FICHA RESUMEN DEL PROYECTO GO AGROSYNGAS

N.º EXPEDIENTE: **GOPG-GR-23-0001**

TÍTULO DEL PROYECTO: **Valorización de biomasa agroforestal mediante peletización y generación térmico-eléctrica por gasificación**

Fecha Inicio proyecto: 01/04/2023 Fecha Finalización: 30/06/2025

1. OBJETIVO

Este proyecto se planteó con el objetivo principal de establecer experiencias de desarrollo experimental y tecnológico para promover el aprovechamiento de biomasa procedente tanto de cultivos energéticos leñosos, con genotipos vegetales mejorados, como de labores silvícolas de pinares. Dicha materia prima, transformada en pellets o astillas, serviría para alimentar un generador de calor (estufa) y un microgenerador eléctrico, previa gasificación, que proporcionen calor e iluminación respectivamente a una experiencia demostrativa en invernadero de hortícolas. Se analizarían en detalle las distintas fases de todo el proceso (cultivo y aprovechamiento en campo, manejo y procesado en fábrica, transformación energética y cultivo hortícola) con el fin de minimizar la huella de carbono y promover la sostenibilidad de todo el sistema. Se incluirían, además, pequeñas actividades anexas como la plantación de matorral de aromáticas, una experiencia de supresión de laboreo en calles de cultivo de arbóreo mediante uso de mantillo de residuos de pinar y el pastoreo ovino en los cultivos energéticos. A todo ello, se uniría el objetivo transversal de promover la colaboración entre empresas e instituciones públicas vinculados con la biomasa en el mundo rural y su divulgación a los sectores socioeconómicos interesados.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS MIEMBROS

Los miembros del consorcio GO AGROSYNGAS y el papel que han desempeñado en el presente proyecto son los que se resumen a continuación:

2.1. Socios beneficiarios

TUBOCÁS S.L

Es una empresa dedica a la fabricación y comercialización de generadores de aire caliente de biomasa, para calentar grandes superficies (granjas, invernaderos, etc.) y de pellets de residuos forestales. Asimismo, se dedica a la elaboración de Proyectos o Planes Técnicos de Ordenación y Planes de Prevención de Incendios de fincas privadas, sí como de organizar, planificar y ejecutar los aprovechamientos forestales que en dichos planes y proyectos se contemplan. **Su papel** ha sido el de la coordinación técnica, así como la coordinación de las actividades A1.1., A1.3, A1.4, A1.7, A2.4, A2.6, A3.1, A3.2, A4.1, A4.4, A5.1, A5.2, A5.3, A5.4, Inf.1, Div.1, Div.3 y Div.4, y la colaboración en las actividades Doc.1, A2.1, A2.2, A2.5, A2.7, A4.3 y Div.2.

VIVEROS PONCELAJARA

Es una empresa dedicada a la producción de plantas de vivero para paisajismo, restauración y reforestación, así como planta agrícola y ornamental. Presta servicios de asesoramiento y gestión a propietarios agrícolas y forestales de la comarca en temas de cultivos y regeneración y manejo de la cubierta vegetal. **Su papel** ha sido la coordinación de las actividades A1.2, A1.6, A2.1, A2.3, A2.3 y A2.7, así como la colaboración en las actividades Doc.1, A1.1, A2.4, Inf.1, Div.1, Div.2, Div.3 y Div.4.

FUNDACIÓN GRUPO CAJAMAR

Es una entidad privada sin ánimo de lucro cuya actividad se centra en la creación de conocimiento y en ponerlo al servicio de la sociedad. Su finalidad es el fomento de la investigación agroalimentaria, la innovación y los estudios económicos, el desarrollo tecnológico, la defensa del medio ambiente y la cultura. **Su papel** ha sido la coordinación de las actividades A4.2, A4.3 y Div.2, así como la colaboración en las actividades Doc.1, Inf.1, Div.3 y Div.4.

