

Manual para la valorización de residuos agrícolas y pecuarios altoandinos para la producción de biofertilizantes



PERÚ
Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria





MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESTRATÉGICOS AGRARIOS

**Manual para la valorización de
residuos agrícolas y pecuarios
altoandinos para la producción
de biofertilizantes**





MANUAL PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y PECUARIOS ALTOANDINOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego

Angel Manuel Manero Campos

Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

Carmen Inés Vegas Guerrero

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

Orlando Hernán Chirinos Trujillo

Presidente Ejecutivo del Instituto Nacional de Innovación Agraria

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Primera edición digital:

Julio, 2025

Publicado:

Julio, 2025

Disponible en:

<https://repositorio.inia.gob.pe/>

ISBN:

978-9972-44-186-8

Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Av. La Molina 1981, Lima-Perú

Teléf. (511) 240-2400

www.gob.pe/inia

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones:

Janet Flores / **Teléfono:** 964173509 / **Correo electrónico:** comite_publicaciones@inia.gob.pe

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-07850

Autores: Nestor E. Cuellar-Condori, Richard A. Solórzano-Acosta / **Editor general:** Cinthia S. Quispe-Apaza /

Revisión de contenido: Héctor A. Ramírez-Maguiña / **Diseño y diagramación:** Miguel Alvarez-Escalante

Tabla de contenido

Presentación	9
<hr/>	
1. Introducción	11
<hr/>	
2. Contexto y problemática	15
<hr/>	
3. Aprovechamiento de residuos agrícolas y pecuarios	21
3.1. Calidad de las diferentes fuentes de abonos orgánicos	21
3.2. Las ventajas del uso de los abonos orgánicos	23
<hr/>	
4. Características de los residuos agrícolas y pecuarios altoandinos	25
4.1. Estiércol	27
4.2. Consideraciones sobre el uso del estiércol	29
4.2.1. Estiércol de camélidos	29
4.2.2. Estiércol de ovino	32
4.2.3. Estiércol de vacuno	34
4.2.4. Estiércol de cuy	35
4.2.5. Estiércol de gallina	36
4.3. Rastrojo o broza	37
4.3.1. Broza de quinua	39
4.3.2. Broza de haba	40
4.3.3. Broza de avena o cebada	42
4.4. Uso de estiércol y residuos vegetales en unidades agropecuarias	44
<hr/>	
5. Biofertilizantes	47
5.1. El compostaje	48
5.1.1. Ventajas de la aplicación de compost	49
5.1.2. Características del compost	49
5.1.3. Fases de compostaje	50
5.1.4. Preparación del compost	54
5.1.5. Uso del compost	63
<hr/>	



Tabla de contenido

5.2. El vermicompost	64
5.2.1. Características	65
5.2.2. Composición	65
5.2.3. Lombriz roja californiana	66
5.2.4. Ventajas	67
5.2.5. Preparación del humus de lombriz	68
5.2.6. Ubicación, orientación y construcción de los lechos de crianza	68
5.2.7. Construcción de los lechos	69
5.2.8. Instalación y manejo del lecho	70
5.2.9. Cosecha y almacenamiento	71
5.2.10. Uso y aplicación	72
5.3. Biol	73
5.3.1. Ventajas	74
5.3.2. Composición bioquímica del biol	77
5.3.3. Preparación del biol	78
5.3.4. Aplicación y dosificación	78

6. Referencias bibliográficas	81
--------------------------------------	-----------





Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), que desarrolla actividades de investigación, transferencia tecnológica, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos; además de la producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético.

El INIA, a través de la Dirección de Servicios Estratégicos Agrarios (DSEA), viene ejecutando el proyecto de inversión “Mejoramiento de los servicios de investigación y transferencia tecnológica en el manejo y recuperación de suelos agrícolas degradados y aguas para riego en la pequeña y mediana agricultura en los departamentos de Lima, Áncash, San Martín, Cajamarca, Lambayeque, Junín, Ayacucho, Arequipa, Puno y Ucayali”, con CUI N° 2487112, el cual tiene como uno de sus objetivos evaluar prácticas alternativas para el manejo de suelos y agua en la producción agrícola.

La creciente preocupación por los efectos negativos del uso excesivo de fertilizantes químicos ha impulsado la búsqueda de alternativas más ecológicas para el manejo de la fertilidad del suelo. En este contexto, en la región altoandina, el aprovechamiento de insumos locales provenientes de actividades agrícolas y pecuarias se presenta como una opción viable para la producción de biofertilizantes. Esta alternativa no solo ayuda a restaurar la fertilidad de los suelos, sino también a mitigar el impacto ambiental del manejo tradicional de los residuos.

En este marco, se elaboró el “Manual para la valorización de residuos agrícolas y pecuarios altoandinos para la producción de biofertilizantes” como resultado de un esfuerzo colaborativo entre expertos en agronomía y sostenibilidad ambiental. El presente documento está dirigido a agricultores, técnicos agropecuarios y profesionales del sector para promover buenas prácticas agrícolas que contribuyan a la sostenibilidad y mejora de la productividad en la región andina.

Mg. Sc. Jorge Juan Ganoza Roncal

Presidente Ejecutivo

Instituto Nacional Innovación Agraria



1. Introducción

La región andina del Perú o “puna” está comprendida entre los 3 500 hasta los 4 800 m s. n. m. y se caracteriza por su relieve accidentado, altos índices de pluviosidad y sus marcadas oscilaciones térmicas diarias. Esta zona incluye suaves ondulaciones, valles y la extensa meseta del Collao, situada entre la Cordillera Volcánica y la Cordillera de Carabaya (Tapia y Felipe-Morales, 2024). El clima de esta región se caracteriza por ser predominantemente frío, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 5 y 10 °C, y precipitaciones que varían de 400 a 800 mm anuales, concentradas en meses de verano, mientras que los inviernos son notablemente secos (Pulgar-Vidal, 2014; Sarmiento, 2000).

Esta región presenta una serie de desafíos para la producción agrícola sostenible. En particular, la región altoandina se caracteriza por su alta amplitud térmica diaria, intensa radiación solar, frecuente incidencia de vientos, y suelos que, en su mayoría, presentan procesos de formación recientes y baja fertilidad. A ello se suma la diversidad y fragilidad de la cobertura vegetal, donde ecosistemas como pastizales, bofedales y pajonales desempeñan funciones ecológicas sensibles ante alteraciones ambientales (Brack-Egg y Mendiola-Vargas, 2004). Bajo estas condiciones, los suelos del altiplano se tornan vulnerables a procesos de erosión y degradación, los cuales son intensificados por actividades antropogénicas como el sobrepastoreo, el uso inadecuado de prácticas agrícolas, así como por actividades extractivas y fuentes de contaminación. (Camargo, 2008; Hernández-Cotrina y Chamizo de Castro, 2014).

Bajo estas condiciones, los suelos del altiplano se vuelven vulnerables a procesos erosivos y de deterioro, agravados por actividades antropogénicas como el sobrepastoreo, el uso inadecuado de prácticas agrícolas, así como por actividades extractivas y contaminantes. Estas condiciones afectan la fertilidad del suelo y la calidad del agua en las cuencas, reduciendo el rendimiento de los cultivos y la producción de forrajes para el ganado. La recuperación lenta y complicada de estos suelos, los expone a procesos de degradación irreversible y desertificación (Centro Peruano de Estudios Sociales [CPES], 2024; Rivasplata-Varillas, 2012).

Por ello, la aplicación de medidas de conservación y recuperación del suelo, mediante buenas prácticas agrícolas, el uso de enmiendas y la incorporación de materia orgánica, es fundamental para mejorar la estructura física, biológica y química del suelo, así como para incrementar su capacidad productiva (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO], 2013).

Ante este panorama surgen las siguientes interrogantes: ¿Qué cantidad de abono orgánico está disponible en la agricultura andina para mantener sistemas de producción con ciclos de nutrientes relativamente cerrados? ¿Es posible, con estos insumos, sostener una productividad rentable y capaz de satisfacer las necesidades alimentarias de la región? En caso contrario, ¿qué estrategias pueden implementarse para optimizar el uso del abono y aumentar su disponibilidad?

Para enfrentar estos desafíos, es necesario desarrollar estrategias prácticas y sostenibles que permitan la recuperación de los ecosistemas frágiles de los Andes. Estas estrategias deben promover el uso eficiente de los recursos locales, como estiércoles de animales criados en la región, residuos de cosecha y material vegetal autóctono, con el objetivo de restaurar el equilibrio de nutrientes en el suelo y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios andinos (Benzing, 2001). En este contexto, el presente documento tiene como objetivo fomentar el aprovechamiento y uso eficiente de insumos orgánicos en los sistemas agropecuarios andinos.





2. Contexto y problemática

La producción de cultivos andinos es fundamental para los pobladores de los Andes, ya que no solo representa una fuente de ingresos económicos, sino que también es clave para la seguridad alimentaria de la región. Además, esta actividad genera autoempleo para aproximadamente una tercera parte de la población. Sin embargo, el rendimiento de los cultivos se ve afectado por diversos factores limitantes:

- Incidencia de plagas: pueden reducir significativamente los rendimientos de los cultivos andinos, como la quinua, cañihua y kiwicha, que son esenciales para la seguridad alimentaria local (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).
- Condiciones climáticas adversas: heladas, sequías, granizadas y nevadas son comunes en la región andina, afectando negativamente la producción agrícola y la disponibilidad de alimentos (Suquilanda, 2012; Tapia y Fries, 2007).
- Degradación y baja fertilidad de los suelos (Figura 1): la pérdida de fertilidad del suelo disminuye su capacidad productiva, principalmente debido a la falta de reposición de los nutrientes extraídos en cada cosecha o aprovechamiento de pastos (Suquilanda, 2012; Tapia y Fries, 2007).



Figura 1. Suelos en proceso de degradación y desertificación

Para entender con mayor claridad la situación actual de la agricultura andina, es necesario considerar algunos aspectos clave que influyen directamente en la fertilidad del suelo y en la sostenibilidad de los sistemas productivos. Entre ellos destacan el rol de la ganadería en las comunidades altoandinas, el uso tradicional del estiércol, los requerimientos de abono para mantener la productividad y las posibles estrategias para mejorar su aprovechamiento.

a. Ganadería en la región andina

Además de la producción agrícola, los pobladores andinos incorporan la ganadería como una actividad clave dentro de sus sistemas productivos (Figura 2). Dependiendo de los pisos agroecológicos, las cranzas suelen ser mixtas, incluyendo vacunos, ovinos, camélidos (alpacas y llamas), porcinos, cuyes y aves de corral en menor escala. Estos animales se alimentan de pastos naturales, pastos cultivados y alimentos procesados y concentrados, generando productos como carne, fibra, leche, estiércol y orina. Los excrementos, en su mayoría, son depositados en las pasturas o en corrales, con un aprovechamiento variable según la región (Benzing, 2001).



Figura 2. Crianza de ovinos y camélidos de un hato ganadero

b. Uso de estiércol en la región andina

En la región andina, los animales son criados bajo un sistema extensivo de pastoreo, lo que implica la extracción de biomasa de las praderas y su traslado hacia los corrales, en forma de estiércol como subproducto ganadero. Tradicionalmente, este estiércol cumple una doble función: un pequeño porcentaje se utiliza como fertilizante orgánico, principalmente en el cultivo de papa, mientras que un mayor porcentaje se destina al uso doméstico como fuente de energía debido a la escasez de combustibles convencionales en las zonas altoandinas.

