Flotats, X., J. Porta, M. Antúnez, J. Boixadera (1995). Metodología para el manejo integral de purines de cerdo. En Actas del *IV Congreso de Ingeniería Ambiental*, Bilbao, 22-24 de marzo 1995. Volumen *Aguas*, pp 72-81.

METODOLOGIA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE PURINES DE CERDO

X. Flotats[1], J. Porta[1], M. Antúnez[1], J. Boixadera[1,2]

[1] Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida.
[2] Servei d'Agricultura - DARP - Generalitat de Catalunya
Rovira Roure 177, 25198 Lleida

En el presente trabajo se presenta una metodología elaborada con el fin de plantear una gestión de purines basada en un manejo integral. La metodología se ha desarrollado a partir del estudio de una explotación agropecuaria de la comarca de la Garrotxa, en Gerona, con una granja porcina de ciclo cerrado de 400 cerdas reproductoras y una finca con 15.9 ha de superficie agrícola, dedicada a la producción de pastos que alimentan una cabaña bovina de 60 vacas y 110 terneros.

Las características climáticas permiten definir el régimen de humedad del suelo, así como los meses disponibles para la aplicación de purines. Los suelos se estudian elaborando un mapa de suelos a escala muy detallada (1:5.000), lo que permite establecer una zonación de la finca en base a su aptitud para recibir purines y al riesgo de lavado de nitratos hacia las aguas subterráneas; ello se hace en base a propiedades físicas e hidrológicas, la profundidad enraizable, el material subyacente, la velocidad de infiltración, etc, así como a otras propiedades químicas y biológicas.

La integración de toda esta información (clima, suelos, cultivos, etc.) permite realizar una zonación de la finca donde las dosis y momento de aplicación quedan definidas, maximizando el reciclado de nutrientes y minimizando los riesgos ambientales. La metodología es general y aplicable a otras fincas de cualquier ámbito geográfico.

Palabras clave: purines, nutrientes, dosis, aplicación, aptitud del suelo.

Flotats, X., J. Porta, M. Antúnez, J. Boixadera (1995). Metodología para el manejo integral de purines de cerdo. En Actas del *IV Congreso de Ingeniería Ambiental*, Bilbao, 22-24 de marzo 1995. Volumen *Aguas*, pp 72-81.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de purines al suelo presenta considerables ventajas desde diferentes puntos de vista. En primer lugar permite poner a disposición de las plantas una cantidad importante de nutrientes; la absorción de nutrientes representa un reciclado de éstos evitando la contaminación del medio. Desde un punto de vista global representa un ahorro en abonos minerales y el impacto sobre el medio ambiente puede ser evitado si el reciclaje de los nutrientes queda asegurado en equilibrar aportes y salidas.

La aplicación al suelo de residuos animales y humanos, para su utilización por los cultivos, es una práctica agrícola ancestral. Son las peculiaridades del producto, la aplicación inadecuada, la intensidad y la escala del proceso, así como el progresivo deterioro del medio receptor los que justifican la preocupación sobre un uso excesivo. Esta aplicación al suelo no puede realizarse de forma indiscriminada, sino que es preciso que se adapte (forma, cantidad, momento) a las posibilidades que ofrecen el suelo y el cultivo.

Dentro del sistema suelo-planta, el primero tiene un papel claro como interfase con la hidrosfera y, en ciertos casos, con la atmósfera, así como en la transformación a formas asimilables por las plantas de los nutrientes que contiene el purín. Será previo, por tanto, un buen conocimiento del suelo desde estos puntos de vista y de uno adicional como almacén, más o menos permanente, de elementos constitutivos del purín, a fin de racionalizar el uso de estos residuos ganaderos.

El estudio (1) se centra en la finca "Mas El Cros", que se encuentra en el término municipal de Santa Pau, en la comarca de la Garrotxa. La altitud media de la zona es de 600 m. Litológicamente los materiales superficiales consisten en areniscas y en materiales detritos transportados procedentes de areniscas y de rocas volcánicas. La finca está constituida por 77,6 ha de superficie forestal y 15,9 ha de superficie agrícola, sembrada de bromo (*Bromus catharticus*), y sobre la que actualmente se aplican los purines.

La producción de bromo que se genera en la finca es consumida íntegramente por el rebaño bovino de la misma explotación. El rebaño está constituido por 60 madres reproductoras, 2 o 3 sementales y el resto, hasta 110 animales (plantilla media que se considera), son terneros de cría-recría.

