



9CFE-1234

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: 978-84-941695-7-1



Estrategias de economía circular para la mejora nutricional de cultivos forestales

GONZÁLEZ-GARCÍA, M. (1), DÍAZ-ACEVEDO, A. (2), COLADO, D. (2), GONZÁLEZ-LA FUENTE, J.M. (3), MEGIDO, L. (3), CORTIJO PANERO, J.A. (4), LÓPEZ FERNÁNDEZ, R. (5), OLIVEROS, A. (6), FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, K. (7), FERNÁNDEZ, I. (8) y MAJADA, J. (1)

(1) FUNDACIÓN CENTRO TECNOLÓGICO FORESTAL Y DE LA MADERA DE ASTURIAS (CETEMAS).

(2) FORESTAL MALLEZA SL. (FORESMA)

(3) COMPAÑÍA PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE ASTURIAS, SOCIEDAD ANÓNIMA UNIPERSONAL (COGERSA SAU)

(4) FERTIBERIA S.A.

(5) CENTRAL LECHERA ASTURIANA

(6) ENCE TERRA

(7) ASOCIACIÓN ASTURIANA DE EMPRESARIOS FORESTALES, DE LA MADERA Y EL MUEBLE (ASMADERA)

(8) ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS FORESTALES DE ASTURIAS (PROFOAS)

Resumen

La sociedad actual genera grandes volúmenes de residuos de distinta naturaleza: urbanos, ganaderos, depuración de aguas residuales... cuyo almacenamiento, gestión y proceso de tratamiento es complejo. El empleo de estos residuos como fertilizante en cultivos forestales ahonda en los conceptos de aprovechamiento de recursos y bioeconomía colaborando con la reducción de la huella de carbono. Este trabajo estudia la implantación de nuevas estrategias de fertilización forestal que incluyen la aplicación de tratamientos con enmiendas procedentes del tratamiento de residuos con un enfoque de economía circular. Se han considerado dos escenarios diferentes: nuevas plantaciones y plantaciones jóvenes, empleando eucalipto globulus como especie de estudio. Las enmiendas empleadas fueron: compost procedente de lodos de depuradora, digestato obtenido de la producción de biogás, purines de vacuno, así como distintos tratamientos de fertilizantes inorgánicos y un control sin ningún tratamiento. En la primavera de 2024 se instalaron un total de cinco ensayos en distintas localizaciones de Asturias centrados en la evaluación de estas enmiendas y su dosificación en los cultivos forestales. En la actualidad se está realizando un seguimiento de la evolución del crecimiento de los árboles, así como la evaluación de distintos parámetros edáficos y foliares para estudiar las mejores estrategias de gestión nutricional.

Palabras clave

Eucalipto, fertilización, bioeconomía, compost, digestato.

1. Introducción

En los últimos años se puede constatar que un alto porcentaje de las plantaciones forestales en el norte de España se encuentran con un estado general y productividad que distan de a su óptimo. Esto es debido a la falta de gestión, que se traduce en un estado general de abandono. También afectan otros factores como el cambio climático y/o la existencia de problemas sanitarios, que inciden negativamente en la productividad de los montes. Esto proporciona un rendimiento mucho más bajo al que potencialmente podrían generar, con los consiguientes efectos negativos desde el punto de vista económico y social,



traduciéndose en un menor porcentaje de ingresos generados en el mundo rural, así como en los efectos ambientales derivados, ya que existe una reducción en la fijación y captura de carbono en estos montes y un mayor riesgo de incendio debido al abandono y a la falta de gestión forestal.

Por otra parte, existe una problemática actual derivada de los volúmenes producidos anualmente de distinto tipo de residuos (urbanos, ganaderos, generados en la depuración de aguas residuales...) cuyo almacenamiento, gestión y proceso de tratamiento es complejo. El empleo de estos residuos como enmiendas o fertilizante en la producción de cultivos forestales ahonda en los conceptos de aprovechamiento de recursos y economía circular y colabora a la reducción de la huella de carbono de la sociedad actual.

