

Producción de dos abonos solubles para riego localizado con alto contenido en NPK

Fertilizantes orgánicos solubles marcados con ^{15}N para una agricultura sostenible

En la actualidad, no se dispone de estudios que incidan en el aprovechamiento de los abonos orgánicos solubles que contribuyan a establecer criterios de fertirrigación ecológica racional, principalmente en cítricos, cultivo prioritario en la Comunidad Valenciana. En este marco, el propósito de este estudio con-

sistió en la obtención de dos abonos orgánicos solubles, uno obtenido de subproductos vegetales y otro procedente de estiércol animal, que puedan ser utilizados en riego localizado, que revaloricen y aprovechen la enorme cantidad de subproductos agrícolas y ganaderos que se generan anualmente.

Ana Quiñones, Belén Martínez-Alcántara, Eduardo Primo-Millo y Francisco Legaz.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia).

Las técnicas y procesos de producción agraria se dirigen cada vez más hacia la necesidad de asumir compromisos de respeto medioambiental. En esta línea, la agricultura ecológica, [Reglamento (CE) 834/2007] es la actividad agraria de producción de alimentos vegetales y animales, frescos o transformados sin la utilización de sustancias químicas de síntesis, por lo que se respeta el medio ambiente y se conserva la fertilidad de la tierra mediante la utilización óptima de los recursos naturales. Como alternativa a la agricultura tradicional, los productores recurren a una serie de técnicas que contribuyen a mantener los ecosistemas y a reducir la contaminación, además de suponer un importante potencial para el desarrollo económico de los agricultores y empresas que trabajan dentro de este marco legal. Dentro de ellas, la fertilización del terreno radica en mejorar la fertilidad activa del suelo a través del suministro de materia orgánica en sus distintas configuraciones.

Por otro lado, las zonas agrícolas junto con las granjas agropecuarias generan anualmente



Celdas metabólicas para la alimentación y recogida de deyecciones sólidas y líquidas (Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, UPV.)

grandes cantidades de restos de cosecha, residuos vegetales y estiércol de animales. Actualmente, la producción anual de residuos agrícolas en la UE supera los 700 10⁶ Mg (Mg = tonelada) de peso seco (MARM, 2010). En cuanto a la producción de estiércol animal, la cantidad producida depende de las distintas especies, la dieta, la edad y el sistema de producción, entre otros factores, con valores medios que oscilan entre 0,8 a 150 kg·semana⁻¹ para aves y vacuno, respectivamente (FAO 2010). Del número de cabezas presentes en el mundo, solo en la UE se contabilizan 136 millones, de las cuales el 48% es ganado bovino y el 14% aves de corral (Eurostat 2011). Mediante un adecuado manejo, estos residuos podrían ser una fuente importante de nutrientes para las plantas, principalmente N, con lo que se lograría una reducción en el uso de fertilizantes minerales, a la vez que se disminuiría el riesgo potencial de contaminación por nitratos, tanto de las aguas superficiales como subterráneas. Con este fin, se

CUADRO I.

Peso seco, composición de N y ¹⁵N, del maíz forrajero utilizado para la dieta de las ovejas para la obtención del fertilizante orgánico de origen vegetal. Concentración de macro – micronutrientes del maíz forrajero.

Maíz forrajero	Biomasa (Kg)	N (%)	N (g)	¹⁵ N (% exceso)	¹⁵ N (mg)	
Tallo con hojas	54,6	1,52±0,14 ^z	829,9±72,3	2,81±0,05	23.321±125	
Tallo sin hojas	5,4	0,92±0,17	49,7±9,9	2,68±0,14	1.331±20	
Sistema radical	5,1	0,65±0,01	33,2±5,6	3,29±0,07	1.091±45	
Planta completa	65,1	1,40±0,13	912,8±73,8	2,82±0,07	25.743±856	
Macronutrientes (%)	P	K	Mg	Ca	Na	S
	0,04±0,04	0,70±0,08	0,05±0,01	0,22±0,04	0,02±0,00	0,05±0,01
Micronutrientes (ppm)	Fe	Zn	Mn	Cu	B	
	186,0±23,3	30,8±2,5	10,9±2,4	2,4±0,7	13,5±3,7	
Tallo con hojas (dieta ovejas)	43,8	1,86±0,11	814,7±15,6	3,75±0,14	30.551±684	
Tallo con hojas ingeridos	38,9	1,86±0,11	723,5±21,2	3,75±0,14	27.133±258	
Tallo con hojas no ingeridos	4,9	1,86±0,11	91,1±18,6	3,75±0,14	3.418±153	
Maíz fertilizante orgánico ^y	26,4	1,29±0,11	341,1±63,2	3,09±0,15	10.537±369	