UNIVERSIDAD DE HUELVA

Entidad pública dedicada a la docencia y la investigación. En concreto el equipo de investigación de la

Universidad de Huelva pertenece al Departamento de Ciencias Agroforestales con experiencia en ensayos de campo con especies vegetales leñosas, en la cuantificación de la producción de biomasa y la caracterización de su calidad. Asimismo, tiene experiencia en el uso de enmiendas orgánicas en los cultivos que ayudan a mejorar la estructura y grado de humificación del suelo, a la vez que aportan nutrientes minerales y contribuyen al secuestro de carbono. **Su papel** proyecto ha sido la coordinación de las actividades A1.5 y A2.5, así como la colaboración en las actividades Doc.1, A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A1.7, A2.1, A2.3, A2.6, A2.7, A3.1, A3.2, Inf.1, Div.1, Div.2, Div.3 y Div.4.

2.2. Socios colaboradores

AYUNTAMIENTOS DE HUÉSCAR Y DE ORCE

Ambos de la comarca del Altiplano granadino. **Su papel** ha sido la contribución en la divulgación de resultados por su participación en las actividades Div.1 y Div.4, así como la puesta a disposición del proyecto de sus masas forestales para poder llevar a cabo ensayos demostrativos.

VERTEX LIFE S.L.

Es una empresa cuyo origen es la venta de carbón vegetal en el sur de España pero que derivó su actividad a la fabricación y venta de estufas y calderas de biomasa, así como de combustible (pellets, hueso de aceituna). Cuenta con una estrecha colaboración con la Universidad de Granada (principalmente el Departamento de Ingeniería Química) para investigación sobre valorización energética de residuos sólidos. **Su papel** ha sido la colaboración en las actividades Doc.1, A4.1, A4.3, A5.1, A5.2, A5.3, A5.4, Inf.1, Div.3 y Div.4.

BIOFALCÓ S.L.

Es una empresa nacida dentro del marco de la agricultura ecológica, cuya actividad principal es la fabricación y comercialización de abonos orgánicos, sustratos y enmiendas para agricultura ecológica y convencional. **Su papel** ha sido la colaboración en la actividad A1.3.

AG CONSULTORÍA S.C.A.

Es una empresa dedicada a la gestión fiscal, laboral y contable. **Su papel** ha sido el de aportar asesoramiento en tareas administrativas necesarias para la solicitud y el desarrollo del proyecto, en especial la organización de eventos para divulgación de resultados (actividades Inf.1 y Div.1) y la tramitación y justificación de documentación.

AVEBIOM *(Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa)*

Asociación cuya finalidad es la de promover el desarrollo del sector de la Bioenergía en España. Es la unión de los actores principales del sector de la bioenergía que cubren toda la cadena de valor de la biomasa. **Su papel** ha sido la contribución a las actividades Div.3, Div.4 y Div.5.

ANCOS (*Asociación Nacional de Criadores de Ovino Segureño*)

Asociación cuyo objetivo primordial es velar por la pureza y selección de la Raza Segureña, promoviéndose su expansión hasta donde aconseje el interés nacional. **Su papel** ha sido la contribución a las actividades A1.7, Div.3, Div.4 y Div.5.

2.3. Miembro colaborador no socio

DIPUTACIÓN DE GRANADA

Es una entidad que se rige bajo la ley general de las administraciones locales. Dispone de una finca experimental agro-ganadera en Los Morales donde realiza tanto producción como actividades de investigación y desarrollo agrícola y ganadero. **Su papel** ha sido el de poner a disposición del proyecto La Finca "Los Morales" para la implantación de las parcelas demostrativas de cultivos energéticos leñosos.

3. ACCIONES TÉCNICAS REALIZADAS

En la fase documental se realizó una revisión bibliográfica para actualizar información sobre:

- La producción y aprovechamiento de biomasa agroforestal: distintos tipos de biomasa leñosa, sus propiedades energéticas, sus posibles usos, el efecto de su cultivo y aprovechamiento sobre el suelo y la sostenibilidad del sistema, las especies mejor adaptadas a la zona y la posibilidad de establecer programas de selección y mejora.

- El proceso de gasificación de la biomasa: la composición de los gases en cada etapa, el efecto de las variables de proceso y su optimización, los sistemas de filtrado, los equipos necesarios y sus características, así como los costes operativos.
- Los requerimientos energéticos en invernaderos del litoral mediterráneo: las tecnologías existentes y novedosas aplicadas al control ambiental, la demanda energética (calefacción, iluminación y otros equipos), las variables climáticas, el diseño de los invernaderos, etc.

