

II Jornada

Ganadería y Medio Ambiente

Sistemas de gestión de deyecciones ganaderas



TÉCNICAS DE GESTIÓN EN ZONAS DE ALTA DENSIDAD GANADERA Y LIMITACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Ángel Faz Cano

Grupo de Investigación: Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de Sues Aguas (GARSA). Universidad Politécnica de Cartagena

E-mail: angel.fazcano@upct.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

Censo de ganado porcino: Porcino intensivo.

Total por CC.AA. Año 2014.

Unidad: número de cabezas y porcentaje.



Región de Murcia
Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca

TIPO DE GANADO GANADO PORCINO (C)

- Lechones de hasta 20 Kg. de peso vivo
- Cerdos de 20 a 49 Kg. de peso vivo
- Cerdos en cebo de 50 o más Kg. de peso vivo
 - De 50 a 79 Kg. de peso vivo
 - De 80 a 109 Kg. de peso vivo
 - De 110 o más Kg. de peso vivo
- Reproductores de 50 o más Kg. de peso vivo
 - Verracos
 - Hembras reproductoras
 - Nunca han parido
 - No cubiertas
 - Cubiertas 1ª vez
 - Que ya han parido
 - Cubiertas
 - No cubiertas

Total porcino

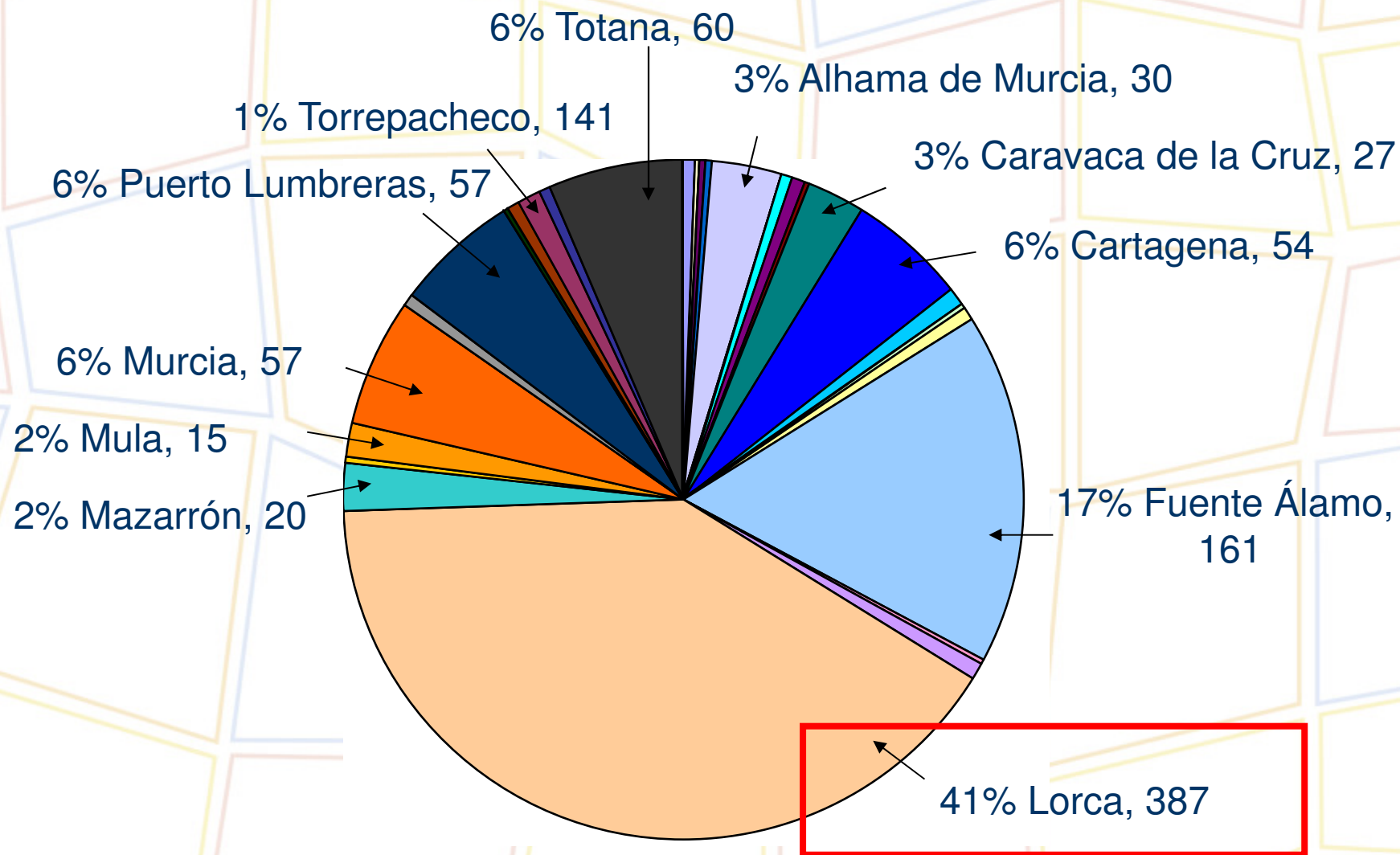
	Mayo 2014	
	Total	%
España	23.237.324	100
Andalucía	1.428.212	6,15
Aragón	6.351.589	27,33
Asturias (Principado de)	12.536	0,05
Baleares (Illes)	50.974	0,22
Canarias	63.207	0,27
Cantabria	2.419	0,01
Castilla y León	2.653.940	11,42
Castilla-La Mancha	1.360.203	5,85
Cataluña	6.819.477	29,35
Comunidad Valenciana	1.008.587	4,34
Extremadura	62.876	0,27
Galicia	1.091.702	4,70
Madrid (Comunidad de)	16.923	0,07
Murcia (Región de)	1.789.021	7,70
Navarra (Comunidad Foral de)	402.131	1,73
País Vasco	22.785	0,10
Rioja (La)	100.742	0,43

	2012	2013 (*)	2014 (*)
	422.787	319.883	430.440
	344.831	443.457	456.314
	580.790	453.372	417.387
	400.491	377.013	295.065
	36.331	54.498	30.223
	2.119	1.571	1.756
	10.343	11.647	10.202
	10.701	6.930	9.432
	109.416	94.579	82.092
	31.446	26.287	30.016
	1.949.255	1.789.217	1.762.927

Publicación: © Instituto Aragonés de Estadística (IAEST), noviembre de 2014.

Fuente: Encuestas ganaderas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Número de explotaciones de ganado porcino según municipios



Fuente: CREM, INE Censo Agrario, actualizado en 2012

¿Por qué valorizar el purín como fertilizante?

El RD 324/2000, en su Anexo I, proporciona unos volúmenes de purines generados por cada cerdo dependiendo del tipo de explotación.

Anexo I: Volumen de purines por distintos tipos de ganado porcino y el contenido en nitrógeno de sus estiércoles al inicio del periodo de almacenamiento

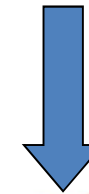
Tipo de ganado (plaza)	Estiércol líquido y semilíquido (m ³ /año)	Contenido en nitrógeno Kg/plaza/ año
Cerda en tipo cerrado*	17,75	57,60
Cerda con lechones hasta destete (de 0 a 6 kgs)	5,10	15,00
Cerda con lechones hasta 20 Kgs	6,12	18,00
Cerda de reposición	2,50	8,50
Lechones de 6 a 20 kgs	0,41	1,19
Cerdo de 20 a 50 kgs	1,80	6,00
Cerdo de 50 a 100 kgs.	2,50	8,50
Cerdo de cebo de 20 a 100 kgs.	2,15	7,25.
Verracos	6,12	18,00

* Incluye la madre y su descendencia hasta la finalización del cebo.

Censo de ganado porcino (CARM, 2014)

1 762 927

animales



3 357 524
m³ de purín /año

Fuente de materia orgánica y de fuente de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg y oligoelementos

kg de N / año



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Valorización agronómica de purines

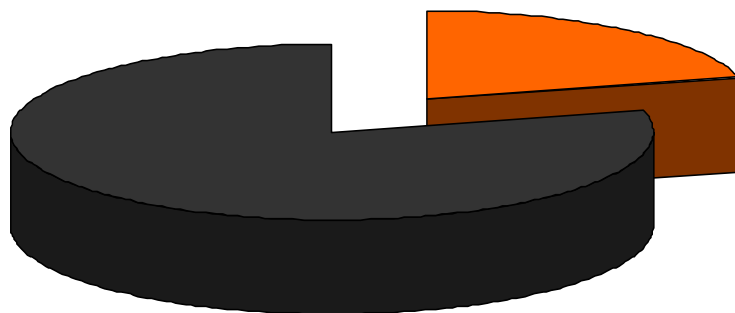
Comarca	Total cultivos herbáceos	Total cultivos leñosos
Altiplano	8.809	54.372
Campo de Cartagena	22.207	15.249
Noroeste	27.373	21.255
Río Mula	5.207	25.684
Valle del Guadalentín	37.173	34.909
Vega del Segura	6.801	46.172
Total	107.570	197.641

Estadística Agraria de Murcia 2010/11. Consejería de Agricultura y Agua.
Distribución comarcal por grupos de cultivos (ha). 2011

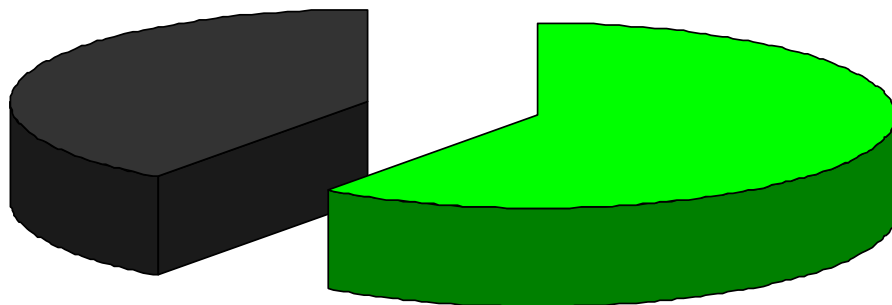
11 024 933
kg de N / año

DOSIS CONTROLADAS
170 Kg N/ha y año

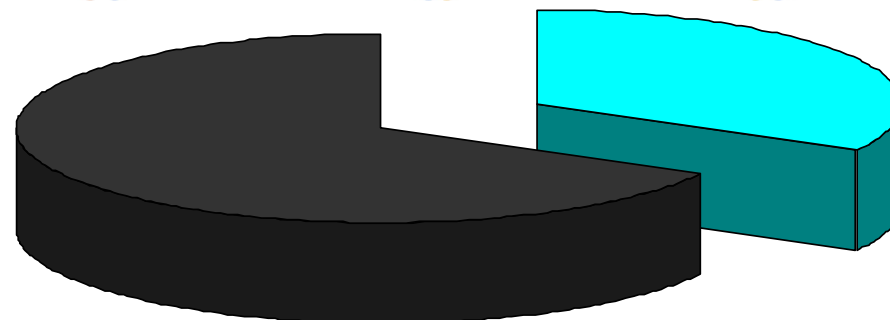
64 853 ha



21% Superficie total



60% superficie herbácea



33% superficie leñosa

¿Qué es el Banco de Purines?

BANCO DE PURINES

PURÍN
Ganaderos



Asociaciones

Dosis de purín
controlada



170 kg de
Nitrógeno por
hectárea y año

CULTIVO
Agricultores



Agricultor y Ganadero próximos
entre si



Así se consigue:

La Gestión Sostenible de los purines mediante su
valorización como fertilizante agrícola

¿Por qué valorizar el purín como fertilizante?

GANADERO

Ventajas	Beneficios
Dan salida a los purines generados	Resuelve su problema de gestión de purín <u>sin coste alguno</u>
Técnica sencilla	

AGRICULTOR

Ventajas	Beneficios
El purín aporta nutrientes para las plantas y materia orgánica para los suelos	Se produce un ahorro en el gasto de fertilizantes
Técnica sencilla	

Objetivo principal del Banco de Purines

Gestión sostenible de los purines mediante su valorización como fertilizante agrícola, minimizando el impacto ambiental y sin riesgos de contaminación para el sistema agua-suelo-planta

Metodología ambiental

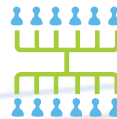
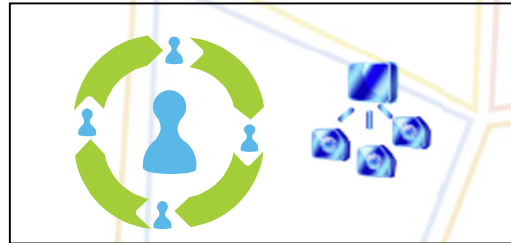
Agricultores

Ganaderos

Selección

Recogida de muestras del agua de riego y planta

Recogida de muestras de purines

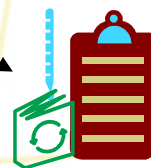


Recogida de Muestras de suelo antes y después de la aplicación

Análisis Físico-químicos



Evaluación del sistema suelo-agua-planta



CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA GANADERÍA ESPAÑOLA, A NIVEL DE CONSULTORÍA EXTERNA ESPECIALISTA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD). Ref. TEC0003908

- **LOTE I: Realización de ensayos de campo para la determinación de la eficacia de depuración y valorización agronómica de deyecciones líquidas de cerdo (purines) sometidas a sistemas de procesado en granja mediante humedales artificiales**



Patente: “Humedal artificial y uso del mismo para la fitopurificación de efluentes líquidos”. N^o Publicación: ES 2363363 B2.

