

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2017

MEMORIA DEL PROYECTO Nº SV-16-GIJÓN-1-10 (Prórroga)

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: PRUEBAS DE FERTILIZACIÓN A ESCALA DE LABORATORIO CON DIGESTATO OBTENIDO A PARTIR DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS DE SUPERMERCADO

Investigador/a/es responsable/es: Yolanda Fernández Nava

Tfno: 985182476

E-mail: fernandezyolanda@uniovi.es

Otros investigadores: Leonor Castrillón Peláez, Jesús Avelino Rodríguez Iglesias

Empresas o instituciones colaboradoras: Para la realización de este proyecto se ha contado con el apoyo de la empresa Alimerka S.A., ubicada en Lugo de Llanera. La actividad de la sociedad es la comercialización de todo tipo de productos alimentarios de primeras marcas y de marca Alimerka.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1. Resumen ejecutivo

El objetivo general de la investigación planteada en el proyecto investigación SV-16-GIJÓN-1-10 era demostrar las características fertilizantes del digestato obtenido en la digestión anaerobia de residuos de supermercado. Este objetivo general se desglosaba en los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la dosis óptima de fertilizante para dos especies vegetales comestibles de ciclo de cultivo corto, usando digestato bruto y la fracción sólida del mismo.
- Determinar el tiempo óptimo que debe transcurrir entre la aplicación del digestato a la tierra de cultivo y la siembra de la semilla.
- Determinar el efecto fertilizante residual del digestato mediante la realización de ciclos de cultivo consecutivos.

Las características en cuanto a composición de la fracción sólida de digestato (contenido escaso de nutrientes, que pasan en su mayor parte a la fracción líquida tras el proceso de separación de fases) ha hecho imposible evaluar el efecto fertilizante de dicha fracción.

Durante el periodo de prórroga concedida para este proyecto de investigación, se han realizado ensayos de fertilización con los productos resultantes del tratamiento del digestato generado en el proceso de digestión anaerobia de la mezcla de residuos de supermercado. Estos productos son la estruvita (E) y diferentes mezclas preparadas con estruvita y fase sólida del digestato (FS).

2.2. Tareas realizadas

Selección de la especie objeto de estudio

Se ha seleccionado la especie vegetal Lechuga Batavia (*Lactuca sativa*), ya empleada en las pruebas de fertilización realizadas con digestato bruto y con fertilizante químico comercial dentro del proyecto AGRO-OPTIGAS. La lechuga es una especie que se puede cosechar y consumir durante todo el año, puede cultivarse a partir de semillas, utilizando semilleros y tiene un ciclo de cultivo de 2-3 meses.

Los requerimientos de macronutrientes de la Lechuga Batavia son, según la bibliografía consultada (*Domínguez Vivancos, 1990*)¹ los siguientes: 130 kg N/ha, 40 kg P₂O₅/ha y 205 kg K₂O/ha.

Productos fertilizantes utilizados

Como se ha indicado anteriormente, las pruebas de fertilización se han realizado utilizando estruvita (E) y mezclas de estruvita (E) y fase sólida (FS) del digestato.

Las propiedades de la estruvita como fertilizante han sido demostradas desde los años 60, presentándose como un buen fertilizante de liberación lenta que aporta nutrientes fundamentales como magnesio, nitrógeno y fósforo para la agricultura y la horticultura; además, su contenido en metales pesados es muy bajo, por lo que la posibilidad de contaminación del terreno o de presencia de estos compuestos en los cultivos es baja. (Hidalgo, D, 2014; Hidalgo y col., 2017)².

En el caso de la fase sólida, su bajo contenido en nutrientes reduce enormemente su poder fertilizante. Sin embargo, para tratar de valorizar este producto y evitar que se convierta en un residuo se puede mezclar con la estruvita obtenida, aprovechando el contenido nutricional de ésta y el aporte de carbono orgánico de la fase sólida. Esta mezcla, podría quedar definida como abono órgano-mineral, según la clasificación del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, siempre y cuando se ajusten las cantidades de ambos materiales para que la mezcla resultante cumpla con las especificaciones de alguno de los grupos incluidos dentro de este tipo de fertilizantes.

