

- MOSQUERA A. Y MOMBIELA F. (1986) Comparison of three methods for the determination of soil Al in an unbuffered salt extract. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **17** (1), 97-113.
- ROCA FERNÁNDEZ A.I., GONZÁLEZ RODRÍGUEZ A. (2009) Recuperemos la confianza en las praderas en pastoreo para la producción de leche. *Ganadería. Revista Técnica Ganadera*, **61**, 62-65.
- TAKAHASHI T., IKEDA Y., FUJITA K. Y NANZYO M. (2006) Effect of liming on organically complexed aluminium of nonallophanic Andosols from northeastern Japan. *Geoderma*, **130**, 26-34.
- WOLF B. (1982) An improved universal extracting solution and its use for diagnosing soil fertility. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **13**, 1005-1033.

Influencia de los equipos de aplicación sobre el valor fertilizante de la fracción líquida del purín de vacuno de leche y la compactación de los suelos en cultivos forrajeros monófitos anuales en ambiente atlántico

Influence of application systems on fertilizing value of dairy slurry liquid fraction and soil compactation in monoculture forage crops in atlantic environments

J.M. MANGADO / G. JAUREGI / E. ZUDAIRE / E. IRUJO

ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). jmangado@intiasa.es

Resumen: La utilización como fertilizante de los residuos orgánicos generados por la actividad ganadera constituye una oportunidad para el tránsito hacia la sostenibilidad ambiental y económica de las explotaciones. En esta comunicación se presentan los resultados obtenidos en la comparación de dos equipos de aplicación de la fracción líquida procedente de la separación de purines de vacuno de leche, en "abanico" y mediante "tubos colgantes". Se mide la eficiencia fertilizante del nitrógeno total aportado por cada equipo y la compactación de los suelos producida por cada uno de ellos. Se concluye que el primero resulta más eficiente que el segundo si se mide la producción unitaria de biomasa y ocurre al contrario si se considera la extracción de nitrógeno unitaria cuando se acompaña de aportaciones de nitrógeno de origen mineral. La compactación del suelo producida por el equipo de tubos colgantes es inferior a la producida por el equipo de abanico tanto por la presión ejercida sobre las huellas de tránsito como por el porcentaje de superficie compactada.

Palabras clave: abanico, tubos colgantes, fertilización N, eficiencia, resistencia a la penetración.

Abstract: The use of livestock organic waste as fertiliser represents an opportunity towards the environmental and economic sustainability of dairy farms. In this paper are presented the results obtained in the comparison of two application systems of dairy slurry liquid fraction: traditional (splash plate) and localised, by "hanging pipes". It has been measured the efficiency of total fertilizer nitrogen provided and the compaction produced by each system. It is concluded that the first one is more efficient than the second when the unitary bio-mass production is measured, and the opposite happens when the unitary nitrogen extraction is measured in the cases of organic fertilization accompanied by nitrogen mineral inputs. The hanging pipes equipment caused less soil compaction than the splash plate system both considering the pressure on transit tracks and the percentage of compacted surface.

Key words: splash plate, hanging pipes, fertilization, efficiency, resistance to penetration.

INTRODUCCIÓN

El uso de los restos orgánicos generados en las explotaciones ganaderas como fertilizante agrícola constituye un notable ejemplo de sostenibilidad tanto económica (menor dependencia de fertilizantes externos) como ambiental (mejora de la salud y las características de los suelos, reciclaje). Mangado *et al.* (2009) encontraron que la eficiencia fertilizante del nitrógeno total contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico es mayor en aportaciones hechas a finales de invierno que en fechas posteriores. Además Mangado *et al.* (2010) encontraron diferencias en la eficiencia fertilizante del nitrógeno contenido en el purín de vacuno