Si bien esta práctica ha sido sostenible durante siglos en contextos de baja densidad poblacional, hoy en día plantea serios desafíos ambientales. En particular, el uso intensivo del estiércol como combustible, en vez de reincorporarlo al suelo, impide la reposición de nutrientes esenciales y afecta la fertilidad de los suelos agrícolas y la consecuente regeneración de las praderas naturales. Por ejemplo, si se considera que el estiércol seco contiene aproximadamente un 2 % de nitrógeno (N) y un 2 % de azufre (S), se estima que cada unidad campesina pierde anualmente entre 150 y 200 kg de estos nutrientes fundamentales debido a su quema como fuente de calor.

c. Requerimientos de abono orgánico

Una manera de estimar la cantidad de abono necesaria para mantener la fertilidad del suelo es a través de su contenido de nitrógeno. Según Benzing (2001), se requieren aproximadamente 80 kg de nitrógeno por hectárea en forma orgánica o mineral para obtener una producción de 20 toneladas de papa en la zona andina. Este requerimiento podría cubrirse con la aplicación de entre 15 y 25 toneladas de estiércol fresco de bovino por hectárea, dependiendo de su calidad y grado de descomposición (Tapia y Fries, 2007).

En los sistemas agrícolas andinos, el estiércol se aplica generalmente solo al primer cultivo del ciclo de rotación, que suele ser la papa. En un esquema tradicional de rotación (papa, quinua, cebada y avena forrajera, descanso cada dos a cuatro años), el requerimiento anual de estiércol sería de aproximadamente 4 a 6 toneladas por hectárea. Para mantener la fertilidad del suelo, se debería aplicar abono también a los cultivos de quinua, cebada y pastos naturales en proporciones similares. En general, se ha estimado que la aplicación de 10 toneladas por hectárea al año de estiércol fresco, puede mantener un nivel adecuado de rendimiento y conservar la fertilidad del suelo en la mayoría de las zonas andinas (Soto et al., 2012).

Entre el 10 y el 30 % de la materia orgánica aplicada al suelo se convierte en sustancias húmicas, las cuales son esenciales para mejorar la estructura y fertilidad del suelo. Este porcentaje varía según las condiciones edáficas y climáticas, y el requerimiento de abono varía según factores como la temperatura, la humedad, la labranza, el pH y el contenido de arena del suelo. Además, el tipo de abono utilizado influye en la cantidad necesaria para la conservación o el incremento de la materia orgánica en el suelo.

d. Estrategias para optimizar el uso del abono

En la mayoría de los sistemas agropecuarios andinos, la disponibilidad de estiércol es insuficiente para sostener una producción agropecuaria estable. Por ello, es necesario plantear estrategias de reposición y alternativas sostenibles para suplir las necesidades nutricionales de los suelos (Figura 3). Estas estrategias pueden agruparse en cuatro categorías principales:

- **Importación de abonos orgánicos y minerales:** adquisición de insumos externos para mejorar la fertilidad del suelo.
- **Intensificación del reciclaje interno y reducción de pérdidas:** gestionar de forma más eficiente el estiércol y otros residuos orgánicos.
- **Aumento de la producción de biomasa:** implementación de cultivos de cobertura y otras prácticas para incrementar la materia orgánica disponible.
- **Reciclaje externo:** uso de fuentes alternativas de abonos dentro de la región, promoviendo circuitos cerrados de nutrientes.

Para incrementar la disponibilidad de nutrientes en los sistemas agropecuarios andinos, es esencial priorizar prácticas como la conservación de suelos, el reciclaje de residuos orgánicos, el manejo eficiente del estiércol, la fijación biológica de nitrógeno y la producción de biomasa vegetal (Benzing, 2001).

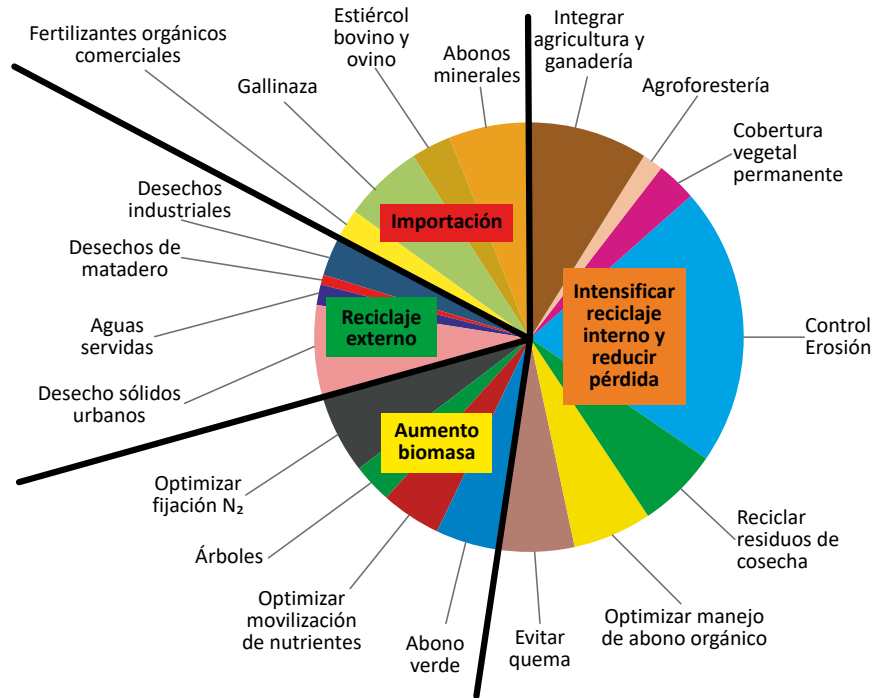


Figura 3. Alternativas para incrementar la disponibilidad de abono y nutrientes en sistemas agropecuarios andinos (adaptado de Benzing, 2001)



3. Aprovechamiento de residuos agrícolas y pecuarios

Desde tiempos ancestrales, en la región andina se ha practicado la producción agrícola de manera natural y orgánica, permitiendo obtener alimentos sanos y nutritivos sin causar impactos negativos en el medio ambiente. El uso del estiércol de corral ha sido una estrategia clave para la fertilización, lo que ha evitado la degradación del suelo y contaminación del agua.

En las zonas rurales andinas, la coexistencia de actividades agrícolas y pecuarias genera una gran cantidad de residuos orgánicos que, si son adecuadamente aprovechados, pueden convertirse en valiosos abonos y enmiendas para mejorar la productividad de los cultivos.

3.1. Calidad de las diferentes fuentes de abonos orgánicos

Prácticamente todos los materiales orgánicos, junto con diversas enmiendas minerales, pueden ser utilizados en la fertilización dentro de la agricultura orgánica. Sin embargo, presentan diferencias significativas en cuanto a su contenido de materia seca, materia orgánica y nutrientes. La Tabla 1 muestra datos de referencia sobre algunas fuentes de abono disponibles en zonas altoandinas.

Tabla 1. Contenido de agua y nutrientes de algunos materiales disponibles en zonas altoandinas

Material	agua (%)	MO (%)	Rel. C/N	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	S (%)
Gallinaza	56	33	10	1.7	0.7	0.7	0.2	1.4	0.2
Heces de cerdo	80	18	15	0.5	0.6	0.2	0.1	0.3	nd
Heces ovinas	64	32	15	0.8	0.1	0.6	0.1	0.2	nd
Heces Bovinas	77	20	15	0.4	0.1	0.5	0.09	0.3	nd
Paja de trigo	nd	nd	50-100	0.4	0.04	0.7	nd	0.1	nd
Paja de avena	nd	nd	50-100	0.5	0.1	1.6	nd	0.2	nd
Tamo de leguminosas	nd	nd	15-50	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Paja de páramo o puna	12.3	92	30-100	0.45	nd	nd	nd	nd	nd
Follaje de papa	nd	nd	nd	1.3	0.1	1.7	nd	2.6	nd
Hoja de pino	nd	nd	40-60	0.9	0.04	0.15	nd	1	nd
Ceniza de leña	0	0	nd	0	0.8-3	4.5	nd	20-30	nd
Cáscara de huevo	nd	0	nd	0	nd	nd	nd	24	nd

MO: materia orgánica, Rel. C/N: relación carbono-nitrógeno, nd: dato no disponible. Adaptado de Benzing (2001).

La calidad de los estiércoles y su contenido de nutrientes varía considerablemente según diversos factores, como la zona de origen, la especie animal, la alimentación, las condiciones altitudinales y otros aspectos. Por ello, es fundamental realizar análisis específicos en cada caso para formular enmiendas adecuadas y optimizar la fertilización de los suelos.

3.2. Las ventajas del uso de los abonos orgánicos

El uso de abonos orgánicos ofrece múltiples beneficios, tanto en términos de fertilidad del suelo como en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Entre sus principales ventajas destacan:

- **Efecto residual prolongado:** a diferencia de los fertilizantes minerales, los abonos orgánicos liberan nutrientes de manera gradual (FAO, 2013).
- **Mineralización eficiente:** incrementa el contenido de carbono y nitrógeno en el suelo y regula el pH, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes. Además, aumenta la biomasa y diversidad microbiana, incrementando la tasa de respiración y mineralización, indicadores clave de la salud y fertilidad del suelo (FAO, 2013; Cotrina-Cabello et al., 2020; Wang et al., 2023).
- **Mejora de la estructura y salud del suelo:** los abonos orgánicos no solo aportan nutrientes, sino que también incrementan la materia orgánica, favoreciendo la actividad biológica del suelo. Esto mejora la porosidad, la retención de agua y la aireación, reduciendo el riesgo de erosión (Prashar et al., 2025).
- **Mayor disponibilidad de nutrientes:** a medida que la materia orgánica se descompone, se liberan nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos, promoviendo un ecosistema agrícola más equilibrado y resiliente (Ramos-Agüero y Terry-Alfonso, 2014).

En la mayoría de las comunidades andinas, la agricultura se basa en sistemas de secano, donde el estiércol fresco recogido en los corrales se usa directamente para fertilizar los cultivos. Sin embargo, su potencial podría optimizarse significativamente. Por ejemplo, el estiércol de llama y la broza de quinua suelen desaprovecharse debido a la falta de conocimiento sobre su correcta transformación y uso. Implementar estrategias de valorización de estos insumos permitiría mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad agrícola en la región.



4. Características de los residuos agrícolas y pecuarios altoandinos

En el campo es común observar un amontonamiento desordenado de estiércol (Figura 4). En estas pilas se presentan zonas con fermentación anaeróbica y áreas con procesos aeróbicos, tanto en corrales como en sitios de acumulación.

Es común que el estiércol se seque al sol directo, ya que los campesinos pretenden aliviar el costo del transporte hacia los campos de cultivo. Sin embargo, el secado puede ser una excelente forma para conservar el nitrógeno contenido en el estiércol, siempre y cuando las condiciones sean adecuadas. El problema es que el estiércol se seca a la intemperie, lo que implica que se rehumedece varias veces. Cada vez que esto ocurre, se inicia una nueva fase de mineralización, es decir, de producción de amonio. Sin embargo, durante los secados sucesivos, gran parte de este amonio se pierde en forma de amoníaco.

La composición de los residuos pecuarios varía según el tipo de animal y las condiciones de manejo. Además, la calidad y cantidad de las excretas dependen de factores como la especie animal, etapa productiva, calidad de las dietas y digestibilidad (Sánchez, 2018).

El manejo adecuado de estos residuos es crucial para evitar su impacto negativo en el medio ambiente. El compostaje es una técnica efectiva para estabilizar la materia orgánica y los nutrientes al convertir el estiércol en un valioso abono para mejorar la fertilidad del suelo. Estudios como los de Chilon-Camacho y Chilon-Molina (2015), y Chilon (2013) han demostrado que el compost altoandino es eficaz para biorecuperar suelos contaminados e incrementar los rendimientos agrícolas. A continuación se describen las características de los residuos agrícolas y pecuarios más comunes.