Ensayos de fertilización

Se han ensayado 3 dosis de estruvita (D1, D2, D3), seleccionadas a partir de los requerimientos teóricos de N encontrados para esta especie. D1 corresponde con la

¹ Domínguez Vivancos, Alonso. El abonado de los cultivos 1990, ediciones Mundi-Prensa.

² Hidalgo, D. (2014) Estruvita: Ese oro blanco procedente de los residuos. Gestión y tratamiento de residuos. FuturEnviro

Hidalgo, D., Martín-Marroquín, J.M., Corona, F., Santiusto, F, y Antolín, G. (2017) Técnicas disponibles para la recuperación de nutrientes a partir de residuos. Revista residuos.

dosis óptima (130 kg N/ha), D2 con un 20% menos de la dosis óptima (104 kg N/ha) y D3 con un 20% más de la dosis óptima (156 kg N/ha).

Respecto a las mezclas de estruvita (E) y fase sólida del digestato (FS), se ensayaron tres mezclas: 60E:40FS; 50E:50FS; 40E:60FS. Estas mezclas cumplen con las especificaciones del abono organo-mineral NP establecidas en el anexo I del Real Decreto 506/2013. La dosis de aplicación empleada corresponde al requerimiento teórico de nitrógeno (130 kg N/ha).

El efecto de liberación lenta de los nutrientes presentes en los productos fertilizantes obtenidos a partir del digestato se estudió en función del tiempo transcurrido entre el abonado y la siembra. Para ello se comparó el efecto del abonado cuando se abona la tierra y se siembra a continuación (t0) y cuando trascurren 15 días entre el abonado y la siembra (t1). Este estudio se realizó sobre las mezclas de estruvita y fase sólida.

Además de los ensayos descritos, se realizó también un ensayo blanco o testigo (T) sin la adición de ningún tipo de fertilizante.

En total se realizaron 10 ensayos, para los cuales se emplearon 10 semilleros de poliestireno reutilizable, de medidas: 35,7x22x6 cm (ancho x fondo x alto) los cuales constan de 24 alveolos de sección cuadrada de dimensiones 5x5x6 cm (ancho x fondo x alto).

La tierra empleada en los ensayos procede de las obras realizadas para la sustitución de las tuberías del sistema de abastecimiento del Ayuntamiento de Bimenes. Le elección de este tipo de tierra se debe al hecho de que se quería comprobar el efecto de los productos fertilizantes ensayados en unas condiciones lo más desfavorables posibles para el cultivo de productos hortícolas. Se evitó, por tanto, usar tierra ya utilizada en cultivo, pues podría contener nutrientes suficientes y el efecto conseguido con los productos ensayados podría resultar difícil de observar.

Durante el tiempo que ha durado el cultivo (8 semanas) se tomaron fotografías con el objeto de realizar un estudio comparativo sobre el crecimiento de las plantas en los diferentes ensayos. Finalizado el período de cultivo, se hizo un recuento de las plantas que se han desarrollado en cada alveolo de los semilleros utilizados para cada ensayo y se cortan todas las hojas de cada una de las plantas obtenidas. El corte se realiza a ras de la superficie de la tierra (sin incluir la raíz, ya que no es parte comestible de la planta). Estas hojas se pesan (peso húmedo) y se secan para ser almacenadas en sobres individuales (uno para cada contenido de un alveolo) hasta la determinación del contenido en metales. Todos los sobres que pertenecen al mismo semillero se guardan en bolsas perfectamente identificadas.