Los animales visitan los pastos de forma rotatoria y totalmente controlada con cierres electrificados; en algunas ocasiones, el manejo de la explotación y las condiciones climáticas pueden hacer necesaria una siega parcial del cultivo, que es almacenado para un uso posterior.

La finca cuenta con una granja de 400 cerdas reproductoras, en ciclo cerrado. La producción de purines es de 15 m^3/día y en parte son tratados en una planta de digestión anaerobia mesofílica de 144 m^3 , formada por tres reactores enterrados de flujo pistón. El tiempo de retención hidráulica es de 15 días i el consumo medio anual para mantenimiento térmico es de 75.6 MW·h. El gas producido es aprovechado como combustible para el sistema de calefacción de las naves. Des de su puesta en marcha, en 1984, hasta la actualidad, el gas consumido ha sido de 335.615 Nm^3 y el ahorro de energía primaria, como sustituto del gasoil, ha sido de 105 TEP (2,3).

La planta fue proyectada en paralelo a la propia granja y construida por las mismas empresas locales encargadas de la construcción y mantenimiento de la explotación, con lo cual se consiguió una integración total de sus componentes en la granja, un conocimiento de la tecnología por parte de los operarios locales y una rápida actuación de éstos para afrontar las incidencias de la explotación y el mantenimiento. El principio de máximo aprovechamiento de los recursos locales fue un criterio básico de diseño de la granja y de la planta de biogas, y un principio inspirador de las actuaciones posteriores.

Los purines son considerados como un recurso propio, que siendo un residuo de un proceso pueden considerarse como materia prima para el propio proceso o procesos paralelos. Son considerados un recurso energético para la producción de ganado porcino y una fuente de nutrientes para la producción de pastos y alimentación de la cabaña bovina. La gestión y correcta utilización de este recurso dentro del esquema productivo de la explotación debe traducirse en un beneficio económico global, y en el mantenimiento, o mejora, del valor del suelo como valor patrimonial de la explotación.

El objetivo del estudio es establecer un Plan de aplicación de purines sobre la superficie agrícola, considerando la aptitud que tienen los diferentes suelos para aceptar la aplicación de los purines de cerdo. El Plan debe contemplar las dosis, momento y forma de aplicación, y a la vez ha de servir de base para el desarrollo de una metodología de trabajo en estudios de este tipo.

2. BASES PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL PLAN

2.1. Clima

Se ha realizado una caracterización climática a partir de los datos del observatorio de Olot. La evapotranspiración de referencia (ETo) se calcula según Blaney y Criddle (4).

Se han realizado balances hídricos para determinar los períodos de déficit y de exceso de agua en el suelo para diferentes capacidades de retención de ésta. Estos se han realizado, en primer lugar, considerando la evapotranspiración potencial según Thornthwaite y las precipitaciones de un año medio, y considerando, en segundo lugar, la evapotranspiración de referencia y tres años de diferente pluviometría (baja, media y alta respectivamente).

2.2. Suelos

Se ha elaborado un mapa de suelos escala 1:5000. La prospección de campo ha consistido en 21 calicatas, las cuales se han muestreado para ser analizadas según la metodología del MAPA (5). Junto con la realización de 78 sondeos, ha permitido la elaboración y delimitación definitiva de las unidades cartográficas. La metodología y nomenclatura usada en la clasificación y descripción de suelos se basa en la propuesta por *Soil Taxonomy* (6). Se han tomado muestras de suelos para analizar el contenido en nitratos. También se ha realizado pruebas de campo, tales como velocidad de infiltración y conductividades hidráulicas para caracterizar el movimiento del agua en el suelo.

Los criterios considerados para establecer las unidades del mapa de suelos han sido la profundidad efectiva o enraizable, el contenido en carbonatos y elementos gruesos, la pendiente, etc., propiedades que afectan de una manera directa al comportamiento de un suelo cuanto a su aptitud en recibir purines.

Los tipos de suelos descritos, en las 15 unidades del mapa de suelos, son *Udifluvents* y *Udorthens Típicos*, siendo sus principales características:

- Predominio de texturas franco-arcillo-arenosas.
- Densidades aparentes, en general, elevadas (superiores a 1400 kg/m^3).
- Capacidad de retención de agua disponible variable (de 50 a 200 mm), en función de la profundidad enraizable y de la presencia de elementos gruesos.
- Velocidad de infiltración muy variable, de moderadamente lenta a moderadamente rápida.
- Conductividad hidráulica de lenta a moderadamente lenta (de 0.1 a 2 cm/h).
- Contenido muy bajo o nulo de carbonatos.
- No existe ningún problema de salinidad.
- Contenido medio (de 2 al 5%) en materia orgánica en el horizonte superficial.
- Pendientes generales que pueden llegar a ser superiores al 25%, pero que han sido disminuidas por el abancalamiento en la parte alta de la finca. Los campos no abancalados, en la parte baja, presentan un pendiente máxima del 8%.