Este estudio pretende contribuir a generar una economía sostenible, descarbonizada y eficiente en el uso de los recursos mediante la valorización de los residuos provenientes de varios sectores a través del impulso de la bioeconomía. Estos residuos pueden paralelamente contribuir a la mejora del estado nutricional de las plantaciones forestales, que son en la actualidad, una de las principales fuentes de desarrollo y riqueza del medio rural del norte de España

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es mejorar la gestión nutricional de los cultivos forestales impulsando nuevas estrategias de fertilización que incluyen tratamientos procedentes de economía circular.

3. Metodología

3.1. Descripción de los residuos

La depuración de aguas residuales (i.e., tratamiento de lixiviados) ha supuesto un gran avance a nivel ambiental, pero también surge un problema derivado, como es la generación de lodos. Estos lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) requieren una correcta gestión que está fundamentalmente centrada en su tratamiento y compostaje para poder posteriormente ser valorizados. La aplicación agraria de lodos y biosólidos está reconocida como la opción de gestión más económica y beneficiosa. La Directiva 2008/98/CE se aplica a todos los países de la UE, pero la gestión de los lodos de EDAR y su recuperación para suelos continúa siendo un desafío global. La escasez de explotaciones agrícolas en el norte de España dificulta el aprovechamiento agrario de lodos tratados. En Europa, aunque existe tradición de aplicación agrícola de lodos en algunos países, el sector forestal como mercado potencial es aún incipiente, pero de interés. Países como Suecia, Finlandia, Francia y Portugal son un claro ejemplo de empleo de lodos de EDAR, ampliando así la experiencia contrastada en el uso de biosólidos en plantaciones forestales con fines productivos en Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, etc. La utilidad de algunas de las enmiendas que se pretende emplear en este estudio ya está probada a escala de laboratorio, pilotos o en terrenos degradados o baldíos como escombreras de mina o pastos abandonados en Asturias en cultivos energéticos de ciclo corto (MENÉNDEZ & LOREDO, 2018; CASTAÑO-DÍAZ et al., 2017)) pero no a nivel de ensayos experimentales en terreno forestal empleando especies productivas de turnos más largos.

Por otra parte, la producción de biogás en plantas de digestión anaerobia, además de generar energía renovable, conlleva la producción de un material residual digerido conocido como digestato. Es necesario gestionar adecuadamente este residuo para asegurar la viabilidad del proceso de forma compatible con el medio



ambiente y posteriormente se le debe de dar una salida. Residuos como el digestato se están empezando a aplicar experimentalmente como biofertilizantes en algunos países ya que son productos de valor añadido y es un paso necesario para cerrar el ciclo de los nutrientes, en su avance hacia una industria agroalimentaria sostenible basada en el modelo de economía circular. Estas experiencias, aun en desarrollo, se han realizado en suelos agrícolas (SERRANO et al., 2022; MONTEIRO, 2022) pero no se encuentran ensayos en terrenos forestales a nivel nacional o en el Sur de Europa.

Adicionalmente, el sector agroganadero en el norte de España genera también grandes cantidades de otros residuos orgánicos, como los purines, cuya gestión y almacenamiento es, en muchas ocasiones, un reto por parte de los ganaderos. La utilización de estos purines como fertilizante orgánico permite aportar al cultivo las necesidades nutricionales necesarias, a la vez que ofrece una solución a los acuciantes problemas de excedentes.

Por todos estos motivos, en este estudio se seleccionaron para su evaluación los siguientes residuos: biosólidos o lodos compostados procedentes del compostaje de lodos EDAR, digestato obtenido como subproducto tras la obtención de biogás, y purines procedentes de ganaderías de vacuno de leche próximas a los puntos de aplicación. Todos estos residuos fueron contrastados con tratamientos control sin aplicación de ningún tratamiento, fertilizantes tradicionales (control) y nuevas formulaciones de fertilizantes inorgánicos para poder evaluar su efecto en plantaciones forestales.