Los resultados alcanzados se analizan en función de la masa promedio por planta y la eficiencia agronómica. A partir de la eficiencia agronómica (E.A.) se pretende cuantificar el efecto producido con la aplicación del producto fertilizante objeto de estudio con respecto al efecto alcanzado con un fertilizante químico comercial, en este caso el NPK

10-5-8, recomendado para cultivos de huerta y que fue utilizado en la investigación anterior. El cálculo de esta eficiencia se realiza según la siguiente fórmula:

$$EA (\%) = \frac{(Masa\ Promedio)_{ensayos} - (Masa\ Promedio)_{fertilizante\ comercial}}{(Masa\ Promedio)_{fertilizante\ comercial}} \cdot 100$$

Finalmente se analizó la presencia de los metales Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) en las plantas cultivadas. Concretamente el análisis se realizó sobre el testigo y sobre el mejor ensayo obtenido con la estruvita, y con la mejor de las mezclas probadas. La técnica empleada en el análisis fue la absorción atómica.

Tratamiento estadístico de los resultados obtenidos

Con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos a partir del peso medio por planta y del cálculo de la eficiencia agronómica, se ha realizado un análisis estadístico básico aplicado sobre las masas húmedas determinadas. La herramienta empleada para el estudio ha sido el programa estadístico IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), empleado a menudo en las ciencias sociales y, de un modo más específico por las empresas y profesionales de la investigación. Se ha llevado a cabo la determinación de varios estadísticos descriptivos, tales como el número de datos válidos, la media aritmética y la mediana, además de la desviación típica para cada caso (ensayo) estudiado. También se ha aplicado el test de Shapiro-Wilk como método de contraste de normalidad para muestras pequeñas ($n < 30$, como es el caso que nos ocupa) y la prueba T para muestras independientes, con el test de Levene como prueba de homogeneidad de varianzas. El nivel de significación fijado para el estudio fue de 0.05.

2.3. Resultados obtenidos

Características agronómicas de la Estruvita y de las mezclas Estruvita y Fase Sólida

En la Tabla 1 se recogen las características agronómicas de la estruvita (secada en estufa a 55°C durante 24 horas) y de las mezclas Estruvita + fase sólida. La fase sólida empleada en las mezclas se utilizó tras ser secada al oreo durante varios días.

Como se ha indicado anteriormente, las mezclas cumplen con las especificaciones del abono organo-mineral NP en lo que se refiere a % N total, % C orgánico, % P₂O₅ y % N + P₂O₅. Sin embargo, en lo que respecta al contenido en metales pesados, se observa que los niveles de Cd en las mezclas superan los límites máximos establecidos en la legislación.

Tabla 1. Caracterización agronómica de la estruvita y de las mezclas estruvita + Fase sólida digestato

Parámetro	Valor			
	Estruvita (E)	Mezcla 1 50E:50FS	Mezcla 2 40E:60FS	Mezcla 3 60E:40FS
Materia seca (%)	63.1	48.2	45.2	51.2
Contenido en carbono orgánico (%)	n.d.	8.3	10.0	6.6
N _T (% masa)	5.7	2.9	2.3	3.4
P ₂ O ₅ (% masa)	28.9	14.5	11.7	17.4
K ₂ O (% masa)	-	0.03	0.04	0.02
N+P ₂ O ₅ (% masa)	-	17.4	14.0	20.9
Metales (mg/kg m.s.):				
Cd	n.d.	5.3	6.4	4.3
Cr	n.d.	5.6	6.8	4.5
Cu	0.01	28.1	33.7	22.5
Zn	n.d.	61.8	74.1	49.4
Ni	0.08	22.5	26.9	18.0
Pb	3.6	50.9	60.4	41.4
Hg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. No detectado (por debajo del límite de cuantificación de la técnica empleada)

Seguimiento fotográfico del desarrollo de los cultivos

A lo largo de los dos meses que ha durado el cultivo de la especie vegetal seleccionada, se han tomado fotografías que permiten una inspección visual del aspecto de los cultivos semanalmente. En las figuras que se muestran a continuación se incluyen también las fotografías realizadas a los ensayos con la mejor dosis de digestato bruto y con fertilizante comercial, obtenidas durante el proyecto AGRO-OPTIGAS.

