

Proyecto de Investigación “FILVERPURIS”

Escrito por: Ivan Saiz Sahuquillo y Alex Campos López. CIPFP Cheste. 1º CFGS ECA

1. Resumen. 2. Abstract. 3. Introducción (Ganadería; Purines; Filtros Verdes; FILVERPURIS). 4. Metodología. 5. Parámetros. 6. Duración. 7. Registro de Datos. 8. Análisis de Resultados (Propuestas de mejora)

1. RESUMEN

Este artículo estudia desde distintos ámbitos la realización de mediciones en agua tomadas del proyecto de filtros verdes aplicados a la limpieza de purines *insitu*. Particularmente estudiamos mediciones como el tamaño de las hojas de las plantas que componen nuestro filtro verde, concentración de amonios (NH_4^+) y fosfatos (PO_4^{3-}), conductividad específica a 20°C del agua y pH.

- Palabras clave: Emisiones, amonio, filtros verdes, purines, *insitu*.

2. ABSTRACT

This article studies from different areas the realization of measurements in water taken from the project of green filters applied to the cleaning of *on-site* slurry. In particular, we study measurements such as the size of the leaves of the plants that make up our green filter, ammonium (NH_4^+), phosphates (PO_4^{3-}), water conductivity and pH.

- Keywords: Emissions, ammonium, green filters, slurry, *in-situ*.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. La ganadería

Una de las industrias alimentarias más productivas del mundo es la ganadería, y a su vez en una de las que más residuos genera. España ocupa el cuarto lugar en número de explotaciones agrícolas de la Unión Europea, con lo que esto conlleva. Paulatinamente

la agricultura en España ha pasado de extensiva y pastoreo tradicional a la agricultura industrial.

La agricultura intensiva aumenta en gran medida la producción de alimentos y materiales procedentes de esta industria, pero esta genera grandes impactos negativos sobre el medio en el que se encuentra. Pese a ésto la demanda de productos cárnicos, lácteos, etc, no deja de aumentar incrementando los problemas.

3.2. Purines

Los residuos de los animales tradicionalmente han sido usados como abono natural para la agricultura por su alta concentración en nutrientes, pero a su vez suponen un peligro porque en exceso y sin control contaminan el suelo y pueden filtrarse hasta los acuíferos contaminando el agua que en muchos lugares se utiliza para consumo.

En muchos pueblos agrarios de España los purines generados por la ganadería industrial suponen un gran problema ambiental y sanitario ya que se les da un tratamiento mínimo dentro de la legislación autonómica, nacional y europea¹, (concentración en balsas de almacenamiento; separación de sólidos; tratamiento nitrificante bacteriano;...) que en muchas ocasiones resultan claramente insuficientes antes de su vertido en campos con una inclinación media inferior al 20%, evitando el uso de cañones y en el caso de platos o abanicos únicamente cuando la temperatura sea inferior a 30°C (difícil de conseguir en el mes de julio principal mes de vertido). La laxitud y los plazos otorgados en la aplicación de la legislación no minimizan los lixiviados y la consiguiente contaminación ambiental continuada de los acuíferos, sin mencionar los perjuicios en los propios terrenos de vertido, con proliferación de insectos y olores desagradables conocidos por la casi totalidad de la población rural española.

Frente a este problema los alumnos de Educación y Control Ambiental estamos intentando, con el proyecto FILVERPURIS, encontrar una posible solución para gestionar y solucionar este problema.

3.3. Filtros Verdes

Los filtros verdes se están utilizando actualmente para la depuración de aguas grises y negras provenientes de pequeños núcleos urbanos, proporcionando buenos resultados. Un filtro verde consiste en una superficie de terreno en el que se establece una plantación forestal o agrícola por la que pasa el agua a tratar, que quedará limpia

de contaminantes. Una parte de estas aguas se evapora a la atmósfera y el resto es absorbido por las raíces de las plantas o es filtrada a través del suelo. Estos procesos naturales reducen de forma considerable gran parte de los contaminantes del agua residual como: demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, y microorganismos patógenos.

Los filtros verdes se están aplicando en la limpieza de aguas residuales en experiencias piloto fundamentalmente de núcleos poblacionales reducidos² ya que requieren de poco mantenimiento y son de fácil construcción y operación. También están siendo utilizados en parques naturales y zonas protegidas medioambientalmente. Sin embargo, algún posible inconveniente puede ser que requieren una gran extensión de terreno y no es aplicable a todos los suelos ya que depende de su capacidad de infiltración y de la profundidad del nivel freático de este.

