



**ANEXO C**  
**INFORME DE RESULTADOS**  
**ACTIVIDADE DE TRANSFERENCIA TECNOLÓXICA**

**Nº DE PROTOCOLO: 2013/47**

**1.- TÍTULO DA ACTIVIDADE: FERTILIZACIÓN DE PRADEIRAS CON XURROS:EFECTOS A MEDIO/LONGO PRAZO NO SOLO E CULTIVO**

**2.- UNIDADE ADMINISTRATIVA DA CONSELLERÍA ORGANIZADORA/PARTICIPANTE:**  
(centro de investigación/CFEA/OAC...)  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN AGRARIAS DE MABEGONDO**

**3.- LOCALIZACIÓN DA ACTIVIDADE:**  
Enderezo: Cra Betanzos-Mesón do Vento, km 8  
Concello: Abegondo  
Provincia: A Coruña

**4.- RESPONSABLE: Juan Castro Insua**

Tfno.: 881881801

**5.- INTRODUCCIÓN:**

Tradicionalmente en Galicia los purines fueron utilizados por su valor fertilizante en macro y micronutrientes que son esenciales para mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes que permiten mantener el rendimiento de los cultivos. Hoy en día la reutilización de purines en las explotaciones puede ayudar a disminuir de forma considerable los costes productivos al sustituir en parte la utilización de los fertilizantes minerales. No obstante, ante la preocupación social y normativa sobre temas de protección ambiental es necesario promover una utilización eficiente de purines y minimizar el impacto de su aplicación al suelo, agua y atmósfera que nos rodea. Un manejo adecuado implica esencialmente utilizar la maquinaria adecuada y aplicar las cantidades de nutrientes ajustadas a las demandas del cultivo.

En el transcurso del proyecto "EFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA APLICACIÓN DE RESIDUOS GANADEROS EN PRADERAS. APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE INYECCIÓN SUPERFICIAL (INIA 2005-2007) se estudió la respuesta agronómica de una pradera cuando se aplicaban purines de dos tipos (vacuno y porcino) en diferentes épocas del año: primavera y otoño, utilizando dos técnicas de baja emisión para minimizar el contacto del purín con el aire. Este trabajo permitió cuantificar pérdidas de N como lixiviación de nitratos y emisiones de N<sub>2</sub>O a la atmósfera. Durante los años 2009 y 2010 se continuaron los aportes de fertilizantes orgánicos y minerales en las mismas parcelas de ensayo y se iniciaron mediciones de la evolución de propiedades químicas y biológicas del suelo, acumulación de metales pesados en superficie y las cantidades extraídas por el cultivo. De esta forma se dispone de un pool de datos procedentes de varios años referentes a producciones de forraje, eficiencias en el uso del N por el cultivo, riesgo de lixiviación de nitrato y evolución de propiedades químicas del suelo. Cabe destacar además que son muy escasos los estudios que aparecen en bibliografía donde se realice un seguimiento de los efectos de la fertilización continuada con purines de más de 3-4 años.



## 6.- MATERIAL E MÉTODOS:

Los objetivos planteados se llevaron a cabo en un ensayo de pradera de raigrás inglés, trébol violeta y trébol blanco que había sido establecido en mayo de 2005 en la finca experimental del CIAM (Abegondo, A Coruña) y que desde el comienzo del experimento había recibido aportes sucesivos de purines de vacuno y porcino en primavera y otoño.

Se mantuvo desde 2005 el mismo diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y los siguientes tratamientos de fertilización resultado de la combinación de dos tipos de purín y dos métodos de aplicación:

1. VB, purín de vacuno aplicado superficialmente en bandas.
2. VI, purín de vacuno inyectado en la capa superficial del suelo.
3. PB, purín de cerdo aplicado superficialmente en bandas.
4. PI, purín de cerdo inyectado en la capa superficial del suelo.

