



Nuevos usos de lodos agroindustriales

Eduardo Arellano y Camila Rey¹

El recién aprobado reglamento de uso de lodos de agroindustria abre otra oportunidad para la reutilización de residuos orgánicos en sistemas agrícolas y forestales. Con ellos es posible generar nuevas alternativas a la enmienda y mejora de suelos y reducir la presión de envío de desechos a rellenos sanitarios.

Recientemente se ha aprobado un reglamento para el manejo y uso de lodos provenientes de plantas de tratamientos de efluentes de la industria procesadora de frutas y hortalizas (DS03/2012). Esta iniciativa, enfocada a mejorar la competitividad de la agroindustria en Chile, fue impulsada por el Ministerio de Economía y por el Ministerio de Medio Ambiente, y su objetivo es entregar un marco general al uso específico de un residuo de origen orgánico como mejoradores de suelo en sistemas agroforestales. Se estima que los volúmenes de efluentes como lodos con potencial de aplicación alcanzan las 70 mil toneladas al año y representan una parte de la gran cantidad de residuos generados en la agroindustria, los que en su mayoría son enviados a rellenos sanitarios, compostados o reutilizados como materia prima de otros procesos (ver tabla 1).

El reglamento establece los principios generales asociados a definiciones, caracterizaciones y analítica. Además, entrega restricciones para uso y aplicación como mejoradores de suelos. Para ello, toma como base las experiencias en uso agrícola de los lodos de plantas de tratamientos de aguas servidas (DS04/2009) y las caracterizaciones de la norma de compost (NCH

2880/2005). En forma general se establece que previo a la aplicación de lodos se debe presentar al SAG un Plan de Aplicación de lodos al suelo, y el responsable de su cumplimiento será el generador.

El Plan de Aplicación debe incluir:

- a) Estudio de suelos y un plano georreferenciado a escala de detalle que incluya las distancias a áreas residenciales, viviendas individuales y fuentes de agua potable, entre otros.
- b) Caracterización físico-química del suelo receptor de lodo.
- d) Cantidad de lodo a aplicar anualmente.
- d) Caracterización de los lodos indicando: contenido total de metales pesados como, por ejemplo, arsénico, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc; materia orgánica; contenido de sólidos totales; contenido de humedad; conductividad eléctrica; pH; y contenido total de nitrógeno y fósforo.
- e) Manejo agronómico que incluya técnica de incorporación del lodo al suelo, frecuencia, época y tasa de aplicación, información de cultivo y medidas de control de erosión.

¹ Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente.

Las experiencias en aplicaciones de lodos en Chile, muestran que en forma complementaria a lo establecido en el reglamento, se deben implementar prácticas de buen manejo en su aplicación que incorporen las características del predio y las físico químicas del residuo, las demandas y capacidades del sistema donde se quiere aplicar, el comportamiento y respuesta esperada una vez aplicado (ver figura 1).

Beneficios en la aplicación de lodos orgánicos

En la agricultura existe un conocimiento avanzado de los efectos directos de la aplicación o uso de fertilización y materia orgánica en la productividad de cultivos. El permanente aumento en los precios de insumos agrícolas, los nuevos requerimientos ambientales asociados al tratamiento de desechos y los costos directos del uso de rellenos sanitarios, ha generado un creciente interés por desarrollar el reciclaje de nutrientes. Dependiendo del tipo de material, los lodos pueden suplir nutrientes. Además, estos materiales pue-

den ser sustitutos parciales o totales de fertilizantes sintéticos. La adición de materia orgánica también mejora las propiedades físicas (infiltración, capacidad de retención de agua, estructura, etc.) y propiedades químicas (CIC, fertilidad, etc.). Como todo residuo industrial, pueden contener exceso de sales o niveles de metales pesados que pueden afectar la producción de un cultivo (ver tabla 2).

Identificación de áreas potenciales

Desde el punto de vista del generador del residuo, la aplicación directa de lodos es una opción económica al envío a relleno sanitario o a las áreas de acumulación de desecho dentro de la misma área generadora. De esta forma, se abre la posibilidad de aumentar la vida útil de las áreas de acumulación de desechos al estimular el reciclaje de residuos orgánicos en sistemas agrícolas.