2.3. Balance de nutrientes.

Se ha realizado una evaluación de los efectos sobre el suelo como resultado del uso actual de los purines. Esta evaluación se hace en base a los resultados de los análisis de suelos y aguas y al balance de nutrientes, en especial N, P, K, Cu y Zn.

Para realizar el balance de los elementos N, P, K, Cu y Zn en la explotación, se considera una hectárea de suelo de los campos de Mas El Cros, y en ella se analizan las entradas y salidas que tienen lugar durante un año de los diferentes elementos.

De los balances de nutrientes y los análisis realizados se comprueba:

1. Los aportes de nitrógeno superan en mucho las extracciones de los cultivos y las exportaciones. Hay, por tanto, una elevada cantidad de nitrógeno que se transforma en nitratos potencialmente lavables y que pueden llegar a más de 600 kg/ha·m en un momento concreto del año.

2. Los contenidos en fósforo asimilable son muy altos en toda la finca (hasta 113 ppm), especialmente en los horizontes superficiales, cosa que es esperable dado que los aportes son del orden de 1 tm/ha·año. Se observa, también, un enriquecimiento en fósforo asimilable en profundidad (aproximadamente hasta un metro).

3. Los niveles de potasio en las muestras de suelo analizadas son de bajos a altos con una gran diversidad entre ellas. En los horizontes superficiales su contenido puede ir de 96 a 464 ppm y en los subsuperficiales de 102 a 132 ppm.

4. A pesar de que las parcelas donde se ha aplicado purín a lo largo de 6 años presentan valores de Cu y Zn más altos que las demás parcelas, sus contenidos se encuentran plenamente dentro de los valores aceptables.

2.4. Aptitud para la aplicación de purines.

A partir de esta información de base, de clima y suelo, se ha evaluado la aptitud para la aplicación de purines, empleando dos metodologías; utilizando los criterios propuestos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y utilizando el modelo *Nitrate Leaching and Economic Analysis Package* (NLEAP) (7).

El programa informático del modelo NLEAP (7), fue desarrollado para que a partir de las teorías y métodos que rigen el movimiento de los nitratos en el suelo se pudieran obtener estimaciones rápidas y específicas de la potencialidad de lavado de nitratos en los suelos y su posible impacto sobre acuíferos.

El programa se ha aplicado para cada unidad del mapa de suelos, considerando únicamente como variables de entrada la mineralización de la materia orgánica y el aporte de fertilizantes orgánicos. Se han considerado diferentes aportes de nitrógeno nítrico: 280, 560 y 1120 kg/ha, sumando a éstos el nitrógeno disponible, susceptible de ser lavado, que se obtiene para estos aportes.

Para comparar el comportamiento de las diferentes unidades del mapa de suelos, mediante la utilización del modelo NLEAP, se ha considerado una aplicación de N-NO_3 con fertilización orgánica de 560 kg/ha, en un año de precipitación media (Tabla 1).

Los criterios para evaluar la aptitud de un terreno para aceptar purines aplicables a la finca estudiada, basados en los del USDA (8), son la conductividad hidráulica, pendiente, erosión, profundidad de suelo, presencia de elementos gruesos, etc. El método permite analizar las condiciones físicas del área de estudio y en que manera éstas influyen en la aceptación de purines.

A partir de la evaluación conjunta de las propiedades del suelo, el relieve y el riesgo de lavado de nitratos., se ha definido la aptitud global en la aceptación de purines de las diferentes unidades. A partir de ésta se ha elaborado el mapa de aptitud en la aplicación de purines.

En base a la información contenida en el mapa de suelos y en el mapa de aptitud para la aplicación de purines, se ha elaborado el plan de aplicación de purines de la finca.

Tabla 1.- Nitratos lavados y riesgo potencial de lavado anual (ALRP), dada una aplicación de purines correspondiente a 560 Kg/ha de nitrógeno mineralizado en las diferentes unidades cartográficas y para un año de pluviometría media (Mo: Riesgo moderado; ME: Riesgo muy extremo).