^z: Cada valor es la media de 3 muestras ± desviación estándar.

^y: Los 26,4 kg de materia prima para la obtención del fertilizante orgánico procedieron: 11 kg de la fracción del tallo con hojas no utilizada para la alimentación de las ovejas, 4,9 kg tallo con hojas desperdiciados por las ovejas, 5,4 kg del tallo sin hojas y 5,1 kg del sistema radical.

debe evaluar el N disponible por los cultivos precedente de los fertilizantes orgánicos nitrogenados para tener en cuenta los elementos nutritivos que se pueden aportar a las plantas mediante estos residuos. Para ello, se debe utilizar la técnica de dilución isotópica con ¹⁵N (marcado isotópico) que nos permite conocer, de una manera exhaustiva y fiable, el destino final del N aplicado con el abono orgánico.

Material y métodos

Como ya se ha indicado, con el fin de conocer el aprovechamiento del N orgánico presente en ambos abonos, éstos se deberán marcar con el isótopo estable ¹⁵N. Los abonos marcados con este isótopo no están disponibles en el mercado, tanto por la complejidad de su obtención como por el elevado coste de fabricación del marcaje.

Cultivo del maíz forrajero marcado con ¹⁵N

Para disponer de materia prima para la fabricación de estos abonos se procedió al cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). En agosto de 2009 se sembró este maíz en tres parcelas de 20 m² cada una, propiedad del IVIA, en un suelo franco arcillo-arenoso (67,5% arena; 10,6% limo; 21,9% arcilla), pH 7,9 y 0,58% de materia orgánica. Se regó por aspersión y se fertilizó con los macro y micronutrientes necesarios para su

correcto desarrollo. El N solo se aplicó por vía foliar con tres aportes de urea al 0,5% y otros tres de sulfato amónico al 1%, ambos fertilizantes estaban enriquecidos al 10% con ¹⁵N. El término enriquecido o exceso indica el incremento de la proporción de ¹⁵N sobre la abundancia natural de este isótopo en el aire que es de 0,366% en ¹⁵N. De modo que, para el marcado de las plantas se aplicaron 495 g de urea y 1.220 g de sulfato amónico, lo que supuso 483,9 g N (80,6 kg N·ha⁻¹) y 48,4 g de ¹⁵N.

Al inicio de la fructificación (octubre), cuando el maíz forrajero alcanzaba unos 2 m de altura, se cortó la parte aérea y se separó en dos fracciones (tallo con hojas y tallo sin hojas). Además el sistema radical se extrajo del suelo de forma manual. Las tres fracciones se secaron a una temperatura ambiente de 20°C y, posteriormente, se usaron tanto para la elaboración del abono de origen vegetal como para la dieta del ganado lanar. De cada fracción se tomaron tres muestras representativas que se secaron en estufa a 60°C para el análisis de la composición

mineral y la proporción isotópica en ¹⁵N/¹⁴N(**cuadro I**).

Obtención del abono soluble de origen vegetal

Para la obtención del abono marcado orgánico soluble de origen vegetal se partió de 26,4 kg (**cuadro I**) de materia prima con una concentración de N total del 1,29%, un exceso en ¹⁵N del 3,09% y un contenido en ¹⁵N de 10.537 mg. La elaboración de este abono se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Seipasa. Para ello, se debe extraer del maíz la proteína soluble del citoplasma, la anclada a la membrana lipídica y la de la pared celular. Lotes de 500 g de materia prima se sometieron a un cooking donde se hidrolizaron la lignina, la celulosa y la hemicelulosa y, posteriormente, se llevó a cabo una hidrólisis de las proteínas mediante proteasas (Crook 1945). Finalmente, se mezclaron todos los extractos obtenidos, concentrándolos conjuntamente, consiguiendo en todos ellos una extracción de N en torno al 75% de la materia original.