De forma general los alveolos fertilizados con estruvita y la mezcla de ésta con fase sólida, presentan un aspecto más favorable que aquellos ensayos correspondientes a la mejor dosis del digestato bruto y al fertilizante comercial. El aspecto final logrado en estos cultivos no permite a simple vista concluir con exactitud qué ensayos han resultado ser más satisfactorios. Para ello será necesario recurrir a métodos analíticos que permitan esa determinación.

Durante el seguimiento del crecimiento de las plantas se observó que en la semana 2 desde el inicio de la plantación, las plantas obtenidas al utilizar las mezclas como abono eran ligeramente mayores en las seis combinaciones probadas. Esto puede ser debido a la presencia de carbono orgánico en estas mezclas.



Figura 1. Aspecto de las plantas de lechuga al final del ciclo de cultivo (8 semanas). 1. Digestato Bruto, 2. Fert. Comercial, 3. Testigo, 4. Estruvita D1, 5. Estruvita D2, 6. Estruvita D3, 7. Mezcla 1 t0, 8. Mezcla 2 t0, 9. Mezcla 3 t0, 10. Mezcla 1 t1, 11. Mezcla 2 t1, 12. Mezcla 3 t1

Peso medio por planta y eficiencia agronómica

El peso promedio por planta se calcula a partir de la suma de la masa húmeda de las plantas recogidas en cada ensayo o semillero dividida entre el número de plantas recogidas en el mismo. Se observa que para el mismo tiempo de cultivo, las plantas obtenidas al aplicar los fertilizantes obtenidos en el tratamiento del digestato están más desarrolladas. De las dosis estudiadas de estruvita, la ED2 se corresponde con el mejor ensayo probado para este abono. La dosis 2 de estruvita se corresponde con una reducción del 20% con respecto a la dosis óptima, lo que equivaldría a una cantidad de estruvita añadida de 1.8 t/ha. En cuanto a las mezclas, los resultados obtenidos son muy similares entre sí, lo que indica que las plantas recolectadas en estos semilleros son prácticamente iguales en cuanto a tamaño se refiere.