de leche en función del equipo utilizado para su aportación al suelo. Los equipos utilizados en el transporte y aplicación de los purines a los suelos agrícolas son pesados y en las épocas más adecuadas para maximizar su eficiencia fertilizante (finales de invierno) en ambiente atlántico encuentran, con frecuencia, suelos con un alto contenido en humedad que los vuelve muy plásticos y susceptibles al apelmazamiento y a la compactación. Ante estas perspectivas se plantea una experiencia con el objeto de mejorar el conocimiento de las implicaciones de los equipos de aportación de purín sobre la eficiencia fertilizante del nitrógeno orgánico aportado y sobre la compactación de los suelos producida por su tránsito sobre las parcelas agrícolas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en la primavera de 2011 sobre una parcela de 0,78 ha situada en el municipio de Arakil, en el área atlántica de Navarra. Se trabajó sobre una parcela de suelos aluviales, profundos, con cierta pedregosidad menuda en su perfil y de buena percolación. Los suelos se caracterizan por ser alcalinos (pH 8,3), orgánicos (materia orgánica 9,4 %), con contenidos en fósforo (Olsen) y potasio (acetato amónico) asimilables de 12,8 kg/l y 288 kg/l respectivamente. Sobre ellos se cultiva una rotación anual de maíz forrajero-raigrás italiano alternativo con altas aportaciones de fertilizantes orgánicos. El cultivo sobre el que se realizó la experiencia es raigrás italiano alternativo (*Lolium multiflorum* Lam. cv "labelle") sembrado en la primera semana de Octubre de 2010.

Las aportaciones fertilizantes se hicieron el 11 de marzo. En esa fecha la integral térmica desde 1 de enero fue de 435,8 °C y la precipitación en los 10 días anteriores fue de 7 mm. La aportación fertilizante orgánica fue la fracción líquida (FL) procedente de la separación de los purines generados en la explotación de vacuno de leche de 360 vacas en ordeño robotizado que gestiona la parcela experimental. En la tabla 1 se muestra la composición de la FL.

Tabla 1. Fracción líquida del separado de purín de vacuno de leche.

	kg/m ³ materia fresca	% sms
% materia seca	3,67	
pH	8,13	
conductividad e. (dS/cm)	3,16	
cenizas	11,1	30,3
materia orgánica	25,6	69,7
N total	2,5	6,8
N amoniacal	1,4	3,8
P	0,4	1,08
K	2,1	5,73

Se utilizaron dos equipos para la aportación de la FL: 1.- cisterna de "tubos colgantes" (TC) de 25 m³ de capacidad, 18 m de anchura de trabajo y 48 tubos. Tres ejes (direccionales el delantero y el trasero) dotados con seis neumáticos 750/60R30,5 de baja compactación; el peso total del equipo (tractor+tractorista) en carga es de 51,68 t., 2.- cisterna en "abanico" (A) de 20 m³ de capacidad y 14 m de anchura de trabajo, dos ejes (el trasero direccional) dotados con cuatro neumáticos 710/45-26; el peso total del equipo (tractor+tractorista) en carga es de 39,58 t.

El diseño de la experiencia es de tres bandas principales para la aportación orgánica: T (testigo), TC y A de anchura adaptada a cada equipo y 6 m para el testigo y, transversalmente, aportaciones de nitrógeno (N) mineral (N0, N1, N2) en pasillos de 3 m cada una con tres repeticiones. Los equipos se pesaron al inicio y al final de cada aportación y se midió la longitud y anchura en cada caso para conocer las dosis reales aportadas. En la tabla 2 se presentan las dosis empleadas en cada variante de ensayo y las correspondientes aportaciones de nitrógeno.