3.4. "FILVERPURIS"

Con el proyecto FILVERPURIS pretendemos afrontar el problema que generan los purines en los suelos y acuíferos. En lugar de aplicar el filtro verde para la limpieza de aguas residuales urbanas, queremos limpiar y reducir el nivel de los contaminantes del agua con purines aplicando los filtros en las propias industrias ganaderas.

El objetivo final de FULVERPURIS es la construcción de filtros verdes en las balsas ya existentes de almacenaje de los purines (proceso "*In Situ*") para eliminar los contaminantes de estos y obtener aguas con parámetros dentro de la legalidad que permitan su vertido directo al medio sin miedo a que contamine. Consistirá en rellenar con tierra esas balsas para que las plantas puedan crecer, plantar las especies seleccionadas, fijarlas con arena o grava, establecer un sistema de circulación de agua que permita la aireación (oxigenación) y que permita ir vertiendo el purín paulatinamente, dosificación, y realizar toma de muestras periódicas que posibiliten el control de los parámetros estudiados.

4. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo las distintas partes del proyecto los integrantes del grupo nos dividimos en tres sectores intercomunicados entre ellos. El primer grupo, encargado de construir el filtro verde y de su mantenimiento denominado G1. El segundo grupo es el responsable de realizar las mediciones en laboratorio de los valores del agua de los filtros para ver la evolución del proyecto, denominado G2. Y un tercer grupo encargado de realizar la cartelería y aspectos publicitarios denominado G3. A lo largo del proyecto

los tres grupos, G1, G2 y G3, han estado continuamente comunicados entre ellos y se han realizado reuniones semanales para la toma de decisiones.

La selección de especies vegetales es uno de los pasos más importantes del proyecto ya que deben tratarse de especies que presentan un gran consumo de agua. Las plantas que en principio hemos utilizado para nuestro proyecto son: Enea (*Thypha*), carrizo (*Phragmites australis*) y lirio amarillo (*Iris pseudacorus*). Se tratan de plantas acuáticas que en buenas condiciones tienen un rápido crecimiento y no necesitan mantenimiento. Seleccionamos estas tres especies porque tienen gran capacidad de absorción de los nutrientes del agua a través de sus raíces (almacenamiento de fosfatos) y un crecimiento rápido tanto de la superficie foliar (almacenamiento del nitrógeno amoniacal) como en altura de la planta.

Para la construcción de los filtros hemos utilizado cinco cubetas rectangulares con un volumen máximo de capacidad de 80 L y 0,5 m² de superficie de planta cada una. Clasificamos las plantas por especies con el objetivo de determinar sus eficacias individuales, y se comparan los resultados con referencias de especies mezcladas (con y sin purín -blanco-). Se identifican las cubetas con números: 1-cubeta con lirios, 2-cubeta con carrizo; 3- cubeta con enea; 4- cubeta con las tres especies; 5- cubeta con tres especies “blanco”. Colocamos las cubetas elevadas del suelo para que estuvieran a una altura más accesible y con carteles identificativos para que los visitantes puedan reconocer las plantas que contienen por el nombre vulgar y científico.

5. PARÁMETROS

Los parámetros que analizamos en laboratorio son:

Con periodicidad semanal: concentración de amonios [NH₄⁺] expresada en ppm de amonio; concentración de fosfatos [PO₄³⁻] expresada en ppm de fosfato, conductividad específica del agua medida a 20°C expresada en μS/cm; pH expresada en unidades de pH; olor expresado en términos sencillos (intenso; moderado; leve; mínimo)

Con periodicidad quincenal: altura de individuos de referencia expresada en cm; y superficie foliar de hojas de referencia expresada en cm².

Los equipos de medición que utilizamos para el control de fosfatos y nitratos (comprados recientemente) son Checkers espectrofotométricos digitales de la marca “Hanna Instruments” ; para el control de la conductividad específica a 20°C usamos un medidor de laboratorio modelo BASIC 30 de la marca CRISON y un termómetro de

Galio de lectura manual; para el control del pH usamos un medidor de laboratorio modelo PH50+DHS, pHímetro de electrodo combinado marca XS Instruments; y para la medición del organoléptico “olor” usamos el método olfativo de grupo de 3 personas.