Figura 4. Depósito de estiércoles

4.1. Estiércol

El estiércol es el conjunto de excrementos (heces y orina) producidos por los animales en corrales o establos como resultado del proceso digestivo. También incluye los restos de camas utilizadas en el alojamiento de los animales, que aportan materia orgánica y minerales esenciales para la fertilización de los cultivos. En la región andina, este residuo es usado ampliamente como abono orgánico para los cultivos (Figura 5).

Los estiércoles provienen de diversas especies animales, entre ellas llamas, alpacas, ovinos, bovinos, cuyes y gallinas. La calidad del estiércol varía según la especie, el tipo de cama utilizada y el manejo previo a su aplicación en los cultivos.



Figura 5. Uso de estiércol en la fertilización de cultivos

El uso de estiércol fresco puede aumentar significativamente la actividad biológica del suelo, pero también puede generar efectos adversos en la fase inicial del cultivo. Durante su descomposición, el estiércol consume oxígeno (O_2) y libera dióxido de carbono (CO_2) y compuestos fitotóxicos, lo que puede afectar la germinación y el desarrollo radicular de las plantas, reduciendo el rendimiento del cultivo. Además, la pérdida de nitrógeno (N) en forma de amoníaco (NH_3) es considerable cuando el estiércol permanece en la superficie del suelo sin ser incorporado adecuadamente.

a. Composición química del estiércol según la especie animal

La composición química del estiércol varía según la especie animal y su estado fresco o seco (Tabla 2). A continuación, se presentan algunos valores promedio para diferentes especies.

Tabla 2. Composición química de algunos estiércoles

Especie de animal	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	SO ₄ %
Vacuno (f)	6	0.29	0.17	0.1	0.35	0.13	0.04
Vacuno (s)	16	0.58	0.01	0.49	0.01	0.04	0.13
Oveja (f)	13	0.55	0.01	0.15	0.46	0.15	0.16
Oveja (s)	35	1.95	0.31	1.26	1.16	0.34	0.34
Caballos (f)	24	1.55	0.35	1.5	0.45	0.24	0.06
Caballos (s)	10	0.55	0.01	0.35	0.15	0.12	0.02
Cerdos (s)	18	0.6	0.61	0.26	0.09	0.1	0.04
Camélidos (s)	37	3.6	1.12	1.2	s. i.	s. i.	s. i.
Cuyes (f)	14	0.6	0.03	0.18	0.55	0.18	0.1
Gallinas (s)	47	6.11	5.21	3.2	s. i.	s. i.	s. i.

f: fresco, s: seco, s. i.: sin información. Tapia y Fries (2007), citando a Servicio Permanente de Agricultura Rural (2004).

Para efectos prácticos, se puede considerar que, en promedio, el estiércol contiene:

- 0.5 % de nitrógeno (N)
- 0.25 % de fósforo (P₂O₅)
- 0.5 % de potasio (K₂O)

Esto significa que una tonelada de estiércol aporta aproximadamente 5 kg de nitrógeno, 2.5 kg de fósforo y 5 kg de potasio.

4.2. Consideraciones sobre el uso del estiércol

El almacenamiento y manejo inadecuado del estiércol puede reducir su valor como fertilizante. La exposición prolongada al sol y la intemperie provoca pérdidas de nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno. Además, el uso de estiércol fresco no es recomendable, ya que puede contener:

- Patógenos y gérmenes de enfermedades que pueden afectar a los cultivos y a la salud humana.
- Semillas de malas hierbas, que pueden proliferar y competir con los cultivos.

Por estas razones, no es viable satisfacer todas las necesidades nutricionales de los cultivos únicamente con estiércol. Es necesario complementarlo con otras fuentes de fertilización, como la orina animal fermentada (purín), que es un abono líquido altamente concentrado en nitrógeno y fósforo (Gomez-Huanca, 2018, citando a Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2006).

Uno de los principales inconvenientes del uso de estiércol fresco es su impacto en la higiene agrícola. En particular, su aplicación en cultivos de hortalizas destinadas al consumo humano debe evitarse o manejarse con precaución para prevenir riesgos de contaminación microbiológica.

4.2.1. Estiércol de camélidos

El estudio de Reider et al. (2024) en la Cordillera Vilcanota ha revelado que la actividad natural de la vicuña podría desempeñar un papel crucial en la regeneración ecológica de suelos recientemente expuestos por el retroceso glaciar, los cuales se caracterizan por su extrema pobreza en nutrientes y agua. Al igual que las llamas y alpacas, las vicuñas utilizan letrinas comunitarias para defecar, y estos montículos de estiércol se han identificado como focos de fertilidad en paisajes desolados. En estos suelos con presencia de letrinas, los investigadores hallaron un notable aumento en la calidad del suelo: un 62 % de materia orgánica frente al 1.5 % en suelos similares sin estiércol; asimismo, reportaron incrementos significativos de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo, junto con una mayor capacidad de retención de humedad que estabiliza el microclima. Estos suelos también mostraron una alta diversidad microbiana y la presencia de semillas que facilitan la colonización vegetal. Estos aportes permiten que el establecimiento de plantas se acelere en más de un siglo, lo que convierte al estiércol de vicuña en un motor ecológico esencial para la restauración de

ecosistemas de alta montaña. A largo plazo, estas zonas pueden transformarse en pastizales que atraen una variada fauna, incluyendo especies raras y grandes carnívoros como el puma, fortaleciendo la resiliencia ecosistémica frente al cambio climático.

El estiércol de camélidos, como el de la llama (Figura 6), es de alta calidad y comparte características similares con el estiércol de ovino. Una particularidad de los camélidos es que orinan sobre sus heces, lo que enriquece su contenido de nutrientes y lo convierte en un excelente mejorador de suelos para pastos y cultivos. En promedio, cada llama puede producir alrededor de 3 kg de heces y orina por día (Avilés-Esquivel et al., 2018).

En el estudio de Mamani y Bonifacio (2023) se evaluó el efecto del estiércol de llama tratado durante 45 días con activadores de descomposición, en la producción de quinua (variedad Jacha Grano) en el altiplano. Los resultados demostraron mejoras significativas en la germinación temprana, mayor altura de planta (86.5 cm frente a 76.9 cm del testigo sin estiércol) y aumento en el rendimiento de grano (3 592.5 kg/ha con 10 t/ha de estiércol tratado, frente a 2 617.5 kg/ha del testigo sin estiércol). El análisis químico destacó un contenido de nitrógeno del 0.1 % en el estiércol fresco, subrayando su potencial como fertilizante natural.



Figura 6. Llamas en zonas andinas

Por otro lado, el estiércol de alpaca (Figura 7) destaca por su alto contenido de nutrientes. Su análisis reveló una conductividad eléctrica de 11.65 mmhos/cm, lo que indica una concentración moderadamente elevada de sales solubles beneficiosas para enriquecer el suelo. Sin embargo, su aplicación requiere precaución en suelos propensos a la salinización, ya que podría exacerbar este problema (INIA, resultados no publicados). Su pH de 7.96 lo clasifica como ligeramente alcalino, característica que puede contribuir a neutralizar suelos ácidos. Destaca su alto contenido de materia orgánica (71.33 %), ideal para mejorar la estructura, la retención de agua y la actividad biológica del suelo. Además, aporta un 1.98 % de nitrógeno total, fundamental para el crecimiento vegetal, junto a 1.09 % de fósforo (P_2O_3), que favorece el desarrollo radicular y la floración, y 2.07 % de potasio (K_2O), importante para la resistencia a enfermedades y la calidad de los frutos. El estiércol también contiene 5.29 % de calcio (CaO), que mejora la estructura del suelo y el desarrollo celular, y 1.92 % de magnesio (MgO), esencial para la fotosíntesis. Su bajo contenido de humedad (8.45 %) facilita el manejo y almacenamiento, y la relación carbono/nitrógeno de 20.59 es adecuada para una descomposición relativamente rápida y una eficiente liberación de nitrógeno al suelo (Noli-Hinostroza, 1999).



Figura 7. Hato de alpacas

4.2.2. Estiércol de ovino

Un ovino adulto (Figura 8) produce entre 1.2 y 1.8 kg de estiércol fresco por día, con una composición aproximada de 64 % de materia seca, 8.3 % de nitrógeno (N), 2.3 % de fósforo (P_2O_5), 6.7 % de potasio (K_2O) y 3 % de calcio (CaO) (Tortosa et al., 2012).

El nitrógeno en el estiércol ovino se encuentra exclusivamente en forma orgánica, por lo que necesita mineralizarse antes de ser absorbido por las plantas (Miranda et al., 2014). En cuanto al fósforo (P_2O_5) y el potasio (K_2O), aproximadamente el 50 % se encuentra en forma mineral y el otro 50 % en forma orgánica, lo que permite una absorción parcial inmediata, mientras que el resto debe pasar por un proceso de mineralización.

A lo largo de la historia, las ovejas (Figura 8) han sido animales multipropósito fundamentales para las civilizaciones humanas. Además de proveer alimento y vestimenta, su estiércol ha desempeñado un papel importante como fertilizante natural, contribuyendo al enriquecimiento de los suelos agrícolas. Desde hace más de 10 000 años, el estiércol de ovino ha sido utilizado para mejorar la fertilidad de los campos, reflejando su valor ancestral en la agricultura sostenible (Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2002).

En el altiplano peruano, la crianza de ovinos representa una actividad esencial para la economía y la seguridad alimentaria de las familias campesinas. Más allá de la carne y la lana, uno de los subproductos de mayor valor es el estiércol, el cual es ampliamente utilizado como abono orgánico en los sistemas agrícolas tradicionales. La aplicación continua de abono en cultivos como la papa, que es principal alimento de la zona, permite mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, incrementar la materia orgánica y favorecer la disponibilidad de nutrientes.

El estiércol de ovino, al igual que otros estiércoles de animales de granja, representa una valiosa enmienda orgánica para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados y para la mejora de la fertilidad del suelo (Sohail et al., 2019). Este tipo de estiércol contiene fracciones ricas en óxidos de hierro y manganeso, que facilitan la precipitación de metales pesados, así como nutrientes esenciales (N, P, K) que se liberan lentamente, favoreciendo la productividad agrícola. Estudios han demostrado que el estiércol de ovino no solo aporta mayor contenido de nitrógeno que otros estiércoles (como el de vaca, cerdo o pollo), sino que también mejora la materia orgánica, el pH del suelo y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Pérez-Esteban et al., 2012). Además, promueve la inmovilización de metales

mediante mecanismos como la adsorción, quelación y complexación. Por ejemplo, la aplicación de estiércol de oveja logró reducir significativamente las concentraciones de Cd (55 %), Pb (57 %) y Zn (20 %) en alfalfa cultivada en suelos contaminados, evidenciando su doble función como fuente de nutrientes y agente descontaminante (Elouear et al., 2016).

Bajo las condiciones de la sierra central, estudios indican que la tasa de mineralización de la materia orgánica oscila entre 0.4 y 0.5 %. En contraste con el estiércol sólido, la orina de ovino contiene nutrientes en formas más fácilmente asimilables por las plantas, con 1.35 % de nitrógeno, 0.05 % de fósforo y 2.10 % de potasio (Picado y Añasco, 2005).

Según Villagaray-Lizana et al. (2021), la dosis óptima de estiércol de ovino para el cultivo de papa es de 1.50 kg por planta, con la cual se alcanzó un rendimiento promedio de 20.31 t/ha. Sin embargo, al considerar el enfoque económico, los mismos autores señalaron que las dosis de 0.50 y 0.25 kg de estiércol por planta resultaron ser más rentables, ya que implicaron menores costos de insumo sin afectar significativamente la producción.