Obtención del abono soluble de origen animal

Preparación de la dieta de las ovejas con el maíz forrajero marcado con ¹⁵N

La fracción de tallo con hojas con una concentración en N de 1,52% y un exceso en ¹⁵N del 2,81% (**cuadro I**) se utilizó como heno en la alimentación del ganado ovino, cuyas deyecciones sólidas se emplearon para la obtención del abono de origen animal. Para aumentar el enriquecimiento en ¹⁵N de esta fracción, 43,6 kg se pulverizaron con 200 g de urea enriquecida al 10,2% en ¹⁵N. En total se obtuvieron 43,8 kg de heno con un enriquecimiento mayor (1,86%). Con ello se garantiza que el abono ecológico procedente de las deyecciones sólidas tenga un enriquecimiento en ¹⁵N suficiente para que al ser aplicado, a plantas de cítricos, sea detectado con suficiente resolución en el espectrómetro de masas. Esta práctica se utiliza para incremen-

La alimentación del ganado con forrajes enriquecidos con ¹⁵N es una técnica costosa y muy laboriosa.

Sin embargo, es el único método actual que garantiza un enriquecimiento en ¹⁵N suficiente para la posterior producción de abonos orgánicos

CUADRO II.

Volumen de abono, nitrógeno total y sus diferentes fracciones (amoniacal, nítrica y orgánica), ¹⁵N exceso, NUE, pH y concentración de macro y micronutrientes del abono orgánico de origen vegetal^z.

Abono orgánico de origen vegetal	Volumen (l)	N total ^y (mg·l ⁻¹)	N-NH ₄ (mg·l ⁻¹)	N-NO ₃ (mg·l ⁻¹)	N-orgánico (mg·l ⁻¹)
	520	330,8±31,6	26,5±0,61	21,6±0,03	282,6±6,0
	¹⁵ N (% exceso)	¹⁵ N (mg)	NUE (%)	pH	
	2,62±0,07	4.507±120	42,8±2,1	3,9±0,0	
	P	K	Mg	Ca	S
	47±1	923±14	60±2	386±9	548±7
Fe	Zn	Mn	Cu	B	
8.3±0,3	2,5±0,5	1,22±0,02	0,13±0,00	0,16±0,00	

^z: Cada valor es la media de 3 muestras ± desviación estándar.
^y: Nitrógeno en forma de amonio y de nitrato representó el 55 y 45% del N inorgánico, respectivamente.

tar el contenido de N de la dieta del ganado lanar, siempre y cuando no se supere el 20% de N total presente en la misma, ya que podría ser tóxico para los animales (European Community, 2008). Después, todo el heno se mezcló uniformemente para asegurar un enriquecimiento uniforme en la dieta de las ovejas (Powell *et al.* 2004) y se dividió en dieciocho partes iguales (desde 22 de febrero al 12 de marzo de 2010), cada porción equivalente a la dieta de un día.

Producción del estiércol de oveja marcado con ¹⁵N

Cuatro ovejas se alimentaron con la dieta indicada y se colocaron en celdas metabólicas, cedidas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (Universidad Politécnica de Valencia), con el fin de recoger las deyecciones sólidas que servirán de materia prima para la obtención del abono de origen animal. Cada jaula dispone de una bandeja perforada en donde quedan retenidas las deyecciones sólidas que se recogieron diariamente de forma manual y se secaron en estufa (60°C). La orina, sin embargo, atraviesa la bandeja y a través de tubos de drenaje se recogió diariamente en un depósito y se mantuvo a 4°C hasta su análisis.

Obtención del abono marcado orgánico soluble de origen animal

Las deyecciones sólidas que presentaron un enriquecimiento superior a 1,9% (figura 1) se utilizaron para la obtención del abono de origen animal. Éstas se secaron en estufa (60°C) y, tras una molienda igual a la indicada en el material vegetal, se sometieron a un cooking similar al detallado para la obtención del abono de origen vegetal. Tras el proceso, se dejó decantar la solución y posteriormente se filtró el líquido obtenido.