U.C.	$N\text{-}NO_3^-$ disponible de ser lavado (NAL)		$N\text{-}NO_3^-$ lavado (NL)		Riesgo potencial de lavado anual (ALRP)	
	Kg/ha	clase	Kg/ha	clase	Acuífero profundo	Acuífero superficial
A-1	298	alto	234	alto	Mo	ME
A-2	233	alto	116	alto	Mo	ME
M-1	241	alto	176	alto	Mo	ME
M-2	286	alto	175	alto	Mo	ME
M-3	255	alto	212	alto	Mo	ME
M-4	244	alto	180	alto	Mo	ME
M-5	286	alto	103	alto	Mo	ME
M-6	241	alto	179	alto	Mo	ME
P-1	225	alto	190	alto	Mo	ME
P-2	252	alto	180	alto	Mo	ME
P-3	301	alto	202	alto	Mo	ME
P-4	227	alto	138	alto	Mo	ME
P-5	228	alto	119	alto	Mo	ME
P-6	263	alto	99	alto	Mo	ME
P-7	290	alto	185	alto	Mo	ME

3. PLAN DE APLICACIÓN PROPUESTO

La Tabla 2 recoge el resultado de la aplicación de los criterios USDA (8).

Tabla 2.- Aptitud para la aplicación de purines de las diferentes unidades de suelos de la finca Mas El Cros, según criterios USDA (8).

Unidades de más aptitud (ninguna restricción)	Unidades de menos aptitud (dos o tres restricciones)	Unidades de aptitud media (una restricción)
A2 M1, M3, M5 P6	A1 M2, M4, M6 P1, P2, P4	P3, P5, P7

La aptitud global para la aplicación de purines se obtiene de unir los resultados obtenidos considerando ambos criterios (Tabla 3).

Los resultados que se obtienen de la aplicación de los dos criterios convergen en general, aunque en algunas ocasiones se compensan o complementan. Este es el caso de la unidad M6, la cual presenta un riesgo medio de lavado de nitratos pero una aptitud global baja, debido a que ésta presenta una pendiente más alta del 8% y elevada pedregosidad superficial (propiedades consideradas en USDA). En el caso de la M3, los criterios USDA no confieren ninguna restricción al no considerar de una manera directa la textura del suelo, pero al aplicar el modelo NLEAP, en el que sí se considera, la unidad presenta un riesgo alto de lavado de nitratos, lo que implica una aptitud global media.

El trabajo realizado ha permitido establecer una metodología para determinar la aptitud de los suelos en la aplicación de purines en las fincas, metodología que puede

Tabla 3.- Aptitud global para la aplicación de purines (1.- baja: dos o más restricciones; media: una restricción; alta: ninguna restricción; 2.- Riesgo relativo de lavado correspondiente a una fertilización orgánica de 560 Kg de NO_3^- por ha: < 140 - bajo; de 140 a 180 - medio; > 180 - alto).

Unidad cartográfica	Aptitud USDA (1)	Riesgo de lavado de nitratos(4)	Aptitud global
A1	baja	alto	baja
A2	alta	bajo	alta
M1	alta	medio	media
M2	media	medio	media
M3	alta	alto	media
M4	baja	medio	baja
M5	alta	bajo	alta
M6	baja	medio	baja
P1	baja	alto	baja
P2	media	medio	media
P3	media	alto	baja
P4	media	bajo	media
P5	media	bajo	media
P6	alta	bajo	alta
P7	media	medio	media

ser de aplicación a otros lugares del territorio, dado el carácter general de los parámetros usados. Su aplicación requiere la elaboración previa del correspondiente mapa de suelos. Aunque ésta sea una tarea laboriosa, resulta imprescindible para planificar correctamente las aplicaciones de purines al suelo.

El **plan de aplicación contempla** los siguientes aspectos:

a. Momento de aplicación.
b. Dosis de aplicación.
c. Forma de aplicación.

d. Distancia de protección a cursos de agua y medidas complementarias.

3.a. Momento de aplicación.

Las aplicaciones de purines se han de realizar aprovechando los momentos del año en que el suelo esté más seco, para que la aplicación de purín pueda ser máxima y que el riesgo de percolación, más allá de la zona de las raíces, sea mínimo. Una aplicación en condiciones de demasiada humedad puede favorecer la degradación de la estructura del horizonte superficial al ser compactado. El resultado sería una disminución de la infiltración y el consiguiente aumento de la escorrentía superficial. En la Tabla 4 se indican los meses en que no se pueden aplicar purines al suelo, mientras que en la Tabla 5 se indica el número de días que han de transcurrir, después de un día de precipitaciones, para poder aplicar purines.