En la fase experimental las principales acciones llevadas a cabo han sido:

- La instalación de nuevas parcelas de demostración de cultivos energéticos leñosos con genotipos seleccionados altamente productivos, a la vez que se continúa con el seguimiento de parcelas instaladas en un proyecto de grupo operativo anterior.
- La selección y conservación de genotipos sobresalientes de *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus pumila* en base a su crecimiento, propiedades morfo-fisiológicas y calidad de la biomasa, así como la creación de un primer banco de germoplasma que permita la producción de propágulos comerciales.
- El testado de la adición de compost vegetales y ganaderos como fertilizantes y mejoradores del suelo en el contexto de una economía circular.
- El establecimiento de parcelas demostrativas en pinar de repoblación de 30 años de edad. Aplicación de tratamientos silvícolas de clara, poda e incorporación de restos al suelo del monte.
- El análisis, en términos de fertilidad y secuestro de carbono, de la evolución de los suelos donde se aprovecha la biomasa.
- El análisis del proceso productivo total (tanto fase de campo de cultivos energéticos y actuaciones en pinar, como procedo de fabricación de pellets) que permita definir y promover las herramientas de gestión sostenible (ordenación, certificación).
- El diseño y fabricación de un generador de aire caliente (estufa) y un microgenerador eléctrico (gasificador de biomasa + generador a gas) para su uso en invernaderos hortícolas.
- El estudio de las necesidades energéticas y aplicación calor y luz (interlighting) a cultivo hortícola en invernadero (en este caso de pepino).
- La divulgación de resultados entre los agentes socioeconómicos de interés.

4. ACCIONES DE COMUNICACIÓN REALIZADAS

Las acciones de comunicación más destacables a lo largo del proyecto han sido las siguientes:

Organización de Jornadas de divulgación entre propietarios agrarios, forestales, viveristas y otros agentes socioeconómicos	
13-04-2023: Divulgación a alumnos del Ciclo Formativo de Grado Superior de Gestión Forestal y del Medio natural del Instituto de Almonte (Huelva).	13-12-2024: Divulgación a propietarios de fincas forestales y dehesas de la Sierra de Huelva.
18-10-2024: Divulgación en Huelva al departamento de biomasa de ENCE (departamentos de adquisición, logística y generación de energía).	05-06-2025: Jornada final en Huéscar. Jornadas de divulgación final en las que se mostraron los resultados obtenidos en todos los ensayos realizados.
27-11-2024: Divulgación a viveristas y equipo I+D+i de de ENCE (Huelva).	
Organización de visitas al ensayo de invernadero y jornada de divulgación en la provincia de Almería	
15-01-2025: Visita proveedores de Carrefour.	13-03-2025: Visita de alumnos de la escuela agrícola de Campomar, del IES de La Compañía de María y del IES Portocarrero.
28-01-2025: Visita delegación de BASF.	21-03-2025: Grupo de agricultores de Rumania.
29-01-2025: Visita comisión agroindustria de CESUR.	27-03-2025: Grupo de agricultores de Bélgica.
31-01-2025: Visita embajada Reino Unido.	22-04-2025: Grupo de periodistas.
04-02-2025: Visita agricultores de Valencia.	23-04-2025: Grupo de alumnos de la universidad de Chapingo (México).
13-02-2025: Visita comisión técnica de Coexphal.	04-06-2025: Jornada final en Almería. Jornadas de divulgación final en las que se mostraron los resultados obtenidos en todos los ensayos realizados.

19-02-2025: Visita FAO.	
Divulgación en congresos, ferias o revistas	
27-09-2024 en Huelva: Divulgación en noche europea de los Investigadores. Jornadas orientadas a la divulgación al público general. (Organiza la UHU)	21 a 23-05-2025: divulgación del GO en la Feria INFOAGRO.
28-11-2024: Divulgación en las Jornadas Agroganaderas de Villanueva de los Castillejos (Huelva). Presentación y divulgación de resultados al sector socioeconómico agrario y forestal (propietarios, empresarios, asociaciones agrarias, ayuntamientos rurales, etc.).	8-07-2025 Participación como ponentes en el Info Day "BBioNets: soluciones biotecnológicas al servicio de la bioeconomía".