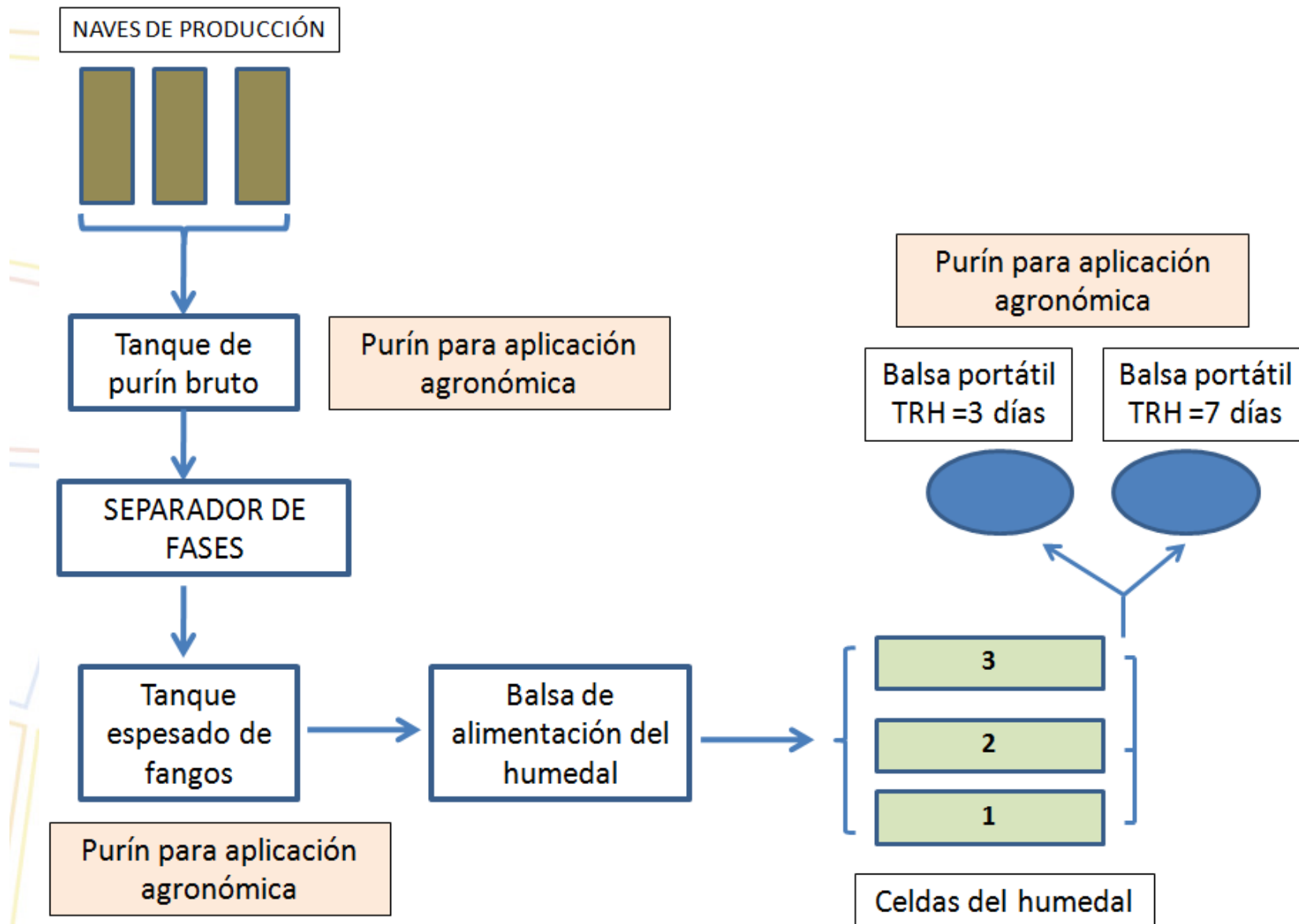
ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE PURINES DE CERDO



**LOCALIZACIÓN: EXPLOTACIÓN
DE "EL HINOJAR"
(LORCA, MURCIA)
SAT ALIA**

**EXPLOTACIÓN
GANADERA**

ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE PURINES





EXPLORACIÓN AGRÍCOLA-EL RINCÓN CULTIVO DE BRÓCOLI-MELÓN

METODOLOGÍA

- Depuración y caracterización del purín. Ensayo 1

Variable operacional: TRH

3 DÍAS

7 DÍAS

3 ciclos de llenado



- **Muestreo para la caracterización del purín.**



MUESTRAS DE ENTRADA



MUESTRAS DE SALIDA



Para cada TRH



3 muestras de entrada/ciclo

3 muestras de salida/ciclo



Determinación de la eficacia de depuración y el mejor TRH

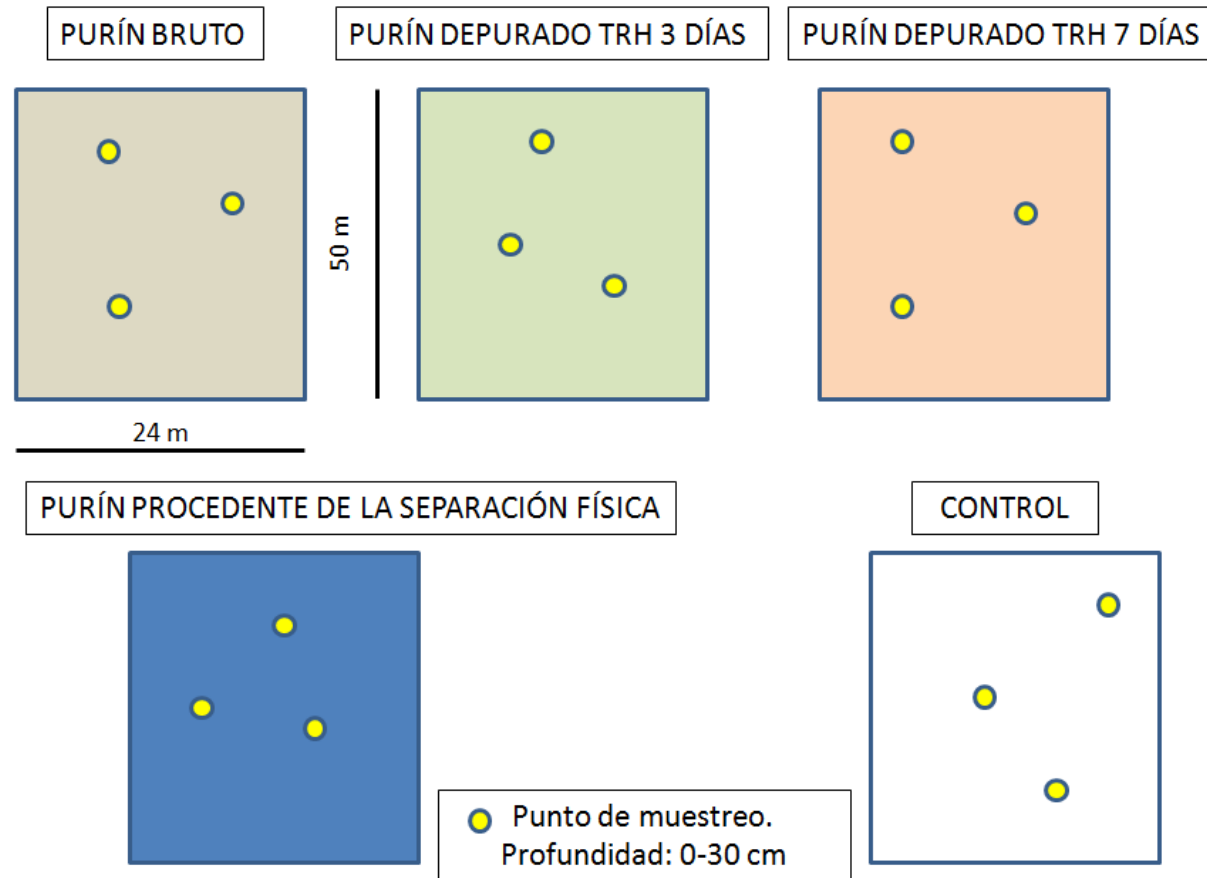
- **Muestreo para la caracterización del purín.**



BALSAS PORTÁTILES DE RECOGIDA DE PURÍN
DEPURADO (TRH = 7 DÍAS Y TRH = 3 DÍAS)

POR CICLO DE LLENADO/VACIADO DE
LAS CELDAS DEL HUMEDAL, LAS
BALSAS PORTÁTILES SE LLENAN 1/3

Aplicación agronómica. Ensayos 2 y 3



**CARACTERIZACIÓN
GENERAL DEL SUELO**




**ESTUDIO
DE LOS
POOLS DE C
y N**

**CARACTERIZACIÓN
DEL CULTIVO**

**ESQUEMA DE TRATAMIENTOS EN
PARCELAS AGRÍCOLAS-CULTIVO DE
BRÓCOLI**

Aplicación agronómica. Ensayos 2 y 3



-  Parcela para aplicación de purín
-  Parcela control (sin aplicación de purín)
-  Balsa portátil

Aplicación agronómica. Ensayos 2 y 3

REPLANTEO DE LAS 5 PARCELAS DE ENSAYO



PARCELAS
DE 50 X 24 m
= 1200 m²



● **Análisis físico-químicos (purín bruto, del separador de fases y depurado)**

- - *Temperatura.*
- - *pH.*
- - *Conductividad eléctrica.*
- - *Sólidos en suspensión y materia sedimentable.*
- - *DBO₅.*
- - *DQO.*
- - *Nitrógeno Kjeldahl y nitrógeno amoniacal.*
- - *Nitrógeno total.*
- - *Nitrógeno orgánico*
- - *Fósforo.*
- - *Análisis de iones, cationes (Na⁺, K⁺, Mg⁺², Ca⁺² y NH₄⁺), aniones (Cl⁻, Br⁻, SO₄⁻², F⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³).*
- - *Cu, Fe, Mn y Zn.*
-

● **Análisis microbiológicos (purín depurado)**

- Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos
- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- *Escherichia coli*
- Estreptococos fecales (del grupo D de Lancefield)
- *Salmonella* y *Shigella*

- **Análisis físico-químicos (purín bruto, del separador de fases y depurado)**



DETERMINACIÓN
DOSIS
APLICACIÓN
AGRONÓMICA DEL
PURÍN

● **Análisis para el estudio del ciclo de N (suelos)**

- *Nitrógeno total Kjeldahl.*
- *Nitratos (NO_3^-)*
- *Nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+)*
- *Nitrógeno orgánico*

● **Análisis para el estudio de las reservas de C (suelos)**

- *Carbono orgánico.*
- *Carbono de la biomasa microbiana.*
- *Tasa de mineralización de C.*

● **Análisis microbiológicos (suelos)**

- Bacterias
- Actinomicetos
- Hongos
- Coliformes

● **Análisis físico-químicos (agua de riego)**

- *Temperatura.*
- *pH.*
- *Conductividad eléctrica.*
- *Sólidos en suspensión y materia sedimentable.*
- *DBO₅.*
- *DQO.*
- *Nitrógeno Kjeldahl y nitrógeno amoniacal.*
- *Nitrógeno total.*
- *Nitrógeno orgánico*
- *Fósforo.*
- *Análisis de iones, cationes (Na⁺, K⁺, Mg⁺², Ca⁺² y NH₄⁺), aniones (Cl⁻, Br⁻, SO₄⁻², F⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³).*
- *Cu, Fe, Mn y Zn.*

● **Análisis físico-químicos (brócoli)**

- *Humedad.*
- *Cationes (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ y K⁺).*
- *Fósforo (P₂O₅).*
- *Nitrógeno Kjeldahl y nitratos.*
- *Oligoelementos (Cu, Fe, Mn y Zn).*
- *Diámetro de la pella y peso*

RESULTADOS

Eficiencia de depuración para los dos TRH (3 y 7 días)

El TRH 7 días ofrece una **mayor eficiencia en la eliminación de** contaminantes potenciales del purín como son la **CE**, DBO₅, DQO, NK, N-NH₄⁺ y NO₃⁻, además de para Br⁻, F⁻, NO₂⁻ y Mn

Acceptable para ciertos cabezales de riego

El TRH 3 días presentó **mayor eliminación de** SSed, NO, **P total**, Mg²⁺, Cu y Zn, respecto al de 7 días.

Deficitario en los planes de fertilización con purín

Eficiencias negativas para TRH = 7 días, aumento de: SSed, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Fe y Zn

Eficiencias negativas para TRH = 3 días, aumento de: NO₃⁻, Ca²⁺, Cl⁻, Fe y Mn

Aumento de Ssed, aunque con contenidos muy bajos según bibliografía; sin embargo, los STS disminuyen. Aumento de SO₄²⁻, Fe, Mn y Zn; habría que estudiar posibles fisiopatías en el cultivo

RESULTADOS

Caracterización el purín, tanto bruto como depurado y el procedente de la separación física

Caracterización de los 4 tipos de purín (balsas portátiles) y variaciones

COMPARACIÓN DEL P
BRUTO Y DEL
SEPARADOR DE FASES



Disminución en todos los parámetros excepto en el pH, SSed, NO_2^- y coliformes totales. Sobre todo disminuye: DQO, F^- , Fe y Mn

COMPARACIÓN DEL P
BRUTO Y DEPURADO
DE 3 Y 7 DÍAS



Disminuciones notables en la mayoría de los parámetros, con un comportamiento similar entre el purín de 3 días y el de 7 días. Disminución en el contenido de N-NH_4^+ (en relación con el descenso de NH_3 observado por CEAM) en las balsas de purín depurado.

