientos de crianza de animales mayores (bovinos, porcinos, ovinos, camélidos sudamericanos domésticos, caprinos y equidos).

- Las deyecciones animales con restos de cama, alimentos y agua en cantidades variables, que resultan del sistema productivo de los animales y que presentan consistencia fluida, con un contenido aproximado de sólidos menor al 12% pueden ser reaprovechados en los cultivos agrícolas como abono órgano mineral, para lo cual deberán disponer de balsas de estiércol, cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de infiltración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas o rebosamiento por inestabilidad geotécnica, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses, que permitan la gestión adecuada de los mismos.

El tratamiento de la deyección de los animales, pueden darse mediante compostaje, secado artificial y otros, con la finalidad de transformarse en un producto orgánico estable, con características óptimas para su utilización en cultivos agrícolas.

Asimismo, estos residuos pueden ser aprovechados energéticamente, mediante técnicas de fermentación anaerobia, para la producción y el aprovechamiento de biogás. Otros sistemas de tratamiento susceptibles son la incorporación de aditivos, separación sólidos líquidos y nitrificación-desnitrificación.

- En el caso del manejo de animales muertos y sus desechos, las granjas tecnificadas y semitecnificadas, deberán contar con silos o instalaciones adecuadas, para disponer de los animales muertos, fetos, placentas u otros, a fin de minimizar el riesgo sanitario, pudiendo también ser tratados mediante un proceso de cremación controlado.

29.2 Residuos de establecimientos de beneficio de animales mayores.

Los órganos, como las agallas, vejiga, pene, útero y decomisos, sólo pueden ser aprovechados para la elaboración de harinas en instalaciones transformadoras en el camal; en caso contrario, es obligatorio cremar a los animales y productos de beneficio que no sean aptos para el consumo humano y su transformación en subproductos.

El generador que no reprocese los órganos de animales mayores de abasto, deberá entregarlos a una EPS-RS registrada en DIGESA, que realice las actividades de tratamiento o a una EC-RS, que las utilice en actividades de procesamiento.

Artículo 30°.- Gestión de los residuos agroindustriales de competencia del Sector Agrario

Los residuos de frutas y hortalizas que se producen ya sea en el almacenaje, conservación y transformación, no elaborable o consumible, pueden ser comercializados, por empresas comercializadoras debidamente registradas ante la Autoridad de Salud, o a otro generador, donde el residuo sea directamente reaprovechado en su proceso productivo.

Las principales opciones de valorización, son de alimentación de animal o compostaje.

Las estructuras de madera deterioradas que sirvieron para transportar los grupos de caja de frutas o verduras, deben de ser reciclados como madera o en su defecto, debe disponerse mediante un gestor de residuos autorizados.

Los lodos de las depuradoras que sirven para tratar los efluentes de las agroindustrias pueden ser utilizados para el compostaje o realizar la deposición en un vertedero autorizado o tratarse vía la incineración.

Artículo 31°.- Gestión de los residuos generados en la transformación primaria de los productos forestales y diferentes a la madera

Los residuos como el aserrín y virutas limpias, pueden ser reaprovechados como insumos para la industria de briquetas, tableros contrachapados, pellets de madera y celulosa.

En el caso de aserrín y virutas mezcladas con otras sustancias inocuas que no lo clasifique como material peligroso, pueden ser tratados mediante el proceso de compostaje. Los residuos de corteza, pueden ser reaprovechados como combustible, material de relleno en suelos rurales y para cercos rurales.

Los retazos de madera (pedazos de madera de pequeñas dimensiones, astillas, virutas, cotaneras), pueden ser utilizados para la producción de artesanía, como combustible para las industrias en su proceso de combustión o para la producción de carbón.

Los envases de biocidas, así como el aserrín y virutas con biocidas son considerados residuos peligrosos, y como tal, deben ser manejados y tratados, según lo establecido en el Título VI del presente reglamento.

Capítulo VIII Del transporte de residuos sólidos

Artículo 32°.- Del transporte de residuos

32.1 El traslado de los residuos dentro de las instalaciones del generador puede ser realizado con cualquier vehículo apropiado para este fin.

Toda operación de transporte de residuos fuera de las instalaciones del generador, debe ser realizada por una EPS-RS o EC-RS.

32.2 Tratándose del transporte de residuos sólidos peligrosos, el transporte se hará a través de la empresa autorizada por el Sector Transportes y Comunicaciones, de acuerdo con lo dispuesto por Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2008-MTC.

El transporte de residuos peligrosos debe cumplir con las condiciones de manejo señaladas en el Título VI del presente Reglamento.

Capítulo IX De las obligaciones y responsabilidades

Artículo 33°.- Obligaciones y Responsabilidades del generador

Los generadores de residuos sólidos tienen el deber de:

1. Manejar los residuos generados de acuerdo a las disposiciones del presente reglamento o de la aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental correspondiente.