3.2. Diseño experimental

Para el diseño experimental de los ensayos se establecieron dos tipologías de escenarios: nuevas plantaciones que se instalaron desde cero donde se aplicó la fertilización de establecimiento y un año después la de mantenimiento (en los tratamientos seleccionados) y plantaciones jóvenes de 1-2 años donde el objetivo era aplicar sólo la fertilización de mantenimiento. En el caso del escenario de nuevas plantaciones se plantearon dos tipos ensayos, uno centrado en la evaluación de los distintos productos y otro focalizado en testar distintas dosis de enmiendas orgánicas sobre el terreno. Los ensayos planteados con sus tratamientos fueron los siguientes:

- **Ensayo de nuevas plantaciones-productos:** se evaluaron distintas estrategias de fertilización orgánica con enmiendas: compost y digestato junto a cuatro tratamientos de fertilizantes inorgánicos ajustados para la fertilización de eucalipto en 2 aplicaciones (plantación y establecimiento) y un control donde no se aplicó ningún producto a modo de testigo.
- **Ensayo de nuevas plantaciones-dosis:** se evaluaron 3 dosis de aplicación de compost, 2 dosis de digestato y un control de fertilizante inorgánico y un control sin aplicación de ningún tratamiento.
- **Ensayo de plantaciones jóvenes-productos:** se empleó finalmente un control, compost, digestato, purines y 3 tratamientos de fertilizantes inorgánicos optimizados para el mantenimiento de la plantación.

El diseño de los tratamientos de fertilización se llevó a cabo tras un análisis exhaustivo de referencias bibliográficas de fertilización forestal y agrícola con enmiendas circulares para los subproductos seleccionados: biosólidos o lodos compostados de depuradora (ABREU-JUNIOR et al., 2017; LOSADA et al., 2007; OUMET et al., 2015; VALDECANTOS et al., 2004), digestato (DOYENI et al., 2021; MANGADO & ZUDAIRE, 2013; BERNAL-CALDERÓN et al., 2011; PANUCCIO ET AL.,

2021; PÉREZ-MATA, 2017) y purines (CASTRO-INSUA et al., 1998; DÍAZ, 2019; SALCEDO-DÍAZ, 2019). Adicionalmente se consideraron experiencias previas de los miembros implicados en este trabajo como el Proyecto Europeo END-O-SLUDG del 7th Framework Programme (2011-2013) y el Programa Misiones Científicas de la Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad del Gobierno del Principado de Asturias (2023).

Se tomaron como referencia los requerimientos nutricionales de plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* (JUDD et al., 1996; VIERA et al., 2016), que fue la especie seleccionada para ser empleada como testigo en los ensayos, adaptados a las productividades del noroeste de España. Para la dosificación de los tratamientos, el nitrógeno fue el elemento de referencia estableciéndose en 100kg N/ha la dosis base. Para la estimación de la dosis ajustada y equivalente de los subproductos por superficie y/o planta fue necesario conocer la composición química de las enmiendas ya que existe variabilidad entre los distintos lotes disponibles. Por ello, se tomaron muestras representativas de los residuos que se iban a aplicar y se enviaron al laboratorio para conocer su composición nutricional. En la *Tabla 1* se pueden ver los resultados de las analíticas realizadas en los subproductos. Como se puede observar existe gran variabilidad en la naturaleza de los subproductos donde su materia seca varía entre el 60% en el compost, siendo un producto prácticamente sólido y el 12% en los purines, que se presentaron en estado líquido. Esto condiciona claramente su aplicación en monte. Además, como ya se indicó anteriormente, en el caso de los purines estos sólo se aplicaron como abono de mantenimiento para plantaciones jóvenes.

Tabla 1. Análisis nutricional de los subproductos.

Variable	Compost	Digestato	Purines
Materia seca (% p/p)	60,3	25,4	11,8
Humedad (% p/p)	39,7	74,6	88,2
N Kjeldahl(% p/p)	1,72	0,9	0,47
N Nitrógeno(% p/p)	<0,30	<0,30	<0,30
N Amoniacal(% p/p)	<0,10	0,14	0,19
P Total (P2O5)(% p/p)	2,75	1,37	0,07
K Total (K2O)(% p/p)	0,33	0,22	0,28
S soluble en agua (SO3)(% p/p)	0,46	0,25	0,03
Cloruros soluble agua (Cl)(% p/p)	0,22	0,12	0,19
C orgánico Total (% p/p)	18,3	9,8	5,2
Materia orgánica Total(% p/p)	31,6	17	9,0
Relación CO/NO	13,8	12,9	18,6
Material Mineral (% p/p)	28,6	8,5	2,7

Para el cálculo de los distintos productos orgánicos y minerales se hicieron cálculos de dosificación en referencia al contenido de nitrógeno total y la materia seca. Por otra parte, para la estimación de las necesidades de purines se empleó la *Aplicación RAX* de CIAM (AGACAL) de la Xunta de Galicia, disponible libremente en su página web con ejemplos de aplicación (GARCÍA-POMAR, 2015) donde se incluyeron datos de referencia del eucalipto en la región, parámetros disponibles en las analíticas de suelo de los ensayos y un coeficiente de eficiencia de aplicación de 0,46 que se corresponde a la aplicación en cobertera, durante la primavera con condiciones regulares. En la Tabla 2 aparecen los cálculos de la dosificación de los distintos tratamientos por cada planta.