RESULTADOS

Caracterización de los 4 tipos de purín y variaciones

COMPARACIÓN DEL P
DEL SEPARADOR DE
FASES Y DEPURADO
(3 Y 7 DÍAS)



Eliminación notable en los parámetros estudiados, a excepción del Fe. A destacar la disminución de Ssed, Cl⁻ y STS, con valores por debajo de los límites para riego localizado. Esto indica que la depuración continuaría en las balsas, (principalmente acción microbiana incipiente y precipitación), ya que a la salida de los humedales no se obtenían estos porcentajes de eliminación.

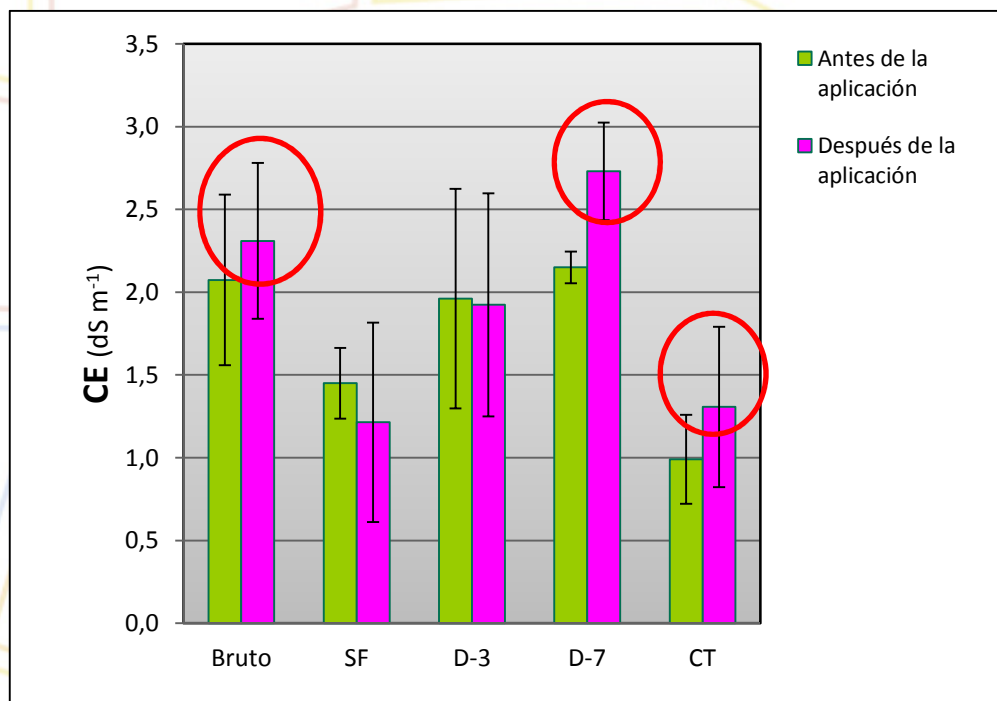
COMPARACIÓN DEL P
DEPURADO DE 3 Y 7
DÍAS



Disminución en casi todos los parámetros del purín de 7 días respecto al de 3, a excepción de: pH, SSed, STS, Na⁺, Br⁻, F⁻, NO₂⁻, Mn y aerobios mesófilos

RESULTADOS

Evolución del suelo, especialmente los ciclos de C y N tras la aplicación de los tratamientos

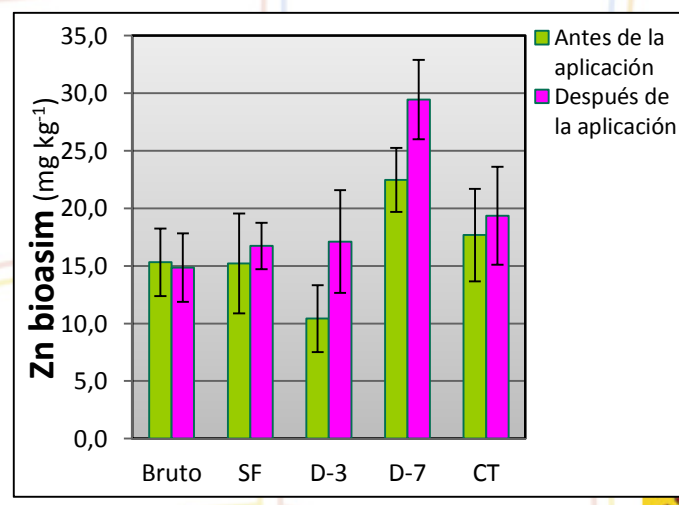
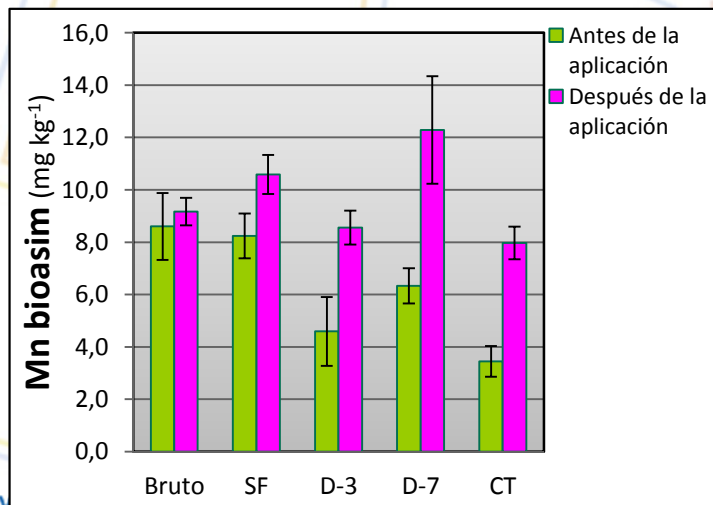
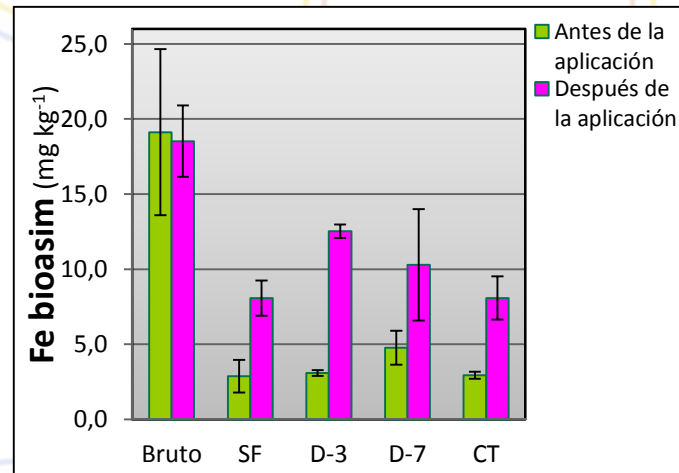
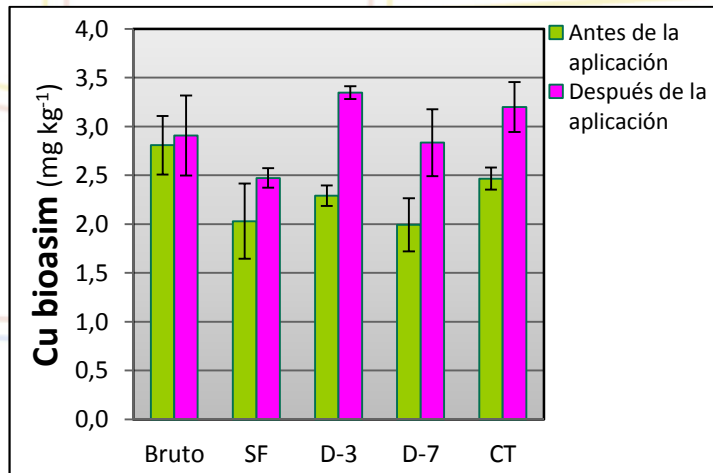


No podría establecerse que este aumento se debiese al purín aplicado, ya que: a) no se observó un incremento generalizado en todas las parcelas con tratamiento, b) el purín de 7 días presentaba una CE incluso inferior a la del purín de 3 días, c) el control también mostró un incremento. Podría ser por la fertirrigación empleada en la explotación

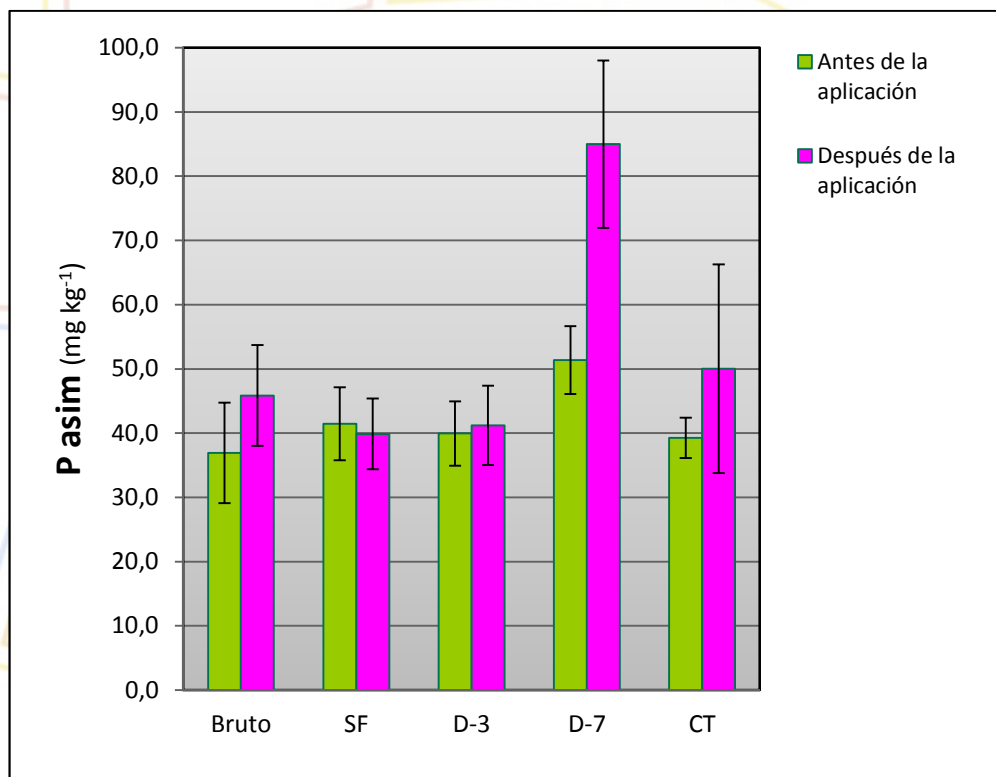
Parcelas A, B, C, D y E, con aplicación de:
Purín bruto
Purín del separador de fases
Purín depurado de 3 días
Purín depurado de 7 días

RESULTADOS

Aumento generalizado de los oligoelementos después de la aplicación, muy por debajo de los valores límite de contaminación establecidos para suelos agrícolas. Otros autores también describen incrementos tras aplicar purín.