2. Clasificar los residuos a generar o que genera, diferenciando los residuos peligrosos de los no peligrosos.

3. Contar con áreas o instalaciones apropiadas para el acopio, transporte y almacenamiento de los residuos, en condiciones tales que eviten la contaminación del lugar o la exposición de su personal o terceros, a riesgos relacionados con su salud y seguridad. De ser necesario, el generador dispondrá de áreas o instalaciones para el acopio y almacenamiento intermedio y central de residuos, las cuales deben cumplir con estándares de manejo similares, de acuerdo a la normatividad vigente.

4. Acondicionar en las infraestructuras debidamente construidas, aprobadas y/o autorizadas, de conformidad con la legislación vigente, espacios para el acopio, tratamiento, transporte interno y disposición final a los residuos sólidos que generen.

5. Conducir un registro centralizado y permanentemente actualizado con datos por lo menos mensualizados, sobre la generación y manejo de los residuos en las instalaciones bajo su responsabilidad, dando cuenta de lo siguiente:

a) Caracterización de residuos: incluyendo cantidad y tipo de residuos peligrosos y no peligrosos, por fuente de generación, detallando específicamente su procedencia (planta, infraestructura o instalación productiva, de servicios auxiliares, áreas administrativas u otros).

b) Número y localización de las áreas e infraestructuras de manejo de residuos habilitadas, incluyendo todos los lugares de almacenamiento intermedio y central de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, según corresponda.

c) Número y localización de contenedores diferenciados por tipo de residuos.

d) Los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de generación, de almacenamiento intermedio y central.

e) Tipo y cantidad de residuos almacenados y periodo de almacenamiento.

f) Tipo y cantidad de residuos reaprovechados y lugar de reaprovechamiento, según corresponda.

g) Tipo y cantidad de residuos sujetos a acondicionamiento y tratamiento, según sea el caso.

h) Tipo y cantidad de residuos entregados a EPS-RS y EC-RS, y el lugar de destino de los mismos.

i) Datos de la EPS-RS y EC-RS contratadas para el transporte externo de residuos no peligrosos y de las empresas contratadas para el transporte de residuos peligrosos.

6. Verificar la vigencia y alcance de las autorizaciones y licencias otorgadas a las EPS-RS y EC-RS que hubieren sido contratadas. La contratación de terceros para el manejo de los residuos, no exime a su generador de la responsabilidad de verificar y de contar con documentación que acredite que las unidades de recolección y transporte, y las instalaciones de tratamiento, comercialización o disposición final de los mismos, cuenten con las autorizaciones legales correspondientes.

7. Presentar la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos dentro de los quince primeros días hábiles de cada año, por cada tipo de residuo, ante la autoridad ambiental del Sector Agrario.

8. Presentar para su aprobación, el Plan de Manejo de Residuos Sólidos, del período siguiente, debidamente acompañado de la Declaración de Manejo de Residuos Sólidos, ante la autoridad ambiental del Sector Agrario.

9. Presentar en los quince primeros días hábiles de cada mes, los documentos originales del Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos acumulados del mes anterior, ante la autoridad ambiental del Sector Agrario.

10. Presentar para su aprobación, el Plan de Contingencias y aplicarlo ante situaciones de emergencia, de acuerdo a lo señalado en el artículo 12° del presente Reglamento.

11. Brindar las facilidades necesarias para que la autoridad de salud, la autoridad ambiental del Sector Agrario y municipales competentes puedan cumplir con las funciones establecidas en la Ley General, Reglamento de la Ley y el presente Reglamento.

12. Conservar la información que sustenta las declaraciones e informes remitidos ante las autoridades competentes, durante un plazo no menor de cinco (5) años y tenerla a disposición para facilitarla a los supervisores correspondientes, a su requerimiento.

13. Cumplir con los otros requerimientos previstos en el presente Reglamento y otras disposiciones en materia de residuos sólidos vigentes.

TÍTULO IV DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Artículo 34°.- Disposición final de residuos

Los Residuos no reaprovechables que resulten luego de realizado el proceso de segregación, reciclaje, selección y clasificación para efectos de reutilización, serán transportados a un relleno sanitario o un relleno de seguridad, a través de una EPS-RS debidamente registrada en la DIGESA para su disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada.

TÍTULO V CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS AGROPECUARIOS, AGROINDUSTRIALES Y DE OTRAS ACTIVIDADES DEL SECTOR AGRARIO

Artículo 35°.- Construcción de infraestructura necesaria para el manejo de residuos sólidos

35.1 El proyecto de infraestructura para la construcción de infraestructura necesaria para el almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos generados en el desarrollo de las actividades, que se localice al interior de las instalaciones de las actividades del sector, áreas de la concesión o lote del titular a cargo de dichas actividades, será aprobado por la autoridad ambiental del Sector Agrario, como parte del respectivo Instrumento de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las competencias municipales en materia de zonificación.