A efectos comparativos, fueron añadidos un tratamiento con aporte de fertilizante inorgánico y un tratamiento control que recibió P y K pero no N:

5. NAC, nitrato amónico cálcico 27 %.
6. C, control sin aporte de purín ni de fertilizante nitrogenado.

Las cantidades (m<sup>3</sup>/ha) aplicadas de purines, procedentes de las fosas del CIAM eran ajustadas teniendo en cuenta el contenido total de N previo análisis de los purines analizado en el laboratorio del CIAM. En los tratamientos de inyección se utilizó una cisterna provista de un sistema de discos que realizaban un corte vertical en el suelo de 3-6 cm de profundidad, con una separación de 15-18 cm entre filas. Para la aplicación en bandas se utilizó la misma cisterna levantando los discos de corte.

Las siguientes tablas se presentan las fechas en las que fueron aplicados los fertilizantes a lo largo de los años y las cantidades totales de N (kgN/ha) aportadas anualmente.

Fertilizante	Método Aplicación	2005				2006				2007				
		Fecha	6/04	27/05	13/10	Total	9/03	28/04	18/10	Total	21/03	24/05	2/10	Total
NAC			100	100	60	260	80	80	60	220	80	80	60	220
Purín Vacuno	Bandas		103	133	63	299	82	105	72	259	97	89	59	245
	Inyección		103	133	63	299	82	105	72	259	97	89	59	245
Purín Porcino	Bandas		94	103	65	262	81	79	70	230	107	87	62	256
	Inyección		94	96	65	255	81	79	70	230	107	87	62	256

Fertilizante	Método Aplicación	2009			2010			
		Fecha	29/05	28/09	Total	2/06	1/09	Total
NAC			80	60	140	45	60	105
Purín Vacuno	Bandas		108	79	187	73	73	147
	Inyección		108	86	194	73	63	137
Purín Porcino	Bandas		93	50	143	66	49	116
	Inyección		93	49	142	66	56	122

Fertilizante	Método Aplicación	2011				2012				
		Fecha	1/03	1/05	1/10	Total	9/04	30/05	18/11	Total
NAC			80	80	60	220	80	80	60	220
Purín Vacuno	Bandas		90	86	65	241	79	82	80	240
	Inyección		88	74	65	237	78	68	67	212
Purín Porcino	Bandas		79	72	84	237	57	88	64	209
	Inyección		100	100	79	251	61	93	72	226



Fertilizante	Método	2013	
	Aplicación	Fecha	Total
NAC		22/04	80
			80
Purín Vacuno	Bandas	111	111
	Inyección	92	92
Purín Porcino	Bandas	50	50
	Inyección	75	75

Se simularon cortes de forraje entre 30-45 días después de la aplicación de los fertilizantes y, en algunos casos cortes de limpieza de la pradera para determinar la extracción de N por el cultivo previa a los aportes de los fertilizantes. En los dos últimos años los controles productivos/cortes de la pradera se efectuaron en marzo (25/03/2012), mayo (24/05/2012), julio (19/07/2012), octubre (25/10/2012), diciembre (12/12/2012), abril (5/04/2013), mayo (31/05/2013), julio (9/07/2013) y finales de noviembre (28/11/2013). En todas las fechas se llevaron a cabo muestreos de producción de la pradera determinando el peso en verde de dos bandas y se recogieron sub-muestras donde se realizaba la separación botánica en gramíneas, leguminosas y otras especies y donde se determinó la materia seca (MS) mediante secado en estufa de aire forzado (80° C durante 16 h). En estas muestras también se determinó el contenido en materia orgánica (MO), N total (o proteína bruta, expresada como N total x 6,25) y otros parámetros de calidad del forraje (digestibilidad de la MO, contenido en fibras: FND y FAD, contenido de carbohidratos solubles en agua) utilizando las ecuaciones NIRS desarrolladas para praderas en el Departamento de Pastos y Cultivos.

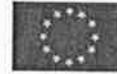
Previo a la aplicación de los fertilizantes se recogieron muestras de suelos separadas en capas de 0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm donde se determinó el N mineral en suelo para conocer la evolución a lo largo del año y especialmente el riesgo de lixiviación en el otoño-invierno. Coincidiendo con alguno de estos muestreos se determinaron también parámetros relacionados con las propiedades químicas del suelo, metales pesados, actividad microbiana del suelo como C y N microbiano (método de fumigación-extracción), mineralización de N y, C y N soluble en agua.