Tabla 2. Tratamientos de fertilización y dosificación por escenario y ensayo.

Tratamiento	Descripción	Dosis (kg/planta)
Ensayo nuevas plantaciones productos (1)		
C		0,00
1	Q1	0,25
2	Q2	0,05
3	Q3	0,25
4	Q4	0,25
5	CA	5,30
6	D	10,10
Ensayo nuevas plantaciones dosis (2)		
C		0,00
1	Q1	0,25
2	CA_D1	5,30
3	CA_D2	10,60
4	CA_D3	15,90
5	D_D1	10,10
6	D_D2	15,00
Ensayo plantaciones jóvenes productos (3)		
C		0,00
1	Q1*	0,35
2	Q2*	0,40

3	Q3*	0,25
4	CA	5,30
5	D	10,10
6	P	18,60

1. Los tratamientos fueron ajustados para proporcionar 100 kg N/ha entre la plantación y el mantenimiento para los ensayos de productos.
2. Los tratamientos fueron ajustados para proporcionar 100 kg N/ha entre la plantación y el mantenimiento para la dosis 1, 200 kg N/ha para la dosis 2 (salvo en el digestato que se ajustó a la disponibilidad de producto existente) y 300 kg N/ha para la dosis 3.
3. Los tratamientos fueron ajustados para proporcionar 100kg N/ha aplicado en la fertilización de mantenimiento.*Fertilización de mantenimiento que se aplicará un año después a la plantación en los ensayos de nuevas plantaciones.

En el caso del escenario de nuevas plantaciones se realizó inicialmente la preparación del terreno de forma mecanizada (desbroce y ahoyado) y la plantación manual empleando una densidad de 1100 pies/ha. Por otro lado, para el escenario de plantaciones jóvenes que presentaban una edad de 1-2 años y donde se había aplicado una fertilización tras la plantación de 100 g/planta de 8/24/16 NPK, se llevó a cabo un desbroce de la vegetación entre los árboles para eliminar competencia y facilitar la aplicación de los tratamientos.

La aplicación de los tratamientos (*Figura 1*) de fertilización fue de forma manual salvo en el caso de los purines que se empleó maquinaria agrícola. La aplicación de los fertilizantes inorgánicos se realizó enterrando el producto a los lados de la planta en el caso de las nuevas plantaciones y sobre el suelo en la proyección de la copa en las plantaciones jóvenes. El compost y el digestato se aplicaron alrededor de la planta, pero sin llegar a cubrirla, en ninguno de los escenarios.



Figura 1. Aplicación de los tratamientos de fertilización en los ensayos.

Los emplazamientos para la instalación de los ensayos se seleccionaron del listado de los terrenos disponibles considerando la accesibilidad a la parcela y una pendiente del terreno suave, siempre que fue posible, ya que la aplicación de este tipo de productos implica mover un volumen de enmiendas considerable y en la actualidad, al tratarse de pilotos experimentales, no existe en la región maquinaria disponible con estas características. Por ello se realizaron las aplicaciones de forma manual y empleando maquinaria disponible de otros sectores como el agrícola en el caso de los purines. En el futuro si este tipo de productos dan buenos resultados en cultivos forestales y se constituye como una opción viable de fertilización se considerará el desarrollo de maquinaria específica para una mejor aplicación adaptada a las condiciones de terreno de la región.

Previo a la instalación de los ensayos se tomaron muestras edáficas en las nuevas plantaciones y edáficas y foliares sólo en las plantaciones jóvenes para tener una referencia inicial del estado nutricional de cada ensayo. Adicionalmente también se instalaron las parcelas experimentales dentro de los bloques de los tratamientos en los ensayos y se llevó a cabo la medición del estado inicial en las plantaciones jóvenes, para conocer la situación de partida. Esto permitirá que cuando se haga el seguimiento de los ensayos en los próximos años se tenga una referencia de la situación inicial en los ensayos que ya estaban plantados.