35.2 La aprobación del Instrumento de Gestión Ambiental por la autoridad ambiental del Sector Agrario para la construcción de infraestructura necesaria para el tratamiento y disposición final de los residuos generados en el desarrollo de las actividades que se localice fuera de las instalaciones agroindustriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular del proyecto, debe contar con la previa opinión favorable de la autoridad de salud, la cual aprobará también el proyecto de dicha infraestructura antes de su construcción, sin perjuicio de las competencias municipales en materia de zonificación.

TÍTULO VI DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS

Artículo 36°.- Definición de residuos peligrosos

De conformidad con el artículo 22° de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y el Anexo 6 de

su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, son residuos peligrosos aquellos generados en las actividades del sector, que por sus características de autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad, o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

Artículo 37°.- De los residuos peligrosos

Se consideran residuos peligrosos, aquellos que reúnen las características indicadas en los Anexos 4 y 6 del Reglamento de la Ley General. Entre los principales residuos peligrosos de las actividades del sector, que deben ser tratados como tal, se tienen los envases de plaguicidas químicos de uso agrícola, envases de biocidas y restos de productos usados para la desinfección, prevención y tratamiento de enfermedades de animales.

Capítulo I Del manejo de residuos sólidos peligrosos de las actividades del sector

Artículo 38°.- Operaciones para el manejo de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos deben ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Almacenamiento
4. Recolección segura
5. Transporte
6. Transferencia
7. Disposición final en rellenos de seguridad o celdas de seguridad en rellenos sanitarios.

Artículo 39°.- Manejo de residuos peligrosos

39.1 Todo generador de residuos peligrosos de las actividades del Sector Agrario, deberá:

1. Adoptar medidas tendientes a minimizar la generación y características de peligrosidad de los residuos peligrosos desde el origen.

2. Segregar adecuadamente los residuos peligrosos en la fuente.

3. Almacenar los residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para el tratamiento y disposición final, previstas en las normas técnicas correspondientes.

4. Recolectar los residuos peligrosos, a fin de transferirlos a un lugar apropiado para su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.

5. Transferir los residuos peligrosos a una infraestructura adecuada temporalmente para su disposición final.

6. El generador deberá disponer los residuos peligrosos a las correspondientes EPS-RS debidamente registrada por la DIGESA para su disposición final, para lo cual deberán utilizar el correspondiente Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos.

7. Facilitar el acceso a trabajadores a cargo del manejo de los residuos sólidos, a las hojas de seguridad (MSDS) correspondientes a los productos generadores de residuos peligrosos, a efectos de evitar peligros y riesgos durante su manejo y asegurar que éste sea efectuado conforme a las especificaciones técnicas señaladas por el fabricante de dichos productos.

8. Brindar las facilidades necesarias para que la Autoridad de Salud y la autoridad ambiental del Sector Agrario puedan cumplir con las funciones establecidas en el presente Reglamento.

39.2 En caso de los envases usados de plaguicidas, se realizará el Triple lavado, el cual consiste en un procedimiento de limpieza del envase, que se repite tres veces y que consiste en remover con agua los residuos de plaguicida que queda en la pared de los envases usados, siendo los pasos a realizar los siguientes:

1. Usar Equipo de Protección Personal y agua limpia.
2. Realizar la operación inmediatamente, una vez terminado el contenido del envase, caso contrario este puede solidificarse y dificultar su remoción con el agua.
3. Vaciar el contenido remanente del envase, en el tanque de mezcla o aplicación, durante 30 segundos.

4. Llenar el envase con agua, en un 25% de la capacidad total del envase, posteriormente se cierra el envase con su respectiva tapa y se sacude vigorosamente en todas las direcciones, por unos 30 segundos.

5. Vaciar el contenido del triple lavado, en el tanque de mezcla, durante 30 segundos.

6. Repetir los pasos 4 y 5, dos veces más, es decir en total 3 veces.

7. Perforar el envase para evitar su reutilización, y almacenar en cajas limpias, durante su almacenamiento central o disposición final.

Artículo 40°.- Manifiesto de Residuos Peligrosos

40.1 El generador y la EPS-RS responsable del servicio de transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos están obligados a suscribir un Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos por cada movimiento de residuos fuera de sus instalaciones, de acuerdo con el formato del Anexo 2 del Reglamento, con tantas copias como entidades participen en el manejo de los residuos hasta su disposición o destino final.

40.2 Todas las entidades que participen en el movimiento de dichos residuos, deben suscribir y sellar el original del Manifiesto y sus copias, al momento de recibirlos.

40.3 Una vez que la entidad a cargo del transporte entrega los residuos a su destino final, devolverá el original del Manifiesto al generador, firmado y sellado por todas las entidades que han intervenido en su manejo.

40.4 El generador y cada entidad que haya participado en el manejo de los residuos peligrosos debe conservar su respectiva copia del Manifiesto con las firmas que consten al momento de su recepción durante un tiempo no menor de cinco (05) años.