La composición química media de los purines utilizados en el ensayo fue la siguiente:

Componente	P. Vacuno			P. Porcino		
	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo
MS (%)	7,7	9,6	5,0	4,2	7,5	2,3
pH	8,5	8,7	8,1	8,3	8,4	8,0
MO (g kg <sup>-1</sup> )	784,0	959,5	699,1	631,0	800,3	281,8
N (g kg <sup>-1</sup> )	41,4	54,2	33,1	69,8	112,5	45,4
P (g kg <sup>-1</sup> )	8,4	10,5	7,0	19,8	23,1	14,1
K (g kg <sup>-1</sup> )	47,6	65,0	35,4	30,3	54,8	14,8
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	19,5	26,8	10,7	26,1	34,7	17,4
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	5,6	6,9	4,6	11,2	13,2	8,6
Na (g kg <sup>-1</sup> )	5,2	8,5	3,3	5,5	10,6	2,7

## 7.- ANÁLISE DE RESULTADOS:

En la Figura 1 se muestra la evolución de la eficiencia aparente del N aplicado con los fertilizantes expresada en kg MS producida por kg de N aplicado. De los 7 años estudiados en 4 de ellos las eficiencias de MS fueron mayores en el tratamiento M. En los otros tres se vieron superadas por el purín de porcino. Las diferencias observadas son previsibles teniendo en cuenta que parte del N aplicado con los purines se encuentra en forma orgánica, y probablemente las diferencias observadas entre los dos tipos de purines están relacionados con el contenido en MS y el mayor porcentaje de N en forma



amoniaco en el purín de porcino. Este tipo de purín, más diluido que el de vacuno infiltra rápidamente en el terreno provocando una menor volatilización de amoniaco y mayor disponibilidad para ser asimilado por la planta.

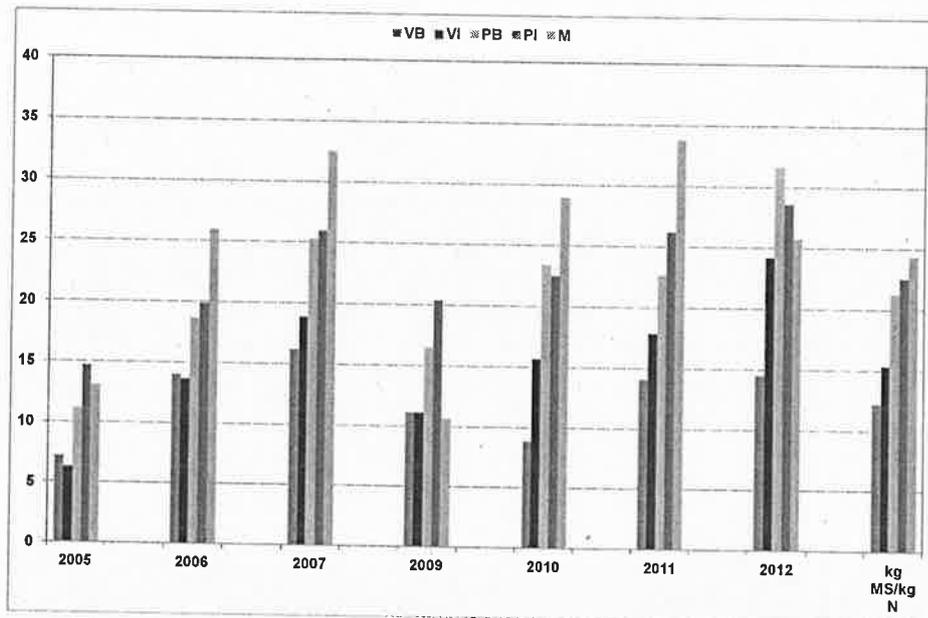


Figura 1. Evolución de las eficiencias aparentes del N (kg MS/kg N) aportado.