3.b. Dosis de aplicación.

Considerando la actual carga ganadera y el cultivo que existe, conviene ajustar los

Tabla 4.- Meses en que no se puede aplicar purines, según las diferentes unidades del mapa de suelos.

Unidades del mapa de suelos.	Meses en que NO se pueden aplicar purines
A1, P1	enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre
M3, M4, M6, P2, P3, P7	enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre
A2, M1, M2, M5, P4, P6	enero, febrero, marzo, abril y diciembre
P5	febrero, marzo y abril

aportes a una dosis agronómica que permita disminuir el riesgo de la degradación de suelos y aguas. Una aproximación a este ajuste aconseja situar esta dosis en las extracciones del cultivo (restando las aportaciones del ganado bovino).

El elevado contenido en fósforo asimilable en los suelos de la finca (>25 ppm, en general), aconseja emplear el criterio fósforo (9). Sin embargo, atendiendo a que, para las características concretas de la finca y su entorno, la dinámica de los nitratos plantea condiciones más restrictivas, se ha aplicado el criterio nitrógeno (9), con el cual se maximiza, a su vez, la dosis de purín para esta situación concreta. Para ello se han calculado las aportaciones considerando el efecto residual del nitrógeno utilizando series decrecientes (9).

Para un período de 15 años, y a partir del momento actual, se presentan las dosis en la Tabla 6. Estas dependen de la productividad potencial de cada unidad del mapa de suelos. Estas dosis son válidas para un purín con una composición de 3 Kg/m^3 de nitrógeno amoniacal y 1.3 Kg/m^3 de nitrógeno orgánico.

En los suelos de menor aptitud (unidades A1,M2,M4,M6,P1,P2,P3 i P7) se fraccionará la dosis en 2-3 aportaciones, mientras que no se requerirá en el resto. Se recomienda

realizar un seguimiento de los contenidos en fósforo asimilable con análisis periódicos.

3.c. Forma de aplicación.

Se recomienda que siempre se incorpore el purín inyectado en el suelo para evitar los malos olores, la volatilización de amonio y las pérdidas por escorrentía superficial.

3.d. Distancia a los cursos de agua.

No se deben aplicar purines a una distancia inferior a los 10 metros de los cursos de agua, ya sean temporales o permanentes. Asimismo, debe impedirse que las aguas procedentes de la escorrentía superficial pasen directamente a torrentes.

Tabla 5.- Número de días de espera antes de aplicar purines, en función de las precipitaciones de días anteriores y del mes del año.

Unidad del mapa de suelos	mm de lluvia	Días								
		M	J	J	A	S	O	N	D	E
A1, P1	< 10	1	1	1	1	1	-	-	-	-
	11-20	2	1	1	1	1	-	-	-	-
	21-40	5	1	1	1	1	-	-	-	-
	41-50	5	2	2	2	6	-	-	-	-
	> 51	5	4	4	4	6	-	-	-	-
M3, M4, M6, P2, P3, P7	< 10	1	1	1	1	1	1	-	-	-
	11-20	2	1	1	1	1	1	-	-	-
	21-30	5	1	1	1	1	6	-	-	-
	31-70	5	1	1	1	1	8	-	-	-
	71-80	5	1	1	1	2	8	-	-	-
	81-90	5	2	1	1	6	8	-	-	-
	91-100	5	4	2	2	6	8	-	-	-
	> 101	5	4	4	4	6	8	-	-	-
A2, M1, M2, M5, P4, P6	< 10	1	1	1	1	1	1	1	-	-
	11-20	2	1	1	1	1	1	1	-	-
	21-30	5	1	1	1	1	1	1	-	-
	31-40	5	1	1	1	1	1	3	-	-
	41-70	5	1	1	1	1	1	12	-	-
	71-80	5	1	1	1	1	6	12	-	-
	81-90	5	2	1	1	1	8	12	-	-
	81-120	5	4	1	1	1	8	12	-	-
P5	< 10	1	1	1	1	1	1	1	1	10
	11-20	2	1	1	1	1	1	1	1	22
	21-30	5	1	1	1	1	1	1	1	22
	31-40	5	1	1	1	1	1	1	12	22
	41-80	5	1	1	1	1	1	1	19	22
	81-90	5	2	1	1	1	1	3	19	22
	91-120	5	4	1	1	1	1	12	19	22

Tabla 6.- Dosis anuales de purines a aplicar, en la finca Mas El Cros, teniendo en cuenta los efectos residuales acumulados debido a una aplicación reiterada y para un tiempo de 15 años a partir del momento actual, según el criterio nitrógeno.