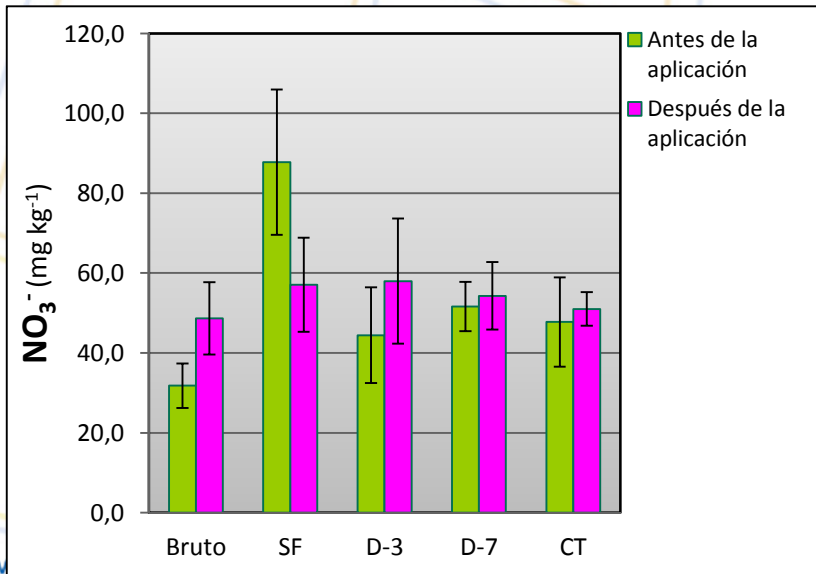
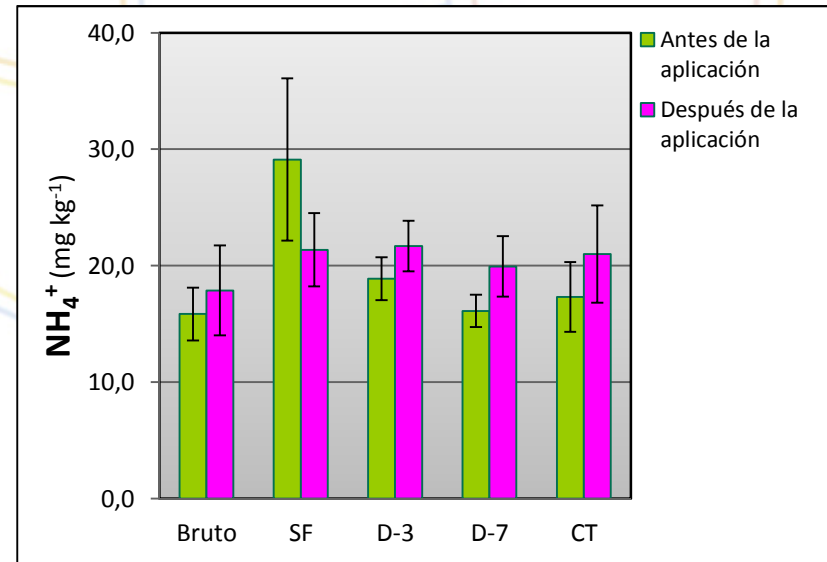
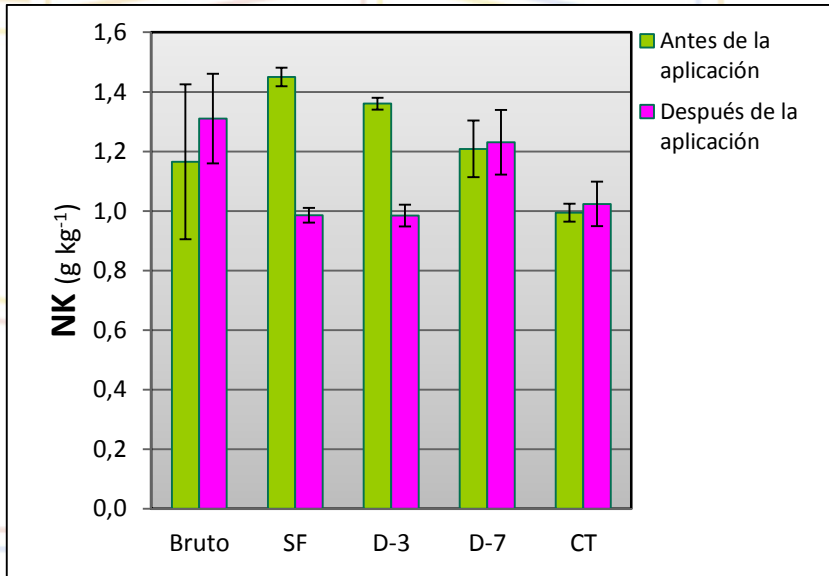
RESULTADOS



Aumento de P asimilable sobre todo para el purín de 7 días, esencial en el equilibrio N-P-K, mejorando la acusad deficiencia del purín en P

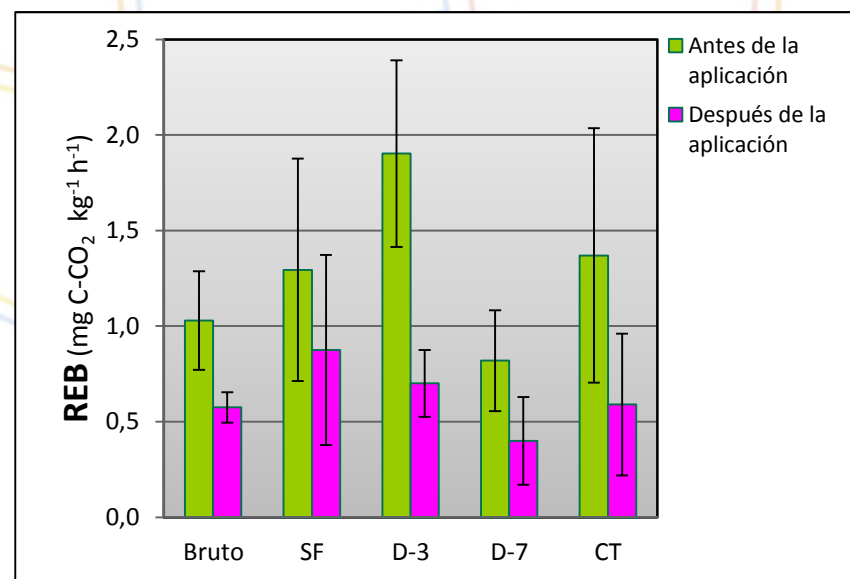
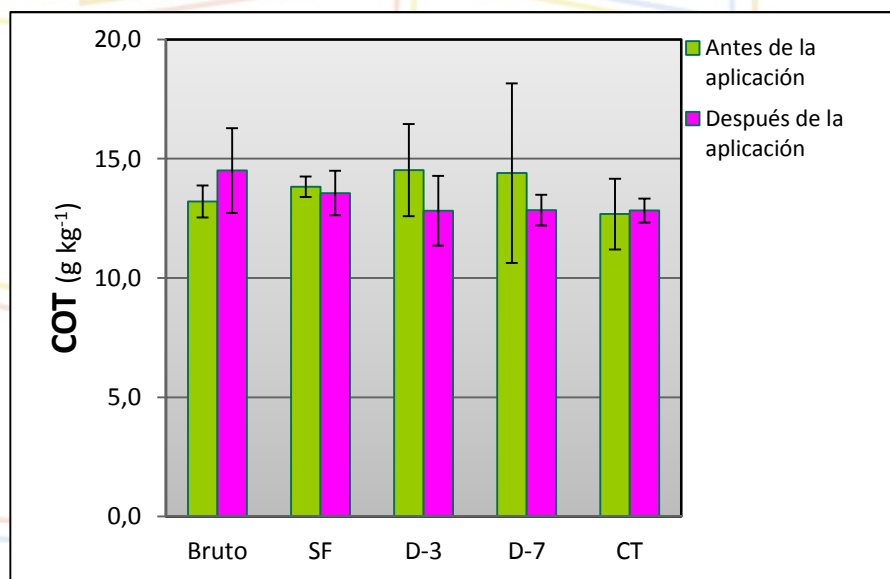
El aumento generalizado de los contenidos de fósforo tras la aplicación del purín en las parcelas de ensayo, podría estar ocasionado por una mayor movilización de este elemento debido, posiblemente, a la aplicación del purín junto con los sucesivos riegos

RESULTADOS



A diferencia de observado por otros autores, no podría evidenciarse un aumento de NK o NH₄⁺ relacionado con la aplicación de purín. La disminución de NH₄⁺ en la parcela del SF, podría estar relacionada con la liberación rápida de NH₃ (según datos CEAM). El incremento de NO₃⁻, proveniente de la nitrificación de N-NH₄⁺, podría guardar una relación con la aplicación de purín, sobre todo bruto, aunque el incremento fue mínimo.

RESULTADOS



Los pequeños descensos de COT tras la aplicación podrían ser explicados considerando las condiciones de la zona, donde el clima semiárido mediterráneo favorece una rápida mineralización de la materia orgánica, aún dentro de los 45 días que hubo entre el primer y segundo muestreo.

Los procesos de mineralización supondrían una pequeña pérdida de carbono a través de la liberación de CO₂ procedente de la respiración microbiana, con un pico en la REB (entre el día 0 y 45) que habría que determinar en posteriores estudios de corta periodicidad

Microbiología: bacterias aerobias mesófilas y actinomicetos no presentaron apenas variaciones mientras que descendieron los hongos (posiblemente por la baja temperatura ambiente) y aumentaron ligeramente los coliformes totales, como describen otros autores.

RESULTADOS

Evaluación del desarrollo del cultivo tras la aplicación del purín

Parámetros	BRUTO	SF	D 3 DIAS	D 7 DIAS	CONTROL
	Parcela A	Parcela B	Parcela C	Parcela D	Parcela E
	Hoja				
Humedad (%)	86.0 ± 0.4	87.2 ± 1.2	84.5 ± 1.9	83.8 ± 3.1	86.1 ± 0.1
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	1861 ± 266	1901 ± 200	1651 ± 266	1724 ± 300	2287 ± 371
NO ₃ (mg kg ⁻¹)	3523 ± 1021	8121 ± 3748	3039 ± 233	4647 ± 2542	7625 ± 1247
NK (g kg ⁻¹)	34.4 ± 0.9	36.4 ± 1.2	25.2 ± 0.6	26.9 ± 8.5	39.2 ± 2.9
Ca ²⁺ (mg kg ⁻¹)	29340 ± 5363	37168 ± 863	25673 ± 5786	22102 ± 3808	27867 ± 13934
Mg ²⁺ (mg kg ⁻¹)	5971 ± 1189	5732 ± 764	3832 ± 836	4222 ± 1099	6209 ± 2764
Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	9906 ± 1103	14842 ± 1807	5932 ± 1012	7444 ± 4627	11252 ± 7583
K ⁺ (mg kg ⁻¹)	23040 ± 4261	18756 ± 5819	21379 ± 4362	15890 ± 3903	14869 ± 870
Cu (mg kg ⁻¹)	17.0 ± 3.8	13.1 ± 4.6	9.8 ± 2.8	11.8 ± 2.9	11.1 ± 4.7
Zn (mg kg ⁻¹)	71.6 ± 8.3	116.8 ± 18.8	74.2 ± 25.4	71.8 ± 19.2	117.2 ± 45.2
Fe (mg kg ⁻¹)	65.0 ± 2.8	67.3 ± 13.1	52.7 ± 4.7	54.5 ± 6.0	93.8 ± 44.3
Mn (mg kg ⁻¹)	161.5 ± 40.9	256.5 ± 8.3	127.1 ± 41.9	102.9 ± 9.3	134.7 ± 61.1



Como práctica habitual en esta explotación y en otras de la Región, los restos de cosecha son triturados e incorporados al suelo. El elevado contenido de N, Ca y K en las hojas debería ser considerado en el plan de abonado de la explotación.

RESULTADOS

Evaluación del desarrollo del cultivo tras la aplicación del purín

	BRUTO	SF	D 3 DIAS	D 7 DIAS	CONTROL
Parámetros	Parcela A	Parcela B	Parcela C	Parcela D	Parcela E
Pella					
Humedad (%)	87.7 ± 0.7	88.3 ± 0.5	87.0 ± 0.7	87.0 ± 0.3	88.1 ± 0.6
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	3741 ± 322	3503 ± 177	3553 ± 554	3912 ± 144	4027 ± 303
NO ₃ (mg kg ⁻¹)	5632 ± 817	6778 ± 1052	4147 ± 723	4765 ± 1125	5118 ± 739
NK (g kg ⁻¹)	37.7 ± 0.6	45.4 ± 1.5	34.1 ± 0.8	39.1 ± 3.6	48.1 ± 1.2
Ca ²⁺ (mg kg ⁻¹)	1661 ± 190	1633 ± 113	1768 ± 96	2334 ± 279	1494 ± 245
Mg ²⁺ (mg kg ⁻¹)	2057 ± 338	2252 ± 263	2850 ± 114	2342 ± 323	2530 ± 170
Na ⁺ (mg kg ⁻¹)	1958 ± 753	4028 ± 848	2333 ± 782	3259 ± 910	2395 ± 488
K ⁺ (mg kg ⁻¹)	32142 ± 3855	27114 ± 5412	29322 ± 5265	29183 ± 2556	31495 ± 4435
Cu (mg kg ⁻¹)	5.9 ± 1.1	7.2 ± 0.8	7.3 ± 1.0	10.8 ± 2.6	8.7 ± 0.7
Zn (mg kg ⁻¹)	63.7 ± 3.9	75.6 ± 6.7	58.6 ± 10.4	66.8 ± 1.8	86.6 ± 9.5
Fe (mg kg ⁻¹)	57.9 ± 4.7	41.0 ± 1.6	45.5 ± 6.7	54.2 ± 3.0	61.0 ± 1.5
Mn (mg kg ⁻¹)	27.6 ± 3.5	34.8 ± 1.7	28.9 ± 5.6	34.2 ± 1.3	42.2 ± 10.0



Se han observado importantes descensos en los contenidos de N, Na y K, en hoja y pella, con purín depurado frente al purín bruto. Otros elementos como P, N y Cu presentaron contenidos similares a los descritos por autores al emplear agua residual urbana o bien otro tipo de fertilización química y microbiológica.