En lo que respecta al método de aplicación la inyección provocó un incremento productivo en tres de los años cuando se aplicó purín de porcino, en el resto hubo pequeñas diferencias o nulas. Con el de vacuno provocó incrementos en cuatro de los años estudiados, y estos incrementos fueron haciéndose mayores con el paso del tiempo. En general con el paso del tiempo (sin tener en cuenta los años 2009 y 2010, que recibieron dos aportes de N) con el aporte de purines hay un efecto acumulativo que se ve más claro con la inyección.

Observando los valores medios de eficiencias la inyección en el purín de vacuno provoca un incremento de 3kg MS/kg N respecto a la aplicación en bandas, y menor, de 1,3 con el purín de porcino.

Al calcular un índice de eficiencia productivo (IE-MS,%) de los tratamientos con purín en relación al fertilizante mineral (Tabla 1), el purín de porcino proporcionó el 90% de la producción obtenida con el fertilizante mineral, mientras que con el vacuno el 57%.

Tabla 1. Evolución de los índices de eficiencias productivos de los purines respecto al fertilizante mineral.

	2005	2006	2007	2009	2010	2011	2012	IE-MS,%
<b>VB</b>	55	54	50	104	31	42	56	50
<b>VI</b>	48	53	58	104	54	53	94	63
<b>PB</b>	85	72	78	154	81	67	123	87
<b>PI</b>	112	77	80	191	78	78	111	93
<b>V</b>	52	53	54	104	42	47	75	57
<b>P</b>	98	74	79	172	79	72	117	90

Teniendo en cuenta la producción de MS y el contenido en N en planta se determinaron para cada corte las extracciones de N por el cultivo. En el tratamiento control, sin aporte de N, el cálculo de la extracción de N menos el valor estimado de la fijación de N por el trébol (Figura 2) determinó un valor medio para el aporte del suelo de 70 kg N/ha (rango 45-98 kg N/ha).

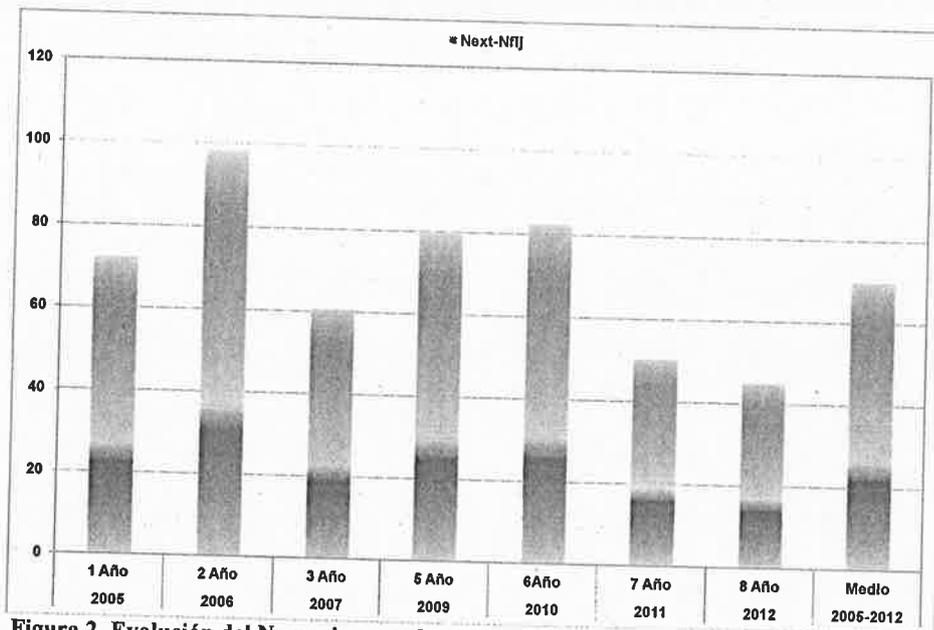


Figura 2. Evolución del N anual aportado por el suelo (kg N/ha) en el tratamiento control.