Figura 8. Hato de ovinos

4.2.3. Estiércol de vacuno

Uno de los animales de crianza más comunes en las zonas andinas son los vacunos (Figura 9). El uso del estiércol de vacuno como fuente de fertilización y mejorador del suelo ha sido una práctica tradicional ampliamente utilizada a lo largo de la historia, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Este residuo pecuario está compuesto por una mezcla de excremento sólido y líquido, generalmente mezclados con materiales como paja, césped utilizados en su corral de descanso y desechos alimenticios de los comederos. Su composición varía según diversos factores, como la raza, edad, estado fisiológico, producción de leche y dieta del ganado.

En términos generales, el estiércol fresco de bovino contiene: 20 a 25 % de materia seca, 0.37 a 0.60 % de nitrógeno (N), 0.25 a 0.35 % de fósforo (P_2O_5) y 0.15 a 0.76 % de potasio (K_2O), además de otros nutrientes en menores proporciones, (Berríos, 2016, citando a Flores y Fred, 1990). Asimismo, se considera un estiércol frío, lo que significa que su descomposición es más lenta, pero su efecto fertilizante es más prolongado en el tiempo. Por ello, es especialmente recomendado para suelos ligeros o arenosos, donde ayuda a mejorar la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo.



Figura 9. Estiércol de vacunos depositados a la intemperie

4.2.4. Estiércol de cuy

La crianza de cuyes suele realizarse en galpones (Figura 10), lo que facilita el recojo y aprovechamiento del estiércol en la agricultura. Este estiércol es altamente valorado como insumo para la elaboración de abonos orgánicos, debido a su elevado contenido de nutrientes, especialmente micronutrientes esenciales para las plantas. Asimismo, este producto sobresale por su ausencia de olores desagradables, su baja atracción de insectos como las moscas y su bajo contenido de humedad, lo que le confiere mayor durabilidad y facilidad de manejo respecto a otros tipos de estiércol.

Las investigaciones sobre la descomposición de estiércol de cuy acelerada mediante adición de nitrato de amonio o urea han demostrado resultados positivos. En particular, se observó que el tratamiento con urea (3.07 kg por cada 0.38 m³ de estiércol) logró una descomposición eficiente, alcanzando una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 15:1, con una mineralización significativa entre los 28 y 40 días. El compost final mostró propiedades agronómicas destacables: un pH entre 7.86 y 8, conductividad eléctrica moderada (0.739-0.803 dS/m), y una alta concentración de nutrientes, incluyendo 3.1 % de nitrógeno, 0.2 % de fósforo, 1.8 % de potasio, así como 11 % de calcio, y niveles considerables de micronutrientes como Mg, Cu, Mn y Zn. Además, el compost tuvo un contenido de materia orgánica del 54.09 % y un carbono total de 32.61 %, lo que indica una alta calidad como enmienda orgánica (Barreros-Chiluisa, 2017).

En un contexto de crisis internacional de precios de fertilizantes, derivada de conflictos en países productores, se hace cada vez más urgente explorar alternativas sostenibles y accesibles a nivel local. En este marco, Murray-Núñez et al. (2023) evaluaron la composición química del excremento entero de cuyes, su composta y el lixiviado. Los resultados revelaron que el excremento fresco posee los valores más altos de materia orgánica (68.4 %), carbono (39.67 %) y nitrógeno (3.42 %), seguido por el lixiviado y la composta. Asimismo, se observó una tendencia decreciente del pH (de 6.93 a 5.85) con el avance de la transformación del material, lo que sugiere una mayor acidez y posible efecto sobre la disponibilidad de nutrientes. Estos hallazgos confirman que el estiércol de cuy, en sus distintas formas de procesamiento, es una opción viable para su uso como fertilizante orgánico con propiedades que pueden ser adaptadas según las condiciones del suelo y las exigencias del cultivo.



Figura 10. Producción de cuyes en galpones de crianza

4.2.5. Estiércol de gallina

La gallinaza es una mezcla de heces, orina, restos de alimentos, microorganismos de la biota intestinal, plumas y huevos rotos, que se obtiene de gallinas enjauladas o de piso (Estrada-Pareja, 2005), como se muestra en la Figura 11. Si se utiliza adecuadamente, es un excelente fertilizante orgánico debido a su alto contenido de nutrientes, incluyendo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y varios micronutrientes.

Este residuo es un abono orgánico valioso por su alto contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Su uso mejora la estructura del suelo y la retención de agua, además de ser una alternativa económica y sostenible. Sin embargo, su aplicación en forma fresca puede causar efectos adversos, como toxicidad y contaminación, por lo que se recomienda su procesamiento (secado o compostaje). La gallinaza seca concentra más nutrientes, y su composición depende del tipo de ave y su alimentación (Estrada-Pareja, 2005).

En comparación con otros abonos orgánicos, la gallinaza destaca por su elevado contenido nutricional y su rápida tasa de mineralización, lo que la convierte en una excelente fuente de nitrógeno para los cultivos. Se estima que cerca del 75 % del nitrógeno orgánico presente

en la gallinaza se mineraliza en solo tres semanas, haciéndolo rápidamente disponible para las plantas. Por ejemplo, al aplicar 10 toneladas de gallinaza con un 80 % de materia seca y un 4 % de nitrógeno, se aporta aproximadamente 320 kg de nitrógeno orgánico, de los cuales 240 kg serían aprovechables por el cultivo en poco tiempo. Estos valores demuestran su gran potencial como fertilizante eficiente y de rápida acción en la agricultura (Estrada-Pareja, 2005).



Figura 11. Producción de gallinaza en granjas familiares

4.3. Rastrojo o broza

El rastrojo o broza son los restos de tallos, hojas u otras partes de las plantas que quedan en el campo después de la cosecha. Estos residuos pueden tener distintos usos: servir como alimento seco o ensilado para animales, o aprovecharse para elaborar abonos orgánicos que mejoran la estructura del suelo (Carrión-Carrera, 2022). Además, usar estos residuos de manera adecuada puede enriquecer el suelo, fortalecer los ecosistemas agrícolas y reducir el impacto ambiental de las prácticas agrícolas convencionales (Kienzle y Njenga, 2022).

En muchos casos, el rastrojo no se utiliza con fines agrícolas. Por ejemplo, en el cultivo de maíz, es común que se junte para alimentar al ganado durante la temporada seca. En el caso del trigo, muchas veces se quema, lo que perjudica el suelo y libera gases contaminantes al ambiente (Xochicentli, 2020).

Una alternativa sustentable es dejar al menos el 30 % del rastrojo como cobertura sobre la tierra. Esta práctica forma parte de la agricultura de conservación, que busca proteger y mejorar los suelos. Dejar los residuos en el campo ayuda a conservar la humedad, reducir la erosión, controlar malezas y aumentar la fertilidad del suelo a mediano plazo (Xochicentli, 2020).

Cultivos como el maíz y otros cereales generan grandes cantidades de rastrojo, lo cual representa una oportunidad para mejorar la salud del suelo. La experiencia del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) muestra que este manejo permite ahorrar en uso de maquinaria y agroquímicos, lo que a su vez reduce costos y mejora las condiciones del ambiente y la salud. En el caso del trigo, también se ha observado que el rastrojo ayuda a retener más agua en el suelo, facilitando el riego y reduciendo el tiempo necesario para hacerlo (Xochicentli, 2020).

En las regiones altiplánicas se cultivan diversos productos agrícolas como papa, quinua, haba, maíz, cebada, avena y cañihua. Durante el ciclo agrícola, también crecen diversas malezas tanto dentro de los cultivos como en sus alrededores. Todos estos residuos vegetales generan rastrojos que, en muchos casos, no son aprovechados adecuadamente. Sin embargo, con un manejo adecuado, estos restos pueden ser utilizados en la elaboración de abonos orgánicos, contribuyendo al mejoramiento de la estructura del suelo, y como cobertura vegetal, ayudando a incrementar su fertilidad de forma sostenible. La Tabla 3 muestra la composición química de los rastrojos de algunos cultivos comunes en las zonas altoandinas.

Tabla 3. Composición nutritiva de rastrojos

Rastrojo	MS (%)	Ceniza (%)	EE (%)	PC (%)	FC (%)	EM (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)	Fuente
Haba	91.16	3.88	0.32	2.07	44.86	1.3	0.4	0.2	Soria (1999)
Quinua	90.15	2.47	0.52	4	43.08	1.25	5.2	0.55	Coca (1995)
Cebada	93.93	5.52	0.66	2.54	41.45	1	0.3	0.07	Andrade (2002)
Avena	88.2	5.5	0.44	2.7	29.51	1.7	0.23	0.21	Alcázar (1997)
Cañihua	96.1	11.76	1.26	4.89	39.21	nd	nd	nd	Vargas (1984)

MS: materia seca, EE: extracto etéreo, PC: proteína cruda, FC: fibra cruda, EM: energía metabolizable, nd: no disponible. Marca (2007), citando a Soria (1999), Coca (1995) y Andrade (2002), y Jara (2017), citando a Vargas (1984).

A continuación, se mencionan las características de los rastrojos de los cultivos más comunes de las zonas altoandinas.

4.3.1. Broza de quinua

El Perú se consolida como el principal productor mundial de quinua (*Chenopodium quinoa*), con una producción que alcanzó las 114 mil toneladas en 2022 (Becerra-Sánchez, 2024). Esta producción proviene en su mayoría de pequeños agricultores y asociaciones ubicadas principalmente en las regiones de Puno, Ayacucho y Apurímac. Además de su alto valor nutricional, la quinua se utiliza ampliamente en la elaboración de productos aptos para personas con intolerancia al gluten (panes, pastas y galletas), así como en la alimentación animal mediante su uso como forraje verde o pellets. A nivel industrial, se aprovechan sus componentes como el almidón, las proteínas y las saponinas. Asimismo, puede emplearse como cultivo de cobertura, aportando beneficios ecológicos y alimenticios a la fauna silvestre (Jacobsen, 2003).

La cosecha de quinua genera residuos lignocelulósicos conocidos como broza o *k'iri* (Figura 12), y también residuos de la trilla del grano denominados *jipi*, los cuales incluyen tallos, pedúnculos, hojas secas y restos de granos (Tapia y Fries, 2007). La broza está compuesta por el tallo principal, ramas laterales, pedúnculos y hojas secas, mientras que el *jipi* corresponde a los residuos que quedan tras el proceso de venteo. Por su composición nutricional, especialmente su alto contenido de proteínas y la presencia de micronutrientes como calcio (Ca) y fósforo (P), el *jipi* se utiliza como insumo en la alimentación de aves de corral y otros animales de granja (Pardo-Sánchez, 2022).



Figura 12. Broza de quinua

Por su parte, los tallos de quinua presentan características que los identifican como un residuo lignocelulósico de alto contenido fibroso (63.24 %) y baja humedad (20.52 %), lo que favorece su estabilidad en almacenamiento y reduce el riesgo de deterioro microbiológico. Aunque su contenido de proteínas (2.41 %) y grasas (0.44 %) es bajo, su riqueza en fibra los convierte en una fuente adecuada de material estructural para compostaje, producción de celulosa o como sustrato en procesos de bioconversión. Además, su proporción moderada de carbohidratos solubles (30.75 % de extracto libre de nitrógeno) los hace aprovechables en procesos fermentativos. El análisis lignocelulósico revela también la presencia de celulosa (2.45 %) y lignina (0.55 %), lo que refuerza su utilidad en aplicaciones agrícolas e industriales que requieren biomasa vegetal estructural (Pardo-Sánchez, 2022).

Para mejorar la utilización de estos residuos, es necesario explorar su potencial como materia prima para la producción de abonos orgánicos, aprovechando su contenido de lignocelulosa y otros nutrientes. Esto podría contribuir a prácticas agrícolas más sostenibles y mejorar la fertilidad del suelo.

