

Plan de lección: Tecnologías de tratamiento



95-110
minutos

Descripción de la lección



En esta lección, se presentan tecnologías de tratamiento de lodos fecales consolidadas, en transferencia y novedosas (o innovadoras). Estas tecnologías se usan hoy en día para gestionar los lodos fecales o podrían usarse en el futuro. Para cada tecnología, los participantes aprenderán sobre los objetivos del tratamiento, los mecanismos de inactivación de agentes patógenos, las etapas de desarrollo y los productos finales del tratamiento.

Objetivos de aprendizaje



Al finalizar esta sesión, los participantes serán capaces de:

1. Enumerar tecnologías de tratamiento de lodos fecales consolidadas, en transferencia y novedosas (o innovadoras).
2. Identificar los objetivos, los mecanismos de inactivación de agentes patógenos y los productos finales del tratamiento de las diferentes tecnologías de tratamiento de lodos fecales.

Materiales



- Papel de rotafolio
- Cinta adhesiva
- Marcadores
- Tijeras
- Vaso con agua sucia
- Tabla de tecnologías de tratamiento (1 por participante)
- Lista de íconos (1 por participante)
- Tabla de tecnologías de tratamiento con soluciones (1 por participante)
- Hojas informativas sobre tecnologías de tratamiento (1 juego)
- Estudios de caso y libro de ejercicios sobre gestión de lodos fecales

Opcional:

- Actividad: ¿Qué tecnología soy? (1 tarjeta por participante)

Preparación



- Repase el capítulo 5, "Panorama de las tecnologías de tratamiento", del libro *Manejo de lodos fecales: un enfoque sistémico para su implementación y operación*.
- Arme cuatro estaciones para las hojas informativas sobre tecnologías. Pegue las hojas informativas con cinta adhesiva a la pared o use mesas para las estaciones.
 - Espesamiento: sedimentación/espesamiento, espesamiento mecánico, lecho de secado sin plantas, lecho de secado con plantas, secado térmico.

- Inactivación de agentes patógenos: co-compostaje, tratamiento alcalino, tratamiento con amoníaco, almacenamiento.
- Estabilización/gestión de nutrientes: zanjas profundas, incineración, digestión anaeróbica, larvas de mosca soldado negra, lombricompostaje, lombrifiltro, estanque de peces, estanque de plantas.
- Otros: peletización, co-tratamiento con aguas residuales.
- En una hoja de rotafolio, escriba el título "*Tecnologías de tratamiento*".
- En una hoja de rotafolio, escriba el título "*Otros factores para la selección de tecnologías*".
- Imprima la tabla de tecnologías de tratamiento, la lista de íconos y la tabla de tecnologías de tratamiento con soluciones (1 por participante).
- Opcional: imprima y recorte las tarjetas para la actividad de repaso "¿Qué tecnología soy?" (1 tarjeta por participante).

Introducción
5 minutos

1. En frente a los participantes, coloque un vaso con agua sucia que tenga muchos sólidos. Explique que representa un vaso de lodos fecales.
2. Pregúnteles a los participantes: "¿Qué tecnologías podrían usarse para tratar esto?". Escriba las respuestas en la hoja de rotafolio "*Tecnologías de tratamiento*". No agregue ninguna tecnología faltante; se presentarán más adelante.
 - *Sedimentación/espesamiento* (p. ej.: tanques de sedimentación/espesamiento, sedimentadores, tanques Imhoff y fosas sépticas)
 - *Espesamiento mecánico* (p. ej.: filtro prensa, prensa centrífuga, filtro de correa)
 - *Lecho de secado sin plantas* (también denominado "lecho de secado en arena")
 - *Lecho de secado con plantas* (también denominado "lecho de filtrado con plantas", "humedal artificial de flujo vertical" y "lecho de junquillos para el secado de lodos")
 - *Co-compostaje*
 - *Zanjas profundas*
 - *Tratamiento alcalino*
 - *Tratamiento con amoníaco*
 - *Incineración*
 - *Digestión anaeróbica*
 - *Larvas de mosca soldado negra*
 - *Lombricompostaje*
 - *Lombrifiltro*
 - *Peletización* (p. ej.: peletizador Bioburn, LaDePa)
 - *Secado térmico* (p. ej.: secado solar)
 - *Almacenamiento*
 - *Co-tratamiento con aguas residuales* (p. ej.: reactor anaeróbico con deflectores, estanque de estabilización de desperdicios, filtro de grava con plantas)
 - *Estanques de peces*
 - *Estanques de plantas acuáticas*
3. Si correspondiera, pregunte: "¿Todas estas tecnologías son apropiadas para tratar los lodos fecales?". Tache las tecnologías que solo sirven para el tratamiento de aguas residuales. Explique a los participantes que las tecnologías diseñadas para

tratar las aguas residuales no son necesariamente adecuadas para tratar los lodos fecales.