40.5 El generador remitirá a la autoridad del sector competente durante los primeros quince (15) días de cada mes, los manifiestos originales acumulados del mes anterior a la autoridad ambiental del sector agrario.

40.6 En caso que la disposición final se realice fuera del territorio nacional, el generador adjuntará copia digital de la Notificación del país importador, conforme al artículo 145° del Reglamento y la documentación de exportación de la Superintendencia Nacional Adjunta de Aduanas.

Artículo 41°.- Plazo adicional para entrega de Manifiesto

Si transcurrido un plazo de quince (15) días calendarios, más el término de la distancia de ser el caso, contados a partir de la fecha en que la entidad de transporte reciba los residuos peligrosos y ésta no haya devuelto al generador el Manifiesto en original con las firmas y sellos como se indica en el artículo 40°, el generador informará a la DIGESA respecto de este hecho, a fin de que dicte la sanción que corresponda a la empresa encargada del transporte.

Capítulo II

De la identificación y clasificación de residuos sólidos peligrosos de las actividades del Sector Agrario

Artículo 42°.- Identificación de residuos peligrosos

Serán tratados como residuos peligrosos, aquellos cuyo generador u operador no logre demostrar la inexistencia de cualquier tipo de condición de peligrosidad indicadas en el Anexo 6 del Reglamento.

De no existir especificaciones técnicas del productor o proveedor del residuo, la no existencia de elementos peligrosos en residuos, se demostrará con análisis científicos validados internacionalmente, para clasificarlos y gestionarlos adecuadamente de acuerdo a sus características.

Estos análisis deberán respetar recomendaciones y normas internacionales de análisis tales como las indicadas en la reglamentación modelo de Naciones Unidas relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas mencionadas en el Volumen III, Manual de Pruebas y Criterios-2003, Sección para la clasificación (10) y sección pruebas (11). Allí se dan a conocer los procedimientos y criterios más útiles para lograr una buena clasificación de las materias peligrosas.

Capítulo III

De la recolección, almacenamiento y embalaje de residuos sólidos peligrosos de las actividades del Sector Agrario

Artículo 43°.- Recolección o segregación de residuos peligrosos

Consiste en la recolección o segregación clasificada y separada de los residuos peligrosos, considerando su

almacenamiento temporal, previa clasificación por separado en el mismo lugar de la actividad. Todos los residuos peligrosos deben ser embalados apropiadamente por el generador para que sean controlados y monitoreados desde su salida de la actividad hasta el relleno de seguridad, celda de seguridad en un relleno sanitario o planta de tratamiento autorizada; los envases deben presentar etiquetas que los identifique, señalando sus características y nivel de peligrosidad, buscando con ello evitar cualquier tipo de contaminación al ambiente o perjuicio a las personas.

Artículo 44°.- Minimización de residuos peligrosos

La autoridad ambiental competente del Sector Agrario, promoverá la minimización, reducción, eliminación y sustitución progresiva de los elementos peligrosos en la generación de residuos, por otros menos peligrosos.

Artículo 45°.- Acondicionamiento de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos deben ser acondicionados de acuerdo a su naturaleza física, química, considerando sus características de peligrosidad, su incompatibilidad con otros residuos, así como las reacciones que puedan ocurrir con el material del recipiente que lo contiene, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 38° del Reglamento.

Artículo 46°.- Almacenamiento de residuos peligrosos

El almacenamiento de los residuos peligrosos, en instalaciones productivas u otras, debe estar cerrado, cercado y, en su interior se colocarán los contenedores necesarios para el acopio temporal de dichos residuos, en condiciones de higiene y seguridad, hasta su evacuación para la disposición final, debiendo implementarse una señalización que indique la peligrosidad de los residuos, en lugares visibles, así como las condiciones establecidas en los artículos 39° y 40° del Reglamento.

Capítulo IV

Del transporte y la disposición final de residuos sólidos peligrosos de las actividades del Sector Agrario

Artículo 47°.- Transporte de residuos peligrosos

El traslado de los residuos peligrosos se efectúa de acuerdo a lo previsto en la Ley N° 28256, Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos y sus normas complementarias.

Artículo 48°.- Disposición final de residuos peligrosos

La disposición final adecuada de los residuos peligrosos de las actividades del sector, se realiza mediante el relleno de seguridad o de otros sistemas debidamente aprobados por la autoridad de Salud de nivel nacional, según lo establecido en los Artículos 51°, 52° y 53° del Reglamento.

TÍTULO VII

VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO

Capítulo I

Aspectos Generales

Artículo 49°.- Vigilancia y seguimiento

Corresponde a la autoridad ambiental competente del Sector Agrario realizar el control y supervisión integral de la actividad que se desarrolla; y al generador brindar las facilidades del caso para el mejor cumplimiento por ambas partes de lo dispuesto en el presente Reglamento.

