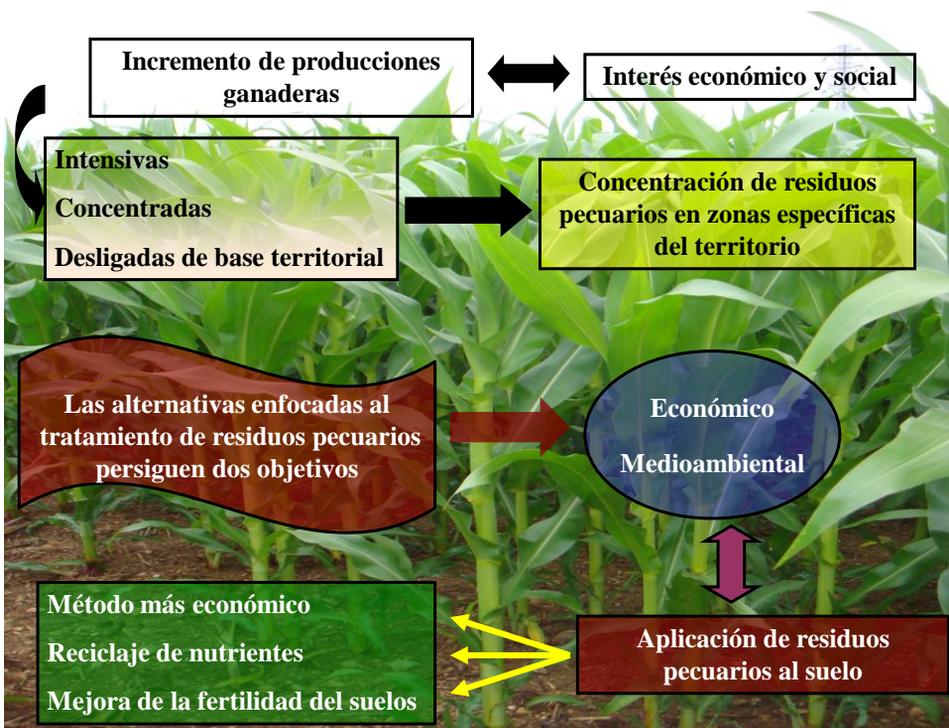


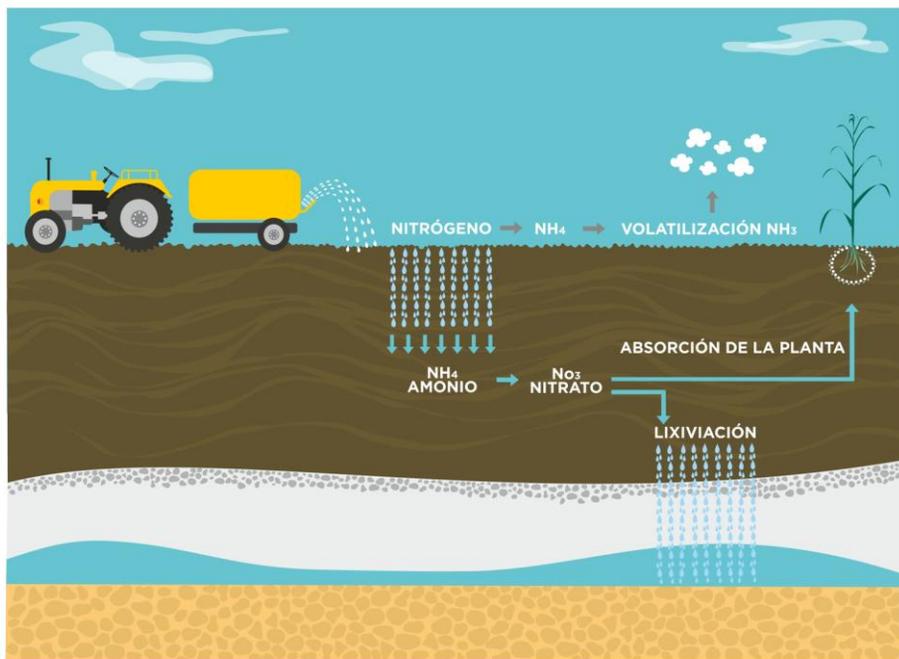
Gestión de materiales digeridos por biometanización en agricultura



El proceso de digestión anaeróbica de residuos orgánicos, además de generar biogás como energía renovable, produce un material residual digerido que es necesario gestionar adecuadamente para asegurar la viabilidad del proceso, de forma compatible con el medio ambiente.