- *Por ejemplo: el proceso de lodos activados, los filtros percoladores, los reactores secuenciales o los reactores anaeróbicos con deflectores (este último ejemplo podría servir para la parte líquida que se obtiene después del espesamiento de los lodos fecales).*
 - *Explique que las tecnologías suelen fallar porque no fueron diseñadas para las características específicas de los lodos fecales (presentadas en el plan de lección "Enfoque de diseño"). Si las tecnologías se transfieren desde el sector de tratamiento de las aguas residuales, no necesariamente funcionarán por este motivo. La operación y el mantenimiento constantes (presentados en el plan de lección "Operación y mantenimiento") también son importantes.*
4. Explique que estas son algunas tecnologías usadas para tratar los lodos fecales. Tienen distintos objetivos de tratamiento, productos finales del tratamiento y grado de desarrollo. En esta lección, se presentarán más tecnologías.
 5. Presente la descripción de la lección o los objetivos de aprendizaje.

Tecnologías de tratamiento

65 minutos



1. Indíqueles a los participantes que esta actividad es una introducción a las tecnologías de tratamiento de lodos fecales. Los participantes aprenderán sobre los objetivos del tratamiento, la forma en la que se inactivan los agentes patógenos y los productos. También aprenderán sobre el grado de desarrollo de las tecnologías (qué experiencia hay respecto de esa tecnología). Indíqueles a los participantes que no se enseñarán detalles relativos al diseño técnico, como la energía, el espacio y el costo. Algunas tecnologías aparecen en el libro *Manejo de lodos fecales: un enfoque sistémico para su implementación y operación*.
2. Explique que hay cuatro estaciones de tratamiento en el aula. Cada estación representa un objetivo del tratamiento (espesamiento, estabilización/gestión de nutrientes, inactivación de agentes patógenos, otros). En cada estación, hay varias hojas informativas sobre tecnologías de tratamiento.
3. Explique que, en parejas, los participantes recorrerán las distintas estaciones, repasarán las hojas informativas y completarán la tabla de tecnologías de tratamiento. Tendrán que averiguar cuáles son los objetivos del tratamiento, los mecanismos de inactivación de agentes patógenos, el grado de desarrollo de las tecnologías y los productos finales del tratamiento. Los participantes tendrán 2 minutos por cada tecnología.
4. Explique que las hojas informativas tienen dos páginas. La primera tiene imágenes y una descripción breve de la tecnología. La segunda tiene más detalles:
 - *Un diagrama que muestra qué elementos ingresan a la tecnología de tratamiento, los productos finales del tratamiento y para qué pueden usarse dichos productos. Eso no implica que los lodos fecales sean seguros de usar. Los lodos fecales necesitarán más tratamiento según el uso. Nota: los lodos se describen como líquidos, espesados o secos.*
 - *Una clasificación de todos los objetivos del tratamiento.*

- *El grado de inactivación de agentes patógenos y de espesamiento se clasifica en: "bajo", "medio" y "alto".*
- *La estabilización y la gestión de nutrientes se categoriza en: "sí" o "no".*
- *El objetivo de tratamiento principal se clasifica como "alto". Un objetivo de tratamiento menos importante se clasifica como "medio". Si hay un objetivo de tratamiento poco importante, se clasifica como "bajo".*
- *Una lista de los distintos mecanismos de inactivación de agentes patógenos.*
 - *Almacenamiento (o tiempo): se refiere a la combinación de tres mecanismos distintos: edad, depredación e inanición. Es difícil distinguir cuál de estos mecanismos inactiva los agentes patógenos de una tecnología de tratamiento.*
 - *Deshidratación: eliminación de la humedad.*
 - *Luz UV: luz ultravioleta o radiación solar.*
 - *Temperatura*
 - *pH*
- *Grado de desarrollo: tecnología novedosa (o innovadora), en transferencia y consolidada.*
 - *Las tecnologías consolidadas han sido diseñadas para los lodos fecales e implementadas con ellos.*
 - *Las tecnologías en transferencia han sido adaptadas del sector de tratamiento de aguas residuales o de otro sector, como la producción de alimento para animales o la producción de biocombustibles.*
 - *Las tecnologías novedosas (o innovadoras) están en proceso de investigación, desarrollo y prueba.*