4.3.2. Broza de haba

La broza de haba (*Vicia faba*) es el residuo agrícola generado tras la cosecha y trilla del haba (Figura 13). Está compuesta principalmente por:

- Tallos secos (parte fibrosa que sostiene la planta).
- Hojas remanentes (desprendidas antes o después de la trilla).
- Restos de vaina (cáscaras o partes no aprovechadas para consumo humano).

Estos residuos agrícolas son ricos en fibra y, en muchas regiones, se destinan principalmente para alimentación animal, enmiendas orgánicas para suelos y producción de compost.



Figura 13. Broza de haba

En el Perú, la producción de haba está concentrada en regiones altoandinas, donde se cultiva a pequeña y mediana escala. Tras la cosecha, grandes cantidades de broza quedan en los campos sin ser aprovechadas eficientemente, lo que representa una oportunidad para su valorización en sistemas sostenibles.

Uso en compost y abonos orgánicos:

- La broza de haba es un material rico en carbono, lo que la hace ideal para la elaboración de compost.
- Mezclada con estiércol y residuos verdes, ayuda a generar un abono equilibrado, mejorando la fertilidad del suelo.
- Su descomposición mejora la retención de agua y la actividad microbiana en suelos agrícolas.

4.3.3. Broza de avena o cebada

Es el residuo generado por el cultivo y cosecha de la avena (*Avena sativa*) o cebada (*Hordeum vulgare*) (Figura 14). Además, por la alimentación animal a base de estos cereales. Estos residuos pueden ser:

- Restos de cosecha (tallos, hojas y cascarillas).
- Residuos de la alimentación animal (desechos no consumidos por el ganado).
- Material contaminado o endurecido (granos en mal estado, mezclados con estiércol u otros desechos).

En muchos casos, estos residuos son eliminados o quemados, generando contaminación. Sin embargo, su alto contenido en fibra, carbono y nutrientes los hace ideales para la elaboración de abonos orgánicos como compost y bocashi.

¿Por qué usar la broza de avena o cebada para hacer abonos orgánicos? Algunos usos de este residuo son los siguientes:

- **Fuente de materia orgánica:** aporta carbono y mejora la fertilidad del suelo.
- **Rápida descomposición:** comparada con otros residuos agrícolas, la avena y la cebada se descomponen más rápido, generando compost en menos tiempo.
- **Mejorador de estructura del suelo:** aumenta la capacidad de retención de agua y aireación.
- **Alternativa a la quema de residuos:** evita la contaminación ambiental y aprovecha nutrientes.



Figura 14. Broza o residuo de avena

4.4. Uso de estiércol y residuos vegetales en unidades agropecuarias

Una unidad agropecuaria está conformada por diversas actividades de crianza animal y el manejo de cultivos, cuya escala de producción depende del área de terreno disponible y del nivel tecnológico aplicado al hato ganadero. Un sistema ganadero mixto típico incluye ovinos, bovinos y animales menores, los cuales generan una cantidad significativa de estiércol, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Estiércol disponible en siete unidades de producción campesina

Animal	Unidades de producción															
	1		2		3		4		5		6		7		Promedio	
	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a	Número	Est. (t/a) ^a
Oveja	5	0.2	6	0.35	17	0.74	0	0.18	8	0.62	27	1.69	12	0.66	10.7	0.63
Bovino	2	0.38	2	0.61	4	1.39	0	0.34	1	0.55	3	1.25	2	1.01	2.0	0.79
Burro ^b	1	0.01	2	0.37	2	0.18	0	0	1	0.18	1	0.21	1	0.49	1.1	0.21
Gallina	6	0.09	18	0.26	6	0.08	11	0.16	4	0.06	6	0.09	4	0.06	7.9	0.11
Cuyes	12	0.21	19	0.35	22	0.39	19	0.35	9	0.16	6	0.11	30	0.55	16.7	0.30
Total	-	0.89	-	1.94	-	2.78	-	1.03	-	1.57	-	3.35	-	2.77	-	2.05
Sup. ^c (ha)	-	3.6	-	11.3	-	6.2	-	0.4	-	7.7	-	1.1	-	14.2	-	6.36
Estimación (t/ha/a)	-	0.25	-	0.17	-	0.45	-	2.58	-	0.20	-	3.05	-	0.20	-	0.98

^aProducción de estiércol en toneladas por año. Todos los datos para estiércol se basan en materia seca.

^bIncluyendo, en dos casos, caballos. ^cSuperficie de la unidad de producción. Benzing (2001).

La disponibilidad de estiércol es variable en las unidades agropecuarias. Los animales de una granja producen estiércol de manera continua, mientras que la siembra de cultivos ocurre en ciclos estacionales. Esto hace que la aplicación de estiércol fresco sea variable e incierta, ya que generalmente se utiliza en momentos clave del cultivo, como la siembra. Debido a esta dinámica, el estiércol aplicado suele encontrarse en diferentes etapas de descomposición.





UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
EN GESTIÓN DE RESIDUOS
BIODIGESTOR
01

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
EN GESTIÓN DE RESIDUOS
BIODIGESTOR
02
L-1104-2
26/04/25

5. Biofertilizantes

La elaboración y uso de biofertilizantes debe promoverse como una práctica esencial en la agricultura, ya que contribuye significativamente a mejorar la estructura del suelo, incrementar la fertilidad y optimizar los rendimientos de los cultivos. Su adopción no solo permite reducir la dependencia de fertilizantes químicos, sino que también ayuda a la recuperación de suelos degradados, promoviendo un sistema agrícola más sostenible y resiliente (Altieri, 1999). Para lograrlo, es fundamental sensibilizar y capacitar a los agricultores en la producción y aplicación de estos abonos, destacando los múltiples beneficios que ofrecen (FAO, 2013).

Según Román et al. (2013), el principal beneficio de la aplicación de abonos orgánicos es el incremento en el contenido de materia orgánica. Esta tiene un papel fundamental en la salud del suelo y en la productividad agrícola. Entre sus principales beneficios se incluyen:

- Mejora la estructura del suelo, lo que incrementa su estabilidad y porosidad.
- Reduce la erosión y protege el suelo contra la degradación.
- Aumenta la retención de humedad, lo que favorece el acceso de las plantas al agua.
- Disminuye la compactación y previene la pérdida de partículas finas, evitando así la degradación del suelo.
- Incrementa la disponibilidad de nutrientes, lo que optimiza la fertilidad del suelo.
- Eleva la capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que facilita la absorción de nutrientes por las raíces.
- Promueve la biodiversidad del suelo.

5.1. El compostaje

El compost (Figura 15) es un fertilizante natural obtenido mediante la descomposición controlada de materiales orgánicos como restos vegetales (rastros), estiércol de animales (ovinos, cuyes, gallinas), cal y ceniza. Su producción implica la acción de microorganismos aeróbicos en condiciones óptimas de humedad (50-60 %), temperatura (45 y 65 °C) y oxigenación, permitiendo que los residuos orgánicos se transformen en humus estable y rico en nutrientes (Bernal et al., 2009).

El proceso de compostaje no solo recicla residuos agrícolas y ganaderos, sino que también reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo su uso una práctica agrícola sostenible (Janssen et al., 1990). Además, el compost actúa como un mejorador de las propiedades físicas y químicas de los suelos con efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos y en la conservación de los suelos.



Figura 15. Compost de 15 días de maduración

5.1.1. Ventajas de la aplicación de compost

El compost ofrece varias ventajas significativas para el suelo y el crecimiento de las plantas:

- **Mejora de la estructura del suelo:** favorece la formación y estabilización de agregados del suelo. Este proceso modifica el espacio poroso, lo que optimiza el movimiento del agua y el aire en el suelo. Como resultado, se facilita la penetración de las raíces y se favorece un desarrollo radicular vigoroso.
- **Incremento de la retención de humedad:** aumenta significativamente la capacidad del suelo para retener agua, llegando a duplicarla en algunos casos. Esto permite que las plantas toleren y resistan mejor las sequías, reduciendo la necesidad de riego frecuente.
- **Retención y liberación de nutrientes:** el compost no solo retiene nutrientes en el suelo, sino que también libera gradualmente nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, boro, hierro y otros elementos esenciales para el crecimiento saludable de las plantas.
- **Fomento de la actividad microbiana:** promueve el desarrollo y la actividad de organismos del suelo, lo que contribuye a procesos que dan salud al suelo y favorecen el crecimiento adecuado de las plantas.

5.1.2. Características del compost

Las características químicas y físicas del compost dependen de los materiales empleados en su elaboración y de las condiciones ambientales del proceso. Aunque su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio puede ser relativamente bajo, su composición varía según el tipo de residuos vegetales y estiércol utilizados. Además, es fundamental considerar la concentración de sales presentes en el estiércol, ya que pueden influir en la calidad del compost, así como su humedad en las diferentes etapas del compostaje (Figura 16).

En cuanto a sus propiedades físicas y biológicas, el compost es un material completamente estabilizado y libre de patógenos, lo que garantiza su seguridad para la manipulación y el almacenamiento. Asimismo, carece de olores desagradables, lo que facilita su aplicación en la agricultura y otros usos.



Figura 16. Prueba de humedad del compost

5.1.3. Fases de compostaje

Cuando se dan las condiciones óptimas, la población microbiana se multiplica rápidamente tras la formación de la compostera, impulsando el proceso de descomposición de la materia orgánica.

El compostaje se desarrolla en cuatro etapas diferenciadas, determinadas por la evolución de la temperatura a lo largo del proceso (Benzing, 2001; Campitelli, 2010). El proceso de compostaje y sus fases se ilustra en la Figura 17.

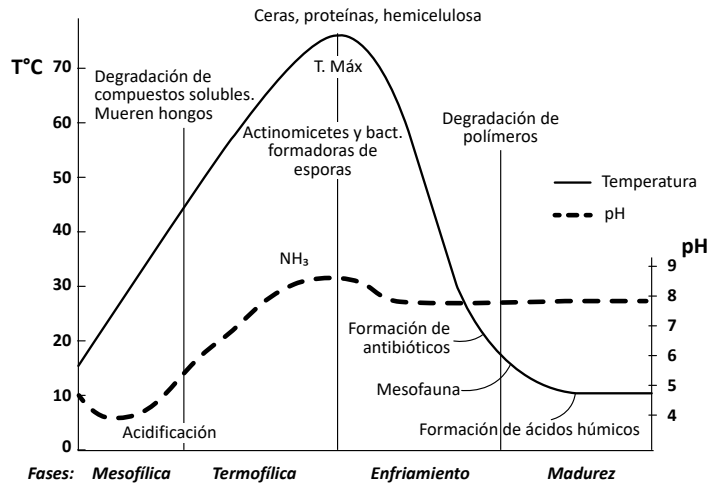


Figura 17. Proceso de compostaje (Campitelli, 2023)

La calidad del compost depende del correcto desarrollo de cada una de las fases del compostaje. Por ende, es de suma importancia el monitoreo periódico de los residuos que atraviesan por este proceso (Figura 18).



Figura 18. Evaluación periódica del compost

A continuación, se presentan las principales etapas del proceso de compostaje según Benzing (2001):

a. Mesófila

En esta primera etapa, la temperatura de los residuos se mantiene cercana a la ambiental, lo que permite la rápida multiplicación de microorganismos mesófilos. Como resultado de su actividad metabólica, la temperatura comienza a elevarse y se generan ácidos orgánicos, provocando una ligera disminución del pH.