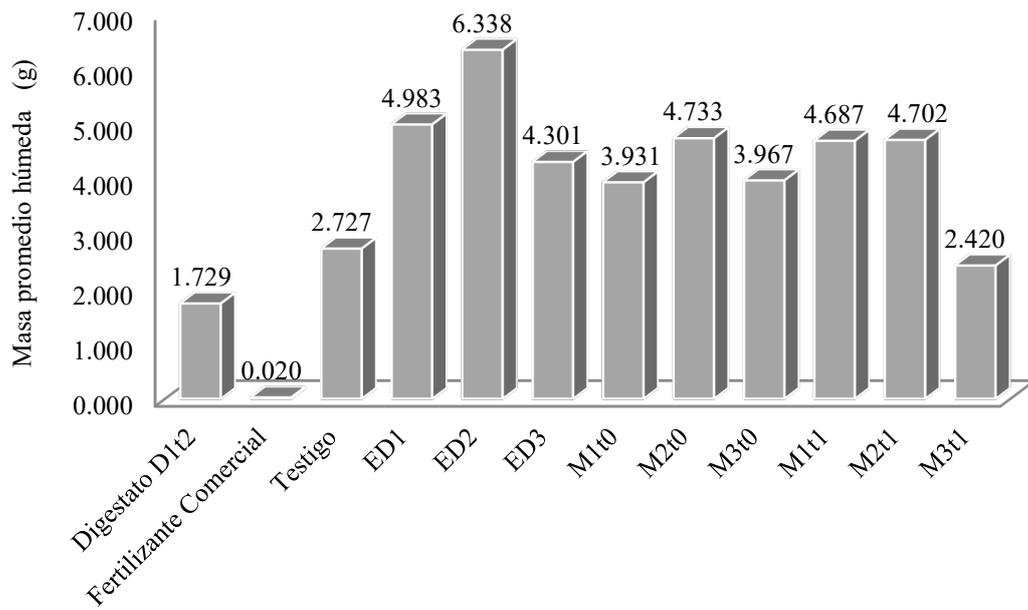


Figura 2. Masa promedio húmeda de los ensayos realizados.

En cuanto a la eficiencia agronómica, los resultados logrados se muestran en la Figura 3. Se observa cómo la dosis 2 de estruvita, presenta los mejores resultados de los ensayos realizados, obteniendo un valor de eficiencia agronómica del 533%. En cuanto a las mezclas se observa que las combinaciones probadas presentan valores similares entre sí, aunque es la mezcla 2, formada por un 40% de estruvita y un 60% de fase sólida, la que mejor comportamiento agronómico presenta. Cabe indicar que las E.A. de esta mezcla asociadas a los tiempos de siembra t0 y t1 son muy parecidas, aunque la M2t0 es ligeramente superior.

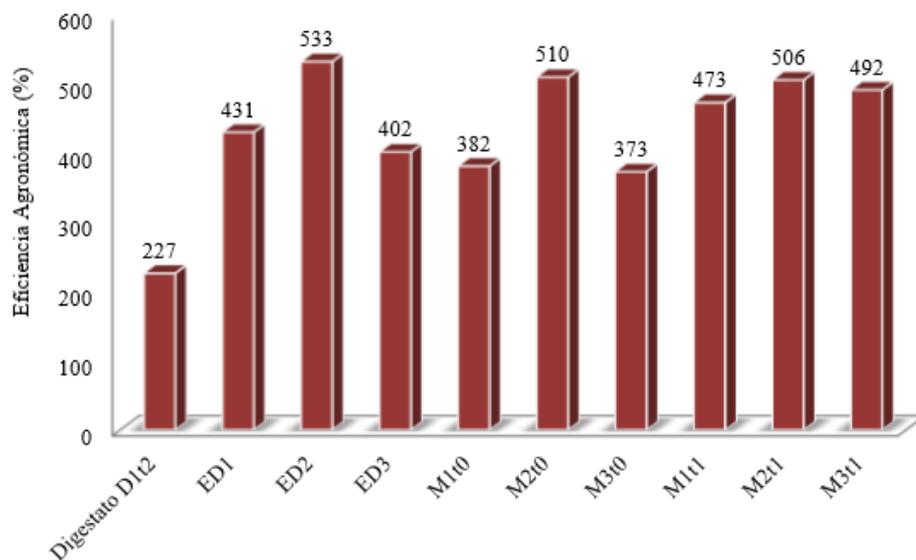


Figura 3. Eficiencia agronómica alcanzada en los ensayos realizados..

Resultados del análisis estadístico

En la Tabla 2 se muestra un resumen estadístico descriptivo del conjunto de valores seleccionados para este estudio, indicando además los resultados logrados al analizar si el comportamiento de las variables numéricas sigue una distribución normal.

Tabla 2. Resumen de los parámetros estadísticos descriptivos.