Tabla 2. Variantes de ensayo.

	fracción líquida (FL)			urea 46 % N		
	testigo	tubos colgantes (TC)	abanico (A)	N0	N1	N2
m ³ ó kg/ha	0	43,452	44,898	0	87	174
kg N total/ha	0	108,6	112,2	0	40	80

El control de producción se hizo el día 24 de Abril (44 días tras la fertilización) estando el material vegetal en fase de "finales de encañado". Se cortó con motosegadora de 1,4 m de anchura la parte central de cada subparcela evitando las huellas de los equipos de aportación de FL. Se pesó la biomasa cortada y se midió la superficie de corte. Se tomó una submuestra y se envió al laboratorio para la determinación de materia seca (ms), cenizas (mm), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) y fibra neutro-detergente (FND). La eficiencia se calcula en función del N total aportado en la FL: N orgánico+N amoniacal, y se hace por dos vías, la de producción (kg de ms) y la de extracciones de N calculadas según la expresión kg N extraído = kg ms producidos*PB/100*6,25. Para ello, de los datos obtenidos para cada variante de ensayo se sustrae la media de los obtenidos en el testigo (TN0) y la producción y extracciones correspondientes a la aportación de N mineral, obtenida en TN1 y TN2, en las variantes en las que se dan aportaciones de N orgánico y mineral, y todo ello referido al N total aportado en la FL en cada variante.

Para la medida de la compactación de los suelos se ha utilizado un penetrómetro RIMIK CP 20 con cono normalizado que registra la presión, medida en kilopascales (kPa), ejercida al insertar la varilla en el suelo y la relaciona con la profundidad. Las medidas se hicieron inmediatamente después de la aportación de la FL, sobre las huellas dejadas por los equipos, en las que coinciden las del tractor y las de las cisternas. El campo de actuación se dividió en tres zonas: 1.- al inicio de la descarga con los

equipos en carga máxima, 2.- intermedia y 3.- al final de la descarga con los equipos al 82,5 % de su carga. En cada zona se midió la resistencia a la penetración sobre las dos huellas, y dentro de cada huella en la zona izquierda, derecha y central, haciéndose dos repeticiones por zona y equipo. Además, en cada zona se hicieron seis medidas de penetración en suelo no transitado (testigo) antes de la aportación de la FL. El total de mediciones fue de 126. En cada punto muestreado se hicieron lecturas de resistencia a la penetración cada 15 mm hasta una profundidad de 300 mm, considerada como la máxima de actividad radicular del cultivo forrajero.

La analítica de suelos y fracciones de nitrógeno de la FL se llevó a cabo en el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA) de la Universidad de Navarra. La analítica de forrajes y resto de parámetros de la FL se realizó en el Laboratorio Agrario de Navarra (NASERSA). Para el tratamiento de datos se utilizó el paquete PASW Statistics 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción vegetal

En la tabla 3 se presentan los resultados de producción, PB y extracciones de N para cada una de las variantes de ensayo.

Tabla 3. Producción, proteína bruta y extracciones de N.

variante	kg ms/ha	PB (% sms)	kg N extraído/ha
TN0	3841 a	9,9 a	62,3 a
TN1	4526 ab	10,9 ab	80,1 abcd
TN2	4560 ab	12,9 abc	93,8 abcd
TCN0	4276 ab	9,9 a	67,5 ab
TCN1	4688 ab	12,8 abc	95,7 bcd
TCN2	5000 ab	13,3 bc	103,9 cde
AN0	4630 ab	10,4 ab	77,1 abc
AN1	5501 b	12,6 abc	111,9 de
AN2	5391 b	15,2 c	130,3 e

En la misma columna valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ($p < 0,05$) Duncan.

En producción encontramos que la del testigo (TN0) es significativamente inferior solamente a las variantes con aportación de la FL en abanico siempre que sean acompañadas de aportaciones de N mineral, no encontrando diferencias significativas entre el resto de variantes de ensayo. En PB las variantes sin aportación de N mineral y sin aportación de la FL o cuando esta se hace mediante TC, presentan unos valores significativamente inferiores a las variantes en las que se aporta la máxima dosis de N mineral, siempre que vaya acompañada de aportación de la FL por cualquier equipo. En extracciones de N las variantes sin aportación de N mineral, aunque vayan acom-

pañadas de aportaciones de la FL, presentan unos valores significativamente inferiores a las variantes de aportación de la FL en abanico acompañadas con aportaciones de N mineral. En los tres parámetros analizados se encuentran respuestas crecientes a dosis crecientes de N mineral para cada variante de aportación de la FL, pero únicamente como tendencia, no encontrándose en ningún caso diferencias significativas. Analizando los datos por equipo de aportación, para cada dosis de suplementación de N y para los tres parámetros analizados, se ordenan de forma creciente en la secuencia $T < TC < A$, sin encontrar diferencias significativas en ningún caso.