Artículo 50°.- Objeto de la vigilancia y seguimiento

Son objeto de la vigilancia y seguimiento, el grado de cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento sustentados en lo siguiente:

1. Declaración de manejo de residuos sólidos desde la fecha de la construcción y operación;
2. Plan de manejo de residuos sólidos del generador, desde la fecha de la construcción y operación;
3. Manifiesto de manejo de residuos peligrosos desde la fecha de la construcción y operación;
4. Formato del registro de residuos sólidos, donde se considera la cantidad, peso, volumen, identificación, peligrosidad u otras características.
5. Otros documentos, proyectos y estudios relativos a la gestión de residuos.

TÍTULO VIII PROMOCIÓN, INCENTIVOS, INFRACCIONES Y SANCIONES

Capítulo I De la promoción

Artículo 51°.- Promoción de la iniciativa pública y privada

La gestión y el manejo de los residuos sólidos de la actividad agropecuaria y agroindustrial fomenta el espíritu emprendedor y creativo de la población y promueve la iniciativa e inversión pública o privada en las actividades del Sector Agrario, para lo cual busca la eficiencia de la intervención pública o privada a través de la especialización por la actividad económica y en cumplimiento de los objetivos del presente Reglamento.

Para ello, las municipalidades provinciales y distritales a través de distintos convenios, acuerdos u otros instrumentos de entendimiento, podrán facilitar la inversión del sector privado en el manejo de los residuos.

Capítulo II De los incentivos

Artículo 52°.- Incentivos

Con el objetivo de promover el adecuado manejo de los residuos y en aplicación al presente Reglamento, y sin perjuicio de las facultades establecidas por la Ley Orgánica de Municipalidades, las autoridades municipales podrán establecer los incentivos que consideren necesarios, a las personas naturales y jurídicas que cumplan con lo establecido en la presente norma.

Artículo 53°.- Premios y reconocimientos

Como se establece en el artículo 142° del Reglamento, el Ministerio de Agricultura, coordinará con el Ministerio del Ambiente para que en el premio Anual a la gestión responsable de los residuos sólidos se incorpore explícitamente un ítem para los residuos sólidos de las actividades del Sector Agrario.

Capítulo III De las infracciones

Artículo 54°.- Responsabilidad del generador de residuos

A efectos de lo establecido en la presente norma, los residuos tendrán en cada etapa un titular responsable, el generador y la EPS-RS o EC-RS según corresponda.

El generador es responsable de cualquier daño que pudiera producirse por incumplimiento del presente Reglamento, concordante con la Ley, sea por acción u omisión. De existir responsabilidad entre el generador, la EPS-RS y la EC-RS de los residuos, éstos serán solidariamente responsables.

Están exceptuados de las sanciones administrativas los generadores o titulares de los residuos, cuando éstos han sido puestos a disposición de la EPS-RS o EC-RS autorizada, quienes son los que asumen la responsabilidad.

Artículo 55°.- Calificación de las infracciones

La calificación de las infracciones y la imposición de sanciones establecidas en el presente Reglamento, deberá enmarcarse dentro de las facultades establecidas por la Ley General y su Reglamento, así como el Decreto Legislativo N° 1065 que modifica la Ley General, considerando la debida proporción entre los daños ocasionados por el infractor y la sanción a imponer, teniéndose en cuenta además los principios de potestad sancionadora que establece la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, así como los criterios establecidos en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 56°.- Infracciones

Las infracciones a las disposiciones de la Ley General y el Reglamento, se clasifican en:

1. Infracciones leves.- en los siguientes casos:

- a) Negligencia en el mantenimiento, funcionamiento y control de las actividades de residuos;
- b) Incumplimiento en el suministro de información a la autoridad correspondiente.
- c) Incumplimiento de otras obligaciones de carácter formal.

d) Otras infracciones que no revistan mayor peligrosidad.

2. Infracciones graves.- en los siguientes casos:

a) Ocultar o alterar maliciosamente la información consignada en los expedientes administrativos para la obtención de registros, autorizaciones, o licencias previstas en el presente Reglamento.

b) Realizar actividades sin la respectiva autorización prevista por ley o, realizar éstas con autorizaciones caducadas o suspendidas, o el incumplimiento de las obligaciones establecidas en las autorizaciones;

c) Abandono, disposición o eliminación de los residuos en lugares no permitidos;

d) Incumplimiento de las disposiciones establecidas por la autoridad competente;

e) Falta de pólizas de seguro, de conformidad a lo establecido en el presente Reglamento;

f) Importación o ingreso de residuos no peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por la norma;

g) Falta de rotulado en los recipientes o contenedores donde se almacena residuos peligrosos, así como la ausencia de señalizaciones en las instalaciones de manejo de residuos;

h) Mezcla de residuos incompatibles;

i) Comercialización de residuos sólidos no segregados;

j) Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos no peligrosos;

k) Otras infracciones que generen riesgos a la salud pública y al ambiente.