El cálculo de recuperaciones aparentes del N (Figura 3) determinó que el 65% del N aplicado con el fertilizante mineral fue extraído por el cultivo, el 50% con el purín de porcino y entre el 30-41% con el de vacuno. Durante los tres primeros años se observó un incremento de las RAN en los tratamientos de purín y que la inyección siempre proporcionó mayores recuperaciones que la aplicación en bandas. Cuando se aplicaron dosis anuales más bajas de N (2009 y 2010), el incremento entre años fue mayor. En los dos últimos años se observa de nuevo un incremento de la recuperación de N de VI respecto a VB.

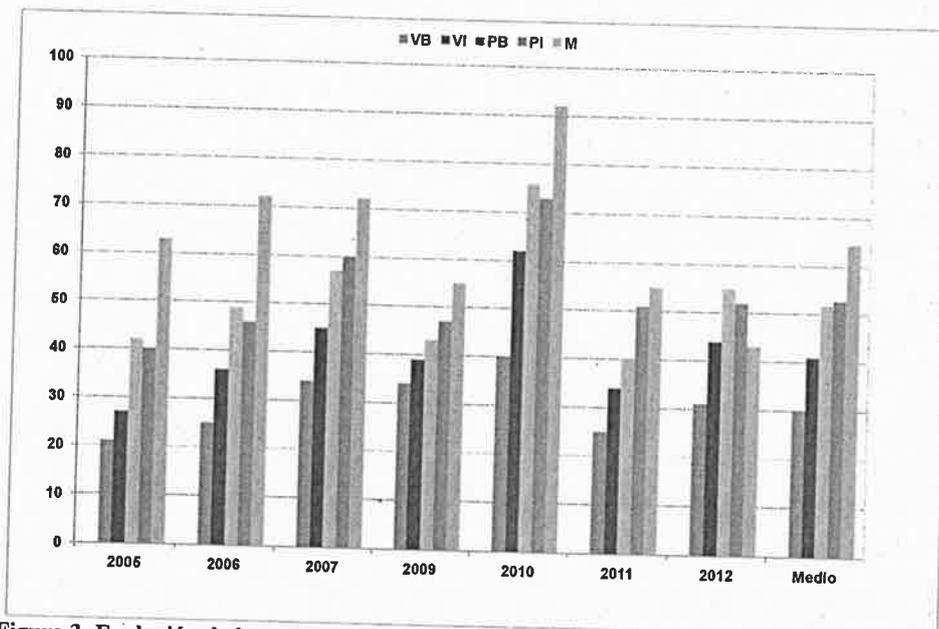


Figura 3. Evolución de las recuperaciones aparentes del N aportado (%) con los fertilizantes.

Cuando se observa estas recuperaciones por aplicación (Figura 4), con el purín de vacuno en la primera aplicación las diferencias entre inyección-bandas es más pronunciada; las recuperaciones aumentan en la segunda aplicación y aún más en la tercera, hecho que refleja un efecto acumulativo del purín en el año.