Respecto a la diferente terminología utilizada para definir al material residual resultante de la digestión anaeróbica (efluente, digerido, digestato, licor, sustrato, biol, biosol), la Real Academia Española indicó:

Digerir y digestión se emplean en términos figurados para aludir a los procesos a los que se someten los residuos. El término que aluda al resultado de dichos procesos, debe de ser, por lo tanto, el que corresponde morfológicamente en español, que sería el participio **digerido.**



EVOLUCIÓN DEL NITRÓGENO APLICADO CON LOS EFLUENTES

Desde el punto de vista de la valorización agrícola de los materiales digeridos, las características químicas y biológicas que presentan un mayor interés y que definen su calidad son:

- **Contenido en materia orgánica y en nutrientes.**
- **Estabilidad (biodegradabilidad) y madurez (fitotoxicidad).**
- **Nivel de higienización. Reduce el contenido de microorganismos patógenos (especialmente si se realiza a 55 °C, es decir, en rango termofílico).**
- **Presencia de compuestos tóxicos e impurezas.**

Los objetivos que se logran con la digestión anaerobia son:

- *Homogeneiza la composición y las partículas en suspensión.*
- *Reduce los malos olores y los compuestos orgánicos volátiles.*
- *Reduce el contenido en materia orgánica (estabilización y mineralización) y mantiene las concentraciones de nutrientes.*
- *La fracción de nitrógeno en forma amoniacal aumenta.*

Flotats et al., 2001

Característica de digeridos encontrados en la bibliografía

Parámetro	Diversos sustratos orgánicos ^a	FORM ^b	Purines ^c		
			PC	PV	PC+PV
MS (%)	4,8	14,2	3	7,4	4,9
pH	8,1	8,2	8	8	7,8
Sales (g/l MF)	19,8	-		-	
MO(%)	60,7	44,8		-	
C/N	3,7	10,2		-	
N (g/kg MF)	6,1	3	4	3,9	4,2
N-NH ₄ (g/kg MF)	-	1,6	3	1,5	2,2
P ₂ O ₅ (g/kg MF)	1,7	1,8	2	1,4	1,9
K ₂ O (g/kg MF)	2,1	4,5	-	5,1	3,3
CaO (g/kg MF)	-	7,3		-	
MgO (g/kg MF)	0,2	2,3		-	

^aSiebert *et al.*, (2008): muestras digeridas (n=167) producidos en plantas alemanas; ^bEdelmann *et al.*, (2004): n=13, ^cChadwick (2007) y Smith *et al.*, (2007): cerdo (PC, n=1), vacuno (PV, n=28) y mezcla (n=6),

Composición del digerido

Desde el punto de vista químico, los residuos ganaderos presentan una gran complejidad. A pesar de tener una composición **cualitativa** similar (agua, materia orgánica, macroelementos, elementos secundarios y microelementos), su composición **cuantitativa** es muy heterogénea.

Depende de diversos factores:

- Edad y tipo de animal
- Sistema de manejo
- Tipo de alimentación
- Época del año

El Nitrógeno (N) de los residuos ganaderos se encuentra en 3 formas:

Mineral

Generalmente en forma amoniacal o uréica.

Orgánico-mineral

Fracción orgánica mineralizable al año siguiente de la aplicación.

Orgánico

Esta fracción enriquecerá la materia orgánica del suelo y será liberada mediante mineralización progresiva durante los años siguientes a la aplicación.

Las 2 primeras fracciones tienen un efecto directo, similar al Nitrógeno aportado por un abono mineral. La tercera tiene un efecto a medio y largo plazo como aporte al suelo de materia orgánica.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



El Fósforo de las deyecciones animales está contenido esencialmente en las partes sólidas de las heces y se presenta bajo 2 formas:

Forma mineral

Fosfatos solubles en agua. Supone alrededor del 80% del Fósforo total, muy rápidamente utilizable por las plantas

Forma orgánica

Partes no digeridas de los alimentos. Frecuentemente constituidos de fitina, proteína de reserva de los granos, que será mineralizada muy lentamente en el suelo.

Su valor fertilizante o coeficiente de equivalencia inmediato es de 0,85 en relación con el superfosfato (Ziegler et Héduit, 1991).