5. Entregue la tabla de tecnologías de tratamiento y la lista de íconos a cada participante. Pídales que, en parejas, vayan hasta un afiche de una tecnología de tratamiento. Debería haber una pareja en cada afiche. Después de 2 minutos, pídale a las parejas que pasen a la siguiente tecnología de tratamiento. Después de que todos los participantes hayan completado todas las hojas informativas sobre tratamiento, pídale que vuelvan a sentarse.
6. Pregúnteles: "¿Todas las tecnologías tienen los mismos objetivos de tratamiento?".
 - *No, las tecnologías tienen distintos objetivos de tratamiento. Algunos objetivos solo se centran en el espesamiento (p. ej.: los tanques de asentamiento, los lechos de secado sin plantas). Algunas tecnologías se centran solo en la inactivación de los agentes patógenos (p. ej.: el tratamiento con cal). Algunas tecnologías tienen varios objetivos de tratamiento (p. ej.: el co-compostaje).*
7. Pregúnteles a los participantes: "¿Qué tecnologías de tratamiento inactivan los agentes patógenos hasta un nivel seguro?".
 - *No hay tecnologías que inactiven los agentes patógenos hasta un nivel seguro. El tratamiento con amoníaco y el tratamiento alcalino no inactivan los agentes patógenos, pero son tecnologías en transferencia que no se han implementado mucho en la gestión de lodos fecales. El co-compostaje también se centra en la*

inactivación de agentes patógenos mediante el aumento de la temperatura, pero es difícil llegar a temperaturas altas. Se necesita más investigación.

8. Pregúnteles: "¿Todas las tecnologías se pueden usar para lo mismo?".

- *No, se obtienen distintos productos a partir del tratamiento con tecnologías distintas. Algunas tecnologías generan lodos estabilizados, espesados o secos. Otras generan proteínas, biocombustibles o efluentes para la irrigación. Algunas tecnologías de tratamiento generan productos que pueden usarse en diversos mercados. Por ejemplo: los lechos de secado sin plantas generan lodos que pueden usarse como mejorador de suelos en la agricultura o la silvicultura, como biocombustible o como material para la construcción.*

9. Pregúnteles a los participantes: "¿Todas las tecnologías están consolidadas?".

- *No, algunas están consolidadas, pero otras son tecnologías en transferencia o innovadoras/novedosas que precisan más investigación.*



10. Explique que para tratar los lodos fecales de manera eficaz, tal vez sea necesario usar diversas tecnologías de tratamiento en un orden específico. Explique que, en general, primero habrá que espesar los lodos fecales, luego estabilizarlos e inactivar los agentes patógenos. Dé algunos ejemplos.

- *Para compostar lodos líquidos, primero será necesario espesarlos y luego compostarlos.*
- *Para usar lodos fecales de una letrina de fosa a fin de sembrar cultivos comestibles, no se puede usar el lombricompostaje porque no inactiva los agentes patógenos en gran medida. Probablemente sea necesario el co-compostaje, usar aditivos o simplemente almacenar los lodos fecales durante más tiempo.*
- *Para usar los lodos fecales con el propósito de fabricar bloques, se necesitan lodos secos que no hayan sido estabilizados. Es posible que primero haya que espesar los lodos fecales y, luego, secarlos.*

11. Indíqueles a los participantes que, aparte de estos factores técnicos (p. ej.: el objetivo de tratamiento, el producto final del tratamiento, el grado de desarrollo de una tecnología), hay muchos otros factores que influyen sobre la elección de tecnologías. Pregúnteles a los participantes: "¿Qué factores pueden influir sobre la selección de una tecnología de tratamiento?". Escriba las respuestas en la hoja de rotafolio "Otros factores para la selección de tecnologías".