4.Resultados y discusión

Los ensayos se instalaron en primavera de 2024, se realizándose en ese momento la fertilización de establecimiento en los ensayos de nuevas plantaciones y el mantenimiento en las plantaciones jóvenes. En los ensayos de nuevas plantaciones se requerirá en algunos de los tratamientos una fertilización de mantenimiento en primavera de 2025.

En la *Tabla 3* se incluye la información general de todos los ensayos de

subproductos instalados, finalmente fueron 5 ensayos instalados en distintas localizaciones de Asturias: dos ensayos de nuevas plantaciones y tratamientos, un ensayo de dosis y otros 2 ensayos de plantaciones jóvenes y tratamientos. Los ensayos ocuparon una superficie entre 1 y 2 ha. La altitud fue desde los 34 m en el ensayo de Granda 1, a los 444 m del ensayo de Loro en Pravia. Las parcelas de los ensayos de nuevas plantaciones tienen una pendiente prácticamente llana en Granda y llega hasta el 20% en Loro. Por otra parte, la pendiente es algo superior en los ensayos de plantaciones jóvenes, que ya estaban establecidos, en Santa Ana (20%) y Ayones (39%). En la *Figura 2* se puede ver una vista general de los emplazamientos de los ensayos.

Tabla 3. Información general de los ensayos de subproductos.

Escenario	Ensayo	Concejo	Altitud (m)	Pendiente (%)	Orientación	
Nuevas plantaciones tratamientos	Granda2	Carreño	39	5	---	
Loro	Pravia	444	19		SO	
Nuevas plantaciones dosis	Granda1	Gozón	34	3	---	
Plantaciones jóvenes	tratamientos	Ayones	Valdés	388	39	N
Santa Ana	Cudillero	180	21		N	



Figura 2. Emplazamientos de los ensayos: Granda, Loro, Ayones y Santa Ana.

La *Figura 3* muestra un ejemplo del diseño experimental del ensayo de Loro (Pravia). Este ensayo ocupa una superficie de 2 ha y se incluye en el escenario de

nuevas plantaciones donde se evaluaron los tratamientos de fertilización explicados: control, químicos, compost y digestato.

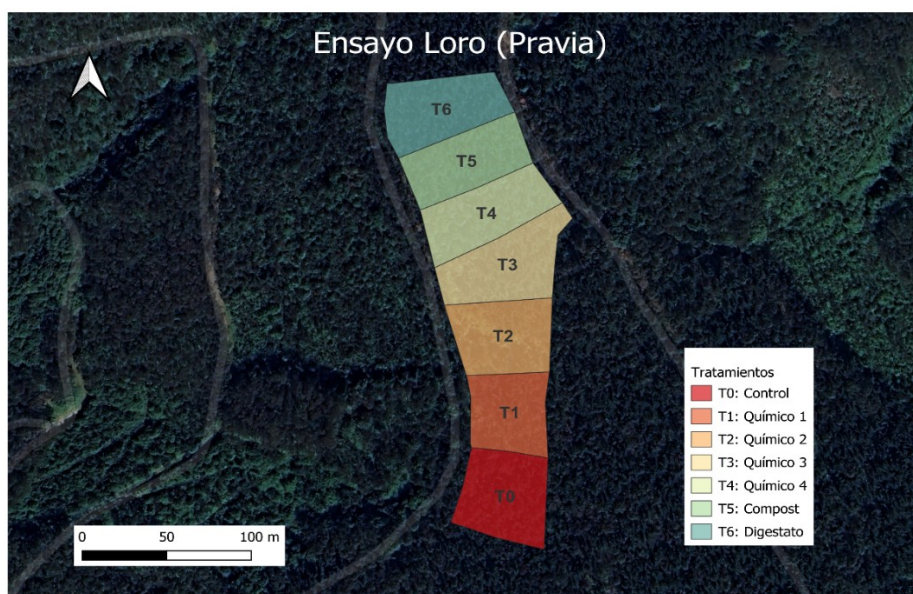


Figura 3. Diseño experimental del ensayo de Loro (Pravia).