RESULTADOS

Evaluación del desarrollo del cultivo tras la aplicación del purín

Parametro	Parcela A	Parcela B	Parcela C	Parcela D	Parcela E
Peso (g)	452.2 ± 22.5	376.3 ± 84.6	269.3 ± 44.4	265.1 ± 97.1	385.4 ± 38.4
Diametro (cm)	16.5 ± 2.6	12.7 ± 1.5	15.3 ± 0.6	13.5 ± 2.8	12.2 ± 0.6

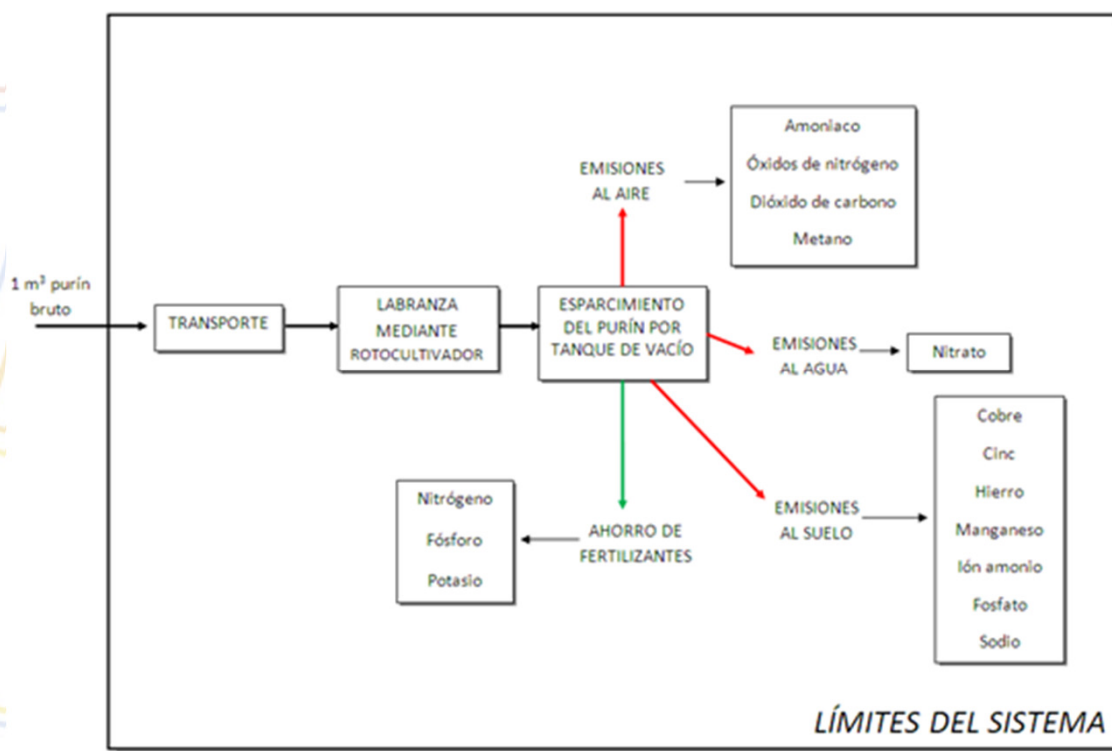
Los mejores resultados de peso y diámetro de pella se obtuvieron con el purín bruto. El peso medio de las pellas de esta parcela se aproxima al descrito en la literatura para variedades tardías aunque, de forma gneral, otros autores registraron pesos superiores. Posiblemente, el trasplante tardío del cultivo y las continuas heladas del mes de enero, sean los factores que hayan afectado más notablemente al descenso en el peso de las pellas, frente al tipo de fertilización empleada.



RESULTADOS

Determinación de los aspectos medioambientales y económicos, a través del análisis del ciclo de vida y el estudio de coste-beneficio del sistema de depuración y la valorización agronómica

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

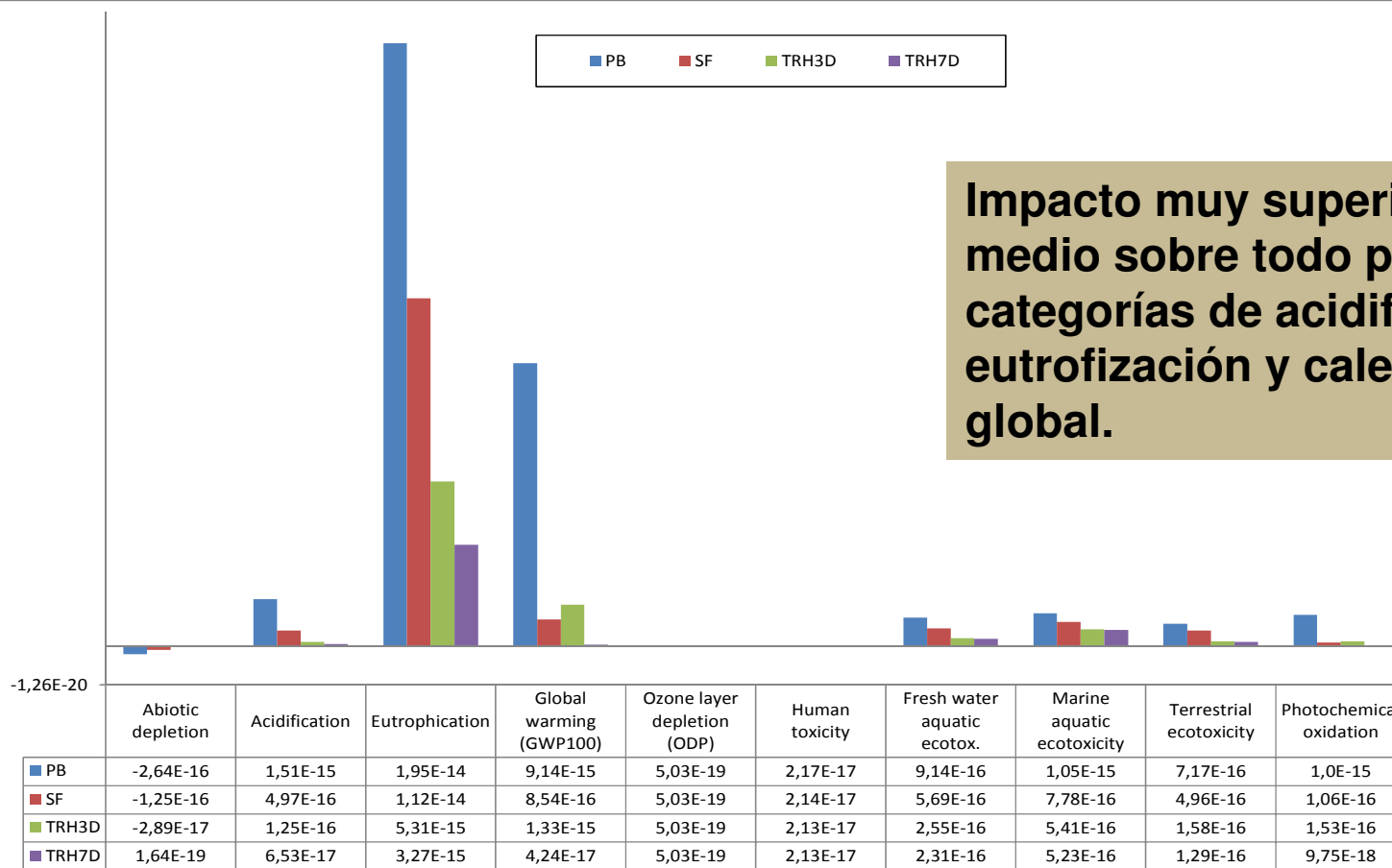


- Unidad funcional: 1 m³ de purín
- Transporte de 15 km
- Emisiones al suelo: análisis físico-químico
- Emisiones al aire y al agua: modelizadas según bibliografía

RESULTADOS

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

Normalización de impactos, con respecto a valores mundiales,

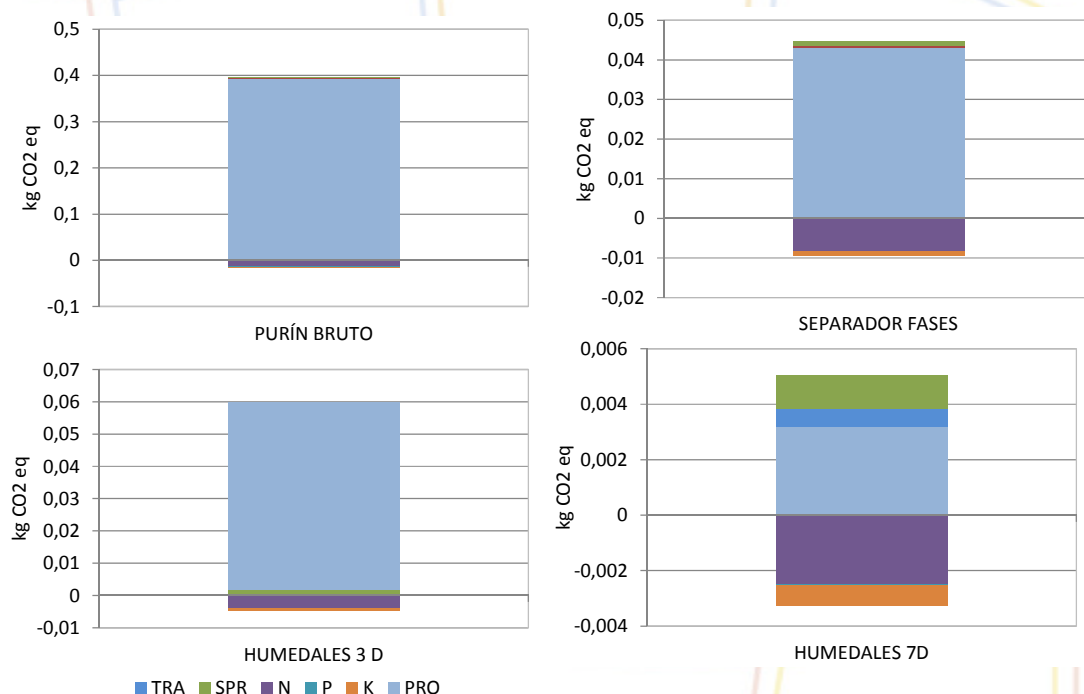


Impacto muy superior sobre el medio sobre todo para las categorías de acidificación, eutrofización y calentamiento global.

RESULTADOS

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

Calentamiento global: Potencial de Calentamiento Global para el horizonte temporal de 100 años (GWP100), en kg de dióxido de carbono / kg de emisiones.



El impacto sobre el cambio climático disminuye en diez veces cuando el purín se retiene en el humedal 7 días, tomando más importancia las emisiones del transporte y del laboreo frente a las propias del purín en ese caso.

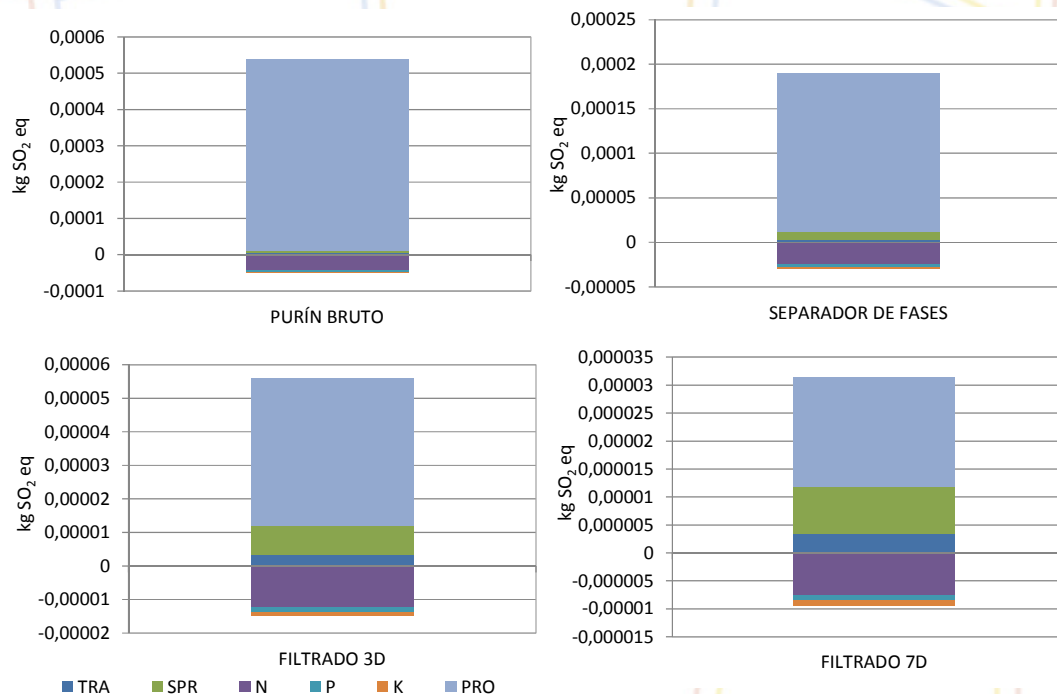
Fases del sistema agrupadas en:

- transporte, TRA
- vertido a campo, incluido laboreo, SPR
- nitrógeno evitado, N
- fósforo evitado, P
- potasio evitado, K
- impactos producidos por las emisiones del purín en sí mismo, PRO

RESULTADOS

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

Acidificación: la acidificación potencial de los ecosistemas se define como el número de H⁺ iones producidos por kg sustancia relativo a SO₂



Quando se filtra en los humedales el impacto sobre la acidificación, se ve muy disminuido en 5 veces en el caso del filtrado durante 3 días y en 7 veces en el caso del filtrado durante 7 días.