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



El **potasio (K)** está contenido principalmente en la orina, encontrándose en forma de sales minerales, por lo que su disponibilidad para las plantas es similar a la de un abono mineral

El **magnesio (Mg)** tiene un comportamiento similar al del K, considerándose que, en general, su disponibilidad es equivalente a la de los abonos magnésicos minerales

La acción fertilizante de los estiércoles en elementos como el P, K y micronutrientes resulta afectada en gran medida por la capacidad tampón (reguladora) del suelo, por lo que el impacto ambiental de estos elementos es mucho más reducido que en el caso del N.

Para una correcta aplicación de los digeridos como abono agrícola es necesario considerar la composición del mismo, especialmente el contenido en macronutrientes y las necesidades del cultivo al que se va a aplicar.

Métodos de aplicación al suelo de materiales digeridos por biometanización

- Maquinaria para distribución de digeridos líquidos
- Maquinaria para distribución de digeridos sólidos

Maquinaria para distribución de digeridos líquidos

En toda la superficie:

- Método de boquilla única de aspersión en abanico
- Sistema de barra de distribución con multiboquilla

De manera localizada:

- Método de barras con tubos colgantes
- Método de enterrado o inyección

Método de aplicación sobre toda la superficie

•Boquilla única de aspersión en abanico

- Boquilla de salida de gran diámetro.
- El digerido impacta sobre una chapa (plato) y se proyecta formando un abanico.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Método de aplicación sobre toda la superficie

•Boquilla única de aspersión en abanico



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria





Uniformidad de aplicación



Método de aplicación sobre toda la superficie

• Sistema de barra de distribución con multiboquilla

- Consiste en una tubería (pleg. trans.) de un diámetro de 15-20 cm.
- Alimentada por mangueras centrales que salen del tanque
- Contiene de 2 a 16 boquillas que distan del suelo entre 30 y 50 cm.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Método de aplicación sobre toda la superficie

• Sistema de barra de distribución con multiboquilla



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Método de aplicación localizada de digerido

•Método de barras con tubos colgantes

- Constituido por una estructura de la que cuelgan de 20 a 80 tubos flexibles, con un ancho de 6 a 24 m y una distancia entre salidas de 25 a 30 cm.
- Este método supone la asociación de un triturador-distribuidor con cuchillas circulares para evitar las obstrucciones en las salidas individuales.
- Deposita el digerido directamente sobre el suelo.
- Diámetro de mangueras: 4–6 cm.

Método de aplicación localizada de digerido

•Método de barras con tubos colgantes



Método de aplicación localizada de digerido

•Método de enterrado o inyección

- En los métodos de aplicación en profundidad, el digerido no queda en la superficie del suelo sino que es incorporado al mismo.
- Los enterradores de disco incorporan el sustrato a profundidades entre 3-5 cm, y los enterradores de rejas a profundidades de 10-15 cm
- La separación de los enterradores (discos o rejas) debe estar como máximo a una distancia de 40 cm.
- Estos equipos precisan de un tractor con una potencia de media-alta

Método de aplicación localizada de digerido

•Método de enterrado o inyección



Aplicación mediante enterrador de rejas

Método de aplicación localizada de digerido

• Método de enterrado o inyección

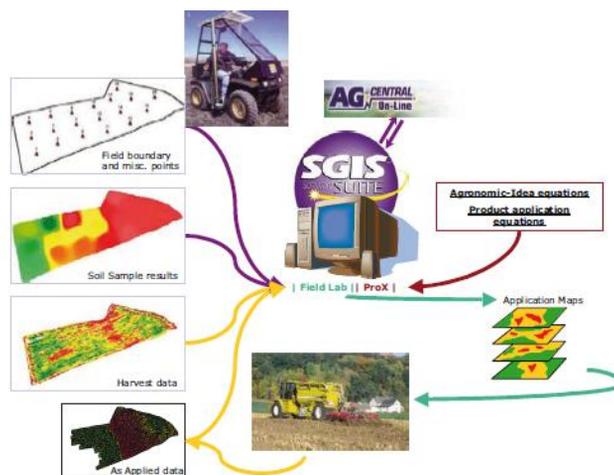


Aplicación mediante inyección

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Incorporación de herramientas de agricultura de precisión en la aplicación de residuos pecuarios



Otros equipos de aplicación de digeridos



Maquinaria para distribución de digeridos sólido

- 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 digerido hasta el dispositivo de esparcido.
- Los dispositivos de esparcido suelen ser de 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.