Determinaciones analíticas

Las muestras marcadas de maíz y de las deyecciones sólidas se trituraron con un molino refrigerado (IKA M20, Staufen, Alemania) hasta un tamaño menor de 0,3 mm de diámetro y, finalmente, se almacenaron a 4°C hasta su posterior análisis. En estas muestras y en las de orina se determinó la concentración de N total mediante un analizador elemental (NC 2500 Thermo Finnigan) y la relación isotópica ¹⁵N/¹⁴N con un espectrómetro de masas (Delta Plus, Thermo Finnigan) acoplado al analizador. El resto de macronutrientes (P, K, Ca, Mg, Na y S) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu y B) se midieron por espectrometría de emisión con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (iCAP-AES 6000, Thermo Scientific, Cambridge, Reino Unido). Los resultados se expresaron como porcentaje (macronutrientes) o partes por millón (micronutrientes) sobre peso seco.

Cálculos

El contenido de ¹⁵N en el maíz, en las deyecciones (sólidas y líquidas) y en los abonos obtenidos se calculó según la **expresión 1**.

Expresión 1.

$$^{15}\text{N}_{\text{muestra}} (\text{mg}) = \text{Peso seco (g)} \times \text{N (\%)} \times \% \text{ } ^{15}\text{N exceso} \times 10^{-1}$$

El porcentaje de ¹⁵N en exceso se obtiene restando a la concentración de ¹⁵N de cada muestra, la abundancia en la naturaleza de este isótopo. La abundancia natural de ¹⁵N en el N₂ atmosférico es de 0,366%, según la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1983).

El porcentaje de eficiencia de uso del nitrógeno (% EUN) representa el porcentaje de ¹⁵N aplicado con los fertilizantes marcados que ha sido absorbido por el maíz y, por otro lado, el aplicado a las ovejas con el maíz marcado y recuperado en las heces sólidas. Se determinó mediante la **expresión 2**.

Expresión 2.

$$\% \text{ EUN} = \frac{^{15}\text{N recuperado}_{\text{muestra}} (\text{mg}) \times 100}{^{15}\text{N (mg) aplicado mediante los fertilizantes marcados y la dieta marcada de las ovejas.}}$$

Resultados y discusión

Producción de maíz forrajero marcado con ¹⁵N

La biomasa de las tres fracciones de maíz forrajero extraídas del suelo se muestra en el **cuadro I** y supuso un peso seco total de 65,1

FIGURA 1
Enriquecimiento en ¹⁵N de las deyecciones sólidas de las ovejas durante el período de marcado.



kg. La mayor parte de la fracción del tallo con hojas se destinó a la alimentación del ganado, que supuso el 84% del peso total. En el total de las tres fracciones se recuperaron 25.743 mg de ^{15}N (**cuadro I**). Teniendo en cuenta que el maíz se abonó con 48.400 mg de ^{15}N , se ha obtenido una eficiencia de uso del N aplicado del 53,2%, en tan solo 41 días de cultivo. Esto indica que el aporte de N foliar realizado mediante fertilización mineral es un proceso muy eficiente para fertilizar este cultivo y ha proporcionado el material vegetal suficiente para la obtención de los abonos orgánicos solubles.

Composición del abono soluble de origen vegetal

La concentración en N total y sus diferentes formas (nitríca, amoniacal y orgánica) y su correspondiente enriquecimiento isotópico, así como el pH y la concentración en macro y microelementos se exponen en el **cuadro II**. Se obtuvieron 520 l de abono con 330,8 mg de N total por litro, que proporcionaron 172 g de N y 4.507 mg de ^{15}N (enriquecimiento 2,62% en ^{15}N). De este modo, la eficiencia de uso del N para la obtención del abono de origen vegetal fue del 42,8%.