Es así como surge la necesidad de determinar si existen áreas reales de aplicación y si estos residuos son ambientalmente seguros una vez que son

aplicados en sistemas abiertos fuera de las plantas. Suelos ácidos, con texturas arenosas, en pendientes o cercanos a cursos de agua, quedan excluidos por norma de zonas potenciales de uso. En forma adicional, se considera como elemento de decisión el costo de traslado desde el punto de generación de lodos y el predio receptor ya que solamente las zonas cercanas a las plantas de generación de lodos serán factibles de utilizar.

La falta de zonas disponibles ha llevado a generar plantas de secado y quemado de desechos orgánicos, lo que simplifica el problema de manipulación, pero aumenta otros riesgos ambientales asociados a esta alternativa. Cada generador debe entender las áreas reales disponibles para reutilización. Por ejemplo, en la figura 2 se observa un mapa que considera la superficie real disponible para dos plantas generadoras de lodos en la Región del Biobío. A las restricciones de sitio establecidas en el reglamento, de pendiente, cercanías de ríos, pH y texturas se agrega una restricción de distancia de transporte de 100 km.

INSUMO AGROINDUSTRIAL

MATERIAS PRIMAS, INSUMOS (AGUA, ENERGÍA, QUÍMICOS, ETC)

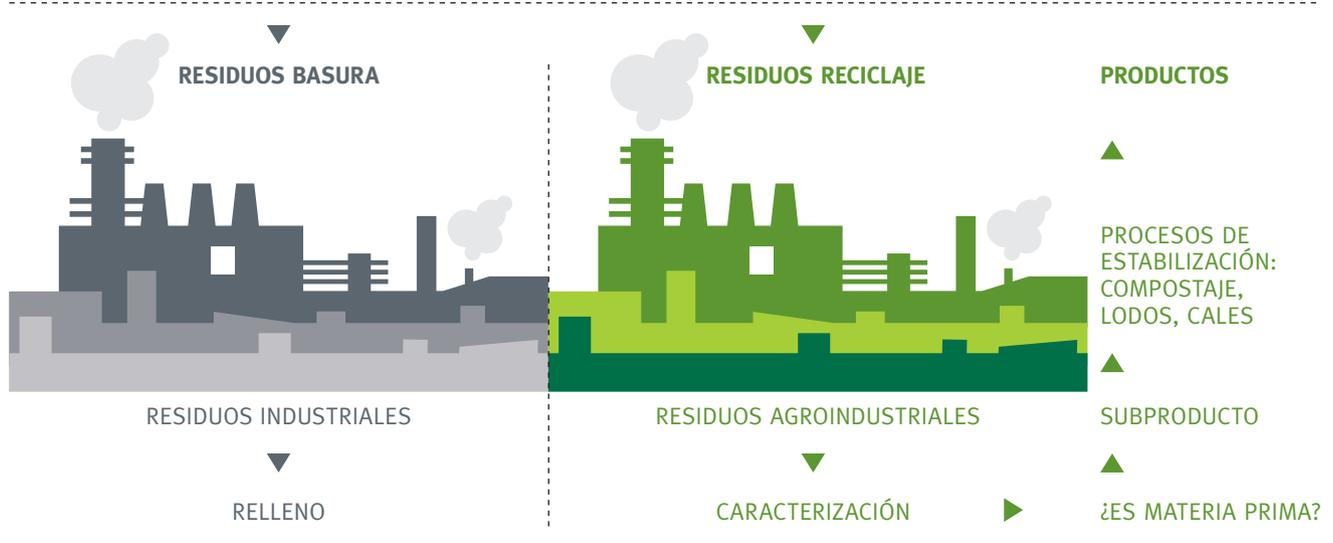


FIGURA 1. Esquema general de proceso de generación de residuos y reutilización de residuos para un proceso agroindustrial.

Desde el punto de vista del agricultor, su interés es buscar alternativas que maximicen la rentabilidad y manejo sustentable del predio, y no necesariamente saturar sus cultivos con desechos orgánicos con niveles de nutrientes u otros elementos que sobrepasen los requerimientos reales y la capacidad de carga del suelo, poniendo en amenaza la calidad ambiental de su producción. En general, en la agricultura se utilizan los residuos orgánicos como complementos a programas de fertilización de manera de evitar desbalances nutricionales o problemas de contaminación. En este sentido, el reglamento establece niveles específicos de concentración de metales tanto en el lodo como en el suelo receptor (ver tabla 3).