A continuación, se muestra un resumen de los resultados de las variables edáficas más características de los ensayos (*Tabla 4*). En estos ensayos nos encontramos ante suelos ácidos medios en el ensayo de Granda 1, ácido fuerte, en Granda 2 y muy ácidos Loro, Ayones y Santa Ana con valores de pH en KCl inferiores a 4. Los niveles de fertilidad en general son bajos en todos los ensayos en P y K y adicionalmente en Mg para Loro, Ayones y Santa Ana. En cuanto a la porosidad/densidad del suelo Granda 2, Loro y Santa Ana resultan muy porosos, mientras que Granda 1 es poroso y Ayones tiene una densidad media. El ensayo de Loro destaca por su alto contenido en materia orgánica (15%), seguido por Santa Ana (8%).

Tabla 4. Resultados de los análisis edáficos en los ensayos.

Ensayo					
Variable	Granda1	Granda2	Loro	Ayones	Santa Ana
Textura USDA	Arcilloso	Fr-Arcill	Franco	Fr-Arenoso	Fr-Arc-Aren
PH en agua (1:2,5) (U_ pH)	6,71	5,71	4,15	4,61	4,12
PH en KCl (1:2,5) (U_ pH)	5,65	4,75	3,43	3,65	3,23
CondElect 25 °C (1:5) (mS/cm)	0,162	0,287	0,349	0,154	0,170
Densidad aparente (g/cc)	1,36	1,25	<0,50	1,41	1,20
MO Oxid (% p/p)	3,42	5,51	14,62	3,35	7,60
N Kjeldahl (% p/p)	0,18	0,23	0,56	0,15	0,28

K Intercambiable (mg/Kg)	95	147	134	30	66
P Disponible (mg/Kg)	<7	<7	<7	<7	<7
Mg Intercambiable (mg/Kg)	1405	469	104	17	57
Ca Intercambiable (mg/Kg)	1808	1167	123	100	100
B asimilable (mg/Kg)	1,1	1,0	1,1	0,7	1,1

Los próximos pasos para poder continuar este estudio serán la evaluación del crecimiento y la realización de análisis foliares de los árboles incluidos en todos los tratamientos de los ensayos que se realizarán en 2025. Esto podrá proporcionar información preliminar acerca de las mejores de las estrategias planteadas sin embargo será necesario hacer un seguimiento más a medio-largo plazo para sacar conclusiones más sólidas acerca de los tratamientos de fertilización que podrían llegar a ser recomendables en plantaciones comerciales de eucalipto.

5. Conclusiones

En este estudio pretende impulsar nuevas estrategias de fertilización forestal que incluyen tratamientos que contribuyen a la economía circular. Este tipo de estrategias están aún en una fase inicial en el sector forestal, aunque existen ya algunas experiencias en el agrícola. La extensión a suelos forestales podría tener muchos resultados positivos, como la recuperación de servicios ecosistémicos y la posterior introducción de actividades productivas en las mismas, la mejora de la productividad forestal, la generación de sumideros de CO₂ en suelos y productos forestales además de valorizar los residuos orgánicos de distintos sectores en el norte de España.

6. Agradecimientos

Los trabajos desarrollados en esta comunicación han sido financiados por el Proyecto de Grupos Operativos de Innovación en Nutrición y Gestión del Eucalipto globulus en Asturias (NUTRIGEST). El proyecto cuenta con financiación de la Consejería de Medio Rural y Política Agraria del Principado de Asturias, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Se agradece también a Iberia SpecAg ICL Growing Solutions la colaboración en los tratamientos de fertilización inorgánica.

7. Bibliografía

- ABREU-JUNIOR, C. H.; FIRME, L. P.; MALDONADO, C. A. B.; DE MORAES NETO, S. P.; ALVES, M. C.; MURAOKA, T.; CAPRA, G. F.; 2017. Fertilization using sewage sludge in unfertile tropical soils increased wood production in *Eucalyptus* plantations. *Jor Env Manag* 203 51-58
- BERNAL-CALDERÓN, M.P., ALBURQUERQUE-MÉNDEZ, J.A.; BUSTAMANTE-MUÑOZ, M.A.; CLEMENTE-CARRILLO, R.; 2011. Guía de utilización agrícola de los materiales digeridos por biometanización. CSIC, 113p, Murcia
- CASTAÑO-DÍAZ, M.; AFIF KHOURI, E.; BARRIO-ANTA, M.; GONZÁLEZ-LAFUENTE, J.M.; MENENDEZ-RODRIGUEZ, J.; CÁMARA-OBREGÓN, A.; 2017. Resultados preliminares: Evaluación de fertilizante orgánico (lodos de depuradora) y químico, para el establecimiento de cultivos energéticos forestales en terrenos baldíos en Asturias, Norte de España. 7º Congreso Forestal Español, Plasencia, 8p, 7CFE01-147,