El calibrado de los equipos se ha realizado diariamente mediante el uso de los patrones proporcionados por las mismas marcas de los equipos.

Para la medición de altura de hoja se usa siempre la misma cinta métrica metálica; y para la medición de la superficie foliar hemos dispuesto un sistema propio mediante la elaboración de un patrón medidor imprimiendo en un folio A4 una rejilla de 1 cm de altura y 1 cm de ancho, y plastificada, sobre la que se dibuja el contorno de la hoja a medir. Se cuenta el número de cuadrados obteniéndose de la suma la superficie total.

6. DURACIÓN

La planificación del experimento contempla dos semanas de trabajo iniciales para conseguir los equipos de medida, el purín, las cubetas y las plantas necesarias para los filtros verdes.

Dos semanas de aclimatación de las especies e individuos al nuevo hábitat en cubetas. Rectificación del sustrato que permite el correcto enraizamiento.

A continuación se han planificado 60 días de trabajo de campo con un mínimo de 7 muestreos y un máximo de 10 con adiciones semanales de purín que se han ido incrementando con el objetivo de alcanzar el máximo de asimilación sin perjuicio de los individuos estudiados. Se ha seguido la pauta prefijada de control por muestreo semanal.

En la tercera semana comenzamos a agregar 200ml de purín a cada cubeta durante las dos primeras semanas. En una de las dos cubetas con las plantas mezcladas no incorporamos purín para utilizarla como “muestra blanca” y poder ver la evolución de las plantas en condiciones normales (sin purín).

Por último se destinan 1 o 2 semanas de trabajo para conclusiones definitivas, adecuación de la cubeta a presentar, preparación de talleres, entrevistas, etc.

La duración global del proyecto ha sido de tres meses completos (90 días), tiempo escaso si atendemos a los períodos de desarrollo y crecimiento de las especies de flora de carácter anual estudiadas, pero suficiente para unas conclusiones finales debido a los parámetros inequívocos obtenidos.

7. REGISTRO DE DATOS

En la siguiente tabla de resultados se recogen los valores de los parámetros estudiados clasificados por su número identificador de cubeta. Toda la información recabada ha sido registrada en cuaderno de laboratorio y almacenada en una hoja de datos Excel de acceso libre para nosotros ubicada en nube (Drive). Para evitar la pérdida de datos se usó un sistema de registro doble en el que cada uno de nosotros almacenaba los datos en su Drive particular y, antes de registrar nuevos datos, se comparaban con el "original" perteneciente al tutor del proyecto.