Durante esta fase, los microorganismos descomponen compuestos fácilmente degradables, como proteínas e hidratos de carbono simples. Entre los hongos predominantes se encuentran *Penicillium spp.*, *Absidia glauca*, *Verticillium tenerum*, *Nectria inventa* y *Trichoderma sp.*

La duración de esta etapa puede ser de apenas unas horas o extenderse durante varios días. La descomposición de la materia orgánica libera energía, de la cual una parte es utilizada por los microorganismos para su metabolismo, mientras que otra se disipa en forma de calor. Esto provoca un rápido aumento de la temperatura en la compostera, lo que, junto con la producción de ácidos orgánicos, puede generar una leve reducción del pH.

b. Termófila

Cuando la temperatura alcanza aproximadamente los 50 °C, los microorganismos mesófilos mueren y son reemplazados por microorganismos termofílicos o termotolerantes. En esta fase predominan bacterias Gram-positivas del género *Bacillus*, mientras que los hongos representan menos del 1 % de la población microbiana y los actinomicetos prácticamente desaparecen.

Los microorganismos presentes en esta etapa se encargan de descomponer sustancias más complejas, como ceras, proteínas y hemicelulosas. La producción de amoníaco eleva el pH, pero al volatilizarse, el pH vuelve a descender hasta alcanzar un equilibrio.

En condiciones normales, la temperatura oscila entre 50 y 70 °C, aunque en casos extremos puede llegar a 75 °C. Sin embargo, temperaturas tan elevadas pueden comprometer el proceso, ya que los propios microorganismos responsables del calentamiento se ven afectados, provocando una estabilización y posterior disminución de la temperatura.

El tiempo necesario para alcanzar la temperatura máxima depende de las condiciones del sustrato: en materiales ricos en nutrientes y con suficiente humedad y aireación, se alcanza entre el primer y el tercer día. En condiciones óptimas, entre el tercer y séptimo día. Por el contrario, en situaciones desfavorables, el proceso puede tardar dos semanas o más.

c. Enfriamiento

Cuando la temperatura desciende por debajo de los 60 °C, los hongos mesófilos reaparecen y vuelven a invadir el material, descomponiendo la celulosa. A medida que la temperatura sigue disminuyendo y alcanza los 40 °C, los microorganismos mesófilos retoman su actividad, lo que puede generar una ligera reducción del pH.

d. Maduración

Esta fase puede prolongarse durante varios meses a temperatura ambiente. Durante este período, ocurren reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus, lo que mejora la estabilidad y calidad del compost.

En esta etapa, la compostera es colonizada por actinomicetos y por una diversidad de macroorganismos, como anélidos, artrópodos e incluso moluscos (babosas). Lombrices como *Eisenia foetida*, habituales en la materia orgánica en descomposición, comienzan a migrar al compost cuando la temperatura desciende a unos 30 °C. Asimismo, si no se lleva un control adecuado, la compostera puede ser invadida por malezas, que podrían cubrirla completamente y afectar el proceso de maduración del compost.

5.1.4. Preparación del compost

a. Ubicación

La elección del sitio para la compostera es fundamental para garantizar un proceso eficiente (Figura 19). Se recomienda ubicarla en un área protegida de vientos fuertes y de la exposición directa al sol o lluvias intensas, ya que las variaciones extremas de temperatura y humedad pueden afectar la actividad microbiana y ralentizar la descomposición de la materia orgánica.

El lugar debe estar cerca de la vivienda o del corral para facilitar el acceso y manejo de los residuos orgánicos, reduciendo el esfuerzo en su traslado. Además, es importante que esté próxima a una fuente de agua para mantener la humedad adecuada del compost.

El terreno debe ser permeable y ligeramente elevado para evitar encharcamientos que puedan generar condiciones anaeróbicas y malos olores. En suelos compactos o con poca capacidad de drenaje, se recomienda colocar una base de material poroso, como ramas o piedras, para mejorar la aireación.



Figura 19. Ubicación del espacio de producción de abonos orgánicos

Antes de iniciar el proceso de compostaje, es necesario reunir los materiales adecuados (Figura 20). Entre ellos se incluyen:

- Estiércoles de animales, los cuales aportan microorganismos y nutrientes esenciales.
- Desperdicios de cosecha o rastrojos, que proporcionan materia seca y estructuran la mezcla.
- Agua, fundamental para mantener la humedad y favorecer la actividad microbiana.
- Cal o ceniza, que ayudan a neutralizar la acidez generada durante la descomposición de la materia orgánica y mejoran las condiciones del compost.



Figura 20. Acopio de material para compostaje

b. Preparación

1. Picado y mezcla de materiales

Para facilitar la descomposición, se deben picar y mezclar todos los residuos vegetales antes de iniciar el proceso (Figura 21).



Figura 21. Desmenuzando de la broza para la preparación del compost

2. Formación de la pila de compost

- En una superficie libre y bien drenada, se deben apilar los materiales hasta alcanzar una altura aproximada de 1.5 metros.
- Los materiales se colocan en capas sucesivas de 30 a 40 cm de espesor (Figura 22).
- Se inicia con una capa de estiércol, luego se espolvorea con cal, se añade una capa de ceniza y, finalmente, se humedece con agua hasta lograr la humedad adecuada.



Figura 22. Amontonamiento de broza vegetal y estiércol

Las capas sucesivas de materiales se acondicionan en este orden (Figura 23):

- **Primera capa:** residuos vegetales.
- **Segunda capa:** estiércol de ovino y cuy.
- **Tercera capa:** cal y ceniza.

Se repite este proceso hasta completar cinco ciclos de capas.



Figura 23. Pila de compost debidamente humedecido y compactado

3. Humedecimiento y aireación

- Se debe agregar agua en cada capa para mantener la humedad adecuada.
- Se coloca un tubo de 2 pulgadas o palo en el centro de la pila para permitir la salida de los gases generados por la descomposición (Figura 24).



Figura 24. Colocación de tubo PVC para respiradero

4. Cubierta de la compostera

- Para evitar la evaporación rápida de la humedad, se recomienda cubrir la pila con paja, ichu o una manta plástica (Figura 25).



Figura 25. Tapado con manta plástica

5. Monitoreo de la temperatura y humedad

- Se debe revisar la temperatura semanalmente (Figura 26). Si el compost está demasiado caliente, se debe humedecer.



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

- La humedad es adecuada cuando, al tomar un puñado de compost, el agua no escurre entre los dedos (Figura 27).



Figura 27. Evaluación de humedad del compost

6. Volteo del compost

- Se debe voltear la mezcla cada 15 días con una pala para mejorar la aireación y asegurar una descomposición uniforme (Figura 28).
- Este proceso se repite hasta que el compost deje de emitir olores fuertes.



Figura 28. Primer volteo del compost a los 15 días

7. Tamizado y uso del compost

Si es necesario, el compost se puede tamizar para separar restos no descompuestos, como tallos duros o rastrojos. Estos pueden reutilizarse en una nueva preparación.

8. Cosecha

El proceso de compostaje finaliza cuando todo el material se ha descompuesto completamente, adquiriendo un aspecto similar a la tierra y su temperatura se estabiliza. En este punto, el compost ya está listo para ser utilizado como abono orgánico.

El compost estará listo para su uso cuando adquiera un color marrón oscuro, tenga una textura homogénea, no emita olores fuertes y no se distinguen residuos vegetales sin descomponer (Figuras 29 y 30).



Figura 29. Evaluación de la madurez del compost



Figura 30. Cosecha y zarandeo de compost maduro

5.1.5. Uso del compost

Para garantizar una fertilización efectiva, se recomienda aplicar compost al suelo al menos una vez al año. Es importante no enterrarlo a más de 15 cm de profundidad, ya que la actividad microbiana disminuye en capas más profundas del suelo.

Para una aplicación eficiente, se recomienda considerar las características del suelo, del compost y del cultivo. Idealmente, el cálculo de la cantidad de compost a aplicar debe basarse en análisis de laboratorio para conocer los nutrientes disponibles en el suelo y en el compost. Sin embargo, también existen dosis recomendadas según el tipo de cultivo:

Las recomendaciones generales para la aplicación de compost para fines agrícolas son las siguientes:

- **Momento de aplicación:** aplicar compost en la siembra, durante el aporque y en el deshierbe.
- **Árboles frutales:** aplicar de 2 a 3 palas de compost alrededor de la proyección de la copa, donde se encuentran las raicillas encargadas de absorber agua y nutrientes.

- **Hortalizas:** aplicar de 1 a 2 puñados de compost por planta.
- **Preparación de sustratos:** utilizar el compost en la mezcla del sustrato para almácigos para mejorar la fertilidad del suelo.
- **Durante el deshierbe:** aplicar compost alrededor de las plantas para estimular su crecimiento. Luego, cubrir con tierra para evitar la pérdida de nutrientes.

Para obtener mejores resultados, la aplicación del compost debe realizarse en suelos húmedos, lo que favorece la actividad microbiana y optimiza la disponibilidad de los nutrientes.

5.2. El vermicompost

El vermicompost, también conocido como humus de lombriz (Figura 31), es un abono orgánico de alta calidad obtenido por las lombrices, especialmente de la especie *Eisena foetida* (lombriz roja californiana), a través del proceso de digestión de la materia orgánica (FAO, 2013).



Figura 31. Crianza de lombriz californiano para la producción de humus

El proceso inicia cuando las lombrices consumen residuos orgánicos biodegradables y los transforman en un material altamente estable y rico en nutrientes. Este humus no solo aporta elementos esenciales para las plantas, sino que también mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Su calidad dependerá de la materia prima utilizada y de las condiciones en las que se desarrolle el proceso. Además, presenta una alta actividad microbiana beneficiosa y contiene fitohormonas que estimulan el crecimiento vegetal (Bernal et al., 2009).

5.2.1. Características

- **Alto contenido de ácidos húmicos y fúlvicos:** estos compuestos favorecen la disponibilidad inmediata de nutrientes y mejoran la fertilidad del suelo hasta por cinco años.
- **Elevada actividad microbiana:** contiene hasta 40 mil millones de microorganismos por gramo seco, lo que restaura la vida del suelo.
- **Mejora la estructura del suelo:** aumenta la retención de agua, la aireación y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes de forma equilibrada.
- **Biofertilizante activo:** su aplicación mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.
- **pH neutro:** puede aplicarse en cualquier cantidad sin riesgo de quemar las plantas.

5.2.2. Composición

El vermicompost es un material con alta estabilidad, rica en flora bacteriana y un equilibrio óptimo de nutrientes esenciales para el suelo y las plantas. La composición de este material se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición del humus de lombriz

Composición	Valor	Composición	Valor
Materia orgánica	65 - 70 %	pH	6.8 - 7.2
Humedad	40 - 45 %	Carbono orgánico	14 - 30 %
Nitrógeno, N ₂	1.5 - 2 %	Calcio	2 - 8 %
Fósforo P ₂ O ₅	2 - 2.5 %	Potasio (K ₂ O)	1 - 1.5 %
Relación C/N	10 - 11	Ácido húmico	3.4 - 4 %
Flora bacteriana	2 x 10 ⁶ colonias/g	Magnesio	1 - 2.5 %

Rel. C/N: Relación carbono/nitrógeno, MO: materia orgánica. Medina-Mejía (2015), citando a Emison (2010).

5.2.3. Lombriz roja californiana

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Figura 32) es una especie especializada en la descomposición de materia orgánica. Su estiércol es un abono altamente asimilable para los cultivos. Las condiciones óptimas para su desarrollo son:

- **Humedad:** 40-45 %.
- **pH:** neutro (7).
- **Aireación:** indispensable para su respiración y metabolismo.

Estas lombrices son hermafroditas, pero requieren apareamiento para reproducirse. Se reproducen cada 7 a 10 días, lo que permite una rápida producción de humus.