5. CONCLUSIONES

- Respecto a los **cultivos energéticos** leñosos en la zona norte de Granada: ***i)*** Tanto algunos clones de *Populus* x *euramericana* (AF2 en este caso), como *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus pumila,* se adaptan bien a las condiciones de crecimiento. Asimismo, es posible seleccionar genotipos sobresalientes de *R. pseudoacacia* y *Ulmus pumila* que mejoran la producción. ***ii)*** Con riego y fertilización se pueden obtener en 49-59 t/ha de materia seca en turnos de 4 años (12-15 t/(ha.año), pudiendo establecer cultivos con ciclos de 16-20 años. ***iii)*** El balance económico de la inversión es favorable, con beneficios a partir del 2º turno de corta (8º año). El balance de emisiones de CO_2 y el de consumo energético resultan también favorables, por tanto, sostenibles en el tiempo y fijadores de carbono. ***iv)*** A partir del 2º año de cada turno se puede pastorear con ovejas para el control de las malas hierbas, por lo que el cultivo se puede considerar de uso múltiple. ***v)*** El suelo evoluciona favorablemente, mantiene (pH, N, P, K, Ca) y mejora la materia orgánica y el C fijado. ***vi)*** La biomasa es de calidad para la producción de pellets según norma ISO 17225-2, de las categorías ENplus A2, B o Industrial.
- Respecto a los tratamientos silvícolas en **pinar de repoblación**: ***a)*** La actuación silvícola bien gestionada en masas de pinar de repoblación conduce a la mejora de la masa forestal y a la conservación y mejora del suelo. ***b)*** El aprovechamiento de los fustes de madera (mayores de 7.5 cm de diámetro), esparciendo sobre el suelo del monte los elementos finos triturados, redunda en el control de la erosión, la mejora de la fertilidad del suelo, el secuestro de carbono y en la prevención de plagas e incendios. ***c)*** El balance energético y de emisiones de CO_2 durante las labores silvícolas es favorable, sin embargo, por tratarse de masas de corta edad (30 años) con árboles de pequeñas dimensiones, el balance económico es deficitario, por lo que se aconseja una línea de ayudas para el tratamiento de estas masas.
- Respecto a la línea de **fabricación de pellets** en fábrica: ***1)*** El consumo de energía más importante tiene lugar en el horno de secado, con cerca del 14%, equivalente a 2436 MJ/kg, con una emisión de 176 kg_{CO2}/t. ***2)*** En cuanto a la granuladora, con un consumo del 1.7 %, tenemos, equivalente a 295.8 MJ/kg y una emisión de 21.3 kg_{CO2}/t. ***3)*** En total, se emiten en torno a 200 kg de CO_2 por tonelada de pellets fabricada en la fábrica y lista para transportar.
- Respecto al uso de la biomasa para **cultivo hortícola** en invernadero: ***i)*** La iluminación LED interlighting aumentó de producción comercial un 2.3% por cada 1% de suplementación de radiación PAR. ***ii)*** El aporte conjunto de calefacción y CO_2 tuvo un efecto positivo significativo sobre la cosecha, aunque menor que la iluminación LED y el descuelgue de las plantas. ***iii)*** El aporte de CO_2 aumentó la eficiencia de uso del agua, en especial cuando se suplementó iluminación LED interlighting. ***iv)*** El mayor consumo energético correspondió a la iluminación artificial, seguido por la calefacción.
- Respecto a la **gasificación** de la biomasa para generación eléctrica: ***a)*** Se pudo diseñar y construir un sistema de gasificación de flujo descendente que genera un gas de síntesis limpio y con bajos niveles de alquitranes, en especial si se usa como combustible pellets de madera de pino. ***b)*** El gasificador tiene una eficiencia del 64%, con un consumo de 3 kg/h de pellets y una relación de equivalencia de aire de 0.22. La composición del gas obtenido fue de 21.47% de CO, 4.42% de H_2 y 2.55% de CH_4.