fecha	días	cubeta	filtro	fecha	días	cubeta	filtro	V purín	pH	CE (20°C)	NH4+	PO43-	olor	altura plantas	sup hoja
	nº		especie		nº		especie		mL						
31/3/2021	0	0	ninguna	31/3/2021	0	0	ninguna	0	7,52	9710	15.000	14,1	intenso		
31/3/2021	0	1	enea	31/3/2021	0	1	enea	0	7,15	1923	86,3	10,4	escaso	20	102
14/4/2021	14	1	enea	14/4/2021	14	1	enea	200	7,91	2620	66,7	13,4	mínimo		
29/4/2021	29	1	enea	29/4/2021	29	1	enea	300	7,51	2718	51,5	23,5	mínimo	34	130
6/5/2021	36	1	enea	6/5/2021	36	1	enea	400	6,46	3620	36,3	2,7	mínimo		
13/5/2021	46	1	enea	13/5/2021	46	1	enea	625	6,16	6570	33,9	0,5	mínimo		
20/5/2021	53	1	enea	20/5/2021	53	1	enea	1000	6,46	2720	8,3	1,5	mínimo		
31/3/2021	0	0	ninguna	31/3/2021	0	0	ninguna	0	7,52	9710	15.000	14,1	intenso		
31/3/2021	0	2	carrizo	31/3/2021	0	2	carrizo	0	7,05	2846	130	18,7	escaso	80	26
14/4/2021	14	2	carrizo	14/4/2021	14	2	carrizo	200	7,88	3060	130	8	mínimo		
29/4/2021	29	2	carrizo	29/4/2021	29	2	carrizo	200	7,82	2761	380	18,2	mínimo	0	0
6/5/2021	36	2	carrizo	6/5/2021	36	2	carrizo	200	6,93	4000	86,5	0,6	mínimo		
13/5/2021	46	2	b+enea+canain	13/5/2021	46	2	b+enea+canain	625	-	-	-	-	mínimo		
20/5/2021	53	2	b+enea+canain	20/5/2021	53	2	b+enea+canain	1000	7,56	1650	17,1	2,3	mínimo		
31/3/2021	0	0	ninguna	31/3/2021	0	0	ninguna	0	7,52	9710	15.000	14,1	intenso		
31/3/2021	0	3	lirio	31/3/2021	0	3	lirio	0	6,97	1467	31,1	1,7	escaso	55	72
14/4/2021	14	3	lirio	14/4/2021	14	3	lirio	200	7,89	2780	66,3	15,7	mínimo		
29/4/2021	29	3	lirio	29/4/2021	29	3	lirio	300	7,39	3485	75,6	13,2	mínimo	56	106
6/5/2021	36	3	lirio	6/5/2021	36	3	lirio	400	7,59	4100	71,6	0,0	mínimo		
13/5/2021	46	3	lirio	13/5/2021	46	3	lirio	625	7,69	6300	88,1	4,9	mínimo		
20/5/2021	53	3	lirio	20/5/2021	53	3	lirio	1000	6,78	3310	37,7	3,1	mínimo		
31/3/2021	0	0	ninguna	31/3/2021	0	0	ninguna	0	7,52	9710	15.000	14,1	intenso		
31/3/2021	0	4	todos	31/3/2021	0	4	todos	0	7,08	1792	52,8	18,2	escaso		
14/4/2021	14	4	todos	14/4/2021	14	4	todos	200	7,86	2520	83,4	14,5	mínimo		
29/4/2021	29	4	todos	29/4/2021	29	4	todos	300	7,98	2718	62,4	25,6	mínimo		
6/5/2021	36	4	todos	6/5/2021	36	4	todos	400	7,09	4000	70,6	1,4	mínimo		

13/5/2021	46	4	todos	13/5/2021	46	4	todos	625	7,53	4850	89,2	6,6	mínimo		
20/5/2021	53	4	todos	20/5/2021	53	4	todos	1000	7,27	3050	61,2	0,0	mínimo		
31/3/2021	0	0	ninguna	31/3/2021	0	0	ninguna	0	7,52	9710	15.000	14,1	intenso		
31/3/2021	0	5	todos(blanco)	31/3/2021	0	5	todos(blanco)	0	6,97	1467	37,9	11,5	escaso		
14/4/2021	14	5	todos(blanco)	14/4/2021	14	5	todos(blanco)	0	7,88	2450	46,1	10,5	mínimo		
29/4/2021	29	5	todos(blanco)	29/4/2021	29	5	todos(blanco)	0	7,62	2351	40,7	18,3	mínimo	40	16
6/5/2021	36	5	todos(blanco)	6/5/2021	36	5	todos(blanco)	0	7,30	2790	27,9	3,5	mínimo		
13/5/2021	46	5	todos(blanco)	13/5/2021	46	5	todos(blanco)	0	7,79	3480	8,6	6,7	mínimo		
20/5/2021	53	5	todos(blanco)	20/5/2021	53	5	todos(blanco)	0	7,43	2190	1,2	3,2	mínimo		

En las primeras semanas, sin ver todavía resultados concluyentes en las mediciones decidimos incorporar un aireador que realice las funciones de oxigenador para que proporcionara el oxígeno necesario al agua para que las plantas pudieran acostumbrarse al cambio de hábitat. Tras añadir algo más de tierra a las cubetas para que las raíces de las plantas se sustentaran mejor, empezamos a ver una mejora sustancial en la salud de las plantas y comenzaron a crecer.

Para comprobar la evolución de las plantas también estamos realizando mediciones quincenales en el tamaño y altura de las hojas, crecimiento horizontal y vertical. Además, empezamos a controlar la profundidad del agua de las cubetas mediante el marcado del aforo de trabajo para compensar con adiciones de agua externa los efectos de la evapotranspiración.

En la quinta semana comenzamos a incorporar 300 mL de purín en lugar de 200 mL (a excepción de la cubeta número 2, con carrizo, por evidenciar síntomas de inadaptación), dado que las plantas lo estaban absorbiendo sin problemas, como reflejaban las mediciones que evolucionaban positivamente.

A partir de este punto pudimos ver que el carrizo comenzaba a no dar buenos resultados y visualmente tampoco parecían evolucionar de forma positiva. La absorción de amonios del agua del carrizo respecto a las otras plantas no era la esperada, pero las mantuvimos durante más tiempo para ver hacia donde evolucionaban. Además, decidimos incorporar más individuos de carrizo en la cubeta para aumentar la densidad de éstas e intentar mejorar sus resultados.

En la sexta semana aumentamos la dosis de purín en cada cubeta hasta 400 mL, excepto en la cubeta número 2, con carrizo, que lo mantuvimos en 200 mL a la espera de ver su evolución. También añadimos una cantidad mínima de ácido clorhídrico diluído con anterioridad al purín para controlar y asegurar mantener los valores de pH por debajo de 7, lo que es garantía de predominio de catión amonio y valores mínimos de amoníaco. El tamaño de las plantas continuaba creciendo y a estas alturas llevábamos ya 4 L de volumen total de purín consumido.

Otro punto importante del proyecto es la biodiversidad que se genera alrededor del proyecto, pudimos observar especies como pulgón, mariquitas o larvas de mosquito. Cabe destacar que el filtro verde no ha producido olores, por lo que no produciría efectos negativos en zonas urbanas.

En este momento comenzamos a notar un aumento sustancial de larvas de mosquito en el agua de las cubetas, que incluso fueron un pequeño inconveniente al momento de filtrar el agua para realizar las mediciones en el laboratorio.

En la séptima semana depositamos 500 mL de purín con ácido clorhídrico diluido, excepto en la cubeta de carrizo que decidimos eliminar definitivamente (debido a los malos resultados que estaban proporcionando).

En la octava semana recibimos la grata visita de Inmaculada Romero Gil, coordinadora del proyecto "*Salva el planeta*", y de Manuel Gomicia, director general de FP en Conselleria de Educación, quienes aceptaron la oferta de colaboración con nuestro

proyecto y fueron los encargados de depositar el purín en las cubetas FIVERPURIS. Incorporamos esta semana un total de 625 mL a cada cubeta, sumando un total de 8600 mL de purín eliminado con éxito en nuestros filtros. Esta semana también añadimos 100 ppm de hidrogenofosfato para favorecer el crecimiento rizómico tras comprobar con los análisis que la concentración de fosfatos en todas las cubetas había descendido hasta su desaparición total³.

Para solucionar el exceso de larvas de mosquito en el agua de las cubetas añadimos fauna piscícola (ciprínidos), una especie autóctona no invasora (permitida) que no ha conseguido sobrevivir en las condiciones del agua.

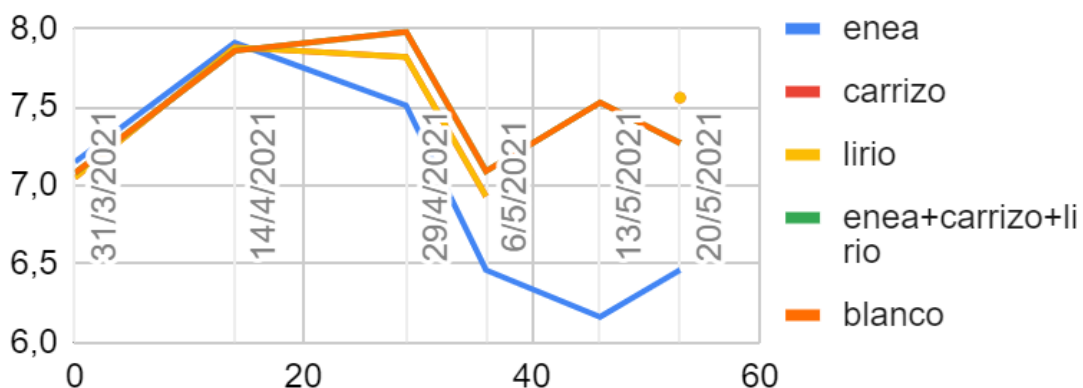
En la novena semana añadimos 1.000 mL de purin más. Las larvas de mosquitos y los mosquitos han disminuido por la implantación de la menta acuática.

Hemos recibido esta semana la visita del concejal de Cheste y del dueño de la granja porcina Penta SL. Emilio Cardo, para mostrarles los progresos conseguidos.

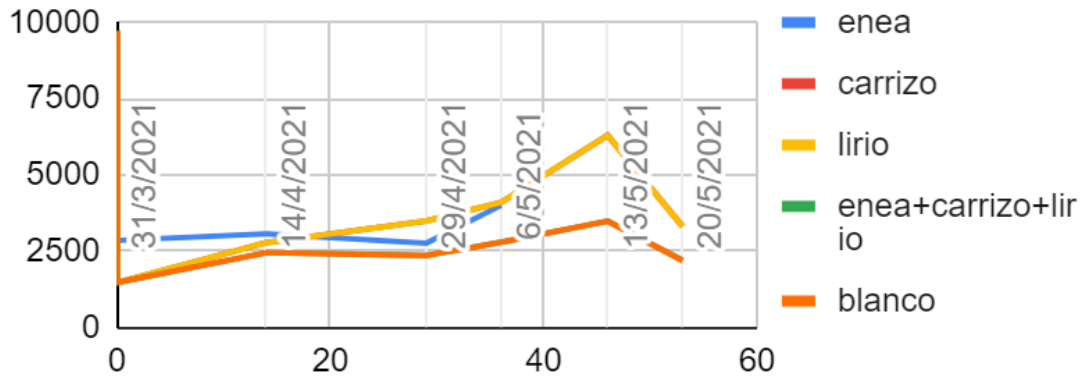
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para realizar el análisis final de los resultados hemos elaborado gráficos en hoja de cálculo que nos ayuden a la visualización de los principales parámetros estudiados: En todos ellos representamos el parámetro (pH, CE, [NH4+], [PO43-]) en función del tiempo transcurrido mediante un diagrama de líneas.

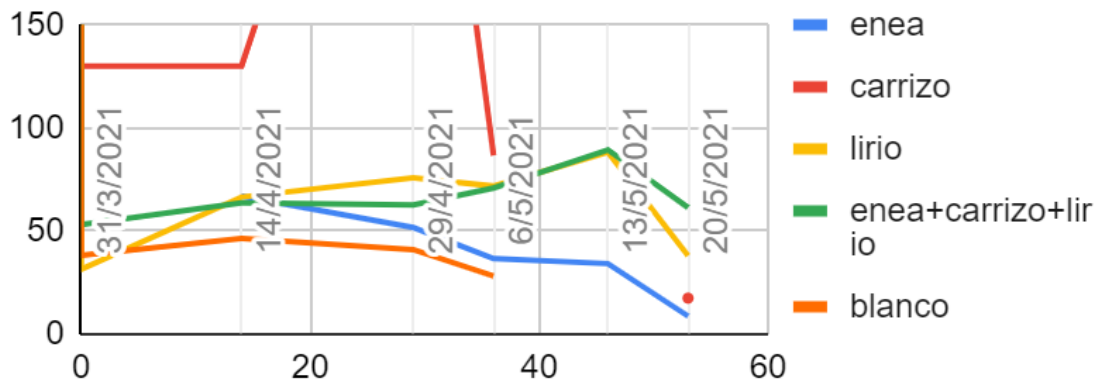
Evolución pH vs especie



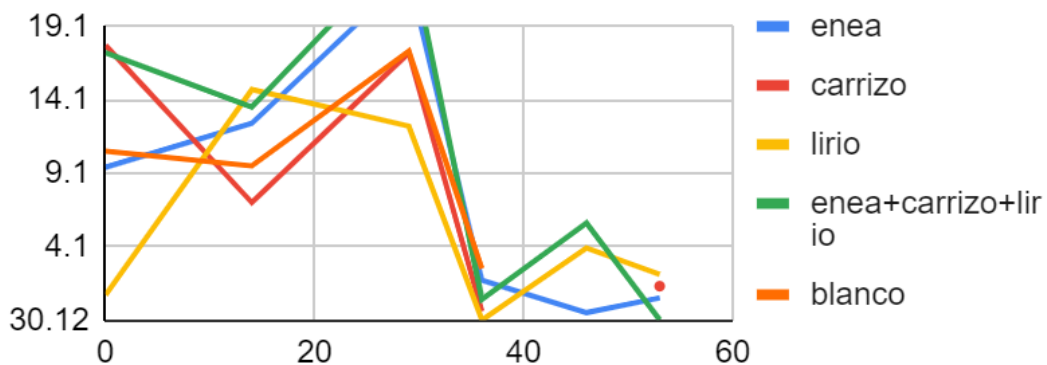
Evolución CE (20 °C) vs especie



Evolución [NH4+] vs especie



Evolución [PO43_] vs especie



En primer lugar concluimos que los filtros verdes son eficaces para la eliminación de purín y además no produce olores. Siendo conocida su utilidad en pequeños núcleos urbanos y en la repoblación de sistemas riparios, demostramos que también son útiles en granjas.

El cálculo de la superficie necesaria de filtro por unidad porcina. Lo que aplicado en una granja estándar supondría una superficie de filtro verde standard.

La oxigenación del agua es condición "sine qua non" para el adecuado crecimiento de las plantas según la localización del filtro verde será necesario usar un compresor de aire para oxigenar el agua. El lugar idóneo de colocación de los filtros son las balsas de almacenamiento del purín en las propias granjas. Con ello evitamos el coste y el consumo energético que supone el traslado de los purines o bien para su tratamiento en cualquier planta de reciclaje o bien para su vertido en los campos. Además se obtendrá el beneficio de un cambio de paisaje originariamente dibujado con piscinas de purín maloliente en las granjas, reconvertido en balsas de plantas acuáticas y buenos olores.

Con este estudio queda demostrado que los filtros verdes son eficaces en la eliminación de purín, habiendo eliminado 16 L completos de purín en el proyecto.

Las mejores especies para la eliminación de purines son la enea y el lirio, en cambio el carrizo no produce tan buenos resultados tanto por su superficie foliar más reducida como por los problemas comprobados de adaptación a corto plazo, las condiciones del agua no son idóneas para la fauna piscícola.

En cuanto a la conservación de amonios se ha mantenido constante y se ha comprobado que las plantas lo han asimilado aumentando el tamaño de sus hojas.

Es necesario adicionar fosfatos monobásicos para el crecimiento de las raíces de los filtros verdes para el correcto equilibrio de las plantas.

Por último el coste y mantenimiento del filtro verde es reducido lo que significa que no es un impedimento para su aplicación.

8.1. Propuestas de mejora

Se propone realizar un ensayo a escala real de filtro verde en balsa adjunta a una granja porcina con producción de purín, con entrada de agua, con sistema de aireación, usando especies autóctonas y alóctonas (Lirio, Enea, Cana índica y Menta acuática) con dosificación semanal del purín generado en la propia granja, con control de los mismos

parámetros aquí estudiados y con posibilidad de ampliación de especies para el equilibrio del ecosistema (anfibios, gambusia o ciprínidos, por ejemplo).

Queda pendiente el cierre del ciclo vital de las plantas mediante la reutilización de las hojas secas o en su defecto, la siega, para vermicompostaje.

Se propone estudiar además la utilización de especies arbóreas (eucalipto, chopo) o cualquier otra que disponga de gran cantidad de absorción de agua, aunque, como es evidente, se limita su aplicación a filtros verdes con interacción con el medio, con los problemas que este sistema pudiera suponer en cuanto a los lixiviados.

Se abre la puerta a seguir profundizando en la biodiversidad encaminada a completar un ecosistema cerrado y al estudio y aplicaciones secundarias de otras especies que hemos añadido (Enea de tres cantos, Cana índica y Menta acuática).

Se puede estudiar la Gambusia como alternativa de especie piscícola contra plagas de insectos, como mosquitos, en este tipo de filtros cerrados. También se propone el uso de anfibios autóctonos (ranas) pero se circunscribe a los casos en que se disponga de balsas amplias o en espacios controlados.

Notas:

- ¹ *RESOLUCIÓN de 1 de febrero de 2019, de la Dirección General de Política Agraria Comunitaria, por la que se establece la clasificación de los criterios de evaluación de gravedad, alcance y persistencia, y el cálculo de las reducciones a los efectos de aplicar la condicionalidad de las ayudas de la Política Agrícola Común en el año 2019.*

² Población: Carrícola. *Carrícola, modelo de sostenibilidad - Consorcio de Residuos V5 - COR.* <https://www.consorciuresidus.org/es/carricola-modelo-de-sostenibilidad/>

³ *"Fertilidad del suelo y parámetros que la definen". M. Andrades. Universidad de la Rioja. 2014.*