Ensayo	Nº datos válidos	Media	Mediana	Desviación típica	p-valor (Test Shapiro-Wilk)	Normalidad
T	22	2,98	3,04	0,78	0,65	Si
ED1	22	5,44	5,20	2,52	0,39	Si
ED2	23	6,61	6,90	2,09	0,62	Si
ED3	21	4,92	4,81	2,53	0,82	Si
M1t0	20	4,72	4,95	2,59	0,28	Si
M2t0	23	4,94	5,22	1,68	0,17	Si
M3t0	19	5,01	5,08	2,35	0,80	Si
M1t1	19	5,92	5,88	1,94	0,41	Si
M2t1	18	6,27	6,93	2,52	0,08	Si
M3t1	10	5,81	4,61	3,31	0,18	Si

A la vista de los resultados, se observa que el número de datos válidos, es decir, el número de alveolos en los que se recogió cultivo de cada semillero, es bastante similar entre todos los ensayos analizados, a excepción de M3t1, del que solo se dispone diez datos. Se comprueba aplicando el test de Shapiro-Wilk, que todos los ensayos siguen una distribución normal, dado que el p-valor obtenido para cada uno de ellos es mayor que el nivel de significación establecido previamente, y cuyo valor es de $\alpha = 0,05$. Aceptada la normalidad de todos los ensayos probados, se ha aplicado la prueba T para muestras independientes, contraste que permitirá determinar qué ensayo, estadísticamente, resulta más satisfactorio dentro de los estudiados para cada fertilizante. En el caso de la Estruvita se ha comprobado que el ensayo ED2 es el mejor de los analizados, a efectos estadísticos, resultado que, por otro lado, concuerda con el obtenido a partir de la E.A. En caso de las mezclas, el estudio permite concluir que los ensayos M2t1 y M2t0 son estadísticamente iguales.

Contenido en metales de las plantas recolectadas

El análisis del contenido en metales se ha realizado en las plantas recogidas en el testigo, en el ensayo ED2 y en ensayo M2t0. En el caso de las mezclas, se ha seleccionado este ensayo y no el M2t1 al observarse que el hecho de abonar la tierra con antelación a la siembra no ofrece ninguna mejora.

Los resultados se muestran en la Figura 4, en la que se recoge el contenido en metales de las plantas una vez descontado el valor obtenido en el testigo. Se observa que en las plantas fertilizadas con estruvita únicamente el Pb presenta valores mayores en las plantas obtenidas con este abono respecto al determinado en las plantas sin abonar (testigo).

En las plantas fertilizadas con la mezcla estruvita:Fase sólida (40:60), todos los metales analizados (Cd, Cu, Zn, Cr, Pb y Ni) presentan valores ligeramente superiores a los encontrados en las plantas sin abonar (testigo).

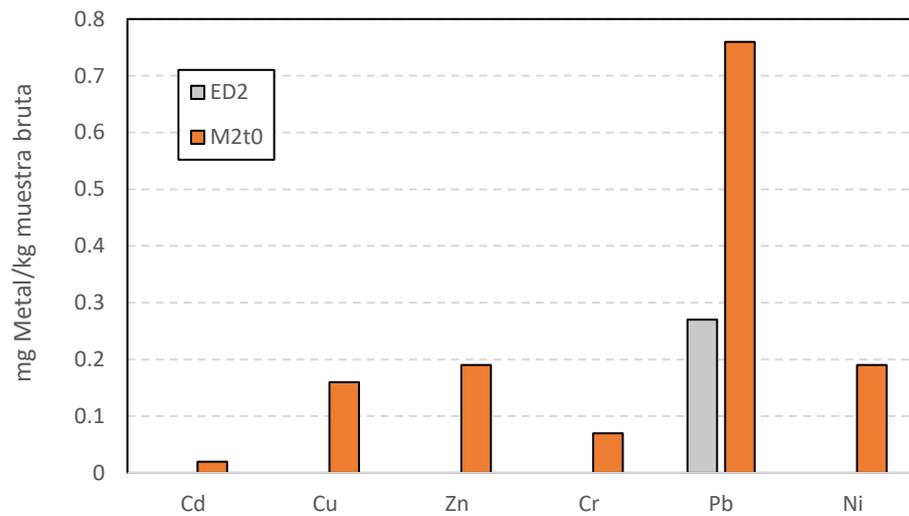


Figura 4. Contenido en metales de las plantas recogidas en los mejores ensayos