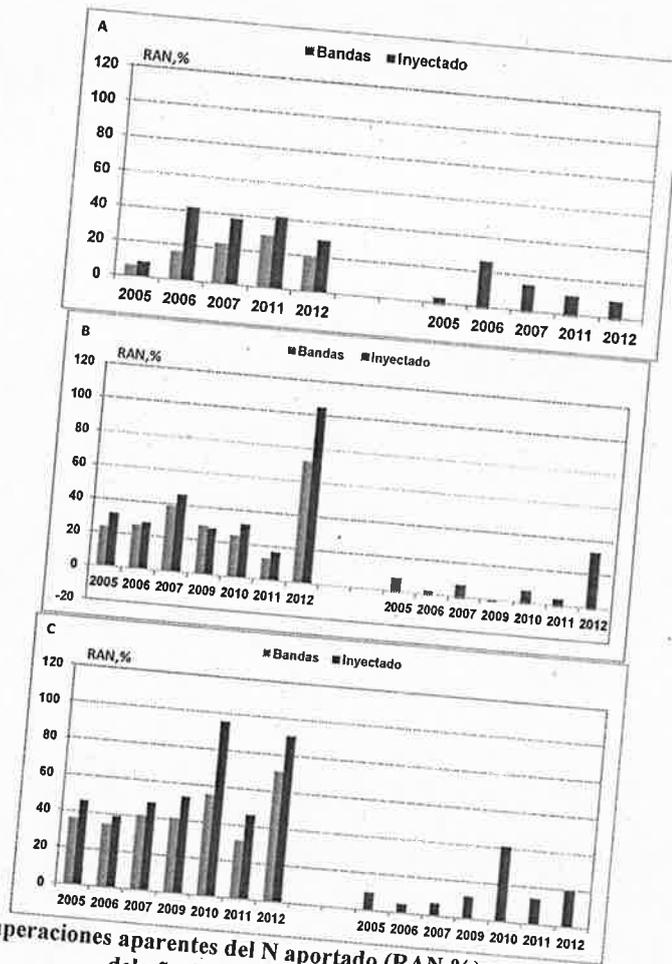
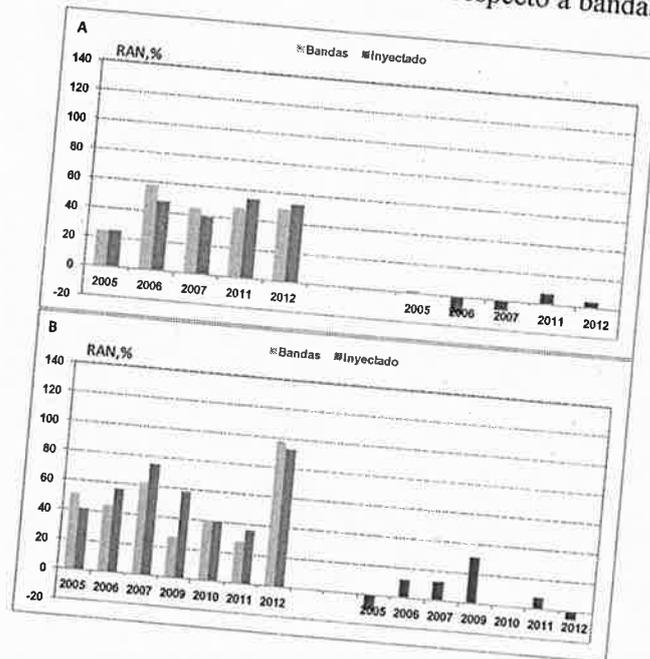


Figura 4. Evolución de las recuperaciones aparentes del N aportado (RAN, %) con el purín de vacuno en el primer aporte del año (A), segundo (B) y tercero (C).

Con el purín de porcino (Figura 5) también se observa un incremento de recuperaciones a lo largo del año, pero los incrementos debidos a la técnica de inyección respecto a bandas se observan principalmente en la segunda aplicación.



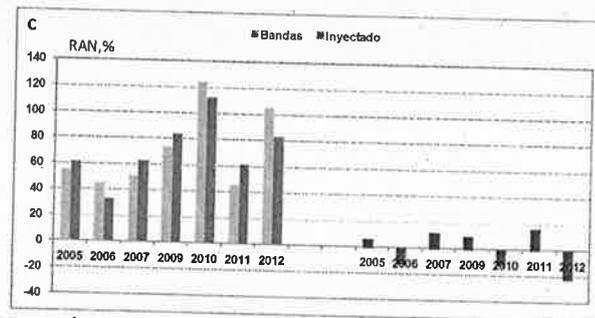


Figura 5. Evolución de las recuperaciones aparentes del N aportado (RAN,%) con el purín de cerdo en el primer aporte del año (A), segundo (B) y tercero (C).