Tabla 4. Producciones y extracciones por N total aportado por la FL.

variantes	kg ms/kg N orgánico aportado	kg N extr./kg N org. aportado
N0	TC	4,01
	A	7,03
	p-valor	0,247
N1	TC	1,49
	A	8,69
	p-valor	0,585
N2	TC	4,05
	A	7,41
	p-valor	0,523

t - Student TC - tubos colgantes A - abanico

En la tabla 4 se presentan los datos de producción y extracción de N por kg de N total procedente de la FL para cada equipo de aportación separando para su análisis por acompañamiento de N mineral. No se encuentran diferencias significativas en ninguno de los casos. La tendencia en producción es que el sistema A supera a TC, mientras que en extracción de N, TC supera a A salvo en el caso en el que no va acompañado de aportación de N mineral. Esto queda recogido porcentualmente en la tabla 5.

Tabla 5. Índice de eficiencia (IE, %) de la aplicación en abanico respecto a tubos colgantes.

	N0	N1	N2
Producción (kg ms)	175	583	183
Extracción (kg N)	131	57	71

En producción y extracciones de N, cuando no se acompaña de N mineral, los resultados de eficiencia según el equipo de aplicación obtenidos en este trabajo son inversos a los obtenidos por Mangado *et al.* (2010) en una experiencia similar. Sin em-

bargo la eficiencia encontrada en este trabajo en el caso de extracciones de N, cuando a la aplicación de FL se le acompaña con aportaciones de 40 y 80 kg de N mineral, es similar a la encontrada en 2010 (57 vs 64 en N1, 71 vs 71 en N2). Una explicación posible puede ser la del contenido en materia orgánica de los suelos sobre los que se ha trabajado. Se trata de parcelas de buenas características agronómicas sobre las que se lleva a cabo, desde hace mucho tiempo, una rotación de cultivos forrajeros intensiva, con altas producciones, y aportaciones notables de recursos orgánicos. La materia orgánica y la fertilidad de estos suelos son muy elevadas, lo que se traduce en altas producciones en los testigos. Por ello no se encuentran incrementos significativos de producción como respuesta a la fertilización nitrogenada, aunque se encuentra una tendencia hacia su incremento. Se encuentra un incremento del contenido en PB conforme lo hacen las aportaciones de N mineral (0,05 puntos porcentuales por kg de N aportado en el tramo 0-40 kg y 0,04 puntos en el tramo 40-80 kg), lo que sugiere una pauta de manejo en este caso, ya que la proteína de la dieta es uno de los factores fundamentales en el racionamiento de los animales de alta producción. Así mismo encontramos una estrecha correlación ($R^2=0,9158$) entre el contenido en PB y el N extraído por la producción vegetal.

Compactación de suelos

Como ejemplo de los resultados de compactación, la figura 1 muestra la representación de la resistencia a la penetración en carga máxima (zona 1).