Maquinaria para distribución de estiércol sólido



Pérdidas de amonio por volatilización (%) en función del sistema de aplicación

Sistema de aplicación	Condiciones climáticas durante la aplicación				Valores medios
	Frío – Alta humedad	Frío – Baja humedad	Cálido – Alta humedad	Cálido – Baja humedad	
Aplicado en superficie sobre suelo desnudo, no incorporado	40 %	50 %	75 %	100 %	68 %
Aplicado en superficie sobre cultivo ya implantado o sobre parcela con rastrojo	25 %	25 %	40 %	50 %	35 %
Aplicado en superficie, incorporado 1 día después	10 %	15 %	25 %	50 %	25 %
Aplicado en superficie, incorporado 3 días después	15 %	22 %	38 %	65 %	35 %
Aplicado en superficie, incorporado 5 días después	20 %	30 %	50 %	80 %	45 %
Inyectado	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Fuente: Alberta Agriculture and Food, 2005. Nutrient management planning guide.

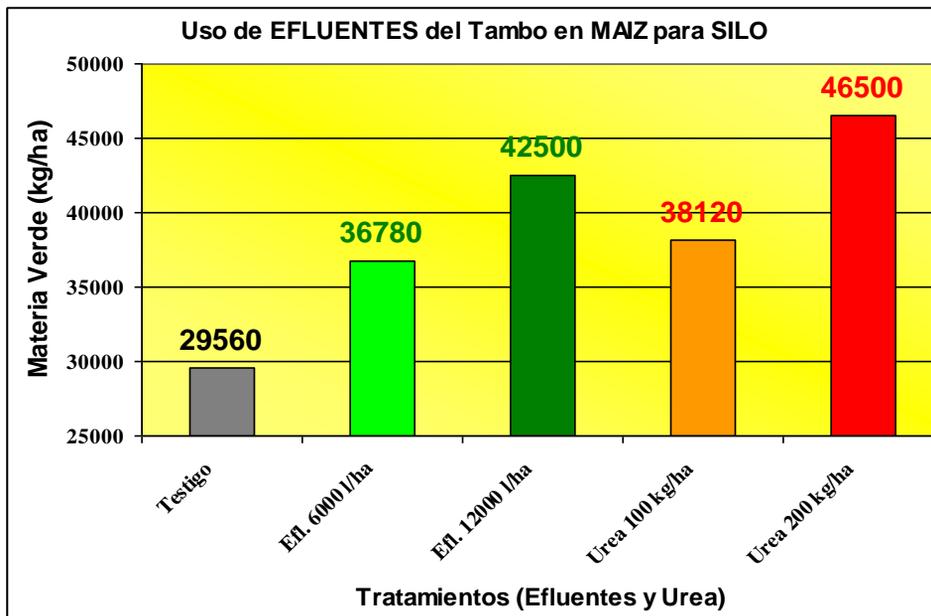
Resultado de ensayos de aplicación de efluentes



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

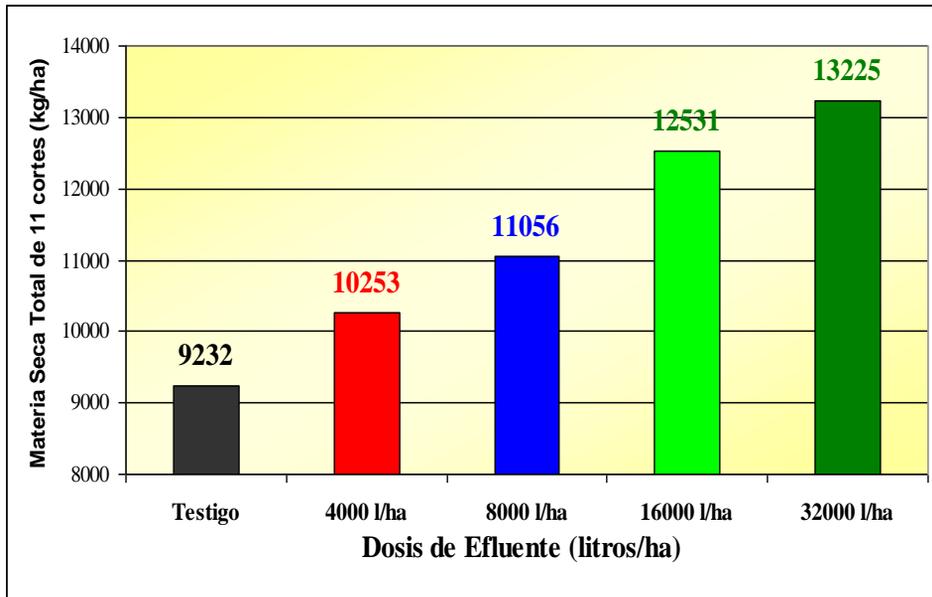


Aplicación de Efluentes en Maíz para Silo 2008/09 (INTA Rafaela)