3. Infracciones muy graves.- en los siguientes casos:

a) Operar infraestructuras de residuos sin la observancia de las normas técnicas;

b) Importación o ingreso de residuos peligrosos al territorio nacional, sin cumplir con los permisos y autorizaciones exigidos por la norma;

c) Incumplimiento de las acciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados;

d) Comercialización de residuos peligrosos sin la aplicación de sistemas de seguridad en toda la ruta de la comercialización;

e) Utilizar el sistema postal o de equipaje de carga para el transporte de residuos peligrosos;

f) Omisión de planes de contingencia y de seguridad; y,

g) Otras infracciones que permitan el desarrollo de condiciones para la generación de daños a la salud pública y al ambiente.

Capítulo IV Del régimen de sanciones

Artículo 57°.- De la Responsabilidad

A efectos de lo establecido en el presente Reglamento, los Residuos Sólidos, tendrán siempre como titular responsable al generador y a la EPS-RS o EC-RS.

El generador de los residuos, quedará exceptuado de responsabilidad, cuando éstos hayan sido puestos a disposición de la EPS-RS o EC-RS autorizada.

La aplicación del régimen de sanciones por infracciones a la presente norma, se rige por el principio de no aplicación de doble sanción por el mismo acto u omisión, cuando el mismo configure una o más infracciones.

Artículo 58°.- Criterios para la aplicación de sanciones

Para efectos de la aplicación de las sanciones, la autoridad ambiental del sector agrario deberá tener en cuenta si el infractor por la acción u omisión al presente Reglamento, tuvo conocimiento de la gravedad de los hechos y su condición de reincidente, si fuera el caso también la evaluación de posibles daños y perjuicios a terceros o a los bienes públicos o privados.

Artículo 59°.- Sanciones

Los infractores en concordancia con el artículo 136° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y los artículos 145° y 146° del Reglamento, son pasibles de una o más de las siguientes sanciones administrativas:

1. Infracciones leves ante la primera falta:

a. Amonestación por escrito en donde se le obliga a corregir la infracción; y,

b. Multas de 0.5 a 20 UIT, con excepción cuando se trate de residuos sólidos peligrosos que será de 21 hasta 50 UIT;

2. Infracciones graves ante falta reiterada:

a. Suspensión parcial o total, por un periodo de hasta 60 días de las actividades o procedimientos operativos de las EPS-RS, EC-RS o generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal; y,

b. Multa desde 21 a 50 UIT. En caso se trate de residuos peligrosos, la multa será de 51 hasta 100 UIT.

3. Infracciones muy graves cuando pongan en peligro la salud humana o de ecosistemas frágiles:

a. Clausura parcial o total de las actividades o procedimientos operativos de las empresas o generadores de residuos del ámbito de gestión no municipal;

b. Cancelación de los registros y licencias otorgadas; y

c. Multa desde 51 a 100 UIT, con excepción cuando se trate de residuos peligrosos que será de 101 hasta el tope de 600 UIT.

Artículo 60°. - Obligación de reposición y ejecución subsidiaria

60.1. Sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa que correspondiera, los infractores estarán obligados a la reposición o restauración del daño causado al estado anterior a la infracción cometida, en la forma y condiciones fijadas por la autoridad que impuso la sanción e independiente de la sanción que le correspondiera; y

60.2. Si los infractores no procedieran a la reposición o restauración, de acuerdo con lo establecido en el numeral anterior, la autoridad competente podrá proceder a la ejecución subsidiaria a cuenta y costo del infractor.

Artículo 61°. - Formalización de la sanción

Toda sanción que se imponga al infractor será mediante resolución motivada, con los fundamentos de hecho y de derecho, bajo causal de nulidad.

Artículo 62°. - Potestad sancionadora de la autoridad ambiental del Sector Agrario

La potestad sancionadora, así como la vigilancia, control y medidas cautelares respecto a las infracciones cometidas en el marco de la aplicación de este Reglamento, la ejerce la autoridad ambiental del Sector Agrario, desde el momento que el residuo es generado y sale del control del generador hasta la llegada a su destino final, en concordancia con lo establecido en el artículo 49° de la Ley General.

Artículo 63°. - Registro de sanciones

La autoridad ambiental del Sector Agrario, deberá establecer el Registro de Sanciones, en aplicación del presente Reglamento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación supletoria

Para todo lo no previsto en el presente Reglamento, será de aplicación supletoria la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM; el Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; y la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.

Segunda.- Definiciones

Para efectos de la aplicación del presente Reglamento, se entenderá por:

1. Almacenamiento inicial.- Acumulación o conservación de residuos en condiciones técnicamente adecuadas como parte de su Plan de Manejo, en un lugar de la actividad, por un periodo de tiempo determinado.

2. Centro de Acopio.- Lugar autorizado donde se depositan y acumulan temporalmente los residuos provenientes de las diferentes fuentes generadoras de residuos para su posterior tratamiento, disposición final u otro destino autorizado.