- *Costo*
- *Factores ambientales (p. ej.: tipo de suelo, clima, nivel freático, geografía)*
- *Recursos locales (p. ej.: recursos humanos y económicos)*
- *Electricidad (p. ej.: será necesario considerar cómo afectarán los cortes de luz al funcionamiento de la tecnología)*
- *Disponibilidad de espacio*
- *Requisitos relativos a las tierras*
- *Consideraciones económicas*
- *Disposiciones legales*

12. Explique que algunos de estos otros factores serán tratados en profundidad durante el taller y que todos son componentes fundamentales de un enfoque integral de planificación (p. ej.: el marco legal).

13. Remita a los participantes al capítulo 5 del libro *Manejo de lodos fecales: un enfoque sistémico para su implementación y operación* si desean obtener más información sobre las tecnologías. Véanse las secciones sobre planificación y gestión del libro para leer sobre otras variables de diseño importantes por considerar.

Opcional: Gestión de riesgos
5 minutos

1. Explique que hay diversas barreras que pueden implementarse para evitar la transmisión de agentes patógenos fecales cuando se gestiona un centro de tratamiento.
2. Pídales a los participantes que se pongan de pie si la barrera que les tocó puede reducir ese riesgo (véase el plan de lección "Gestión de riesgos"). Pídales que expliquen por qué.
3. Pregúnteles a los participantes: "¿Hay otras barreras que puedan implementarse al gestionar un centro de tratamiento?".
 - Uso de elementos de protección personal
 - Mantenimiento de la limpieza del lugar
 - Restricción del acceso
 - Lavado de manos
 - Monitoreo
 - Limpieza de herramientas
 - Gestión de efluentes
 - Capacitación
 - Emplazamiento

Libro de ejercicios
10 minutos

1. Entregue la tabla de tecnologías de tratamiento con soluciones a cada participante.
2. Pídales a los grupos del estudio de caso que vuelvan al libro de ejercicios y completen la sección 5, "Tecnologías de tratamiento de lodos fecales". Los grupos enumerarán los objetivos del tratamiento, seleccionarán las tecnologías de tratamiento y desarrollarán un proceso de tratamiento.

Actividad opcional de repaso: ¿Qué tecnología soy?
10 minutos

1. Pegue una tarjeta de la actividad "¿Qué tecnología soy?" en la espalda de cada participante. Explíqueles que el objetivo es qué tipo de tecnología de tratamiento tienen en la espalda respondiendo a preguntas con "sí" o "no". Proporcione un ejemplo de una pregunta de sí/no. Explíqueles a los participantes que solo pueden realizar una pregunta a cada persona. Cuando los participantes hayan adivinado su tipo de tecnología de tratamiento, quíteles la tarjeta de la espalda y deles otra tarjeta. Continúe la actividad durante 5 minutos.

Repaso

















5 minutos






1. Pídales a los participantes que busquen a un compañero de otro grupo del estudio de caso. Pídales a los participantes que compartan el proceso de tratamiento recomendado por su grupo y los motivos por los cuales lo eligieron.




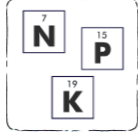





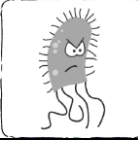




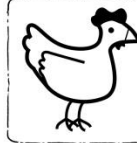
Reflexiones sobre la lección

Actividad: Tabla de tecnologías de tratamiento

	Tecnología de tratamiento	Objetivos del tratamiento	Productos finales del tratamiento	Mecanismos de inactivación de patógenos	Grado de desarrollo de la tecnología
	Sedimentación y espesamiento				
	Espesamiento mecánico				
	Lechos de secado sin plantas				
	Lechos de secado con plantas				
	Co-compostaje				
	Zanjas profundas				
	Tratamiento alcalino				
	Tratamiento con amoníaco				
	Incineración				
	Digestión anaeróbica				
	Larvas de mosca soldado negra				
	Lombricompostaje				
	Lombrifiltro				
	Peletización				
	Secado térmico				
	Almacenamiento				

	Tecnología de tratamiento	Objetivos del tratamiento	Productos finales del tratamiento	Mecanismos de inactivación de patógenos	Grado de desarrollo de la tecnología
	Co-tratamiento con aguas residuales				
	Estanque de peces				
	Estanque de plantas acuáticas				

Actividad: Lista de íconos


Objetivos del tratamiento	Uso	Grado de desarrollo de la tecnología
Espesamiento 	Agricultura, horticultura 	Consolidada 
Gestión de nutrientes 	Biogás 	En transferencia 
Estabilización 	Combustible sólido 	Novedosa 
Inactivación de agentes patógenos 	Irrigación 	
	Acuicultura 	
	Construcción (materiales) 	
	Silvicultura 	
	Ganado 	