Composición del abono soluble de origen animal

Composición del maíz forrajero de la dieta de las ovejas enriquecido con urea marcada con ^{15}N

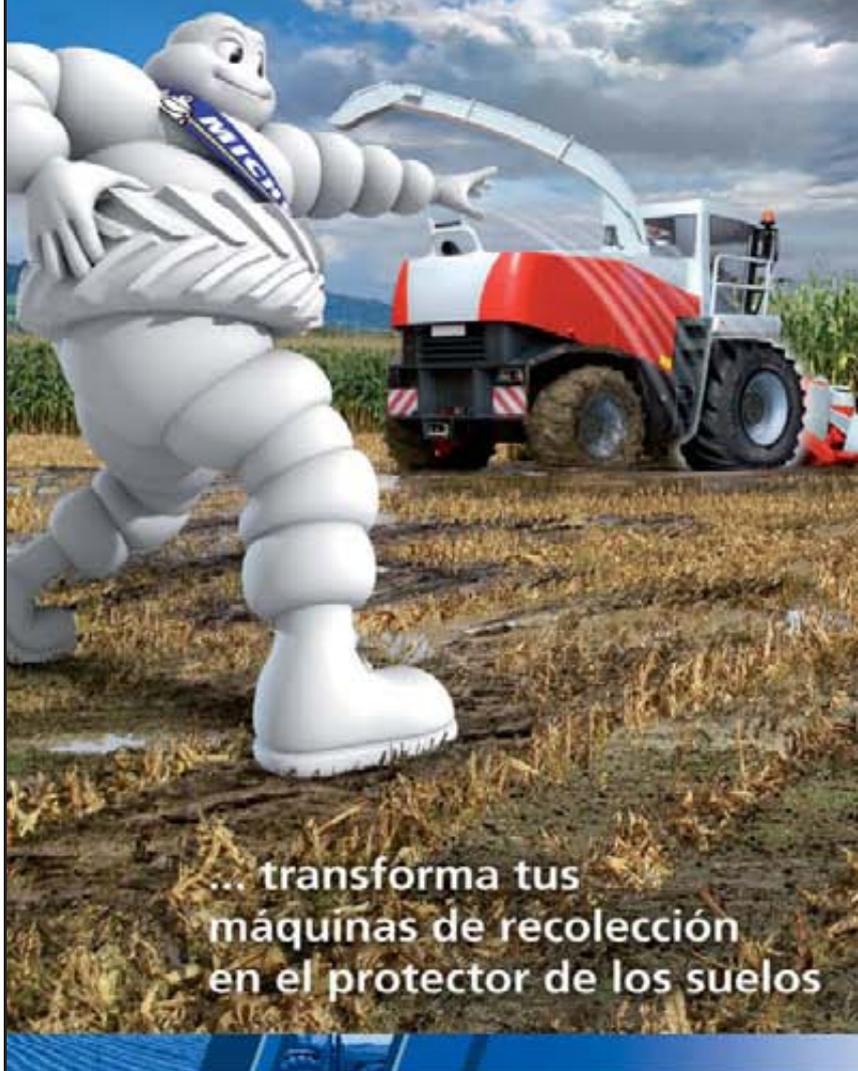
Al adicionar 200 g de urea marcada a 43,6 kg de la fracción de tallo con hojas, la concentración de N total de la dieta de las ovejas pasó de 1,52% a 1,86% y el enriquecimiento final del heno fue del 3,75% ^{15}N en exceso (**cuadro I**) que será suficiente para poder ser detectado en plantas de cítricos abonadas con estos abonos. De esta cantidad suministrada como dieta a las ovejas, éstas ingirieron 38,9 kg y desperdiciaron 4,9 kg. Por tanto, las ovejas se alimentaron con una dieta que contenía 27.133 mg de ^{15}N (**cuadro I**). También en el **cuadro I**, se muestra la concentración en macro y micronutrientes del conjunto de las tres fracciones del maíz forrajero: tallo con y sin hojas y el sistema radicular.

Producción de estiércol de oveja marcado con ^{15}N

La alimentación del ganado con forrajes enriquecidos con ^{15}N es una técnica costosa y muy laboriosa (Sorensen *et al.* 1994). Sin embargo, es el único método actual que garantiza un enriquecimiento en ^{15}N suficiente para la posterior producción de abonos orgánicos (Powell y Wu, 1999). En la **figura 1** se presentan los cambios en la concentración del ^{15}N desde el primer día de marcado hasta la finalización de la recogida de los excrementos.

Durante los dos primeros días de alimentación de las ovejas con heno marcado, el exceso o enriquecimiento en ^{15}N apenas superó la abundancia natural de este isótopo, ya que el ^{15}N contenido en la dieta se diluyó con el N de la alimentación previa no marcada que permanece aún en el tracto digestivo y por el N endógeno excretado en el tracto digestivo (Nolan, 1975). Después

MICHELIN CerexBib ...



... transforma tus máquinas de recolección en el protector de los suelos

En ocasiones la cosecha se realiza sobre suelos blandos. Hay que prestar especial atención a este hecho, ya que de ello depende la calidad de la próxima recolección. El neumático MICHELIN CerexBib, dotado con la tecnología MICHELIN Ultraflex y dirigido a las cosechadoras, permite reducir la presión de inflado y aumentar así la huella al suelo más de un 20%*. Gracias a una tracción mejorada un 25%*, es más fácil la cosecha en terrenos difíciles. MICHELIN CerexBib permite también un equipamiento neumático menos ancho, aunque con una capacidad de carga y diámetro equivalentes. Los desplazamientos son más confortables. ¡Las condiciones óptimas para una cosecha excepcional!

La tecnología MICHELIN Ultraflex reduce tus costes y protege tus tierras.

* En comparación con el neumático MICHELIN MegaBib sin la tecnología MICHELIN Ultraflex, pero de la dimensión 800/70 R 32.



del segundo día de marcado, la concentración de ¹⁵N aumentó de forma considerable, entre los días 11 y 18 se estabilizó y alcanzó la máxima concentración y, a partir del momento en que se eliminó la dieta marcada, el porcentaje de ¹⁵N en exceso decreció considerablemente.

El estiércol obtenido entre los días 6 y 17 de marcado supuso un peso total de 12,4 kg (cuadro III), cantidad de materia prima suficiente para fabricar el abono de origen animal, con un exceso de ¹⁵N por encima de 1,9% (figura 1), que también es adecuado para el marcado posterior de las plantas de cítricos con este abono. Por ello, a partir del día 17 se sustituyó la dieta marcada por heno normal.

La EUN del N procedente del maíz que conformó la dieta ingerida por las ovejas alcanzó el 29%, ya que con 12,4 kg (cuadro III) de las deyecciones sólidas, 9,3 kg de heces sólidas desechadas y 29,7 l de heces líquidas, también desechadas, se recuperaron 4.855, 1.570 y 1.448 mg de ¹⁵N respectivamente, y la dieta ingerida por la ovejas contenía 27.133 mg de ¹⁵N (cuadro I).

En términos generales, las heces sólidas utilizadas en la obtención del abono de origen animal presentaron concentraciones de nutrientes muy superiores (cuadro III) a las obtenidas en el maíz forrajero utilizado como materia prima para la obtención del abono de origen vegetal (cuadro I).

Composición del abono marcado orgánico soluble de origen animal

La concentración en N total y sus diferentes formas (nitríca, amoniacal y orgánica) y su correspondiente enriquecimiento isotópico, así como el pH y la concentración en macro y microelementos, se exponen en el cuadro IV. Se obtuvieron 135 l de abono con 495,7 mg de N total por litro que proporcionaron 66,9 g de N y 1.452 mg de ¹⁵N (enriquecido al 2,17% en ¹⁵N). Teniendo en cuenta que las deyecciones sólidas que se utilizaron en la obtención del abono contenían 4.855 mg de ¹⁵N (cuadro III), la eficiencia de uso del N del proceso de fabricación del abono fue del 29,9 %.

En ambos casos, tanto el abono de origen animal como vegetal presentaron una concentración elevada de nitrógeno total, con una pequeña cantidad en forma mineral (nitrato y amonio). El enriquecimiento en ¹⁵N en el abono de origen vegetal fue de 2,62%, superior al obtenido en el de origen animal (2,17%). Esto se

CUADRO III.

Peso seco o volumen^Z, composición de N, ¹⁵N y NUE, así como la concentración de macro-micronutrientes de las diferentes fracciones de las heces sólidas utilizadas en la obtención del abono de origen animal^Z.

	Cantidad	N (% o mg L ⁻¹)	N (g)	¹⁵ N (% exceso)	¹⁵ N (mg)
Heces sólidas desechadas	9,3 kg	1,86±0,10	172,8±9,6	0,91±0,12	1.570±32
N-NH ₄ ⁺ (orina desechada)	27,9 l	4450±980	124,4±20,6	1,16±0,57	1.448±36
N-NO ₃ (orina desechada)	27,9 l	0,35±0,14	0,01±0,00	0,85±0,23	0,08±0,00
Heces sólidas utilizadas ^Y	12,4 kg ^Y	1,79±0,19	222,3±19,3	2,18±0,03	4.855±60
Macronutrientes (%)	P	K	Mg	Ca	Na
	0,37±0,05	0,92±0,11	0,25±0,03	0,82±0,08	0,05±0,01
Micronutrientes (ppm)	Fe	Zn	Mn	Cu	B
	309,5±22,1	185,9±15,8	65,5±5,6	9,6±0,2	38,3±3,3

^Z: Cada valor es la media de 3 muestras ± desviación estándar.
^Y: Para la obtención del abono de origen animal.

CUADRO IV.

Volumen de abono, nitrógeno total y sus diferentes fracciones (amoniacal, nitríca y orgánica), ¹⁵N exceso, NUE y concentración de macro y micronutrientes del abono orgánico de origen animal^Z.

Abono orgánico de origen animal	Volumen (l)	N total ^Y (mg·l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg·l ⁻¹)	N-NO ₃ (mg·l ⁻¹)	N-orgánico (mg·l ⁻¹)
		135	495,7±47,1	88,2±0,4	4,2±0,4
	¹⁵ N (% exceso)	¹⁵ N (mg)	NUE (%)	pH	
	2,17±0,01	1.452	29,9	1,4±0,1	
	P	K	Mg	Ca	S
	365±26	921±65	257±19	545±28	1274±68
	Fe	Zn	Mn	Cu	B
	22,6±2,1	18,0±1,4	5,7±0,5	0,04±0,01	0,52±0,04

^Z: Cada valor es la media de 3 muestras ± desviación estándar.
^Y: Nitrógeno en forma de amonio y de nitrato representó el 95 y 5% del N inorgánico, respectivamente

debió a que aunque la materia prima original para obtener ambos abonos presentaba un enriquecimiento del 3,09% en el maíz para la obtención de abono vegetal y del 3,74% en la dieta de ovejas, el exceso de este último se diluyó en mayor medida en el proceso de digestión y asimilación del ganado lanar.

Con respecto al resto de nutrientes, los abonos obtenidos mostraron concentraciones elevadas tanto de macro como de micronutrientes. En el caso del potasio, ambos abonos tuvieron una concentración similar. Sin embargo, el abono de origen animal tiene concentraciones superiores en el resto de elementos nutritivos, como cabía esperar a la vista de los resultados de las analíticas realizadas a las materias primas utilizadas (cuadros I y III).

Conclusión

Con la realización de este trabajo se ha logrado producir dos abonos solubles, que podrán ser usados en riego localizado, con un al-

to contenido en N, P, K y otros elementos nutritivos. Además, la implicación de empresas del sector en la obtención de estos fertilizantes orgánicos supone un potencial de gran interés de desarrollo económico, tanto de las entidades que trabajan dentro de este marco legal como de los agricultores que pueden revalorizar sus residuos agrarios. ●

Agradecimientos

Se agradece a la empresa Seipasa, y en particular a M^a del Puig Mora y Francisco Espinosa, su estrecha colaboración en este ensayo. Queremos también dar las gracias al equipo de nutrición del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias: M^a Carmen Prieto, Josefa Giner, Teresa García Estellés, así como a los equipos de I+D+i de las empresas Probelte S.A. (Ana Isabel Fernández) y Agrimartín S.L. (Rafael Gómez-Gamero) por su apoyo técnico. Agradecemos igualmente a Carlos Fernández y su equipo del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (UPV) y a Ernesto Gómez del Centro de Tecnología Animal de Segorbe (IVA) su ayuda en la fase de producción del estiércol marcado. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA RTA2008-00071-00-00.