3. Contenedores de residuos peligrosos. - Todo envase, bolsa o cilindro apto para usarse en el almacenamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos.

4. Compactación.- Acción de presionar los materiales para reducir los vacíos existentes en él y a la vez lograr una mayor estabilidad en el proceso de disposición final.

5. Contenedores.- Cualquier recipiente de capacidad variable utilizado para el almacenamiento o transporte interno o externo de los residuos.

6. Corrosivo.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.

7. Disposición final.- Es la acción de colocación ordenada de los residuos en los lugares de destino final sin perjudicar el ambiente y la salud de la población.

8. Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS). - Persona jurídica registrada en la DIGESA, que se dedica a la comercialización de residuos sólidos en las actividades de recolección, transporte, segregación, almacenamiento y reprocesamiento.

9. Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS).- Persona jurídica registrada en la DIGESA, que se dedica a la prestación de servicios de residuos sólidos en las actividades de barrido, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

10. Entidad organizada.- Personas naturales que convienen en agruparse para realizar un fin común, constituyéndose en persona jurídica y formalizándose en su inscripción en los Registros Públicos.

11. Estudios ambientales.- Las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y demás instrumentos de gestión ambiental establecidos en la legislación vigente para el desarrollo de proyectos de inversión.

12. Explosivo.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias y preparados que puedan explotar bajo el efecto del calor.

13. Generador de residuos.- Es el titular -llámese persona natural o jurídica- de la instalación o actividad que da origen o genera los residuos sólidos.

14. Gestión de residuos sólidos.- Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos del ámbito nacional, regional y local.

15. Inflamable.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21°C e inferior o igual a 55°C.

16. Instrumento de Gestión Ambiental.- Son documentos de gestión ambiental orientados al cumplimiento de la Política Nacional del Ambiente sobre la base de los principios establecidos en la Ley General del Ambiente, sus normas complementarias y reglamentarias. Constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario, para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país.

Esta definición comprende tanto los estudios ambientales como a los instrumentos de gestión ambiental de adecuación y manejo ambiental e instrumentos ambientales complementarios al Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA).

17. Manejo.- Conjunto de operaciones (generación, selección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final) dirigidas a dar a los residuos el destino más adecuado de acuerdo con sus características; con la finalidad de prevenir daños o riesgos para la salud humana o el ambiente, incluye las operaciones de almacenamiento.

18. Monitoreo.- Examen periódico que realizan los técnicos autorizados, con la finalidad de observar sobre los niveles de contaminación y evaluar la efectividad de un control, a través de un periodo específico, trazándose metas de acuerdo a un programa establecido de supervisión y control.

19. Operador.- Persona natural que realiza cualquiera de las operaciones procesos que componen el manejo de los residuos, pudiendo ser o no el generador de los mismos.

20. Operario.- Persona natural que se encarga de la carga y descarga de los residuos.

21. Plan de Cierre.- Contempla una restauración ecológica, morfológica y biológica de los recursos naturales afectados, tratando de devolverle la forma que tenía la zona antes de iniciarse el proyecto, en todo caso mejorarla; una vez concluida la vida útil del proyecto.

22. Plan de Manejo Ambiental.- Es el plan que atiende los requerimientos de un estudio ambiental, al establecer a detalle las acciones para potenciar los impactos ambientales positivos y prevenir, minimizar, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo

de un proyecto o actividad. Este incluye los planes de seguimiento, evaluación, sistemas de información y monitoreo y de contingencia. Es un plan operativo para ejecutar medidas y prácticas ambientales a fin de cumplir con la legislación ambiental.

23. Planta de Reprocesamiento.- Infraestructura que permite el reprocesamiento de residuos con miras a su reaprovechamiento. Puede ser manejada por el generador o una EC-RS autorizada para ello.

24. Planta de Transferencia.- Instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos sólidos de los camiones o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad.

25. Planta de Tratamiento.- Infraestructura que permite la práctica de varios procesos de tratamiento de residuos. Puede ser manejada por el generador o una EPS-RS autorizada para ello.

26. Reaprovechar.- Volver a obtener un beneficio del elemento o parte del mismo que constituye el residuo sólido de las actividades del sector. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento para el reciclaje, recuperación o reutilización.

27. Reactivo.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias que al entrar en contacto con otras reacciona, formando un producto de diferentes características.

28. Reciclar.- Procedimiento mediante el cual los materiales segregados de los residuos son reincorporados como materia prima al ciclo productivo.

29. Residuos Sólidos.- Los residuos sólidos son materiales que después de utilizarse y satisfacer una necesidad, se desechan para que puedan ser reciclados.

30. Residuos inflamables.- Residuos que contienen compuestos que se inflaman o prenden fuego con facilidad, por ejemplo, altas concentraciones de hidrógeno o carbón.