Uso directo en el suelo

Los lodos contienen nutrientes rápidamente disponibles y otros mineralizables, que se ubican en estructuras orgánicas. Las características del residuo, la humedad y temperatura del suelo, y el sistema de aplicación determinarán los niveles de descomposición y efectividad del uso en terreno. El tiempo y oportunidad de aplicación dependerán de los requerimientos del cultivo y el clima. El método de aplicación, de las características físicas del residuo (contenido de humedad) y de la disponibilidad de maquinaria.

Normalmente, los residuos orgánicos se pueden aplicar con equipo simple de arado o con cualquier equipo de dispersión de fertilizantes. Materiales más líquidos pueden ser inyectados, aplicados en forma superficial o incluso en sistemas de riego. Materiales semi-sólidos pueden requerir equipos especiales o ser secados antes de implementar su dispersión en terreno. La variabilidad de tecnologías de estabilización afectará la eficiencia de uso y la pérdida potencial de nutrientes. La tabla 4 muestra los distintos factores de eficiencia de uso de nitrógeno y la proporción real disponible del total orgánico dependiendo del tipo de lodo y del tiempo desde la apli-

cación utilizado. Lo más común son plantas de digestión aeróbica con piscinas de decantación.

Aplicación directa de lodos orgánicos v/s compostaje

Al momento de implementar un programa de reutilización de lodos en sistemas agrícolas resulta importante tener en mente las ventajas o desventajas de cada uno. En general, los residuos orgánicos no tratados son obtenidos a un costo menor que los compostados, ya que este último requiere inversión, tiempo y mano de obra especializada. Los residuos no tratados tienen mayor disponibilidad de ciertos nutrientes, especialmente nitrógeno. Sin embargo, si no se aplican en el momento oportuno, las pérdidas por volatilización pueden ser altas dependiendo de la zona y el tipo de incorporación (ver tabla 4).

El compostaje permite una mejor calendarización de uso ya que es posible almacenarlo y usarlo de acuerdo a la planificación. El residuo no tratado, debe ser incorporado al suelo en forma rápida para evitar pérdida de nutrientes y problemas de generación de olores. El compost además es más seguro ya que al ser estabilizado a altas temperaturas, reduce cualquier riesgo de patógenos que eventualmente puedan dañar el cultivo. Los costos son mayores y requiere un conocimiento específico.

Potenciales problemas

Si bien existe un reconocido beneficio en el uso y reciclaje de nutrientes existentes en desechos orgánicos, también hay una serie de riesgos potenciales que deben ser considerados en la implementación de un programa. La presión por aplicaciones excesivas o fuera de época tienen una serie de efectos ambientales de corto y mediano plazo que eventualmente pueden afectar cursos de aguas o zonas fuera del área de uso. En este punto se deben

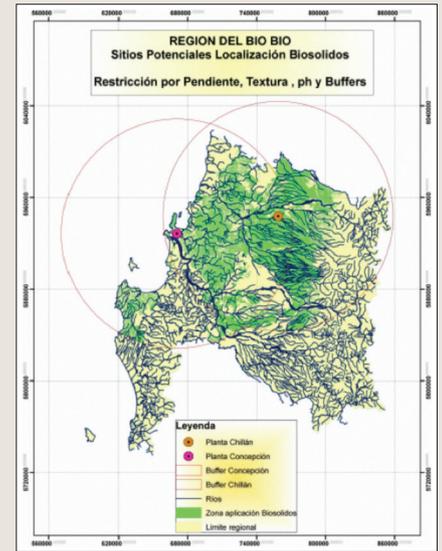


FIGURA 2. Áreas identificadas para uso de residuos en Región de Bio-Bío, considerando restricciones de pendiente, textura, pH y distancia cursos de agua.

unir las normas existentes y el desarrollo de buenas prácticas agrícolas para su utilización.

Saturación de nutrientes. Ya sea por una aplicación única o por varias acumulativas existe un riesgo de contaminación de aguas superficiales o subterráneas. Algunos micronutrientes se pueden acumular a niveles tóxicos para cultivos o animales en praderas. Antes de aplicar residuos orgánicos resulta crítico realizar análisis nutricionales al suelo y al residuo en forma complementaria a lo establecido en los reglamentos de uso. Una estimación de cuanto nitrógeno, fósforo y potasio se requiere y el potencial disponible en el residuo permitirán definir las dosis de aplicación. Existen laboratorios certificados que determinan las características químicas del suelo y las propiedades del lodo a utilizar.