Año de aplicación	Dosis de purines (m^3/ha y año)	
	Suelos más productivos A2, M1, M3, M5, P4, P5, P6, P7	Suelos menos productivos A1, M2, M4, M6, P1, P2, P3
1-5	105	79
5-10	101	76
10-15	97	73
15-20	93	70

4. CONSIDERACIONES DE FUTURO.

Con la aplicación de este Plan, el suelo agrícola de la finca absorbe el 27% de la producción de purines como materia prima en el esquema productivo de la explotación. En la actualidad los excedentes son transportados a las fincas de la comarca que lo requieren y con las que existe acuerdo, y se plantea el objetivo de estudiar la aptitud de la superficie forestal para aceptar purines como fuente de nutrientes.

La producción excedentaria de purines, como resultado de la interrelación entre granjas porcinas y suelo agrícola accesible, es una situación muy común en áreas de alta concentración de explotaciones ganaderas intensivas. Si se mantienen las granjas y el suelo agrícola, esta situación crea un problema que tan solo permite 3 soluciones que deben considerarse interrelacionadas: 1.) Aumento de la superficie accesible con aptitud para admitir purines como fuente de nutrientes. Esto requiere de estudios sobre la aplicación de purines a superficies forestales; 2.) Exportación de purines a zonas deficitarias en nutrientes. Esto puede requerir la separación de fracciones sólida y líquida para minimizar los costes del transporte y conseguir una mayor capacidad de gestión sobre el residuo; 3.) Reducción de la carga, en algunos elementos y compuestos, a fin de que la composición final de los purines permita unas mayores dosis de aplicación.

Sería conveniente que los Planes de aplicación de purines se realizaran por unidades hidrológicas, lo cual permitiría aplicar criterios más funcionales, que tuvieran en cuenta el efecto real del nitrógeno lavado. Los actuales valores propuestos como dosis máximas a aplicar, incluso en la Directiva de la UE sobre nitratos, pueden resultar, con frecuencia, muy limitantes debido al efecto de dilución que las aguas de otras áreas de la misma cuenca, no empleadas en agricultura, pueden producir.

Los estudios de base sobre la aptitud del suelo deben considerarse prioritarios a fin de cuantificar las necesidades de los cultivos, determinar las producciones excedentarias, valorar adecuadamente cada una de las tres líneas de actuación citadas según el ámbito geográfico de actuación y conseguir que el suelo deje de considerarse como un vertedero y los purines puedan considerarse como un recurso.

5. AGRADECIMIENTOS.

Deseamos agradecer la colaboración de la CIRIT y de la empresa Mas el Cros S.A., por la financiación de este estudio. A ésta última también por todas las facilidades puestas a nuestra disposición, y a Mireia Paniello por la preparación, en forma legible, del manuscrito.

6. REFERENCIAS.

(1) Porta, J., Antúnez, M. (1994). *Aptitud dels sòls per a l'acceptació de purins. Desenvolupament d'una metodologia per a l'establiment d'un pla d'apliació de purins a partir del coneixement de les característiques del sòls. Aplicació a la finca Mas el Cros.* Memòria final, CIRIT, Lleida.
(2) Flotats, X. (1987). *Descripción de la planta de biogas de 150 m^3 de Mas el Cros, Sta. Pau, La Garrotxa -Girona-.* Era Solar, 25/26:31-36.
(3) Flotats, X. (1989). *El Cros biogas plant: evaluation of five years in operation*. In Biomass for Energy and Industry, 5th EC Conference. Elsevier Applied Science, Vol. 2: 2393-2397.
(4) F.A.O (1977). *Crop water requeriments*. FAO irrigation and drainage paper n° 24.
(5) M.A.P.A. (1988). *Métodos oficiales de Análisis*. Tomo III. MAPA, Madrid.
(6) S.S.S. (1992). *Keys to Soil Taxonomy*. SMSS, Technical Monograph No 19.
(7) U.S.D.A. (1991). *Nitrate Leaching and Economic Analysis Package* (NLEAP).
(8) U.S.D.A. (1983). *National Soils Handbook*. USDA, Washington.
(9) Prats, L.I. *et al* (1995). *Manual per l'utilització agrícola de purins*. Generalitat de Catalunya, DMA-DARP, Barcelona.