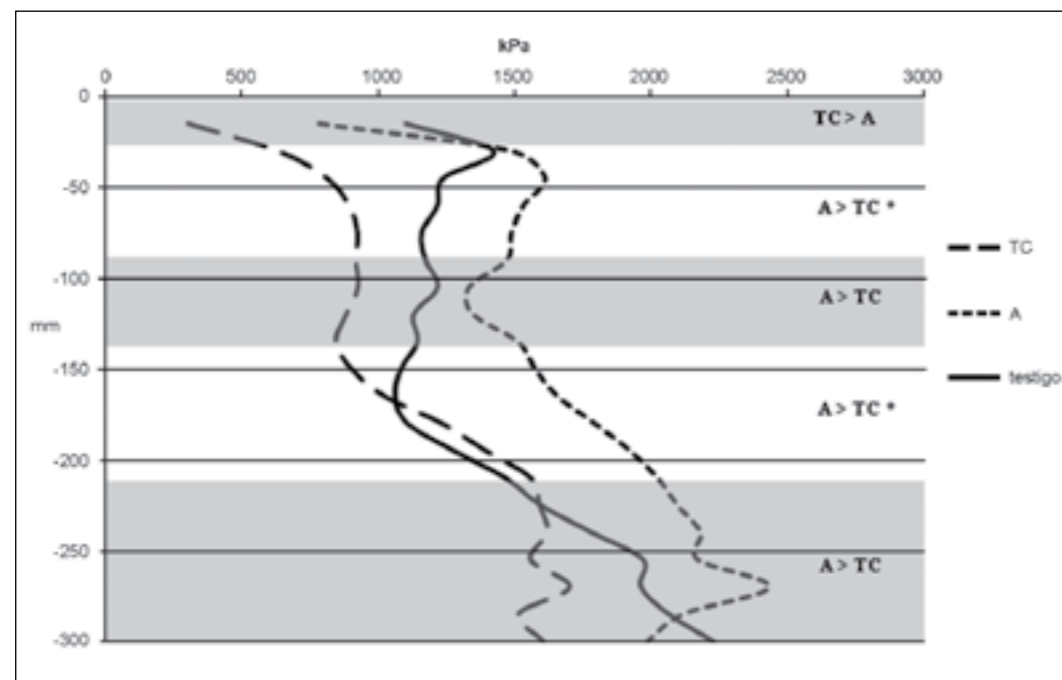


Figura 1. Resistencia a la penetración del suelo en la zona de máxima carga (zona 1).

El laboreo habitual para la preparación del lecho de siembra en estos suelos en los últimos años es la secuencia arado “chisel”-grada rotativa para maíz forrajero y grada de discos- arado “chisel”-grada rotativa para raigrás, sin inversión de horizontes y con una profundidad máxima de trabajo de 15-20 cm. Esto queda bien reflejado en la observación global de las curvas de compactación.

En todo momento el suelo sin tránsito presenta una menor compactación que los otros dos salvo en el tramo 180-210 mm, que puede deberse a una falta de uniformidad del perfil del suelo. En el primer tramo (hasta 15 mm) la compactación ejercida por TC es significativamente superior a la ejercida por A, invirtiéndose esta tendencia a partir de los 30 mm, de forma que el tránsito de TC compacta menos el suelo que el tránsito de A de forma significativa hasta 75 mm. y entre 150 y 210 mm y no significativa entre 90 y 135 mm. y entre 210 y 300 mm. Estos resultados avalan la definición del equipo de TC como de “baja compactación” ya que, con un peso en carga superior en 12,1 t al equipo A, produce una menor compactación de los suelos. Además el porcentaje de superficie transitada (compactada) en la labor de aportación de la FL es de 8,33 % en TC frente a 10,16 % en A. Por estas dos razones resulta más recomendable el equipo TC frente al equipo A en el marco de disminuir la compactación de los suelos con esta labor.

CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se ha llevado a cabo la experiencia:

- La respuesta tanto productiva como de contenido en proteína bruta del cultivo es superior para las aportaciones de nitrógeno de origen mineral (urea) que para las aportaciones de la fracción líquida procedente de la separación del purín de vacuno de leche.
- Desde la perspectiva de producción de forraje por kg de N total aportado con la FL la eficiencia del equipo de abanico es superior a la del equipo de tubos colgantes. Esto se invierte si se consideran las extracciones de nitrógeno de la biomasa forrajera cuando a la aportación orgánica se acompaña de aportaciones de nitrógeno mineral.
- La compactación del suelo producida por el equipo de tubos colgantes es inferior a la producida por el equipo de abanico tanto por la presión ejercida sobre las huellas de tránsito como por el porcentaje de superficie compactada.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto europeo Interreg IV a FER GIR, Gestión Integral de Residuos Ganaderos como Fertilizantes para los Cultivos. S.A.T. Ganadería ETXEBERRI nº 653 NA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MANGADO J.M., OIARBIDE J., BARBERÍA A. Y GRANADA A. (2009) Eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 205-212. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MANGADO J.M., ITURRIAGA I. Y GUEMBE J. (2010) Influencia de los equipos de aplicación sobre el valor fertilizante del purín de vacuno de leche en cultivos forrajeros monofitos en ambiente atlántico. En: Universidad de León (Ed) *Pastos: fuente natural de energía*, pp 365-371. 4ª Reunión Ibérica de pastos y forrajes. Zamora-Miranda do Douro.

Proyecto piloto para valorar la adaptación de máquinas específicas de producción y recolección de forrajes en zonas de montaña. Resultados de Navarra

Pilot project to assess the adjustment of specific machinery for production and collection of fodder in mountain areas. Results from Navarre

J.A. ERBURU / G. JAUREGUI

INTIA S.A. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). jerburu@intiasa.es

Resumen: Los accidentes asociados al uso del tractor y de la maquinaria agrícola son todavía hoy demasiado frecuentes. Aunque estos accidentes ocurren por causas diversas, la orografía de las parcelas juega un papel importante, en especial en los casos de los vuelcos del tractor y de los deslizamientos. Los ganaderos ubicados en entornos montañosos son los más afectados por esta problemática puesto que se exponen a este riesgo con frecuencia cuando aprovechan los recursos forrajeros de las parcelas en laderas. En esta comunicación se presenta el proyecto piloto del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino y en el que ha participado Navarra junto con otras dos Comunidades Autónomas, con el objetivo de dar una solución al problema descrito. El elevado número de accidentes así como el elevado porcentaje de tareas que se hacen "a mano", ponen de manifiesto la necesidad de adquirir tractores y máquinas adaptadas para trabajar en este entorno. A pesar de que la maquinaria de montaña es muy utilizada en la región alpina, en nuestro país apenas se conoce. Se trata de tractores muy estables, adaptados para trabajar con total seguridad incluso en las pendientes más pronunciadas. Por su elevado precio se aconseja comprar de forma conjunta.

Palabras clave: maquinaria agrícola, tractores, producción forrajera, seguridad, laderas.

Abstract: Accidents due to the use of agricultural machinery are nowadays still too frequent. Although these accidents happen for different reasons, the slope of the field is one of the main reasons, especially in roll-overs and gliding. Farmers who live in mountain areas are exposed to these hazards when they harvest the grass from steep fields. The aim of this communication is to explain the project, created by Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino and in which Navarra has taken part with another two communities in order to solve these problems. The high number of accidents and handmade works show that it is necessary to obtain adapted tractors and machines which allow working on these surfaces. In spite of the fact that the use of this kind of agricultural machinery is very common in Alpine areas, in our country almost nobody knows it. There are high stability tractors, adapted for working safety even in the steepest slopes. However, their high price and the small size of the farm fields make the individual acquisition difficult and suggest buying them in partnership.

Key words: agricultural machinery, tractors, forage production, safety, slopes.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la relevancia de la producción forrajera en zonas de orografía montañosa, tales como la cornisa cantábrica, existe una carencia en el uso de maquinaria agrícola para la producción forrajera adaptada al trabajo en laderas. Como consecuencia, los ganaderos de las explotaciones de montaña se ven obligados a trabajar utilizando los medios mecánicos propios de zonas más llanas, lo que da lugar a numerosos accidentes por vuelco del tractor, en ocasiones mortales. Estos accidentes suponen un tercio de los mortales producidos en el sector agrario y son la principal causa