31. Residuos peligrosos.- Residuos que generan directa o indirectamente algún peligro de contaminación o daño a la salud humana y los ecosistemas.

32. Residuos tóxicos.- Residuos que al entrar en contacto con entes biológicos originan una respuesta adversa.

33. Recolección de residuos peligrosos.- Término que hace referencia a la recolección y segregación segura de los residuos peligrosos.

34. Relleno de seguridad.- Método de disposición de residuos peligrosos en vertederos emplazados en el suelo o subsuelo, cuyo objetivo es evitar que las propiedades nocivas del residuo afecten al medio natural o la salud humana. Para su construcción se consideran las propiedades del suelo, su lejanía de corrientes de aguas subterráneas y superficiales, y la elección de aislantes o recubrimientos sintéticos.

35. Reutilización.- Toda actividad que permita reaprovechar directamente el bien, artículo o elemento que constituye el residuo sólido, con el objeto de que cumpla el mismo fin para el que fue elaborado originalmente o en alguna relacionada sin que para ello se requieran procesos adicionales de transformación.

36. Riesgo.- Probabilidad de ocurrencia de un daño o peligro con consecuencias nocivas, perjudiciales y desfavorables para la salud y el ambiente.

37. Segregación.- Proceso de separación de los residuos, que permite clasificarlos para su posible reutilización o disposición final.

38. Toxicidad.- Se aplica a los residuos sólidos que contienen sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, enfermedades agudas o crónicas e incluso la muerte.

39. Tratamiento de residuos peligrosos.- Cualquier actividad o serie de actividades que tienen el objetivo de reducir el volumen y la toxicidad de cualquier residuo peligroso, sin la posibilidad de generar material utilizable en la manufactura de productos comerciales. Los sistemas básicos de tratamiento son el tratamiento biológico, tratamiento fisicoquímico y tratamiento térmico, el tratamiento es realizado por EPS-RS autorizada para ello.

40. Tratamiento de residuos.- Es el proceso de transformación físico, químico o biológico de los residuos, con el fin de obtener beneficios sanitarios o económicos, ambientales, sociales y urbanos, a través de la reducción o eliminación de sus efectos nocivos en el hombre y el ambiente. Esta actividad es realizada por EPS-RS autorizadas para ello.

41. Transportista.- Persona jurídica que asume la responsabilidad de realizar el transporte de residuos sólidos

de la construcción, registrada como EPS-RS o EC-RS y autorizada por la autoridad competente.

42. Valorización.- Procedimiento de separación selectiva, que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios a la salud pública y al ambiente.

866098-1

Aprueban Reglamento de Infracciones y Sanciones Ambientales del Sector Agrario

DECRETO SUPREMO
N° 017-2012-AG

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, en el Capítulo II de su Título IV regula las disposiciones que disciplinan la facultad de las entidades para establecer infracciones administrativas y las consecuentes sanciones a los administrados, precisando el carácter supletorio de su aplicación en las entidades cuya potestad sancionadora está regulada por leyes especiales;

Que, el primer párrafo del numeral 1° del artículo 4° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, establece que el Poder Ejecutivo tiene, entre otras, la competencia exclusiva de diseñar y supervisar políticas nacionales y sectoriales, las cuales son de cumplimiento obligatorio por todas las entidades del Estado en todos los niveles de gobierno;

Que el inciso d) del artículo 36° de la Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización, señala que dentro de las competencias compartidas de los Gobiernos Regionales está la gestión sostenible de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad ambiental;

Que, respecto al ejercicio de las competencias compartidas, en las funciones que son materia de descentralización, el inciso b) del numeral 23.3 del artículo 23° de la Ley N° 29158, señala que los Ministerios dictan normas y lineamientos técnicos para el otorgamiento y reconocimiento de derechos;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, establece que el Estado en materia ambiental tiene el rol de diseñar y aplicar las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias

para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley, ejecutando esta función a través de sus entidades y órganos correspondientes;

Que, el artículo 135° de la acotada Ley N° 28611 dispone que el incumplimiento de las normas que ella contiene es sancionado por la autoridad competente en base al Régimen Común de Fiscalización y Control Ambiental, regulando que las autoridades pueden establecer normas complementarias, siempre que no se opongan al Régimen Común;

Que, el artículo 17° de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, establece que las autoridades sectoriales ejercen sus funciones ambientales sobre la base de sus leyes correspondientes, de conformidad con la Política Nacional del Ambiente y las Políticas Sectoriales, en el marco de los principios de la gestión ambiental contenidos en el artículo 5° de dicha Ley;

Que, el primer párrafo del artículo 50° del Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, modificado por la Novena Disposición Complementaria de la Ley N° 26734, establece que las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio ambiente y los Recursos Naturales, son los Ministerios o los organismos fiscalizadores, según sea el caso, de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas;

Que, el artículo 9° del Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, dispone que la competencia del Estado en materia ambiental tiene carácter compartido, y es ejercida por