Fuente: Fontanetto, H. ; Gambaudo, S. y Sosa, N (2009)

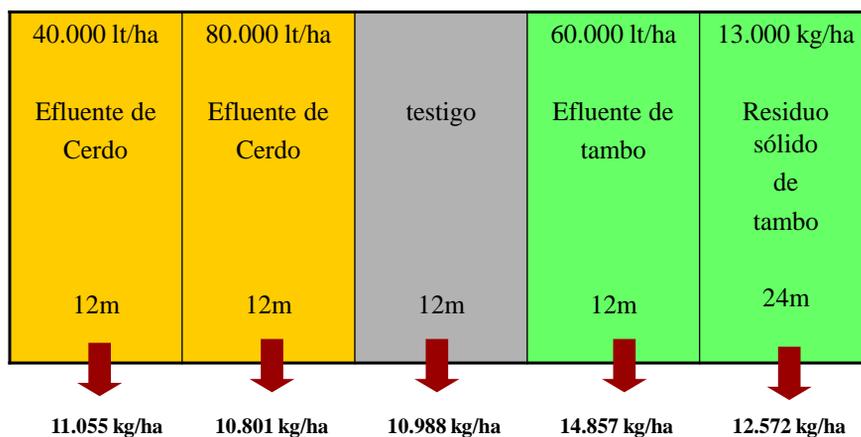
Efluentes en ALFALFA: Materia Seca Total 11 cortes (Pujato Norte, 2009)



Fuente: Fontanetto, H. ; Gambaudo, S. y Sosa, N (2009)

MAIZ - Campaña 2009-2010

Ensayo mostrado en la Jornada de Productores del INTA Rafaela (30/03/2010)



Fuente: Sosa, N. ; Gambaudo, S. y Fontanetto, H. (2009-2010)

Consideraciones finales

Dentro de las ventajas del proceso de digestión anaeróbica para el tratamiento de residuos ganaderos, podemos citar:

- **Homogenización de la composición del digerido.**
 - **Eliminación de ácidos grasos volátiles y otros compuestos fácilmente degradables.**
 - **Reducción de sólidos totales y volátiles, reducción de materia orgánica degradable y mantenimiento de las concentraciones de nutrientes.**
 - **Transformación de nitrógeno orgánico a amoniacal.**
-
- **En la mayoría de los casos, el uso del digerido se plantea como un abonado previo a la siembra, que suministrará una parte de las necesidades fertilizantes del cultivo.**
 - **El análisis de suelo y del digerido son los instrumentos básicos para fijar la dosis adecuada a aplicar, de acuerdo a las necesidades del cultivo.**
 - **Se debe evitar la aplicación en zonas próximas a cursos de agua y en suelos con posibilidades de inundación debido a un mal drenaje o por lluvias intensas. Tampoco deben aplicarse sobre cultivos que se vayan a recolectar o tenga que entrar el ganado en un tiempo inferior a tres semanas.**

Lo más IMPORTANTE es que los NUTRIENTES sean RECICLADOS DENTRO del CAMPO

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Jueves 7 de Noviembre 2013

1º Jornada Nacional Gestión de Residuos Pecuarios

en el INTA Rafaela

Disertaciones simultáneas sobre:

- Gestión de residuos en tambos
- Gestión de residuos de feedlot, cerdos y aves

Exposición estática y dinámica de maquinarias para la distribución de residuos.

Recorridos a campo:

- Ensayos de respuesta en cultivos utilizando efluentes y residuos sólidos
- Sistema de gestión de efluentes "INTA Rafaela"

Informes:

INTA Rafaela, Ruta 34, km 227.
Tel: 03492-440121/123
comunicacion@rafaela.inta.gov.ar
www.inta.gov.ar/rafaela



Muchas gracias

Ing. Agr. Nicolás Sosa
sosa.nicolas@inta.gov.ar
INTA EEA Rafaela

