



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo Agrícola  
de Desarrollo Rural



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA  
Y ALIMENTACIÓN



Gobierno  
de La Rioja



**Emilio Rascón Pérez**

Ingeniero Agrícola del  
Centro Tecnológico  
de Investigación del  
Champiñón (CTICH)

## Obtención de abonos de alto valor añadido con base en sustratos post-cultivo de champiñón

Uno de los grandes retos del sector de hongos cultivados (especialmente champiñón) es la gestión de los sustratos post-cultivo de champiñón (SPCH). Este trabajo propone como solución para el tratamiento de SPCH y otras materias primas el desarrollo de abonos de alto valor añadido. En este estudio se avanza un paso más mediante la realización de un proceso de compostaje no forzado de SPCH mezclado con distintos abonos químicos enriquecidos en hierro, calcio y fósforo. De esta forma estos elementos se integran en la estructura del compost durante el proceso y se convierten en materiales más asimilables para el cultivo objetivo. De los fertilizantes desarrollados, el tratamiento realizado con SPCH enriquecido en fósforo es el que mayor rendimiento ha obtenido en el cultivo de cereal. En el caso de viñedo, se pudo observar que el SPCH enriquecido con hierro es el que mejor resultados obtuvo. En esta comunicación se presentan los resultados obtenidos, así como los siguientes pasos a realizar dentro del estudio.

El Equipo de Innovación está formado por ASOCHAMP-CTICH (Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón), actúa como coordinador. Y por las empresas Felipe Hernández S.A. (dedicada a la venta y distribución de fertilizantes agrícolas) y Sustratos de La Rioja S.L. (especializada en la generación de compost de alta calidad a partir de sustrato de post-cultivo del champiñón).

En La Rioja, el cultivo de hongos es el segundo producto agrario después del viñedo. A nivel nacional, La Rioja es la primera comunidad productora de champiñón con el 55% de la producción, unas 72.000 Tn en la campaña 2018/2019.

Se entiende por Sustrato de Post-cultivo de Hongos (SPCH) el material resultante una vez que los champiñones han extraído los nutrientes necesarios para su crecimiento. Normalmente, por cada tonelada de hongos producidos se generan de tres a tres y media toneladas de SPCH. La producción anual en la zona de La Rioja es de aproximadamente 250.000 Tn por campaña. La gestión de este subproducto puede generar para los cultivadores de champiñón un coste anual de más de un millón de euros.

El SPCH es rico en materia orgánica y en nutrientes, lo que lo convierte en un material muy adecuado para la preparación del terreno antes de su cultivo y como abono de liberación lenta. Sin embargo, la dificultad de su manejo (humedad y dosificación) y la carencia de algunos nutrientes dificultan su utilización y rendimiento comercial (Hernando, 2011).

Se han desarrollado muchas opciones para reutilizar el SPCH (Rinker, 2002). Entre ellas: el almacenamiento y aplicación a tierras, aplicaciones hortofrutícolas y en jardinería, bio-remediación de suelos contaminados, alimentación animal, obtención de biogás, utilización de extractos de compost por su capacidad antifúngica, preparación de sustrato de otras setas o como tierra de cobertura en mezclas con distintos materiales (Riahi & Arab, 2004).

Este estudio plantea convertir este material a granel (0€ valor de mercado) en un abono de mayor riqueza añadiendo 'a la carta' diferentes nutrientes (Ca, Fe, P), así como la integración de los mismos a través de un proceso de fermentación aeróbica, de manera que se obtenga un abono estabilizado de características agronómicas probadas y susceptible de convertir en pellets orgánicos (con valor de mercado) para su dosificación en agricultura.

Tabla 1. Evolución de la caracterización de las pilas de compost.

	SPCH + Ca		SPCH + Fe		SPCH + P		SPCH + Ca + P		SPCH + Ca + P + Fe	
<b>pH</b>	7,8 <sup>1</sup>	7,11 <sup>2</sup>	2,88 <sup>1</sup>	6 <sup>2</sup>	8,3 <sup>1</sup>	7,28 <sup>2</sup>	7,85 <sup>1</sup>	7,4 <sup>2</sup>	6,13 <sup>1</sup>	6,6 <sup>2</sup>
<b>N total (mg/kg)</b>	8120 <sup>1</sup>	5937 <sup>2</sup>	17558 <sup>1</sup>	13724 <sup>2</sup>	9298 <sup>1</sup>	10972 <sup>2</sup>	8816 <sup>1</sup>	7158 <sup>2</sup>		9355 <sup>2</sup>
<b>Fósforo (ppm)</b>	235 <sup>1</sup>	417 <sup>2</sup>	18 <sup>1</sup>	30 <sup>2</sup>	432 <sup>1</sup>	484 <sup>2</sup>	418 <sup>1</sup>	446 <sup>2</sup>		39 <sup>2</sup>
<b>Potasio (ppm)</b>	2820 <sup>1</sup>	2759 <sup>2</sup>	2926 <sup>1</sup>	1887 <sup>2</sup>	3097 <sup>1</sup>	3009 <sup>2</sup>	2986 <sup>1</sup>	2787 <sup>2</sup>		2435 <sup>2</sup>
<b>Potasio de cambio (%)</b>	1,5 <sup>1</sup>	1,3 <sup>2</sup>	1,9 <sup>1</sup>	3,1 <sup>2</sup>	2,1 <sup>1</sup>	3,3 <sup>2</sup>	1,1 <sup>1</sup>	1,4 <sup>2</sup>		1,6 <sup>2</sup>
<b>Calcio de cambio (%)</b>	93,6 <sup>1</sup>	95,9 <sup>2</sup>	70,8 <sup>1</sup>	71,2 <sup>2</sup>	91,6 <sup>1</sup>	87,2 <sup>2</sup>	95,7 <sup>1</sup>	96,3 <sup>2</sup>		75,8 <sup>2</sup>
<b>Hierro (ppm)</b>	684 <sup>1</sup>	261 <sup>2</sup>	4000 <sup>1</sup>	3148 <sup>2</sup>	101 <sup>1</sup>	127 <sup>2</sup>	259 <sup>1</sup>	218 <sup>2</sup>		3664 <sup>2</sup>
<b>C/N</b>	12,61 <sup>1</sup>	11,17 <sup>2</sup>	10,61 <sup>1</sup>	10,17 <sup>2</sup>	13,86 <sup>1</sup>	12,29 <sup>2</sup>	13,37 <sup>1</sup>	11,83 <sup>2</sup>		11,39 <sup>2</sup>
<b>Nitratos (mg/kg)</b>	410,7 <sup>1</sup>	697,6 <sup>2</sup>	39,4 <sup>1</sup>	34,9 <sup>2</sup>	415 <sup>1</sup>	606 <sup>2</sup>	397 <sup>1</sup>	957,8 <sup>2</sup>		575 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Valores iniciales al realizar las mezclas.

<sup>2</sup>Valores finales tras finalizar el proceso de compostaje.

## Metodología

Para la realización del proyecto se utilizó SPCH procedente de cultivo de champiñón gestionado a través de la planta 'Sustratos de La Rioja S.L.', el proceso de compostaje se realiza en dicha planta. Los suplementos (sulfato de calcio, sulfato de hierro y fosfato roca) están suministrados por la empresa 'Felipe Hernández S.A.'. Para el compostaje se realizaron distintas mezclas con diferentes dosis de los suplementos. Se realizó un seguimiento de los montones observando las variaciones de temperatura y de pH; también se realizaron analíticas periódicas en laboratorio externo.

## Preparación y compostaje de las mezclas

Esta etapa inicial consiste en apilar suficiente cantidad de materia prima para conseguir que el proceso de compostaje se desarrolle; la cantidad necesaria para este proceso es de al menos 25 Tn. Las mezclas que se hicieron fueron:

70% SPCH + 30% sulfato de calcio

80% SPCH + 20% sulfato de hierro

85% SPCH + 15% fosfato roca

70% SPCH + 20% sulfato de calcio + 10% fosfato roca

70% SPCH + 5% fosfato roca + 10% sulfato de calcio + 15% sulfato de hierro

El proceso seguido es mediante pilas de volteo. Utilizando una volteadora se realizan volteos periódicos (semanalmente), controlando las características analíticas durante el proceso. De esta forma, se consigue una

oxygenación del sistema y se evita la compactación. El proceso ha tenido una duración de entre cinco y siete meses, en función de los materiales de la mezcla. Mientras que la mayoría de las pilas tardaron prácticamente lo mismo en ser aptas, la mezcla de SPCH con sulfato de hierro fue la que más tardó en estabilizarse. Empezó con un pH de 2,88 y tardó siete meses en alcanzar un pH 6, que era el aceptable para su uso en el viñedo objetivo.

## Caracterización de las mezclas

La caracterización de las muestras permite controlar el proceso y determinar su finalización. Se ha realizado mediante distintos métodos. pH y conductividad se miden sobre sustrato diluido en agua destilada en proporción 1/5. La determinación de la concentración de los distintos elementos presentes se realiza mediante microondas cerrado (agua regia) e ICP. La Tabla 1 muestra la evolución de la caracterización de las distintas pilas de compost.

## Abonado

Una vez finalizado el proceso de compostaje se seleccionaron dos fincas para proceder a su abonado. En primer lugar, un cultivo de triticale (Triticosecale), que se dividió en dos partes y cada una de estas partes, a su vez, en cuatro zonas. Estas zonas fueron abonadas con 100% SPCH, 85% SPCH + 15% fosfato roca, 70% SPCH + 20% sulfato de calcio + 10% fosfato roca y grupo control. El segundo terreno es un cultivo de viñedo de variedad tempranillo, que se dividió en tres zonas de trabajo,

# transferencia tecnológica

## | fertilización |

siendo cada una de éstas abonadas con 70% SPCH + 5% fosfato roca + 10% sulfato de calcio + 15% sulfato de hierro, 80% SPCH + 20% sulfato de hierro y grupo control.

### Resultados

#### Abonos

Las materias primas utilizadas en el presente proyecto fueron el sustrato de post-cultivo del champiñón (SPCH) y distintos suplementos enriquecidos en hierro, fósforo y calcio. Para que la fermentación aerobia tuviese lugar, se debía contar con una masa suficiente de material (25 toneladas) y un sistema, el de pilas por volteo, que permitiese la aireación periódica de los montones de compost. El proceso tuvo un seguimiento constante, donde se pudieron diferenciar claramente las etapas principales del compostaje (mesófila, termófila, enfriamiento). Gracias a este seguimiento, el proceso de compostaje se desarrolló sin problemas y se obtuvo un compost maduro de aspecto homogéneo, terroso y libre de olores. Y, una vez que el material se encontraba con un 20% de humedad, se puede proceder a su pelletización. El proceso total tuvo una duración de 5–7 meses, por lo que se obtuvo un compost maduro y apto para el cultivo.

#### Cultivos

En la finca de cereal se realizaron las tareas típicas de preparación del terreno para su acondicionamiento, abonado y siembra. Cuando llegó el momento de cosecha del triticale se realizó el rendimiento teórico de este cereal. Los resultados se muestran en la Figura 1.

Como se puede apreciar en la Figura 1, el cultivo del cereal muestra que el SPCH enriquecido solamente con fósforo fue el que mejor resultados obtuvo tanto en rendimiento como en calidad. En el viñedo se realizaron las tareas normales de preparación del terreno para su acondicionamiento y abonado. Cuando llegó el momento de cosecha se realizó el rendimiento teórico. Los resultados se muestran en la Figura 2.

En el cultivo de la viña, el SPCH enriquecido con hierro, calcio y fósforo fue el que mejor resultados obtuvo en cuanto a rendimiento. Pero el

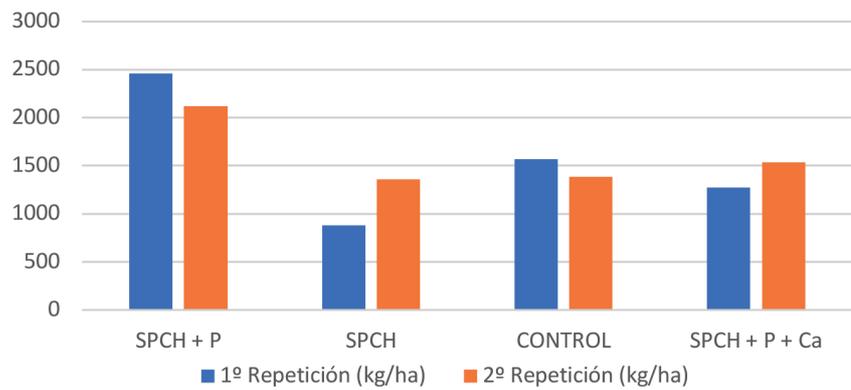


Figura 1. Rendimiento del cultivo de triticale.

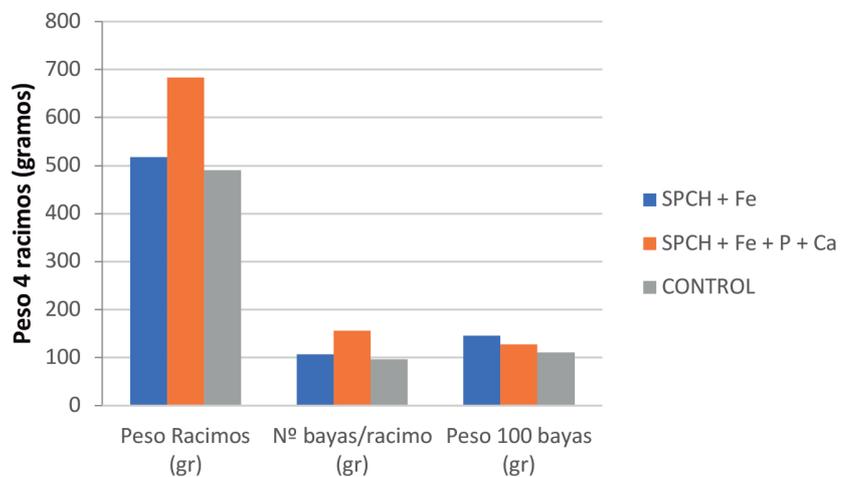


Figura 2. Rendimiento del viñedo.

SPCH enriquecido con hierro solamente mostraba un producto de una calidad mejor.

### Conclusiones

El proceso de compostaje realizado se puede replicar con cualquier otro suplemento que se decidiera utilizar aplicando, en caso de ser necesario, mínimos cambios. Este abono enriquecido y pelletizado que se obtiene es fácilmente dosificado en los distintos cultivos del presente estudio mediante la utilización de una abonadora de uso común en agricultura. Los rendimientos obtenidos en los cultivos usados durante el proyecto han sido positivos. A la vista de los resultados obtenidos en el cultivo de cereal, se está realizando actualmente una segunda fase en la que se van a probar mezclas de

SPCH con distintas concentraciones de superfosfato.

Los resultados de la viña han sido también positivos. Estos resultados han propiciado la realización de una segunda parte en la que se va a probar una mezcla de SPCH con sulfato de hierro.

### Agradecimientos

Proyecto cofinanciado por FEADER, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y Gobierno de La Rioja (proyecto nº 1M/17). FONDO EUROPEO DE DESARROLLO RURAL: "EUROPA INVIERTE EN LAS ZONAS RURALES"