Actividad: Tabla de tecnologías de tratamiento – Soluciones


	Tecnología de tratamiento	Objetivos del tratamiento	Productos finales del tratamiento	Mecanismos de inactivación de patógenos	Grado de desarrollo de la tecnología
	Sedimentación y espesamiento	Espesamiento	Lodos líquidos Efluente con agentes patógenos	Almacenamiento	Consolidada
	Espesamiento mecánico	Espesamiento	Lodos espesados con agentes patógenos Efluente	Ninguno	En transferencia
	Lechos de secado sin plantas	Espesamiento	Lodos espesados o secos con agentes patógenos Efluente	Deshidratación Luz UV Almacenamiento	Consolidada
	Lechos de secado con plantas	Espesamiento Estabilización/ Gestión de nutrientes	Plantas Lodos secos estabilizados con agentes patógenos Efluente	Deshidratación Luz UV Almacenamiento	Consolidada
	Co-compostaje	Inactivación de agentes patógenos Estabilización/ Gestión de nutrientes	Lodos espesados estabilizados con pocos agentes patógenos Efluente	Temperatura Almacenamiento	Consolidada
	Zanjas profundas	Estabilización/Gestión de nutrientes	Plantas Árboles	Almacenamiento	Consolidada
	Tratamiento alcalino	Inactivación de agentes patógenos	Lodos líquidos/espesados con pocos agentes patógenos	pH	En transferencia
	Tratamiento con amoníaco	Inactivación de agentes patógenos	Lodos líquidos con pocos agentes patógenos	Reacciones complejas (se necesita más investigación)	Novedosa
	Incineración	Inactivación de agentes patógenos Espesamiento - Estabilización/ Gestión de nutrientes	Ceniza Biocombustible	Temperatura	En transferencia
	Digestión anaeróbica	Estabilización/ Gestión de nutrientes	Lodos líquidos estabilizados con/sin agentes patógenos Biogás	Almacenamiento	En transferencia
	Larvas de mosca soldado negra	Estabilización/ Gestión de nutrientes	Lodos espesados estabilizados con agentes patógenos Larvas de mosca soldado negra	Almacenamiento	Novedosa
	Lombricompostaje	Estabilización/ Gestión de nutrientes	Lodos espesados estabilizados con agentes patógenos Efluente	Almacenamiento	Novedosa / En transferencia
	Lombrifiltro	Estabilización/ Gestión de nutrientes	Lodos espesados estabilizados con agentes patógenos Efluente	Almacenamiento	Novedosa / En transferencia
	Peletización	Inactivación de agentes patógenos (en combinación con otra tecnología)	Pélets de lodos secos	Ninguno	En transferencia
	Secado térmico	Espesamiento Inactivación de agentes patógenos	Lodos secos con agentes patógenos	Temperatura Deshidratación Almacenamiento	En transferencia

	Tecnología de tratamiento	Objetivos del tratamiento	Productos finales del tratamiento	Mecanismos de inactivación de patógenos	Grado de desarrollo de la tecnología
	Almacenamiento	Inactivación de agentes patógenos	Lodos secos con pocos agentes patógenos	Almacenamiento	Consolidada
	Co-tratamiento con aguas residuales	Depende	Efluente tratado	Depende	En transferencia
	Estanque de peces	Estabilización/ Gestión de nutrientes	Peces Lodos líquidos Efluente con agentes patógenos	Almacenamiento	Novedosa / En transferencia
	Estanque de plantas acuáticas	Estabilización /Gestión de nutrientes	Plantas acuáticas Lodos líquidos Efluente con agentes patógenos	Almacenamiento	Novedosa / En transferencia

Actividad opcional de repaso: ¿Qué tecnología soy?



Co-compostaje	Lombri-compostaje
Larvas de mosca soldado negra	Lecho de secado con plantas
Lecho de secado sin plantas	Secado térmico
Secado térmico	Espesamiento mecánico
Tratamiento alcalino	
Tratamiento a base de amoníaco	Peletización
Incineración	Digestión anaeróbica
Sedimentación y espesamiento	Zanjas profundas

Estanque de peces	Estanque de plantas acuáticas
 Lombrifiltro	