Figura 32. Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

5.2.4. Ventajas

- Recupera la fertilidad natural del suelo.
- Es una alternativa de bajo costo y permite aprovechar residuos orgánicos.
- Mejora la estructura del suelo, lo que aumenta la retención de agua y aire.
- Contiene fitohormonas que estimulan el crecimiento vegetal.
- Es un fertilizante estable con alto contenido de nutrientes.
- Favorece la actividad microbiana benéfica en el suelo.
- Su pH neutro permite su aplicación sin riesgo de toxicidad.
- Las lombrices pueden ser utilizadas como alimento para aves (gallinas).

5.2.5. Preparación del humus de lombriz

Las lombrices necesitan una fuente constante de alimento, el cual debe renovarse o aumentarse periódicamente, ya que su población crece rápidamente.

Algunas recomendaciones para la preparación del humus de lombriz son:

- Cantidad de alimento: 20 a 30 kg por lecho cada 10 a 15 días.
- Forma de aplicación: extender en capas de 5 a 10 cm de espesor para mejorar la aireación.
- Tipo de alimento: materia orgánica parcial o totalmente descompuesta.
- Evitar material en fermentación, ya que puede alcanzar temperaturas de hasta 75 °C, lo que mataría a las lombrices.

5.2.6. Ubicación, orientación y construcción de los lechos de crianza

Ubicación ideal:

- Cerca de una fuente de agua.
- En un lugar fresco y con sombra.
- Próximo a la casa o chacra para facilitar la obtención de estiércol.
- En terrenos con poca pendiente para evitar escurrimientos y erosión.

Orientación de los lechos:

Los lechos deben estar alineados con la dirección del viento predominante para mejorar la ventilación.

5.2.7. Construcción de los lechos

Los lechos pueden construirse con piedra, madera o directamente en el suelo (pozones o montículos) (Figura 33 y 34).

Dimensiones recomendadas:

- Ancho: 1 m
- Largo: 3 m
- Profundidad: 30 cm

El tamaño puede ajustarse según la disponibilidad de alimento para las lombrices.



Figura 33. Camas de producción de humus protegidas en proceso de regado



Figura 34. Cama de producción de humus

5.2.8. Instalación y manejo del lecho

Pasos para la Instalación:

1. Llenar los lechos con 20 a 25 cm de compost descompuesto (como alimento base).
Incorporar 10 000 lombrices por cada 3 metros cúbicos de lecho.
2. Regar con una regadera cada 5 a 7 días según la humedad del lecho.
3. Añadir una segunda capa de alimento después de 1 a 2 meses.
4. Cubrir con paja o rastrojos de cebada o avena para mantener la humedad.
5. Mantener el lecho siempre húmedo.
6. Voltear el material cada 15 días para airearlo.

El tiempo de producción del humus oscila entre 3 a 7 meses. En este tiempo las lombrices transformarán los residuos en un humus fino y oscuro, listo para la cosecha.

5.2.9. Cosecha y almacenamiento

Una vez el humus ha atravesado la etapa de maduración, adquiere las siguientes características:

- Color marrón oscuro.
- Sin olores desagradables.
- Textura fina, parecida a la mantequilla.

En esta etapa, es posible cosechar y usar el humus de lombriz (Figura 35). El procedimiento de cosecha implica los siguientes pasos:

1. Colocar trampas de alimento fresco en el centro del lecho (30 cm de ancho x 15 cm de espesor).
2. Esperar a que las lombrices se concentren en la trampa y retirarlas.
3. Repetir el proceso durante 3 a 4 semanas hasta que el lecho quede libre de lombrices.
4. Recolectar el humus maduro.



Figura 35. Humus de lombriz maduro listo para su cosecha

Finalmente, el humus debe almacenarse en bolsas limpias libre de grasas y toxicidad y guardarse en un lugar fresco, manteniendo una humedad del 40 % para conservar su calidad.

5.2.10. Uso y aplicación

La forma de aplicación del humus se resume en la Tabla 6 y se detalla a continuación:

- Hierbas aromáticas: aplicar por golpes en los surcos o líneas de siembra.
- Hortalizas: mezclar con la tierra en las camas de cultivo.
- Tubérculos: aplicar cerca de la raíz (aporque de papa) o enterrar durante la siembra.

Tabla 6. Aplicación de humus de lombriz en distintos cultivos

Tipo de cultivo	Cantidad
Frutales	2 kg/árbol
Hortalizas	1 kg/m ²
Praderas	800 g/m ²
Semilleros	20 % del substrato
Recuperación de terreno	4 000 kg/ha
Papa	0.25-0.5 kg/planta

5.3. Biol

El biol es un biofertilizante líquido (Figura 36) obtenido mediante la fermentación anaeróbica de estiércol y agua. Este proceso natural descompone los residuos orgánicos y los transforma en nutrientes fácilmente asimilables por las plantas. Una vez finalizado, el biol no desprende olores desagradables ni atrae insectos, lo que lo hace ideal para su uso en diversas condiciones agrícolas (Picado y Añasco, 2005).

Su alto contenido de fitorreguladores, microorganismos benéficos y nutrientes esenciales lo convierte en un recurso valioso para mejorar la fertilidad del suelo y la productividad agrícola. Además, el biol estimula la actividad biológica del suelo, optimiza la retención de agua y crea un microclima favorable para el desarrollo de las plantas.



Figura 36. Preparación de biol en biodigestores

5.3.1. Ventajas

El biol ofrece múltiples ventajas para la agricultura sostenible:

- **No es tóxico ni contaminante:** se elabora con insumos naturales, lo que reduce el riesgo de contaminación del suelo y del agua.
- **Bajo costo de producción:** se prepara con materiales disponibles en el campo, como estiércol y agua, lo que reduce significativamente los costos de producción.
- **Incrementa la productividad:** puede aumentar la productividad agrícola hasta en un 30 % sin la necesidad de fertilizantes químicos.
- **Fácil de preparar:** no requiere una fórmula estricta, lo que facilita su preparación en cualquier lugar.
- **Fortalece las plantas:** aumenta la resistencia de las plantas a plagas, enfermedades y cambios climáticos adversos.
- **De rápida absorción:** gracias a su riqueza en hormonas vegetales, aminoácidos y vitaminas, el biol es rápidamente absorbido por las plantas.

a. Composición química del biol

En la Tabla 7 se incluye la composición química del biol:

Tabla 7. Análisis químico del biol

Composición	Valor
Nitrógeno	0.092 %
Fósforo	112.80 ppm
Potasio	860.40 ppm
Magnesio	54.77 ppm
Manganeso	0.075 ppm
Calcio	112.10 ppm
Cobre	0.036 ppm
Hierro	0.820 ppm
Boro	0.440 ppm
pH	5.6

Medina-Mejía (2015), citando a Alvares (2010).

La tabla indica los niveles de varios nutrientes y elementos presentes en este biofertilizante. A continuación, se explica las funciones de cada nutriente:

- **Nitrógeno:** es un macronutriente esencial para el crecimiento vegetal, especialmente para el desarrollo de hojas y tallos.
- **Fósforo:** es crucial para la formación de raíces, flores y frutos. El fósforo ayuda en la fotosíntesis y en la transferencia de energía dentro de la planta.
- **Potasio:** ayuda a regular el balance hídrico de las plantas, fortalece las células y es importante para la resistencia a enfermedades.
- **Magnesio:** participa en la fotosíntesis y es necesario para la síntesis de proteínas.
- **Manganeso:** actúa como cofactor en varias enzimas que participan en procesos metabólicos de las plantas.
- **Calcio:** esencial para el desarrollo de las paredes celulares y la estructura de las plantas.
- **Cobre:** importante para la síntesis de proteínas y enzimas, además de participar en la defensa contra patógenos.
- **Hierro:** fundamental para la formación de clorofila y el transporte de oxígeno en las plantas.
- **Boro:** necesario para el transporte de azúcares y la formación de paredes celulares.
- **pH:** indica que el biol tiene un pH ligeramente ácido, lo que puede ser beneficioso para ciertos cultivos que prefieren suelos ácidos.

Estos nutrientes contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la resistencia de las plantas y promover un crecimiento saludable y vigoroso.

5.3.2. Composición bioquímica del biol

Las fitohormonas presentes en el biol (Tabla 8) regulan y promueven el desarrollo de las plantas. Sus principales efectos incluyen:

- **Auxinas:** estimulan el crecimiento radicular y la elongación de tallos.
- **Giberelinas:** favorecen la germinación y la floración.
- **Citoquininas:** promueven la división celular y retrasan la senescencia de las hojas.
- **Purinas y adeninas:** intervienen en el metabolismo celular y el crecimiento vegetal.

a. Análisis bioquímico del biol

Tabla 8. Composición bioquímica del biol

Composición	Valor
Ácido indol acético (ng/g)	0
Giberelina (ng/g)	8.4
Purinas (ng/g)	9.3
Citoquinina	No detectado
Tiamina (vitamina B1) (ng/g)	259
Riboflavina (vitamina B2) (ng/g)	56.4
Adenina	No detectado
Ácido fólico (ng/g)	6.7
Ácido pantoténico (ng/g)	142
Triptófano (ng/g)	26
Inositol	No detectado
Biotina	No detectado
Niacina	No detectado
Cianocobalamina (vit B12)(ng/g)	4.4
Piridoxina (vit B6)(ng/g)	8.6

Medina-Mejía (2015), citando a Aparcana (2010) y Siura (2008).

5.3.3. Preparación del biol

Materiales:

- Biodigestor de 200 litros
- Manguera transparente de 2 metros
- Botella descartable

Insumos:

- 100 litros de agua (no clorada)
- 20 kg de estiércol fresco
- 2 a 5 litros de orina de vacuno
- 9 kg de estiércol en descomposición (opcional)
- 1 kg de azúcar
- 1 kg de alfalfa (licuada o picada)
- 2 kg de ceniza o cal
- 250 g de cáscara de huevo (molida)
- 3 litros de leche o suero de leche
- 3 kg de harina de pescado
- 3 kg de guano de isla
- 1 kg de roca fosfórica
- 4 litros de chicha
- Plantas con propiedades bioinsecticidas (ortiga, tucsa tucsa, ajo, muña, rocoto, tarwi)

5.3.4. Aplicación y dosificación

El biol se aplica principalmente en hojas y tallos, diluido en agua para evitar quemaduras en las plantas. También puede aplicarse directamente en el suelo o en el cuello de la raíz. En la Tabla 9 se presentan las dosis de aplicación sugerida:

Se recomienda aplicar con una mochila fumigadora en las primeras horas de la mañana o al atardecer.

Tabla 9. Dosis de aplicación de biol

Tipo de Cultivo	Biol	Agua	Frecuencia
Frutales	3 a 4 litros	16 a 17 litros	10 a 15 días
Hortalizas	2 litros	18 litros	10 días
Tubérculos	3 a 4 litros	16 a 17 litros	10 a 15 días
Leguminosas	2 a 3 litros	17 a 18 litros	15 días
Cereales	4 litros	16 litros	15 días
Maíz	3 litros	17 litros	10 días

Claros-Reynaga et al. (2010).



6. Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad. <https://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Avilés, E. D., Montero, M., y Barros-Rodríguez, M. (2018). Los camélidos sudamericanos: productos y subproductos. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal*, 11, 30-38. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20193046521>
- Barreros-Chiluisa, E. I. (2017). *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (Cavia porcellus), enriquecido* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/75555d0d-9493-4e4c-8a3f-041d8ed22ac3>
- Becerra-Sánchez, J. J. (2024). *Observatorio, Siembras y perspectivas de producción: Quinua*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5945877/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-quinua\(2\).pdf?v=1709155759](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5945877/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-quinua(2).pdf?v=1709155759)
- Benzing, A. (2001). *Agricultura orgánica: Fundamentos para la región andina*. Neckar-Verlag.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., y Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Berríos, F. E. S. (2016). *Producción, bromatología y atributos agronómicos de maralfalfa (Pennisetum sp.), según tipo de abono y frecuencia de corte* [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4280?show=full>
- Brack Egg, A., y Mendiola Vargas, C. (2004). *Ecología del Perú* (2^{da} ed.). Editorial Bruño.
- Camargo, F. A. (2008). Changing Fortunes: Biodiversity and Peasant Livelihood in the Peruvian Andes. *Revista De Estudios Sociales*, 1(29), 182-184. <https://doi.org/10.7440/res29.2008.16>

- Campitelli, P. A. (2010). *Calidad de compost y vermicompuestos para su uso como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba] Repositorio de la Universidad Nacional de Córdoba. https://repositoriosdigitales.mincyt.gov.ar/vufind/Record/RDUUNC_1e4490ce4862fba042d90dec9fea7190
- Carmen, J., Cuesta, F., Navarro, G., Barrera, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J., y Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Secretaría General de la Comunidad Andina. <https://www.natureserve.org/sites/default/files/publications/files/josseetal2009.pdf>
- Carrión-Carrera, G. (2022). *Alternativa para no quemar elaboración de compost*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2943006/Alternativa%20para%20no%20quemar:%20Elaboraci%C3%B3n%20de%20compost.pdf.pdf>
- Centro Peruano de Estudios Sociales. (2024). *Degradación de las tierras agrícolas y el rol del Estado*. <https://cepes.org.pe/2024/02/19/degradacion-de-las-tierras-agricolas-y-el-rol-del-estado/>
- Chilon, E. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climático. *Journal of agricultural science and technology*, 2(4), 456-468. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4_a04.pdf
- Chilon-Camacho, E., y Chilon-Molina, J. (2015). Compostaje Altoandino, seguridad alimentaria, cambio climático y biorremediación de suelos. *Ciencia y Tecnología Agraria*, 1(1), 43. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=&lng=es&nrm=iso&tlng=
- Claros-Reynaga, J., Chungara-Atalaya, A., y Zeballos-Flores, G. (2010). *Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades: Experiencias en la zona biocultural subcentral Waca Playa, Tapacarí*. Agroecología Universidad de Cochabamba. https://biblioteca.clacso.edu.ar/Bolivia/agruco/20170929043449/pdf_546.pdf
- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., y Córdova-Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en el suelo agrícola de Purupampa Panao en Perú. *Centro Agrícola*, 47(2), 31-40. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-31.pdf>

- Elouear, Z., Bouhamed, F., Boujelben, N., y Bouzid, J. (2016). Application of sheep manure and potassium fertilizer to contaminated soil and its effect on zinc, cadmium and lead accumulation by alfalfa plants. *Sustainable Environment Research*, 26(3), 131-135. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2016.04.004>
- Eroque, M., Gastellu, J. M., Malpartida, E., y Poupon, H. (1990). *Agricultura andina: Unidad y sistema de producción- Diálogo entre Ciencias Agrarias y Ciencias Sociales*. Editorial Horizonte. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/31596.pdf
- Estrada-Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 43-48. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
- Gomez-Huanca, A. M. (2018). *Solución nutritiva de Biol a base de estiércol de cuy (Cavia porcellus L.) ovino (Ovis aries) y vacuno (Bos taurus) en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) en Puno* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11181>
- Hatziminaoglou, J., y Boyazoglu, J. (2002). Sheep husbandry. En H. Roginski (Ed.), *Encyclopedia of dairy sciences* (pp. 2531–2538). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B012227235800465X>
- Hernández-Cotrino, J. y Chamizo de Castro, A. (2014). *Metodología para la estimación de vulnerabilidad en Ecuador, Perú y Bolivia*. Proyecto Información de cambio climático y biodiversidad para el fomento de políticas públicas de conservación y adaptación en la región de los Andes Tropicales. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Biodiversidad/12.pdf>
- Noli-Hinostroza, E. C. (1999). *Influencia del estiércol en el establecimiento de pasturas*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/d95a7bd7-6b97-4ade-a9c8-3bf7ada53c77>
- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1), 167-177. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>
- Janssen, Bert. H, Guiking, F.C.T., Eijk, D. van der, y Smaling, E. M. (1990). A system for quantitative evaluation of the fertility of tropical soils (QUEFTS). *Geoderma*, 64(4), 299-318. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(90\)90021-Z](https://doi.org/10.1016/0016-7061(90)90021-Z)

- Kienzle, J., y Njenga, B. (2022). *Agricultura de conservación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/332a1683-0e11-47ab-b008-b9a9c9ba9b615/content>
- Labrador-Moreno, J., Guiberteau-Cabanillas, A., Lopez-Benitez, L., y Reyes-Pablos, J. L. (1993). *La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y Utilización*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf
- Mamani, I. I. y Bonifacio, A. (2023). *Efecto del estiércol de llama (Lama glama) mejorado en la calidad de grano de quinua (Chenopodium quinua Willd)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Andrés].
- Medina-Mejía, F. N. (2015). *Valoración agronómica del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) var 'Real Blanca' por efecto de tres niveles de humus de lombriz y biol en condiciones de zonas áridas* [Tesis de grado, Universidad San Agustín de Arequipa]. Repositorio de la Universidad San Agustín de Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/cece8f3e-fbf6-49ad-82f1-279485a75710>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). *Granos andinos*. Manejo agronómico: prácticas de conservación de suelos, y perspectivas. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1338558/Manejo%20Agron%C3%B3mico%20de%20Granos%20Andinos.pdf>
- Miranda, R., Lascano, M., Caballero, A., y Bosque, H. (2014). Influencia de la dosis de estiércol ovino y bioinsumo en la mineralización del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 1(1). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182014000100012
- Murray-Núñez, R., Orozco-Benites, G., Martínez-Orozco, S., Avila-Rames, F., Gerardo, B.-T., Carmona-Gasca, C., y Martínez-González, S. (2023). Composición química de excremento entero, composta y lixiviado de la cama de cuyes (*Cavia porcellus*). *Abanico Agroforestal*, 5, 1-7. <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2023.1>
- Noli-Hinostroza, E. C. (1999). *Influencia del estiércol en el establecimiento de pasturas*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/d95a7bd7-6b97-4ade-a9c8-3bf7ada53c77>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/25737>

- Pardo-Sánchez, I. A. (2022). *Aprovechamiento del rastrojo de la quinua y del subproducto del malteado de la quinua generados en la corporación (COPROBICH) del Cantón Colta de la provincia de Chimborazo, para la obtención de hongos comestibles (Pleurotus ostreatus)* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/ac96a8d3-7bb0-444f-b938-4e5526df1991/content>
- Pérez-Esteban, J., Escolástico, C., Masaguer, A., y Moliner, A. (2012). Effects of sheep and horse manure and pine bark amendments on metal distribution and chemical properties of contaminated mine soils. *European Journal of Soil Science*, 63(5), 733-742. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01468.x>
- Picado, J., y Añasco, A. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. [https://www.ciaorganico.net/documypublic/641_Abonos_organicos_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/641_Abonos_organicos_(1).pdf)
- Prashar, D., Singh, A., Dhama, V., Kumar Singh, P., Kumar, M., Kumar, S., Pandey, D., y Verna, G. (2025). Effect of organic and inorganic fertilizers on crop yield and soil fertility: A comprehensive review. *Journal of Experimental Agriculture International*, 47(2), 16-22. <https://doi.org/10.9734/jeai/2025/v47i23261>
- Pulgar-Vidal, J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. Terra Brasilis. *Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica*, 3(3). <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>
- Ramos-Agüero, D., y Terry-Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007
- Reider, K. E., Bueno de Mesquita, C. P., Anderson, K., Pilco, R. Q., Luza Victorio, M. A., Gelona, A. R., y Schmidt, S. K. (2024). Wild Andean camelids promote rapid ecosystem development after glacier retreat. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83457-6>
- Rivasplata-Varillas, P. E. (2012). *Desertificación y desertización en el altiplano andino peruano: Comparación de manejo del territorio por la Sociedades Preteritas* [Tesis para optar el grado de Magister universitario] Universidad Internacional de Andalucía. https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2271/0382_rivasplata.pdf;jsessionid=EB5A3A27FF3DBC83113CF57F4FF5A6C7?sequence=1
- Román, P., Martínez, M. M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

- Sánchez, M. (2018). Comprender la agricultura en los Andes peruanos: Economía y política en la comunidad de Yanque (Caylloma, Arequipa). *Antropologías del Sur*, 4(7), 235-256. <https://doi.org/10.25074/rantros.v4i7.794>
- Sarmiento, F. (2024). Anthropogenic change in the landscapes of highland Ecuador. *Geographical Review*, 92(2), 213-234. <https://doi.org/10.2307/4140971>
- Sarmiento, F. O. (2000). Breaking Mountain Paradigms: Ecological Effects on Human Impacts in Man-aged Tropandean Landscapes. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(7), 423-431. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.7.423>
- Sohail, M. I., Arif, M., Rauf, A., Rizwan, M., Ali, S., Saqib, M., y Zia-Ur-Rehman, M. (2019). Organic manures for cadmium tolerance and remediation. En M. Hasanuzzaman, M. N. V. Prasad and K. Nahar, *Cadmium tolerance in plants: Agronomic, molecular, signaling, and omic approaches* (pp. 19-67). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815794-7.00002-3>
- Soto, J., Valdivia, E., Valdivia, R., Cuadros, A., y Bravo, R. (2012). Descripción de sistemas de rotación de cultivos en parcelas de producción de quinua en cuatro zonas (siete distritos) del Itiplano peruano. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 2(3), 391-402. <http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v2n3/v2n3a07.pdf>
- Suquilanda, M. (2012). *Producción orgánica de cultivos andinos*. Food and Agriculture Organization y Mountain Partnership. [https://www.fao.org/mountain-partnership/publications/Producci%C3%B3n-org%C3%A1nica-de-cultivos-andinos-\(FAO\)/en](https://www.fao.org/mountain-partnership/publications/Producci%C3%B3n-org%C3%A1nica-de-cultivos-andinos-(FAO)/en)
- Tapia, M. E., y Felipe-Morales, C. (2024). *Agroecología en los Andes: Avance, Desafíos y Propuestas* (1era ed.). Fundación McKnight. https://cdp20.andescdp.org/wp-content/uploads/2024/06/Libro_Agroecologia_en_los_Andes_2024.pdf
- Tapia, M. E., y Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos (1.ª)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- Tortosa, G., Albuquerque, J. A., Ait-Baddi, G., y Cegarra, J. (2012). The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”). *Journal of Cleaner Production*, 26, 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.008>

- Villagaray-Lizana, Y. M., Jorge-Ruiz, J. J., Avila-Galvez, J. J., Condori-Hinostroza, S. D., y Yzarra-Aguilar, A. (2021). Estiércol ovino en el rendimiento de *Solanum tuberosum*. *Scientific Research Journal CIDI*, 1(2), 196-202. <https://doi.org/10.53942/srjcdi.v1i2.60>
- Wang, Y., Li, Q., y Li, C. (2023). Organic fertilizer has a greater effect on soil microbial community structure and carbon and nitrogen mineralization than planting pattern in rainfed farmland of the Loess Plateau. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1232527>
- Xochicentli, A. C. (2020). *El rastrojo, una oportunidad para recuperar la fertilidad de los suelos*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.. <https://idp.cimmyt.org/el-rastrojo-una-oportunidad-para-recuperar-la-fertilidad-de-los-suelos/>



Instituto Nacional de Innovación Agraria



D. : Av. La Molina 1981, La Molina
T. : (511) 240-2400
www.gob.pe/inia



PERÚ
Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