Cáceres

CASTRO-INSUA, J.; MATEO-CANALEJO, E.; BLAZQUEZ-RODRIGUEZ, R.; 1998. Composición del purín de vacuno de 10 explotaciones lecheras gallegas y estudio de su valor fertilizante para praderas. Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos: Soria, 1998, ISBN 84-7762-831-9 315-319.

DÍAZ, G. S.; 2019. Valor fertilizante del purín según su forma de aplicación. *Vaca pinta* 14 108-124

DOYENI, M. O.; STULPINAITE, U.; BAKSINSKAITE, A.; SUPRONIENE, S.; TILVIKIENE, V.; 2021. The effectiveness of digestate use for fertilization in an agricultural cropping system. *Plants* 10(8) 1734

GARCÍA-POMAR, M.I.; BÁEZ-BERNAL, D.; CASTRO-INSUA, J.; GILSANZ-REY, C.; 2015. A aplicación web RAX de recomendación de abonado con xurro no millo forraxeiro. Utilización de métodos rápidos de análise de xurro. *Afriga* 114 106-114

JUDD, T. S.; BENNETT, L. T.; WESTON, C. J.; ATTIWILL, P. M.; WHITEMAN, P. H. ; 1996. The response of growth and foliar nutrients to fertilizers in young *Eucalyptus globulus* (Labill.) plantations in Gippsland, south eastern Australia. *For Ecol Manage* 82(1-3) 87-101

LOSADA, M. R. M.; SANTIAGO-FREIJANES, J. J.; RODRÍGUEZ, A. R.; 2007. Efecto de fertilización con lodos de depuradora urbana sobre la producción de pasto y el crecimiento del arbolado en sistemas silvopastorales establecidos bajo *Eucalyptus nitens* (H. Deane & Maiden) Maiden. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 22 119-124

MANGADO, J. M.; ZUDAIRE, E.; 2013. Caracterización y valor fertilizante del digestato y de su fracción líquida procedentes de una planta de biogás. Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades. ISBN 978-84-695-6999-3 449-456

MENÉNDEZ, J.; LOREDO, J.; 2018. Evaluating Sewage Sludge Compost: Biofuels Production on Disused Open Pit Mines in Northern Spain. *Int J Sci Environ Technol* 3

MONTEIRO, M. C. H.; 2022. Utilização de digestatos como fertilizantes em solos agrícolas. Projeto INTERREG-0745SYMBIOSISIII3E. Instituto Politécnico de Castelo Branco Escola Superior Agrária. 8p Castelo Branco.

PANUCCIO, M. R.; MALLAMACI, C.; ATTINÀ, E.; MUSCOLO, A.; 2021. Using digestate as fertilizer for a sustainable tomato cultivation. *Sustainability* 13(3) 1574

PÉREZ-MATA, C.; 2017. Comparación del efecto fertilizante de productos derivados del digestato obtenido en la digestión anaerobia de residuos de supermercado. Universidad de Oviedo. 137p, Oviedo.

SERRANO, D. A. S.; RÍOS, P. C.; CASTILLO, M. E. G.; REYNA, V. D. P. A.; BRAVO, A. K. G.; GÁLVEZ, L. R. T.; 2022. Agricultural effect and evaluation of anaerobic digestate of the OFMSW as fertilizer on winter triticales. *Ecosis recur agropec* 9(2) 6

VALDECANTOS, A.; FUENTES, D.; CORTINA, J.; 2004. Utilización de biosólidos en la restauración forestal. Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo, Fundación CEAM. 313-344

VIERA, M.; RUIZ FERNANDEZ, F.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; 2016. Nutritional prescriptions for *Eucalyptus* plantations: Lessons learned from Spain. *Forests* 7(4) 84