Pérdida de nutrientes. Dependiendo del sistema de aplicación e incorporación del desecho orgánico, se pueden generar pérdidas de nutrientes por lixiviación o volatilización. La volatilización de nitrógeno se reduce si el desecho es mezclado e incorporado

TABLA 1
Volumen total de residuos generados en la agroindustria nacional.

Tipo de residuo (Volumen)		
Agroindustria	Residuos líquidos (m ³ /año)	Residuos sólidos (toneladas/año)
Aceite	520.800	691.567
Congelados	2.088.550	941.531
Conservas	3.053.994	80.298
Deshidratados	14.522	13.874
Jugos	1.289.823	27.766
Total	7.098.387	1.755.036

Fuente: Catastro de la Agroindustria Hortofrutícola Nacional (MINAGRI, 2012).

TABLA 2
Rango de valores de interés agronómico de lodos de agroindustria, para cinco tipos de riles generados en la Región de O'Higgins y en la Región del Maule.

Característica	Parámetro
Humedad %	80-90
Materia orgánica %	50-80
pH	5,2-6,6
CE (Ds/m)	3,3-8,0
Nitrogeno total %	2,9-6,7
Fósforo total %	4,2-7,9
Potasio (mg/kg)	2,8-8,2
Arsénico (mg/kg)	0-3,6
Cadmio (mg/kg)	0-1,5
Cobre (mg/kg)	28-43
Mercurio (mg/kg)	<1
Níquel (mg/kg)	<1,4
Plomo (mg/kg)	4,7-12,5
Selenio (mg/kg)	<0,9
Zinc (mg/kg)	0,1-44

al suelo en forma inmediata a la aplicación superficial. La lixiviación hacia napas subterráneas se reduce si se logra hacer coincidir las épocas de demanda de los cultivos con la disponibilidad de nutrientes (primavera v/s otoño). Zanjas profundas para incorporación de material pueden generar condiciones anaeróbicas que limitarán su descomposición una vez aplicado y que aumentarían rápidamente el lixiviado de nutrientes o metales pesados.

Contenidos de sales. Diversos residuos agroindustriales y de animales contienen elevados niveles de sal que se traduce en aumento de conductividad eléctrica. Esto será un problema en zonas semi áridas donde la salinidad o sodicidad es un problema natural de los suelos. En este tipo de situaciones se debe considerar la conductividad inicial en el suelo, la del agua de riego, el residuo y la tolerancia del cultivo. Una vez incorporado en forma anticipada a la siembra, la salinidad de residuos puede ser manejada a través del riego.

Presencia excesiva de metales pesados. A diferencia de los fertilizantes

inorgánicos, los desechos orgánicos provienen de procesos productivos donde se utilizan una serie de químicos que afectan la calidad de uso agronómico de éstos. Es así como los metales pesados son de particular preocupación en desechos orgánicos industriales, lodos de planta de tratamiento de aguas servidas y dragados de lagos de zonas contaminadas. Las normas chilenas establecen en forma específica límites en la concentración de metales tanto para el suelo como para los residuos.

Contaminación de aguas superficiales. Esto puede ocurrir en zonas con pendiente o cuando los suelos se saturan con agua. La incorporación limita el movimiento superficial del desecho aplicado y se pueden arrastrar sedimentos altos en nutrientes o metales pesados. En este sentido, es muy importante entender la capacidad de incorporación del suelo a través de la textura y el análisis de conductividad hidráulica.

Desbalance nutricional. No todos los lodos son iguales. Los lodos orgánicos utilizados como fuente de fertili-

Si bien existe un reconocido beneficio en el uso y reciclaje de nutrientes existentes en desechos orgánicos, también hay una serie de riesgos potenciales que deben ser considerados en la implementación de un programa.

zante contienen una variada cantidad de macro y micronutrientes cuyo comportamiento y biodisponibilidad pueden ser difíciles de estimar. Por ejemplo, los residuos de origen industrial pueden tener bajos niveles de nitrógeno y altos contenidos de materia orgánica lo que altera la relación óptima de carbono y nitrógeno en el suelo. Esto se soluciona con fertilización base de corrección. Producto de la descomposición, los nutrientes orgá-

TABLA 3
Concentración máxima de metales pesados establecida para lodos y suelo receptor (DS03/2012).