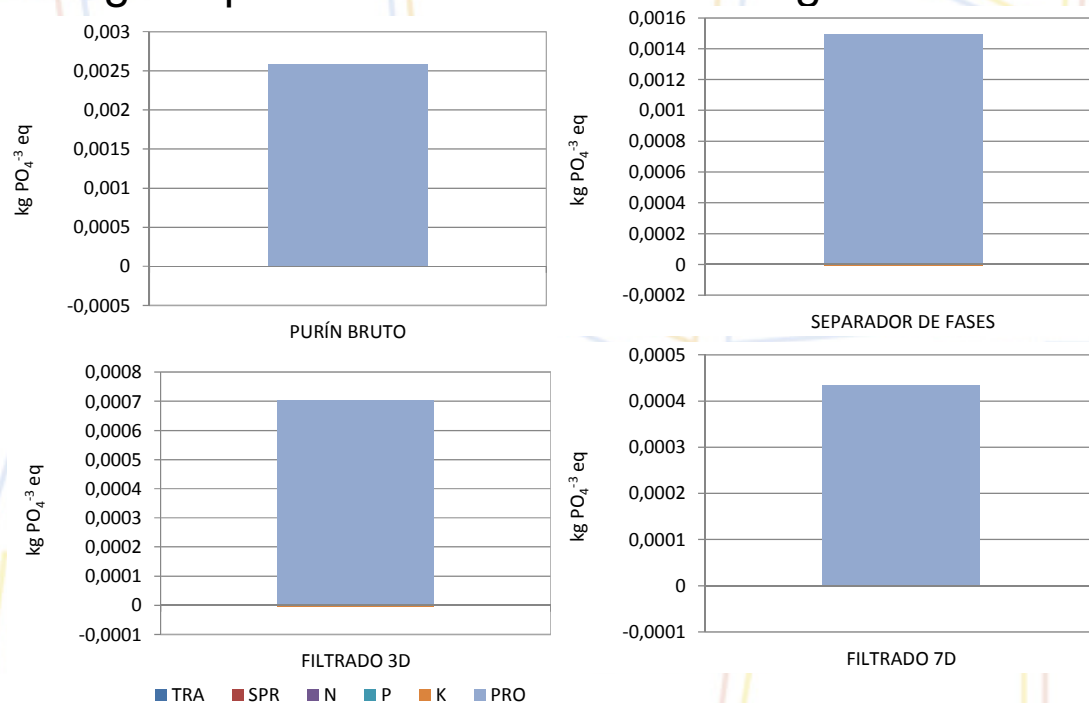
Fases del sistema agrupadas en:

- transporte, TRA
- vertido a campo, incluido laboreo, SPR
- nitrógeno evitado, N
- fósforo evitado, P
- potasio evitado, K
- impactos producidos por las emisiones del purín en sí mismo, PRO.

RESULTADOS

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

Eutrofización: afección positiva que tienen macronutrientes como N y P sobre la biomasa en sistemas acuáticos, redundando en una disminución de contenido de oxígeno por el crecimiento de las algas.



La eutrofización potencial se ve reducida en más de cinco veces en la filtración de 7 días, con respecto al uso del purín sin tratar, debido a la reducción de fósforo experimentada en la filtración en los humedales

Fases del sistema agrupadas en:

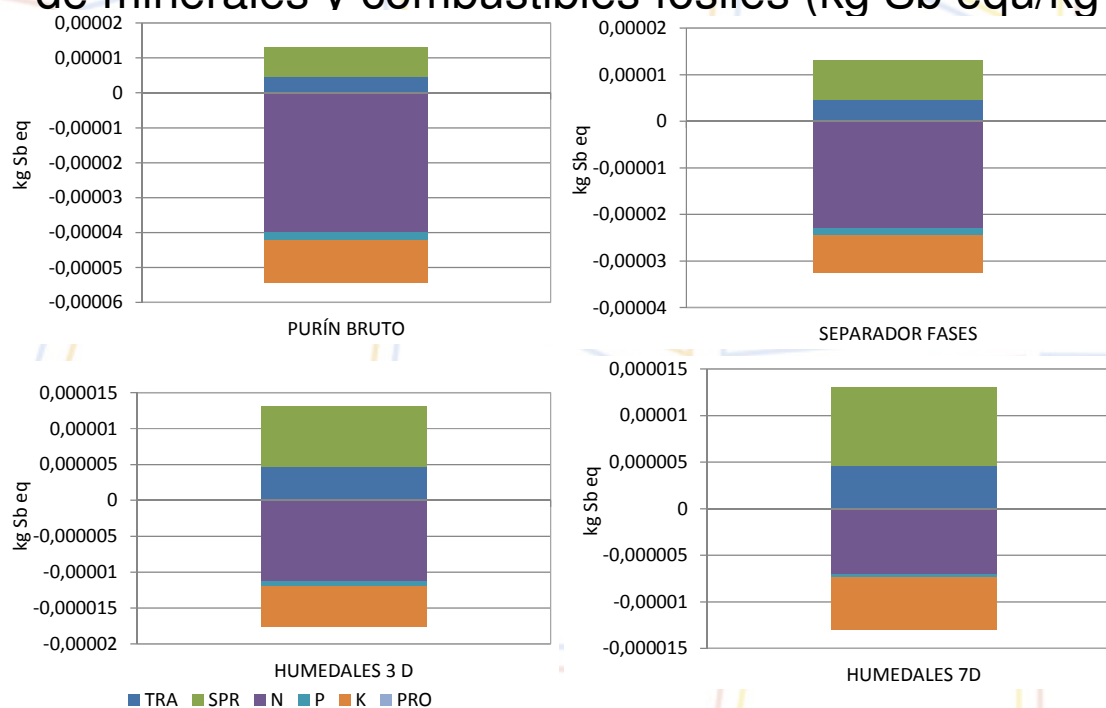
- transporte, TRA
- vertido a campo, incluido laboreo, SPR
- nitrógeno evitado, N

- fósforo evitado, P
- potasio evitado, K
- impactos producidos por las emisiones del purín en sí mismo, PRO.

RESULTADOS

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

Depleción abiótica: relacionado con la extracción de minerales y combustibles fósiles, debido a los consumos en el sistema. Está determinado por la extracción de minerales y combustibles fósiles (kg Sb equ/kg de extracción).



Resaltar los valores de impacto negativo, o evitado, producido por la disponibilidad que se genera para la planta de macronutrientes como N, P y K, que de esta manera no son sintetizados artificialmente. Cuando se filtra el purín 7 días, disminuye, también en 5 veces con respecto al uso del purín sin pretratar.

Fases del sistema agrupadas en:

- transporte, TRA
- vertido a campo, incluido laboreo, SPR
- nitrógeno evitado, N

- fósforo evitado, P
- potasio evitado, K
- impactos producidos por las emisiones del purín en sí mismo, PRO.

RESULTADOS

Estudio medioambiental mediante análisis de ciclo de vida, ACV, utilizando la metodología CML 2000.

CONCLUSIONES DEL ACV

El sistema de gestión de filtrado en los humedales hace que disminuyan bastante las emisiones y por tanto los impactos ambientales sobre todo en las categorías de calentamiento global y acidificación que eran bastante elevadas con el purín sin tratar. En el caso del cambio climático la reducción es muy significativa

En el caso de la eurofización se experimenta también una elevada reducción, sobre todo por la captación de los fosfatos en la filtración y realmente el impacto final puede verse muy reducido por el aprovechamiento agronómico posterior.

El consumo de recursos y las emisiones de los transportes y maquinarias toman una mayor importancia en los purines filtrados, ya que disminuye bastante las emisiones del purín. Este hecho se hace más patente en las categorías de calentamiento global y acidificación. Es por ello que la accesibilidad y las distancias a cultivos y explotaciones ganaderas tienen que ser estudiados con especial cuidado, no recomendándose distancias superiores a 25 km.

RESULTADOS

Estudio de coste-beneficio del sistema de depuración y la valorización agronómica

PARA EL CASO CONCRETO DE “EL HINOJAR”

PURÍN BRUTO SIN TRATAMIENTO

El Hinojar (300 cerdas reproductoras) = 5325 m³ de purín al año (RD 234/200), con un valor fertilizante de 24.282 €/año (4,56 €/m³) y unos costes de aplicación de 17.500 €.

Producción de N: 14.910 kg/año (con 2,8 g NT L⁻¹), serían necesarias 87 ha (Límite 170 kg N/ha y año, RD 261/1996)

RESULTADOS

PARA EL CASO CONCRETO DE “EL HINOJAR”

PURÍN DEL SEPARADOR DE FASES

El Hinojar (300 cerdas reproductoras) = 5325 m³ de purín al año (RD 234/200), con un valor fertilizante de 13.845 €/año (2,6 €/m³) y unos costes de aplicación de 17.500 €.

Producción de N: 8.520 kg/año (con 1,6 g NT L⁻¹), serían necesarias 50,1 ha (Límite 170 kg N/ha y año, RD 261/1996)

RESULTADOS

PARA EL CASO CONCRETO DE “EL HINOJAR”

PURÍN DEPURADO DE 7 DÍAS

El Hinojar (300 cerdas reproductoras) = 5325 m³ de purín al año (RD 234/200), con un valor como fertilizante de 4.260 €/año (0,8 €/m³) y unos costes de aplicación de 17.500 €.

Producción de N: 2.663 kg/año (con 0,5 g NT L⁻¹), serían necesarias 15,7 ha (Límite 170 kg N/ha y año, RD 261/1996)

PURÍN DEPURADO DE 3 DÍAS

El Hinojar (300 cerdas reproductoras) = 5325 m³ de purín al año (RD 234/200), con un valor como fertilizante de 6.923 €/año (1,3 €/m³) y unos costes de aplicación de 17.500 €.

Producción de N: 4.260 kg/año (con 0,8 g NT L⁻¹), serían necesarias 25,1 ha (Límite 170 kg N/ha y año, RD 261/1996)

RESULTADOS

PARA EL CASO CONCRETO DE “EL HINOJAR”

TRH = 7 días

Capacidad depuradora de las 3 celdas: 54 m³ cada 7 días

Capacidad depuradora teórica anual (365 días): 2816 m³

Capacidad real anual (averías e imprevistos-345 días): 2661 m³

Coste de producción del purín depurado (m³) (TRH = 7 días): 1,24 €

TRH= 3 días

Capacidad depuradora de las 3 celdas: 54 m³ cada 3 días

Capacidad depuradora teórica anual (365 días): 6570 m³

Capacidad real anual (averías e imprevistos-345 días): 6210 m³

Coste de producción del purín depurado (m³) (TRH = 3 días): 0,53 €

Habría que sumar el coste de producción con el separador de fases: 0,5 €/m³, considerando un separador de 45.000 para 600 madres (MAGRAMA, 2014)