En la Figura 6 se representan los contenidos de nitratos en capas 0-10, 10-30, 30-60 y 60-90 cm en el muestreo de suelo correspondiente a los meses de septiembre u octubre, previo a la aplicación de fertilizantes e inicio del periodo de lluvias otoñal. En los dos primeros años se observa un incremento de los contenidos de nitrato a lo largo del año, los valores máximos hallados aparecen en estas fechas, alcanzando valores máximos de 65 y 75 en el segundo año para el purín de porcino en bandas y el fertilizante mineral. En los últimos años (2007-2012) los valores, consecuencia de una cobertura dominante de raigrás (cultivo muy extractor de N) disminuyeron considerablemente hasta niveles inferiores a 40 kg N/ha lo que indica que los contenidos de nitratos en la solución del suelo no fueron elevados.

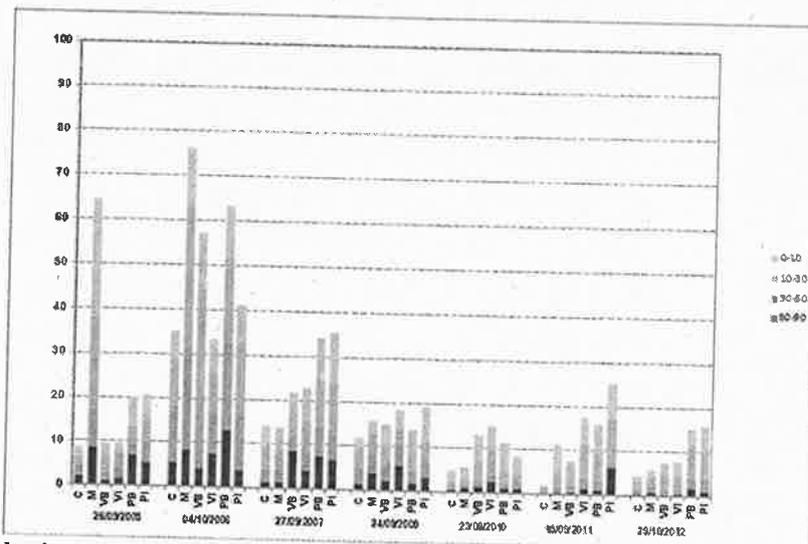


Figura 6. Contenidos de nitrato (kg N-NO<sub>3</sub>-/ha) en suelo a diferentes profundidades (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 y 60-90 cm) en las fechas de muestreo anteriores a la fertilización otoñal y comienzo del periodo de lluvias.

Finalmente, en las Tablas 2 y 3 se muestra la evolución de las propiedades químicas del suelo a lo largo de los años.



Tabla 2. Evolución de propiedades relacionadas con la materia orgánica del suelo y elementos asimilables (0-10 cm).

Fecha	Tratamiento	pH	Materia orgánica				Elementos asimilables								SA
			MO	C	N	C/N	AC	Ca	Mg	Na	K	CCE	P	K	
			g/kg				cmol/kg								g/100g
26/09/2005	C	5,68	47,35	20,35	2,23c	0,15	1,00	3,74	0,68	0,00c	0,69	6,18	34	271	16,08
	M	5,49	50,95	23,10	2,42bc	0,53	0,95	3,73	0,73	0,07b	0,77	6,29	35	299	15,35
	VB	5,75	50,13	25,87	2,71abc	0,46	0,53	5,37	1,00	0,15a	0,79	7,85	33	309	7,33
	VI	5,65	50,07	26,53	2,62ab	0,37	0,70	5,09	0,94	0,16a	0,82	7,70	33	320	9,26
	PB	5,64	63,63	29,07	3,11a	0,35	0,83	4,92	1,12	0,14a	0,79	7,82	36	309	11,54
	PI	5,81	51,87	22,37	2,48bc	0,21	0,53	5,42	0,68	0,13ab	0,54	7,61	34	211	7,76
	Media	5,68	55,54	24,93	2,67	0,35	0,73	4,83	0,94	0,12	0,73	7,37	34	287	10,66
Sig	p	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
29/10/2012	C	5,72bc	72,2	32,9	3,60	0,28	0,8ab	4,74	1,23	0,13c	1,05	7,91	45b	410b	10,05ab
	M	5,67c	65,8	30,0	2,93	0,25	1,0a	3,88	1,19	0,15c	0,57	6,78	35b	222c	14,68a
	VB	6,17a	74,2	35,2	3,29	0,09	0,1c	6,88	1,80	0,22ab	1,57	10,57	36b	612a	1,00c
	VI	6,04a	73,4	34,5	3,45	0,01	0,2c	6,50	1,55	0,20b	1,21	8,65	37b	474b	2,10c
	PB	5,94abc	67,8	30,5	3,08	0,99	0,4ab	5,83	1,58	0,26a	0,64	6,71	42b	250c	5,04bc
	PI	5,97ab	70,7	32,6	3,32	0,84	0,2c	6,75	1,54	0,24ab	0,61	9,34	58a	238c	2,35c
	Media	5,92	70,6	32,7	3,28	0,01	0,4	5,76	1,48	0,20	0,94	8,83	42	368	5,88
Sig	p	*	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	**	***	NS	**	***	**

Tabla 3. Evolución de metales pesados en la capa de suelo de 0-10 cm.

Fecha	Tratamiento	Fe	Cu	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	S
		mg/kg								
26/09/2005	C	32775	31	827	71b	0,0	29	29	18	238
	M	32145	31	828	74b	0,1	29	23	19	276
	VB	32617	30	809	73b	0,1	29	21	21	306
	VI	32553	32	847	72b	0,0	29	22	20	313
	PB	33537	30	814	74b	0,1	30	23	20	341
	PI	32810	31	824	81a	0,1	29	24	19	278
	Media	32774	31	824	75	0,1	29	22	19	297
Sig	p	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
26/11/2009	C	31631	28b	780	76b	<1	29	23	32	269b
	M	30860	28b	741	77b	<1	29	21	34	272b
	VB	30623	29b	770	80b	<1	30	21	39	334a
	VI	31154	29b	835	80b	<1	30	22	34	355a
	PB	32949	32a	793	107a	<1	32	23	40	326a
	PI	31371	33a	799	112a	<1	30	22	31	322a
	Media	31436	30	791	90	<1	30	22	35	319
Sig	p	NS	***	NS	***	NS	NS	NS	NS	**
29/10/2012	C	30546	29b	841	78c	<1	31	22	13	351
	M	29815	27b	705	70c	<1	28	20	14	299
	VB	28595	28b	762	71c	<1	28	19	13	358
	VI	29529	29b	779	74c	<1	28	20	12	361
	PB	30311	32a	765	105b	<1	30	21	13	338
	PI	29333	35a	763	119a	<1	28	20	12	348
	Media	29655	30	734	86	<1	29	20	13	342
Sig	p	NS	**	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS

### 8.- RESUMO E CONCLUSIÓNS:

A lo largo del estudio se cuantificaron eficiencias y pérdidas de N en las condiciones edafo-climáticas de Galicia. Resumiendo, el aporte de purines en praderas raigrás/trébol en dosis anuales de 250-300 kg N/ha en aprovechamiento de cortes puede proporcionar el 90% de la MS obtenida con fertilizante mineral (NAC) si se aplica purín de porcino y el 57% si se aplica purín de vacuno.

En condiciones de manejo semejante de la pradera se observa una tendencia creciente en la recuperación del N procedente de los purines, lo que indica un efecto acumulativo. La técnica de inyección favoreció la recuperación de N cuando se aplicó purín de vacuno.

A la vista de los resultados parece que el aporte de purines puede mejorar, respecto a la utilización de fertilizante mineral, algunas de las propiedades químicas del suelo como el contenido en materia orgánica además de eliminar la necesidad de encalado. No obstante, es necesario vigilar la concentración de metales pesados (Cu y Zn) en suelo y otros elementos asimilables como el P cuando los aportes de purín de cerdo son elevados y repetidos durante un largo espacio de tiempo (8 años).

### 9.- DATA E SINATURA DO RESPONSABLE:

Mabegondo, 9 enero 2014