

Un error común es tomar una sección y tirar del heno, arrancando una porción del mismo arrojando generalmente henos con menor contenido de proteína y más de fibra que lo que realmente contiene el forraje. Esto ocurre principalmente en leguminosas como alfalfa y es un error que se debe evitar para llegar a datos ciertos en los análisis realizados (Figura 17-76).

Henolaje

En este caso se debe proceder en la extracción de la muestra de igual manera que con el heno, salvo que para remitir la muestra al laboratorio, debe estar preparada y enviada de la misma manera que los silos, ya que este es un material fermentado y que sufre un proceso de oxidación en mayor o menor medida dependiendo del contacto con el oxígeno y la temperatura ambiente.

No está de más aclarar que el material que se remite al laboratorio debería ser de un paquete recién abierto, sabiendo que esa calidad obtenida será la mayor alcanzada y que en la medida que el forraje tome contacto con el aire, esa calidad comenzará a deteriorarse dependiendo de las condiciones y tiempos de suministro.

Remisión de muestras al laboratorio

Para definir el mejor criterio de envío de una muestra a laboratorio, lo que debe primar es el sentido común. Si sabemos que lo que estamos enviando es material que puede rápidamente perder calidad por acción del oxígeno y la temperatura, eso nos da la pauta de cómo deben enviarse las muestras.

En el caso de los silajes y en lo posible, las muestras deben ir congeladas. Esto no quiere decir que sea necesario hacerlo, puesto que una muestra refrigerada correctamente y enviada a laboratorio en un plazo no mayor a las 24 h de tomada, perfectamente puede ser analizada y sus datos correlacionarse con la realidad. Pero hay veces en que la fuerza mayor puede hacer que se pierda tiempo entre la toma y la entrega de esas muestras, y una muestra congelada soporta mucho mejor el traslado que una solamente refrigerada, aún dentro de heladeras portátiles.

Colocar la muestra en una bolsa de nylon, cerrarla, y colocar esa bolsa dentro de otra. Antes de cerrar la segunda bolsa, colocar una etiqueta. Luego de cerrar la segunda bolsa, colocar una segunda etiqueta o escribir sobre ésta con marcador indeleble, los datos de la muestra.

Otro de los temas importantes a la hora del envío de muestras al laboratorio, es el etiquetado. En muchas ocasiones todos los pasos anteriores se realizaron de manera correcta, pero en éste paso, que al parecer es el más sencillo, se cometen los errores más infantiles.

Un correcto etiquetado de nuestra muestra nos va a asegurar que el laboratorio va a poder diferenciar esa bolsa del resto de muestras que enviamos o hayan enviado terceros. Un incorrecto etiquetado, puede llevarnos a que nos envíen datos incorrectos o directamente se pierdan en el camino nuestras preciadas muestras.

Los datos mínimos que debiera tener una bolsa conteniendo una muestra son:

- Fecha de extracción.
- Empresa.
- Apellido y nombre.
- Numeración de la muestra, establecimiento, lote.
- Tipo de forraje: Silaje, heno, henolaje, etc.
- Cultivo: maíz, sorgo, trigo, alfalfa, etc.

Contactar al laboratorio con antelación al envío de muestras, comentando qué cantidad de muestras se van a remitir y qué parámetros se buscan de cada una de ellas es una buena práctica para ahorrar tiempo y descoordinación. También es importante aclarar si se desea que el análisis se efectúe con una técnica especial, por ejemplo NIRS o la tradicional "química húmeda".

Para que esta herramienta (el análisis) no se constituya en un punto de conflicto, se debe tener cuidado de preparar y enviar las muestras siempre con la misma rutina y procedimiento, para minimizar la variabilidad de datos ocasionada por la diferencia en la toma de muestras o en el procedimiento de acondicionamiento de las mismas.

18 Uso agronómico de residuos pecuarios



- Por Nicolás Sosa

La producción de carne y leche en Argentina evolucionó hacia sistemas intensivos y concentrados, que generan una mayor cantidad de residuos recuperables. El principal desafío de estos sistemas, está ligado a maximizar los beneficios productivos y económicos, acompañados a su vez por un mayor interés del ambiente asociado a las características de producción y al desarrollo sustentable. El proceso de intensificación fue acompañado por mejoras en el sistema de producción (mayor uso de tecnologías de insumos y procesos, bienestar animal, genética, nutrición, sanidad, formación del personal, entre otros). Sin embargo, en muchos casos, no hubo una planificación previa sobre la disposición final de los residuos generados, los cuales, de no gestionarse adecuadamente, pueden generar un grave impacto ambiental.

Por otra parte, los suelos de la región pampeana Argentina han perdido en promedio entre el 30 y el 50 % del contenido inicial de materia orgánica (MO), producto de la prolongada historia agrícola de los mismos (Sainz Rozas et al., 2011). La MO de los suelos, entre otras funciones, es una importante reserva de nutrientes especialmente de Nitrógeno (N) y Azufre (S).

En los cultivos agrícolas de la región pampeana se incrementó el uso de fertilizantes, si bien la relación de aplicación de nutrientes con respecto a la remoción en la producción de los principales granos se incrementó, fue insuficiente para el mantenimiento de balances aparentes de fertilidad de suelos (García y Díaz Zorita, 2015), tal como se observa en la Figura 18-1.

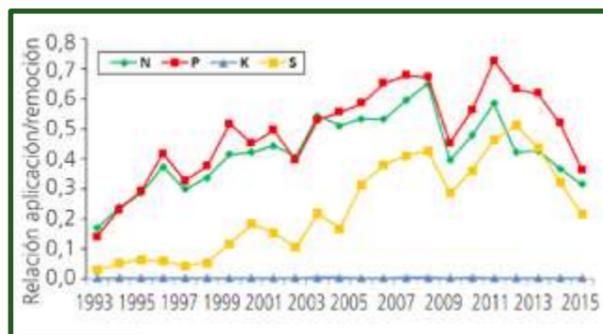


Figura 18-1 Relación aplicación/remoción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) para soja, maíz, trigo y girasol en Argentina en el período 1993-2015. Fuente: IPNI Cono Sur (2017) elaborado en base a datos de Fertilizar AC y MinAgro.

Frente a dicho panorama, el reciclado de nutrientes por medio del uso de subproductos orgánicos de origen animal (efluentes y residuos sólidos), podría contribuir en gran medida a mitigar dicha falta de reposición. No obstante, el uso de estos subproductos no solo aumenta la producción de los cultivos por su función como fertilizante, sino también contribuye a generar un sistema sustentable, dado que mejora las condiciones físicas y biológicas de los suelos.

1. Caracterización de subproductos

Los residuos ganaderos presentan una enorme variabilidad en su composición y por lo tanto en el contenido de nutrientes para los vegetales. Esto depende de muchos factores tales como: sistema de estabulación, alimentación, sistema de limpieza, tratamiento y duración del almacenaje, etc (Sosa et al., 2015).

Básicamente, los fertilizantes orgánicos constituyen una importante fuente de MO y nutrientes como N, P y potasio (K) necesarios para el crecimiento de los cultivos, pero en algunos casos presentan un desequilibrio en relación a las necesidades de los cultivos.

Para una correcta utilización de los residuos orgánicos como abono agrícola es necesario considerar la composición de los mismos, la oferta de nutrientes del suelo y las necesidades de los cultivos a fertilizar.

Los subproductos orgánicos se comportan de manera diferente según la relación carbono/nitrógeno (C/N) que presentan. Aquellos con relación C/N alta, tienen una tasa de mineralización más lenta y contribuyen a incrementar la MO del suelo. La aplicación de estos subproductos orgánicos (compost, estiércol) se recomienda para el man-

tenimiento de la MO del suelo. Los subproductos orgánicos con relación C/N baja (guano de ponedora, efluentes de cerdo) tienen una contribución neta final a la MO del suelo reducida, en cambio, se comportan de forma más parecida a los abonos minerales ya que los nutrientes que aportan están rápidamente disponibles para los cultivos (Ubacht et al., 2005).

La siguiente caracterización de residuos orgánicos es orientativa por lo que se recomienda, a cada establecimiento, realizar un correcto muestreo y análisis de los mismos previo a su uso.

1.1 Subproductos de la producción de leche: efluentes y residuos sólidos de tambo

Luego de dos años de atravesar una de las crisis lecheras mundiales más profundas y prolongadas, a la que se sumaron los problemas del contexto económico y las deficiencias estructurales del sector lechero argentino, se comienza a recomponer lentamente el panorama. Los precios de toda la cadena han mejorado, al igual que las principales relaciones de costos y, por su parte, los efectos climáticos negativos, aunque todavía notorios en algunas zonas, progresivamente van quedando atrás (OCLA, 2017). Los excesos hídricos ocurridos entre 2016 y 2017, produjeron el cese de alrededor del 5 % sobre el total de unidades productivas. Si bien, hubo una reducción del número de tambos (menos de 2.000 l diarios), se produjo un aumento en la escala productiva de los que lograron permanecer en la actividad, cambiando muchos de ellos su sistema de producción tradicional a campo por sistemas estabulados (Figura 18-2).

En el proceso de concentración actual de la producción de leche, es clave un correcto manejo y tratamiento de los efluentes generados en el sistema. Los efluentes de tambo están conformados por una fracción sólida (materia fecal, restos de ali-



Figura 18-2 Tambo estabulado.

mentos y barro) y una líquida (agua, orina, restos de leche y soluciones de limpieza del equipamiento de ordeño) según Verónica Charlón (2009).

De acuerdo a la literatura publicada, una vaca en ordeño excreta en promedio el 10 % de su peso vivo como heces y orina, es decir una vaca de 600 kg de peso vivo produce al día el equivalente a 60 l de heces y orina por día. Este valor puede modificarse por distintos factores como: raza del animal, tipo de animal, alimentación, ingesta de agua y condiciones atmosféricas. A mayor tiempo de confinamiento del animal (estabulación, patio de alimentación o tiempo antes y durante el ordeño), mayor será la cantidad de heces y orina a coleccionar, quedando el resto directamente en pasturas o potreros en que los animales son manejados en el predio (Salazar, F; 2012).

Con la finalidad de reducir la carga orgánica y cantidad de sólidos en el efluente, se puede implementar como alternativa de manejo y tratamiento del mismo, la separación mecánica y/o física de los residuos sólidos en el sistema de tratamiento (Figura 18-3).

Existe una enorme variabilidad en la composición físico-química del efluente de tambo dependiendo del sistema de producción, tipo de explotación, la dieta y el manejo del rodeo. En la Tabla 18-1, se observa la caracterización promedio del efluente crudo de tambo y del material semisólido retenido en el tamiz.

La separación de sólidos de los subproductos de tambo por acción física y/o mecánica, genera la concentración de nutrientes y MO en la fracción sólida. La menor carga orgánica en el efluente líquido remanente, garantiza una mayor eficiencia del sistema de tratamiento secundario previo a su disposición final.



Figura 18-3 Sistemas de separación de sólidos: tornillo (izquierda) y tamiz (derecha).

Tabla 18-1 Composición química promedio de subproductos de tambo. Fuente: García et al, 2011.

Variable*	MS	MO	N	P	K
	(%)				
Efluente crudo	0,60	0,34	0,19	0,02	0,36
Residuo semisólido	5,09	83,04	1,86	0,36	1,17

* MS expresada en % sobre muestra fresca.
MO, N, P y K expresados en % sobre muestra seca.

Otros parámetros a destacar en la composición de estiércol de vacas lecheras son (LAF, 1999):

- Contribución importante de calcio (Ca) de 4,45 % sobre MS.
- Valores de pH básicos (7,5 a 8).
- Conductividad eléctrica entre 1,2 y 4,2 dS/m.
- Relación C/N muy variable según el grado de madurez del estiércol.

Cuando se estima la dosis de aplicación para cubrir los requisitos de N, es necesario tener en cuenta que el N en estos subproductos está presente en forma inorgánica y orgánica. El N inorgánico en los efluentes de tambo oscila entre el 26 % y el 79 % del N total (Cabrera y Gordillo, 1995), con un valor promedio de aproximadamente del 40 %. El porcentaje de N orgánico que se mineraliza en efluentes de tambo, fluctúa desde -30 % (indicando inmovilización de N) a 55 % del N total, con un promedio del 10 % (van Kessel y Reeves, 2002). El N mineralizable en los efluentes de tambo no puede predecirse a partir de su composición o del análisis NIRS (van Kessel y Reeves, 2002). Por lo tanto, el valor medio de N mineralizable es típicamente utilizado para estimar las tasas de aplicación.

Cuando el efluente de tambos es aplicado en superficie, las pérdidas de amoníaco suelen oscilar entre cerca del 0 % y 50 % de N amoniacal, dependiendo en parte del contenido de materia seca y la temperatura. El aumento del contenido de materia seca de 5°C a 30°C, por lo general aumentan las pérdidas de amoníaco (Sommer y Hutchings, 2001). La magnitud de las pérdidas depende del tipo de residuo, contenido de materia seca, y factores climáticos durante la aplicación. El factor más relevante para reducir las pérdidas de N por volatilización es el contenido de materia seca del efluente. Investigaciones señalan que por cada 1 % de aumento en el contenido de materia seca del efluente, las pérdidas de la parte del N que se encuentra en forma de amonio (N-NH₄⁺) se incrementan cerca de un 5 % (Alfaro y Salazar, 2012).

En el caso del fósforo, aproximadamente 50-60 % se encuentra disponible para el cultivo el primer año post aplicación, en tanto que en el caso del Potasio los valores rondan entre 90-100 %. Por lo

tanto, cuando se aplican efluentes al suelo es importante considerar que una parte de los nutrientes serán absorbidos por el cultivo y otra quedará en el suelo, necesitará ser mineralizado por los microorganismos para la posterior utilización de las plantas (Alfaro y Salazar, 2012).

Cuando el efluente se encuentra almacenado en lagunas, ocurre un proceso de sedimentación, que afecta la distribución de los nutrientes en las diferentes profundidades o niveles de la fosa (Figura 18-4). Únicamente el K y el N amoniacal se localizan de forma homogénea en diversas profundidades. En cambio, el P y el N orgánico se encuentran concentrados en los sedimentos. La sedimentación de nutrientes del efluente en los distintos estratos de la laguna tendrá implicancias en el momento de repartir los elementos nutritivos del mismo. Actualmente, el tamaño de muchas fosas dificulta o impide la homogeneización del efluente previamente al vaciado. Ello implica un reparto irregular de los nutrientes concentrados en el fondo.

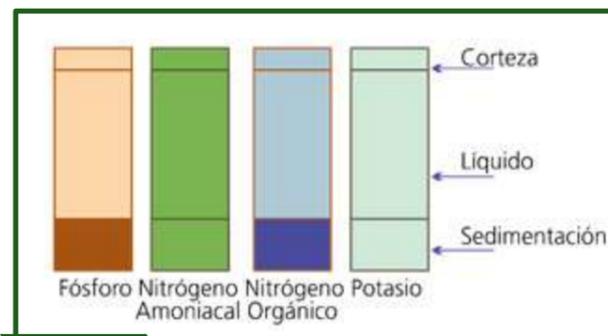


Figura 18-4 Estratificación en laguna (Iraneta et al, 2002)

1.2 Subproductos de la producción de carne (feedlot)

La producción bovina de carne desarrollada en encierro a corral (feedlot), experimentó un sostenido crecimiento en los últimos años en Argentina. Según datos de SENASA un 40 % de los animales faenados proviene de feedlots, aunque esa cifra llega al 70 % según la industria frigorífica, teniendo en cuenta los animales remitidos a faena que provienen de establecimientos con corrales de campo que no se encuentran registrados en SENASA (Cámara argentina de feedlot, comunicación personal).

El desarrollo y consolidación de la producción intensiva de carne bovina de calidad (Figura 18-5), está ligado a la aplicación y cumplimiento de buenas prácticas pecuarias. Estas comprenden una correcta planificación del sistema de tratamiento, un



Figura 18-5 Corrales de feedlot.

plan de aplicación que contemple las necesidades de nutrientes del cultivo, el aporte de los subproductos y la oferta del suelo, la elección del método correcto de aplicación y/o distribución, permiten reducir el impacto negativo en el ambiente, etc.

El manejo de efluentes líquidos y estiércol en el feedlot requiere del diseño de estructuras de captura o concentración, recolección, procesamiento y reutilización o dispersión de las excretas. La información sobre la escala del feedlot (cantidad de animales a contener) y sobre las características topográficas, edáficas, hidrológicas y climáticas del sitio constituye la base del diseño. El objetivo debe ser la contención y manejo de los efluentes líquidos y residuos sólidos para reducir al mínimo los escapes al medio, y el proceso debería iniciarse con la estimación de los volúmenes a generar y consecuentemente a contener, tanto en líquidos como en sólidos (Pordomingo, 2003).

El estiércol fresco de feedlot está compuesto por una mezcla de heces y orina, cuya composición es un factor clave para entender no solo la magnitud de los niveles de nutrientes y sales acumulados en el suelo, sino además los potenciales cambios en las propiedades y atributos de calidad del sistema edáfico (García, 2009). Cuando el mismo se acumula sobre la superficie del suelo, sus componentes pueden ser movilizados por la dinámica hídrica y alcanzar las fuentes de agua superficiales o sub-superficiales, degradando la calidad de las mismas (EPA, 2000).

Por los motivos mencionados, es necesario remover periódicamente una porción de la capa de estiércol de los corrales, para disminuir los efectos que su acumulación produce. Para disminuir el impacto que genera dicha actividad y asignarle una adecuada ubicación al estiércol removido de los corrales dentro del establecimiento, las normas establecidas por USEPA (EPA, 2000) sugieren la utilización del mismo en la fertilización de cultivos agrícolas extensivos, como una de las medidas de manejo (Ciapparelli, 2011).

Tabla 18-2

Propiedades químicas de estiércol de feedlot. Fuente: ASAE, 2003.

Variable*	MS	MO	N	P	K
	(%)				
Estiércol de feedlot	14,7	84,7	4	1,08	2,47

* MS expresada en % sobre muestra fresca.
MO, N, P y K expresados en % sobre muestra seca.

En la Tabla 18-2, se presentan las propiedades químicas del estiércol fresco registradas como valores estándares por organismos internacionales (ASAE, 2003).

Investigaciones realizadas ponen de manifiesto que las heces frescas presentan un pH cercano a 7, y que con el tiempo de almacenamiento el pH aumenta.

Otros parámetros a destacar en la composición de estiércoles son:

- Contribución de calcio y magnesio (1,65 % y 0,57 %, respectivamente sobre MS).
- Relación C/N muy variable según el grado de madurez del estiércol.
- Valores de sodio (Na) de 0,35 % sobre MS, que suponen aportaciones de 5 kg de Na por cada 10 t de estiércol.

El clima, la dieta, el tipo de instalaciones y la limpieza afectan la composición final de la excreta acumulada en los corrales. Debido a esta gran variabilidad en los contenidos, particularmente de N, es conveniente producir información local para ajustar las estimaciones de las concentraciones de elementos en la excreta recientemente producida y la que se remueve periódicamente de los corrales.

Como regla general se sugiere disponer de 1 ha a fertilizar cada 20 a 25 animales en el feedlot, en sistemas de secano. En áreas bajo riego, con cultivos de mayor intensidad, se utiliza una relación de 1 ha por cada 10 a 15 animales. Si se implementan algunas prácticas de manejo y manipulación de las dietas podrían reducirse las emisiones de nitrógeno en las excretas y consecuentemente podría incrementarse el número de animales por superficie a fertilizar (Pordomingo, 2003).

2. Regulación de maquinaria

Un preciso control de la cantidad de efluentes a aplicar y una correcta utilización de los métodos mecánicos para realizar esta distribución, resultan imprescindibles para garantizar un manejo sostenible, rentable y agrónomicamente correcto de

los efluentes. Una aplicación controlada reducirá las desagradables emisiones de olores, disminuirá la emisión de amoníaco y de gases con efecto invernadero, mejorará la calidad del aire y, por lo tanto, también la aceptación social de este tipo de prácticas.

2.1 Distribución de estiércol sólido

Los acoplados esparcidos de estiércol sólido (Figura 18-6), son máquinas agrícolas adaptadas para su transporte hasta el campo y para esparcirlo con un cierto grado de uniformidad. Se construyen sobre una estructura de remolque sin sistema de suspensión, con un solo eje (simple o doble), neumáticos de alta flotación y baja presión de inflado. El vaciado se realiza por desplazamiento de una parte del fondo de la caja del remolque o por una compuerta móvil, que arrastra el estiércol hasta el dispositivo de esparcido. Estos últimos suelen ser tambores cilíndricos, con dientes en la periferia que giran según su eje situado en posición horizontal (de uno o dos cilindros) o vertical de hasta 4 ejes, en algunos casos con puerta de dosificación posterior.

En función del sistema de esparcido, se tendrá un mayor o menor grado de uniformidad, así con los remolques que dispongan de dispositivos centrífugos, se tendrá una mayor caída de estiércol en el centro que en los bordes y en los de esparcido lateral, los elementos más pesados caerán más cer-



Figura 18-6 Remolques distribuidores de estiércol sólido.

ca del remolque que los más ligeros que alcanzan una distancia mayor. En ambos casos será necesario un solapamiento entre pasadas para conseguir una uniformidad aceptable.

Recomendaciones para una correcta carga del remolque:

- Cargar por delante en los equipos de fondo móvil y por detrás en los de compuerta móvil.
- Cargar en capas regulables y homogéneas.
- No superar con la carga el nivel del travesaño superior del sistema esparcidor.
- Evitar el ingreso de objetos contundentes con el estiércol.
- Igualar la superficie del estiércol en la caja.

Consejos durante el esparcido del material:

- Mantener constante el régimen de la toma de fuerza y la velocidad de avance.
- Trabajar de manera ininterrumpida hasta vaciar el contenido de la caja.
- Evitar esparcir el estiércol contra el viento.
- Verificar la buena adherencia en los elementos de propulsión, ya que la variación de la velocidad de avance afecta a la dosificación.
- El desmenuzado parejo y en trozos pequeños favorece su distribución.

El sistema de distribución ha de garantizar una buena uniformidad transversal del material sobre el terreno y es el elemento que caracteriza a la máquina, porque determina la calidad de la operación y la posibilidad de adaptación a los diferentes tipos de estiércol.

2.2 Distribución de efluentes líquidos

El método más difundido y adoptado en Argentina es el de boquilla única de aspersión en abanico (Figura 18-7). El sistema tradicional se basa en una boca de salida de gran diámetro que proyecta el efluente sobre el plato, determinando que sea proyectado hasta una altura de entre 2 y 3 m, formando un abanico con un ancho de aplicación de entre 7-12 m. En este caso, la fuerza del viento o eyección favorece la difusión de los olores y el chorro puede ser desviado en relación al sentido de avance.

Existe una variante de este método en el que el plato se encuentra en posición invertida, en este caso el abanico formado se eleva menos y se atenúan las emisiones. En ambas variantes, la distribución del efluente es heterogénea y difícilmente se consigue una dosis precisa, la dispersión de olores y volatilización del nitrógeno son importantes. Como ventaja, se destaca que es el sistema con menor precio de adquisición, no precisa de tracto-



Figura 18-7 Estercolera para aplicación de efluentes líquidos.

res de gran potencia y no presenta problemas de obturación con efluentes espesos.

La determinación del caudal de distribución (Q), es la primera etapa de una distribución adecuada a una determinada dosis, D (t/ha o m³/ha). Esta última surge como resultado de un balance de fertilización de una parcela y de un cultivo. Como en casi todas las distribuciones, el caudal Q en t/min (estiércol sólido) o en m³/min (estiércol líquido) es conocido por la relación:

$$Q = (D \times a \times v) / 600$$

Dónde:

- D = dosis a distribuir, en t/ha (estiércol sólido) o en m³/ha (estiércol líquido)
- a= ancho de trabajo, en m
- v= velocidad de avance, km/h

2.3 Incorporación de herramientas de agricultura de precisión en la aplicación de enmiendas orgánicas

La agricultura de precisión ha experimentado en los últimos años un gran avance en el ámbito de los equipos de distribución de efluentes y otros abonos orgánicos (Figura 18-8). Independientemente de sus características y aptitudes como elemento fertilizante como se mencionó, el valor agronómico y económico de los efluentes depende en gran medida del manejo que se haga de ellos. Las tecnologías actualmente disponibles permiten la aplicación variable diseñada mediante la interpretación de mapas de necesidades de fertilizante, y permiten también, predeterminar y prefijar áreas de máxima sensibilidad donde es necesaria la reducción o la eliminación de la aplicación desde el punto de vista ambiental (Teira y Romaní, 2008).



Figura 18-8 Sistema conectado para el manejo de nutrientes de John Deere, desarrollado junto a sus socios Land Data Eurosoft, Vista, Rauch y Sulky.

3. Consideraciones finales

Conocer el tipo de abono que gestionamos (composición físico química y características), así como su correcta utilización y manejo (aplicación al suelo en dosis agronómicas según tipo de cultivo, época de aplicación y suelo receptor), determinarán principalmente el buen uso que se le dé a estos materiales, que sin duda hay que tener presente, dado su importante valor agrícola, a la hora de restituir los niveles de materia orgánica y nutrientes del suelo.

La fertilización de cultivos y pasturas con residuos orgánicos debe considerarse una alternativa viable de fertilización complementaria al uso de fertilizantes minerales.

La utilización de subproductos de la producción animal debe ser tomada como una estrategia de fertilización a largo plazo, donde se preserve en el medio ambiente y se conserva la fertilidad del suelo. Son una alternativa viable para reutilizarlos dentro del sistema y evitar una fuente de contaminación, solucionando así el destino final de los mismos.

Es importante e indispensable conocer la calidad del subproducto utilizado, para prevenir potenciales daños al suelo, además de monitorear periódicamente el sodio intercambiable (PSI) y las propiedades físicas del suelo.