DISEÑO DE LOS ENSAYOS

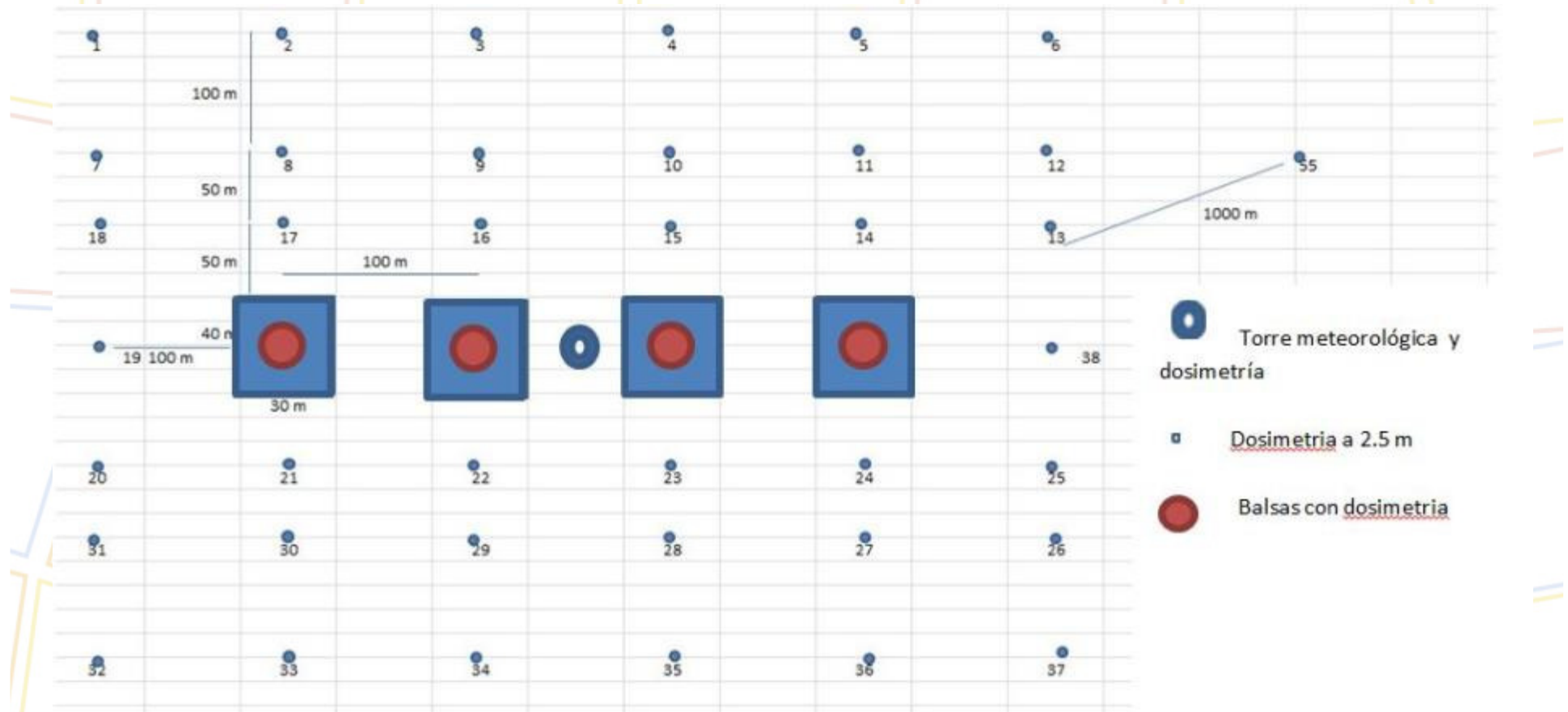


Figura 1. Croquis de ensayo de almacenamiento de purinas

DISEÑO DE LOS ENSAYOS



RESULTADOS EN BALSAS

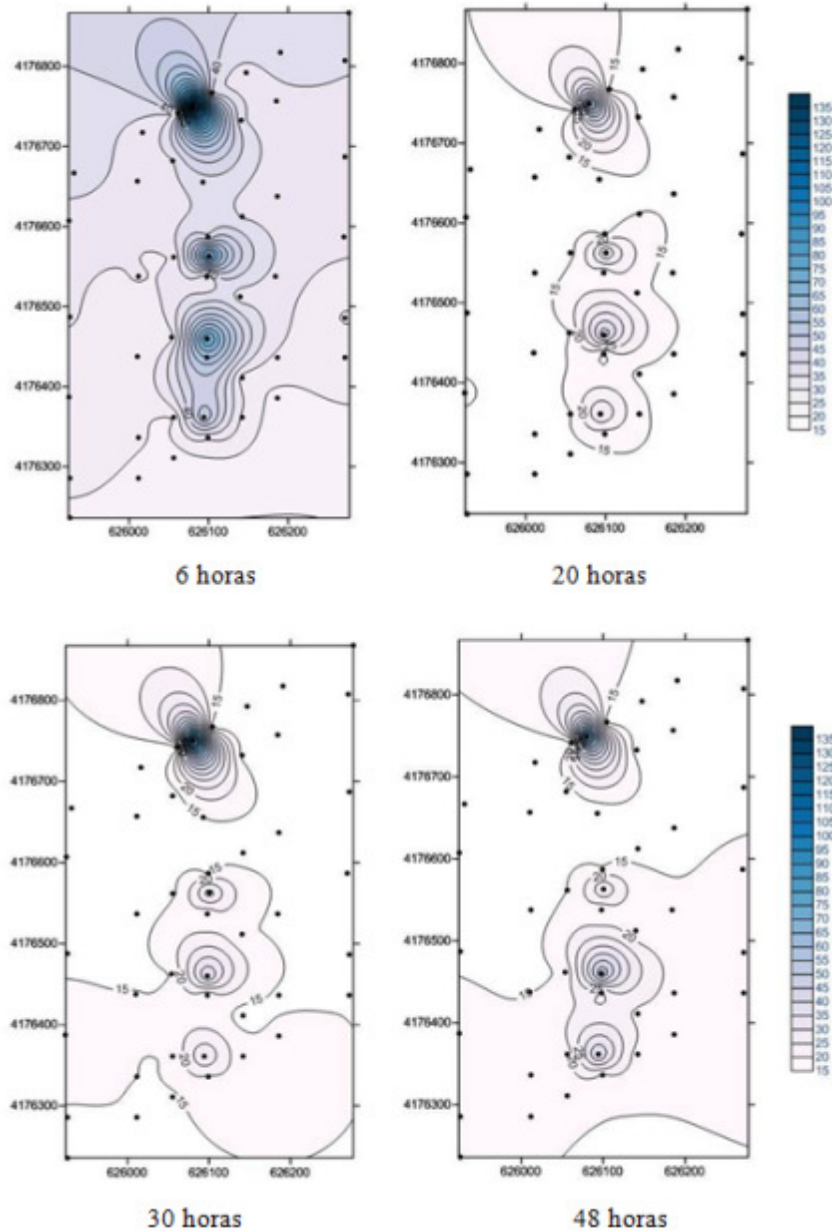


Imagen 1. Campo de concentraciones de amoniaco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) generado por la emisión de las piscinas a las 6, 20, 30 y 48 horas.

RESULTADOS EN BALSAS

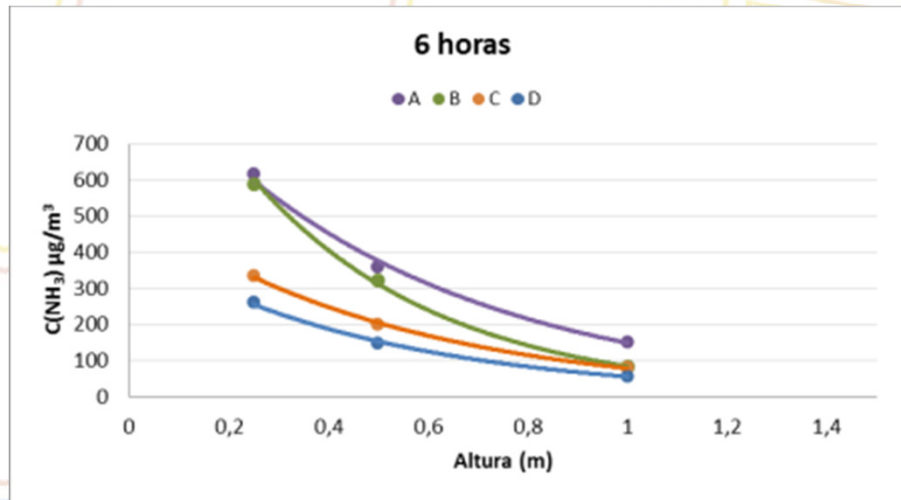


Imagen 2. Gradiente de amoníaco (µg/m³) sobre piscinas A, B, C y D a las 6 horas

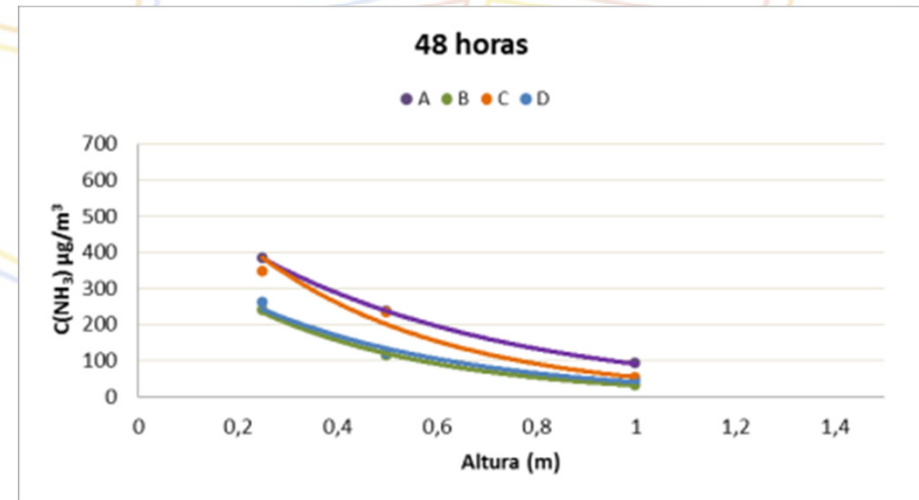
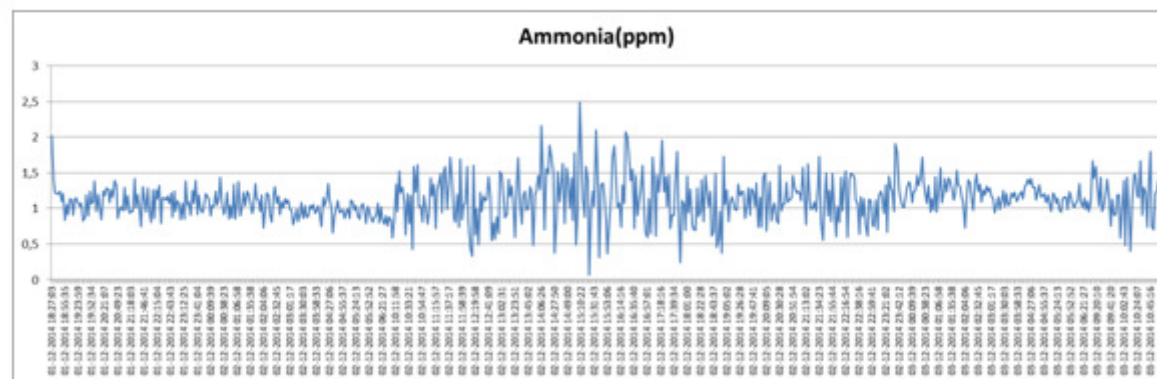


Imagen 3. Gradiente de amoníaco (µg/m³) sobre piscinas A, B, C y D a las 48 horas



RESULTADOS EN PARCELAS

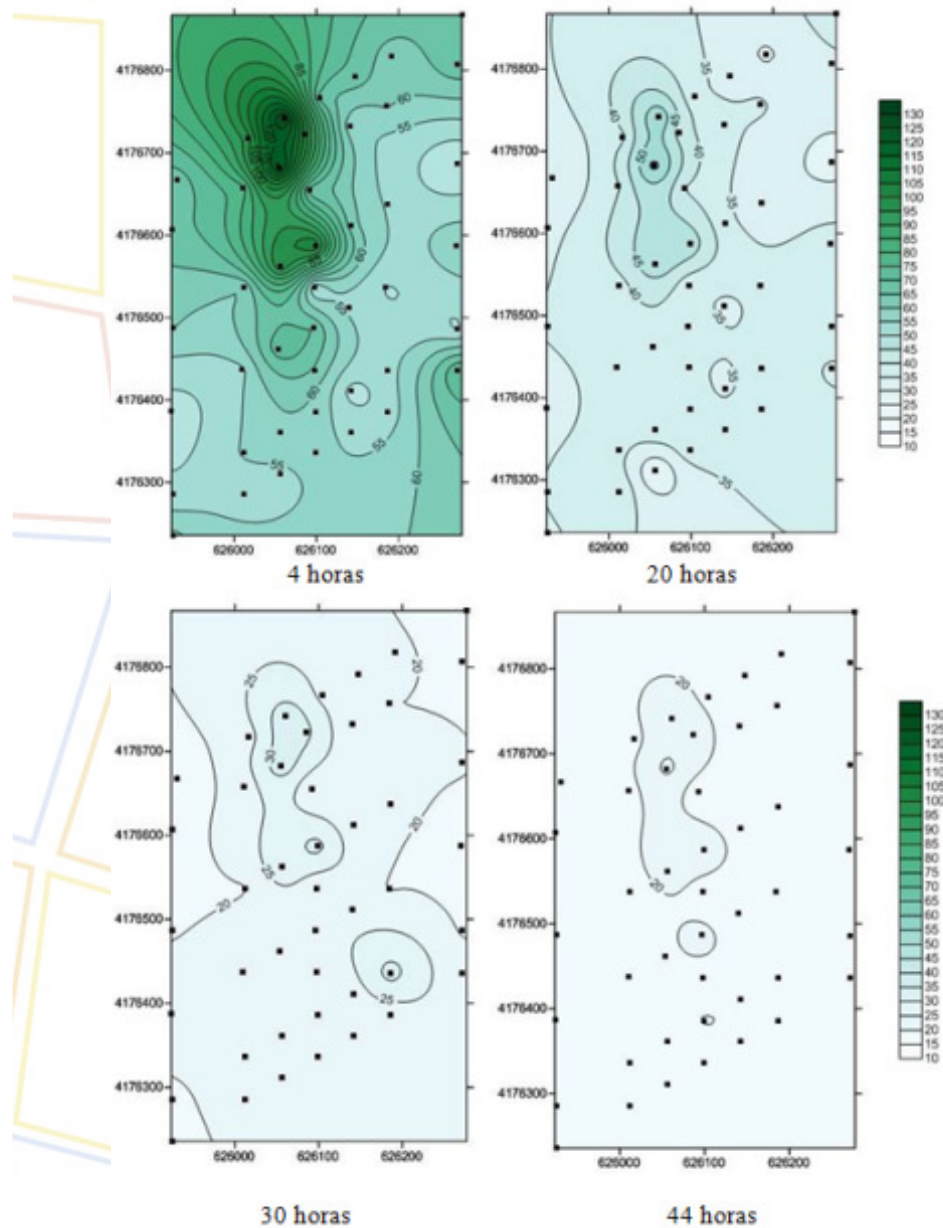


Imagen 4. Campo de concentraciones de amoniaco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) generado por la emisión de las piscinas a las 4, 20, 27 y 44 horas.