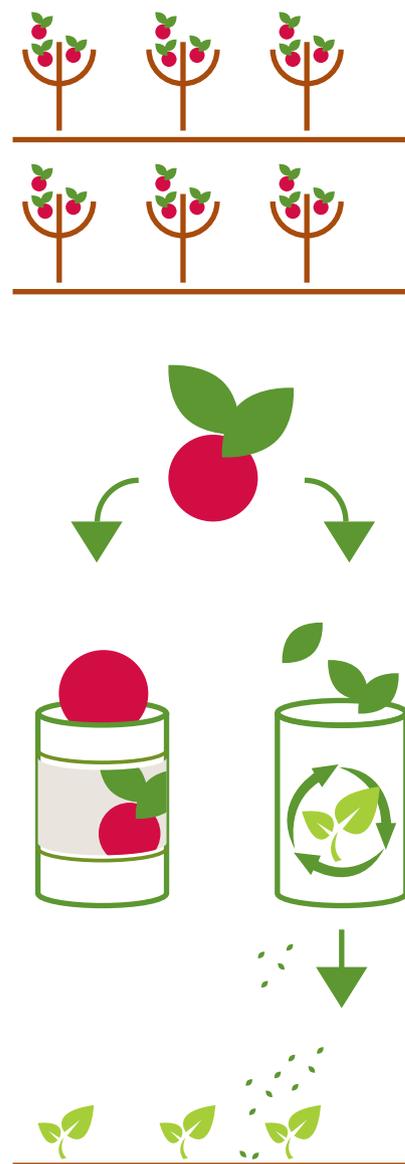
Metal	Concentración máxima en mg/Kg (en base materia seca)			
	Lodos	Suelo macrozona norte		Suelo macrozona sur
		pH>6,5	pH<6,5	pH>5
Arsénico	20	20	12,5	10
Cadmio	8	2	1,25	2
Cobre	1000	150	100	75
Mercurio	10	1,5	1	1
Níquel	80	112	50	30
Plomo	300	75	50	50
Selenio	50	4	3	4
Zinc	2000	175	120	175

Fuente: Reglamento para el manejo de lodos provenientes de plantas de tratamiento de efluentes de la industria procesadora de frutas y hortalizas, 2012.

TABLA 4
Valores porcentuales estimados de nitrógeno disponible a partir del total orgánico presente en lodos con distintos métodos de estabilización cuando son mezclados con superficie del suelo.

Tiempo luego de la aplicación (años)	Estabilizado con cal (%)	Digestión aeróbica	Digestión anaeróbica	Compostado
	Nitrógeno orgánico disponible para la planta (%)			
0-1	30	30	20	10
1-2	15	15	10	5
2-3	7	8	5	3

Fuente: EVANYLO, G. 1999. Agricultural Land Application of Biosolids in Virginia: Managing Biosolids for Agricultural Use. Virginia Cooperative Extension Publication 452-303.



nicos se vuelven disponibles. Cambios en pH de la solución del suelo pueden también alterar los niveles de disponibilidad de nutrientes e incluso aumentar la movilidad de metales pesados.

Los olores. Este es un problema bastante común asociado a la manipulación de residuos. Ocurre por exceso de residuos acumulados, procesos de descomposición no controlados y problemas en la selección del área de almacenamiento. La queja de vecinos y multas de agentes reguladores es una situación bastante frecuente. En los procesos de almacenamiento y aplicación en sistemas agrícolas, los olores se pueden disminuir al programar aplicaciones en temporadas de bajo

viento. Lo más simple es lograr incorporar rápidamente el residuo al suelo. Una herramienta efectiva es explicar a los vecinos qué se pretende hacer y cuáles son los plazos.

Recomendaciones finales

Es crítico entender que no todos los lodos son iguales. La implementación de un reglamento de uso de lodos de agroindustria entrega una base para la reutilización de residuos orgánicos en sistemas agrícolas. Es posible generar alternativas complementarias a la fertilización, mejorar los suelos y reducir la presión sobre rellenos sanitarios o quema de residuos. Sin embargo, para

implementar un buen programa de reutilización, se deben considerar aspectos propios del manejo agronómico como las características del predio, sistemas de incorporación, época y dosis y, sobre todo, las demandas propias del cultivo.

En la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal se llevan a cabo diversas experiencias en uso de residuos y se ha implementado analítica para muestreo, caracterización y desarrollo de recomendaciones de uso y se investiga en diversos aspectos asociados a la eficiencia de uso de nutrientes y presencia de metales pesados generando recomendaciones para distinto tipo de sitios y residuos. 