RESULTADOS EN PARCELAS

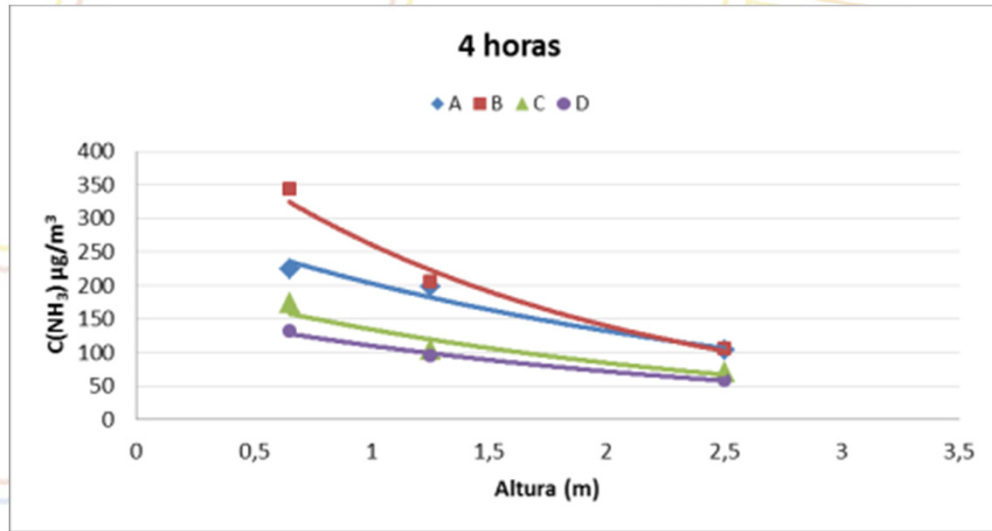
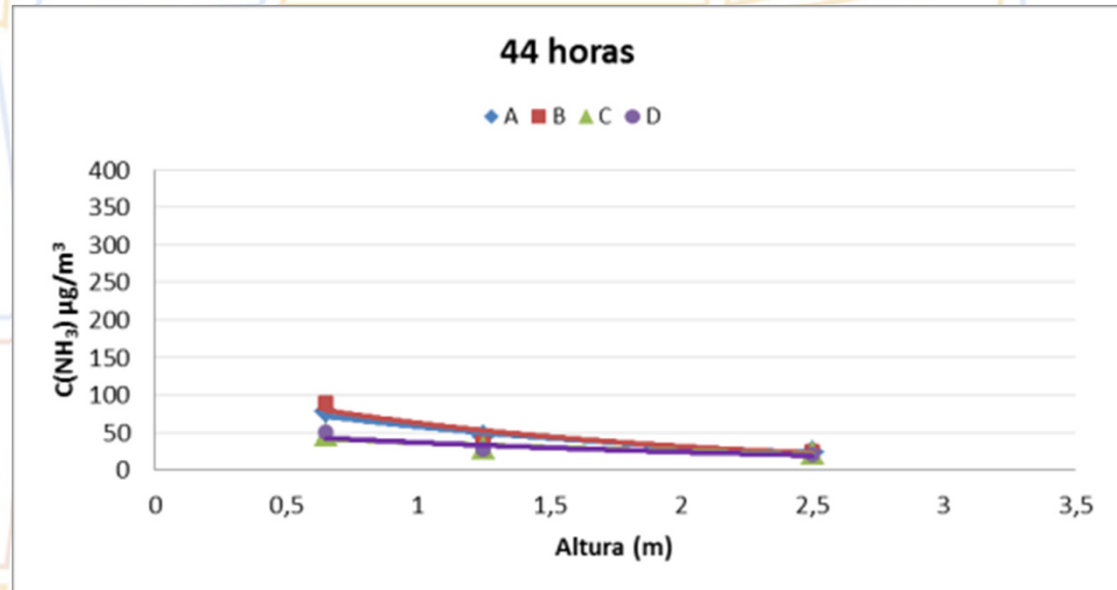


Imagen 5. Gradiente de amoniaco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sobre las subparcelas A, B, C y D a las 4 horas

Imagen 6. Gradiente de amoniaco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sobre piscinas A, B, C y D a las 44 horas





Huella hídrica del purín depurado con humedales artificiales

La producción cárnica requiere una gran cantidad de agua, estimándose que la huella hídrica de la carne de porcino es algo más de 2 L/kcal.

Una buena parte de la huella hídrica de la ganadería española es soportada en el extranjero, gracias a la importación de soja, trigo o maíz. De esta forma, España, está externalizando parte de los impactos sobre los países productores.

Sin embargo, la mayor parte de los análisis de huella hídrica realizados hasta el momento no incorporan el agua proporcionada por los desechos ganaderos. Así, autores como García (2015) recomiendan tener en cuenta el nexo agricultura-ganadería en las estrategias de planificación hidrológica a largo plazo.

Uno de los principales beneficios de la valorización agronómica del purín depurado en clima semiárido es sin duda la reducción del consumo de agua. Atendiendo a las cifras sobre producción de purín recogidas en el RD 324/2000 de 3 de marzo sobre ordenación de explotaciones porcinas, la cantidad de purín generada por una cerda en ciclo cerrado es de $17,75 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$. Para una granja de tipo medio con 600 reproductoras, se producirían $10.650 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$. Esta cantidad de purín contendría 34.560 kg N (a razón de 57,6 kg N/plaza y año).

Huella hídrica del purín depurado con humedales artificiales

Según los estudios realizados por GARSA, con el sistema de depuración de separador de fases+humedales+balsa de almacenamiento, se podría reducir el contenido en N hasta un 70%, por lo que una granja de tipo medio contendría 10.368 kg N en el purín depurado. Considerando tres dosis de aplicación agronómica según el límite establecido para zonas vulnerables, la superficie agraria útil para aplicar el purín depurado sería:

Dosis 1 (170 kg N /ha año) = 61,0 ha

Dosis 2 (340 kg N/ha año) = 30,5 ha

Dosis 3 (510 kg N/ha año) = 20,3 ha

El precio medio del m³ de agua de riego se sitúa en 0,21 €. Por tanto, la aplicación del purín depurado de una granja de tipo medio supondría una reducción de los costes derivados del consumo de agua de riego de 2.237 € anuales. Por otra parte, el tratamiento del purín con humedales artificiales no supondría consumo alguno de agua, a diferencia de otras tecnologías, por lo que esta cifra equivaldría al beneficio neto. Asimismo, además del ahorro económico, la aplicación de purín depurado en suelo dedicado a la hortofruticultura, especialmente en clima mediterráneo, tendría un efecto medioambiental positivo derivado de la disminución en el consumo de este recurso procedente de trasvases entre cuencas y aguas subterráneas, disminuyendo así la sobreexplotación de acuíferos.

Influencia de los humedales en el ciclo del carbono

Los mecanismos que regulan el intercambio gaseoso en los humedales son la deposición atmosférica, acumulación en sustrato y sedimento y la fijación en las raíces, rizomas y rizosfera de la especie empleada para la fitoextracción. Sin embargo, se producen pérdidas permanentes de N derivadas de la desnitrificación que, en una pequeña parte, se libera como N₂O.

Los humedales artificiales con *P. australis* actúan como sumideros de carbono (C) cuando el CO₂ es secuestrado por la biomasa, contribuyendo a mitigar el cambio climático ([Bridgham et al., 2006](#); [Vymazal, 2011](#); Klein y Van der Werf, 2014). Estos estudios se centraron en la cuantificación tanto de los GEI emitidos en humedales artificiales a escala piloto como de las cantidades de C secuestradas. Los factores de conversión utilizados fueron 3,7 de C a CO₂ y 21 y 298 de CH₄ y N₂O, respectivamente, a CO₂ (IPCC, 2007). Según este balance gaseoso, los humedales actúan como sumideros de C, con un secuestro neto que oscila entre 0,27 y 2,4 kg CO₂ m⁻² año⁻¹.

Influencia de los humedales en el ciclo del carbono

Además, la minimización de la emisión de GEI en humedales artificiales se lograría mejorando el diseño, la construcción y los factores de operación de los humedales, incrementando al mismo tiempo, la retención de C. Sin embargo, sería necesario realizar nuevas investigaciones para profundizar en la liberación de gases y el secuestro de carbono en humedales artificiales, particularmente en aquellos destinados a la depuración de aguas residuales de origen ganadero.

Como ya se ha explicado, según GARSA en relación al ACV del purín depurado en humedales artificiales, el sistema de gestión de depuración en los humedales hace que disminuyan de forma notable las emisiones en comparación con el purín bruto y, por tanto, los impactos ambientales en relación a la emisión de GEI. Asimismo, el consumo de recursos y las emisiones de los transportes y maquinarias empleados toman una mayor importancia en la valorización agronómica del purín depurado en humedales artificiales. Por tanto, la accesibilidad y las distancias a cultivos y explotaciones ganaderas tienen que ser estudiadas con especial cuidado.

Influencia de los humedales en el ciclo del carbono

Holm-Nielsen et al. (2009) sugieren que no deben sobrepasarse distancias superiores a 25 km. En cambio los estudios realizados por el Gobierno de Aragón (2007) ponen de manifiesto que la distancia entre la explotación emisora y receptora de purín no debe superar los 7 km, para obtener beneficios notables derivados de la aplicación del purín depurado como fertilizante orgánico, comparando el precio de éste con los fertilizantes inorgánicos convencionales.

La descomposición de la materia orgánica en los humedales y, por tanto, la humificación y mineralización de C contenido en la misma, está dirigida por procesos aeróbicos y anaeróbicos, resultando incompleta cuando las condiciones son anaeróbicas. De esta forma, la presencia o ausencia de oxígeno resultan fundamentales en la regulación del contenido de C del influente. Los humedales contienen cinco reservorios principales de carbono: biomasa de la planta, C orgánico particulado, C orgánico disuelto, biomasa microbiana y gases y productos finales (Scholz, 2011).

En la mayoría de humedales se observa una acumulación de materia orgánica (proveniente del influente) y detritus de la propia vegetación del humedal (Mitsch y Gosselink, 2007), que depende del ratio entre “inputs” (materia orgánica producida *in situ* y *ex situ*) y “outputs” relacionados con las condiciones meteorológicas e hidrológicas, principalmente. Los procesos clave que regulan la descomposición de la materia orgánica son: respiración en la zona aerobia, fermentación, metanogénesis y reducción de sulfatos, hierro y nitratos en la zona anaerobia (Scholz, 2011). Generalmente, los humedales acumulan materia orgánica disuelta que fomenta la actividad microbiana (Bano et al. 1997; Zweifel 1999). La oxidación de la materia orgánica disuelta conlleva la mineralización y, consiguientemente, la transformación de las sustancias orgánicas en inorgánicas (Hensel et al. 1999).

Influencia de los humedales en el ciclo del carbono

GARSA, a lo largo de diferentes estudios en los que se ha depurado purín de cerdo en humedales artificiales, ha observado que tanto la DBO_5 del purín como los sólidos en suspensión descendían más de un 70% a su paso por los humedales, si bien resultaron ser parámetros fuertemente influenciados por el tiempo de retención hidráulica. Estos descensos ponen de manifiesto la eficiencia de los humedales artificiales en la remoción de la carga orgánica, lo que repercute en una menor afectación del medio biótico en comparación con el purín bruto.

Los resultados del ACV ponen de manifiesto los valores de impacto negativo, o evitado, del purín depurado con humedales artificiales, derivados de la disponibilidad de macronutrientes que se genera para la planta, que de esta manera no son sintetizados artificialmente. Este efecto se ve reflejado en las categorías de depleción abiótica, acidificación y cambio climático. En la depleción abiótica se expresa el hecho de que se favorece que no disminuya la disponibilidad de recursos naturales, mientras que la reducción de GEI derivados de la síntesis de fertilizantes, disminuye el impacto sobre el cambio climático. Por otro lado, cabe señalar que los humedales artificiales no consumen energía proveniente de combustibles fósiles. A este respecto y en comparación con otras tecnología mucho más costosas, si el sistema de tratamiento separador de fases+humedales+balsa de almacenamiento se diseña y construye aprovechando la pendiente del terreno, de forma que no se requieran bombas de impulsión, sólo se consumiría el combustible necesario para el funcionamiento del separador de fases. Asimismo, se reduce el riesgo de eutrofización cuando el purín se trata en los humedales, tanto en zonas costeras como en aguas subterráneas, asociado a la contaminación por nitratos.

La reducción de nitratos y fosfatos ocurridos en la depuración del humedal son esenciales, reduciéndose el impacto final por el aprovechamiento agronómico posterior. En contraposición, la eficiencia de depuración de los humedales artificiales en el tratamiento del purín de cerdo incide en la remoción de nutrientes esenciales para el cultivo. De esta forma, los estudios desarrollados por GARSA ponen de manifiesto que se produciría una disminución considerable de P al depurar el purín en humedales artificiales, frente a los contenidos finales de N y K. Sin embargo, este aspecto debe ser estudiado con detenimiento una vez conocidos los requerimientos nutricionales del cultivo en cuestión.

En lo relativo a la aportación de materia orgánica al suelo con la aplicación de purín depurado, no se han evidenciado incrementos de carbono orgánico total al aplicar purín procedente de humedales artificiales, si bien sólo se efectuó una aplicación en suelo agrícola con cultivo hortícola en condiciones de clima semiárido. Posiblemente, con aplicaciones de purín depurado reiteradas, siempre y cuando no se supere el límite establecido en el caso de zonas vulnerables y se controle el contenido salino del mismo, se consigan incrementos sustanciales en el contenido de C. Generalmente, los suelos dedicados a la hortofruticultura en clima semiárido suelen presentar bajos contenidos de materia orgánica, lo que supone un limitante de su fertilidad. Las elevadas temperaturas así como la ausencia de precipitaciones fomentan la rápida mineralización de la materia orgánica, directamente relacionada con la actividad microbiana del suelo y la respiración edáfica basal (Ross, 1987; Plaza *et al.*, 2004). Por tanto, las aplicaciones reiteradas de purín depurado podrían aumentar los contenidos de materia orgánica en este tipo de suelos, siendo necesarias nuevas investigaciones para su constatación. En todo caso, se realizará la aplicación del purín depurado empleado el sistema de inyección, con el fin de evitar la liberación de GEI propia del sistema convencional con abanico.



GARA
Gestión, Aprovechamiento
Recuperación de Suelos y Aguas



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

“GRACIAS POR SU ATENCIÓN”



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE