



"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-  
**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251  
FINAL REPORT



LIFE Project Number  
**LIFE13 ENV/ES/001251**

**FINAL Report**  
Covering the project activities from **01/07/2014 to 31/12/2016**

Reporting Date  
**22/12/2017**

**LIFE + INTEGRALCARBON**

Project Data

<b>Project location</b>	Burgos
<b>Project start date:</b>	01/07/2014
<b>Project end date:</b>	31/12/2016
<b>Total Project duration (in months)</b>	30 months
<b>Total budget</b>	1.253.361 €
<b>Total eligible budget</b>	1.245.411 €
<b>EU contribution:</b>	602.636 €
<b>(%) of total costs</b>	48,08 %
<b>(%) of eligible costs</b>	48,39 %

Beneficiary Data

<b>Name Beneficiary</b>	Universidad de Burgos
<b>Contact person</b>	Dr. Juan Carlos Rad Moradillo
<b>Postal address</b>	Facultad de Ciencias. PI. Misael Bañuelos s/n -09001- Burgos (Spain)
<b>Visit address</b>	Facultad de Ciencias. PI. Misael Bañuelos s/n -09001- Burgos (Spain)
<b>Telephone</b>	+34 947 258 811
<b>Fax:</b>	+34 947 258 831
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:crad@ubu.es">crad@ubu.es</a>
<b>Project Website</b>	<a href="http://www.integralcarbon.eu">www.integralcarbon.eu</a>

1. Listado de Contenidos:	
2. Resumen Ejecutivo.....	3
3. Introducción .....	12
3.1 Descripción de la propuesta, problemas y objetivos .....	12
3.2 Resultados Esperados a Largo Plazo.....	12
4. Parte Administrativa.....	14
4.1 Descripción del Sistema de Gestión.....	14
4.2 Evaluación del Sistema de Gestión .....	15
5. Parte Técnica.....	17
5.1. Progreso Técnico por Tareas.....	17
5.2 Acciones de Diseminación .....	96
5.2.1 Objetivos .....	96
5.2.2 Diseminación: Descripción General por Actividad.....	96
5.3 Evaluación de la Implementación del Proyecto .....	107
5.4 Análisis de los Beneficios a Largo Plazo .....	110
6. Memoria Financiera .....	116
6.1. Resumen de los Costes Incurridos .....	116
7. Lista de Figuras .....	117
8. Lista de Tablas .....	119



	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-  <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
	<p>LIFE13 ENV/ES/001251  <b>FINAL REPORT</b></p>	

## 2. Resumen Ejecutivo

### English Versión

#### Project objectives

The general objective of the project LIFE + Integral Carbon is to capture Greenhouse Gases (GHGs) that are emitted by the agro-food industry, to fix them into soil algal biomass with the use of the nutrients present in their residual effluents, that will be thereafter applied as soil bio-improver, becoming source of plant nutrients and carbon sink in soils.

#### Key deliverables and outputs

The different tasks which have been carried out so far, including the correspondent deliverables are indicators of the project progress. The **Inception Report** included the deliverables of the period 01/07/2014 to 28/02/2015, which were A1.1, A1.2, A1.3, B1.1, B1.2, B2.1, B3.1, D1.1 y D1.2 (Table 1). The **Midterm Report** covered the period 01/07/2014 to 30/09/2015 and the deliverables B2.2, B3.2, C1 (there after renamed as B2.2.a, B3.2.a, C1.1.a). At last, the **Final Report** covers the whole period of project and included the rest of deliverables (D1.3, B2.2.b, B3.2.b, B4.1.a, B4.1.b, B4.2.a, B4.2.b, C1.1.b, C1.2, C1.3.a, C1.3.b, C2.1, C2.2, D1.4, D1.5, D1.6, D1.7, D1.8, E2, E3, E4). All of them are summarized in **Table 1**.

**Table 1** Project deliverables / **Tabla 1**. Entregables del Proyecto

<i>Code/ Código</i>	<i>Name of the deliverable / Nombre del entregable</i>	<i>Action / Acción</i>	<i>Deadline / Fecha</i>
<b><i>Inception Report</i></b>			
A1.1	Action A.1: Report with the methanogenic yield of wastes / Acción A.1: Informe con rendimiento metanogénico de residuos	A.1	30/07/2014 Rev. 30/09/2015
A1.2	Action A.1: Report with the analytical properties of the liquid phase of wastes / Acción A.1: Informe de las analíticas de la fase líquida de los residuos	A.1	30/08/2014 Rev. 30/09/2015
D1.1	Action D.1: Communication and Dissemination Plan of the project / Acción D.1: Plan de comunicación y diseminación del proyecto	D.1	01/09/2014
A1.3	Action A.1: Report of the capability of algae to the residual nutrients / Acción A.1: Informe de aptitud de las algas a los nutrientes residuales	A.1	30/09/2014
B1.1	Action B.1: Report with species of autochthonous algae of each soil / Acción B.1: Informe con las especies de algas autóctonas de cada suelo	B.1	31/10/2014 Rev. 30/11/2016
B1.2	Action B.1: Report with productivity ratios of identified algae in each area to standard growth conditions / Acción B.1: Informe con las ratios productivas de las algas identificadas en cada zona para unas condiciones de crecimiento estándar	B.1	19/03/2015 Rev. 22/12/2017
B2.1	Action B.2: Designs and Budget of the Module of Pretreatment of Wastes (MPW) / Acción B.2: Planos y Presupuesto del Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)	B.2	26/01/2015 Rev. 22/12/2017
B3.1	Action B.3: Design and Budget of the Module of Production of Bio-improver (MPB) / Acción B.3: Planos y presupuesto del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)	B.3	30/10/2014 Rev. 22/12/2017
D1.2	Action D.1: Website / Acción D.1: Página web del proyecto	D.1	30/11/2014 Rev. 22/12/2017
<b><i>Midterm Report</i></b>			
B2.2.a	Action B.2: Report of the tune-up tests of the Module of Pretreatment of Wastes (MPW). 1 <sup>st</sup> Phase / Acción B.2: Informe con ensayos de puesta a punto del Módulo de Pretratamiento de los Residuos (MPR). 1 <sup>a</sup> Fase	B.2	30/10/2015
B3.2.a	Action B.3: Report of the tune-up tests of the Module of Production of Bio-improver (MPB). 1 <sup>st</sup> Phase / Acción B.3: Informe con ensayos de puesta a punto del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB). 1 <sup>a</sup> Fase	B.3	30/06/2015 Rev. 30/09/2015
C1.1.a	Action C.1: First registration of agro-climatic data in the field test from D.O. Uclés / Acción C1: Informe con los datos agroclimáticos representativos en la D.O. Uclés	C.1	30/09/2015



<b>Final Report</b>			
D1.3	Action D.1: Notice Boards report / Acción D.1: Informe sobre los Notice Boards	D.1	30/09/2015
B2.2.b	Action B.2: Report of the tune-up tests of the Module of Pretreatment of Wastes (MPW). 2 <sup>nd</sup> Phase / Acción B.2: Informe con ensayos de puesta a punto del Módulo de Pretratamiento de los Residuos (MPR). 2ª Fase	B.2	19/03/2015 Rev. 30/06/2016
B3.2.b	Action B.3: Report of the tune-up tests of the Module of Production of Bioimprover (MPB). 2 <sup>nd</sup> Phase / Acción B.3: Informe con ensayos de puesta a punto del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB). 2ª Fase	B.3	30/06/2015 Rev. 30/06/2016
B4.1.a	Action B.4: Report of the amount of wastes and gases processed in the winery sector. Module of Pre-treatment of Wastes (MPW) / Acción B4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector vitivinícola. Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)	B.4	19/03/2015 Rev. 30/06/2016
B4.1.b	Action B.4: Report of the amount of wastes and gases processed in the winery sector. Module of Production of Bio-improver (MPB) / Acción B.4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector vitivinícola. Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)	B.4	19/03/2015 Rev. 30/06/2016
B4.2.a	Action B.4: Report of the amount of wastes and gases processed in the dairy sector. Module of Pretreatment of Wastes (MPW) / Acción B4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector lácteo. Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)	B.4	31/12/2016
B4.2.b	Action B.4: Report of the amount of wastes and gases processed in the dairy sector. Module of Production of Bio-improver (MPB) / Acción B.4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector lácteo. Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)	B.4	31/12/2016
C1.1.b	Action C.1: First registration of agroclimatic data in the field test from Valle de Santibáñez (Burgos) / Acción C.1: Informe con los datos agroclimáticos representativos en el Valle de Santibáñez (Burgos)	C.1	31/12/2016
C1.2	Action C.1: Carbon footprint analysis for the substitution of mineral fertilization / Acción C.1: Análisis de la huella de Carbono en sustitución de la fertilización mineral	C.1	31/12/2016 Rev. 30/06/2017
C1.3.a	Action C.1: Carbon fixation monitoring in the soils of D.O. Uclés / Acción C.1: Monitoreo del C fijado en los suelos de la D.O. Uclés	C.1	30/11/2016
C1.3.b	Action C.1: Carbon fixation monitoring in the soils of Ros (Burgos) / Acción C.1: Monitoreo del C fijado en los suelos de Ros (Burgos)	C.1	31/12/2016 Rev. 30/06/2017
C2.1	Action C.2: Report of the economic, environmental and social evaluation of the introduction of sustainable technologies / Acción C.2: Informe de la evaluación económica-financiera del proceso, ambiental y social de la incorporación de tecnologías sostenibles	C.2	31/12/2016 Rev. 22/12/2017
C2.2	Action C.2: Multi-criteria analysis in different context and scenarios. Extending benefits to different areas of the EU / Acción C.2: Análisis multi-criterio en diferentes contextos y escenarios. Extensión de los beneficios a diferentes ámbitos de la UE	C2	30/11/2016 Rev. 22/12/2017
D1.4	Action D.1: Layman's Report / Acción D.1: Informe Layman	D1	31/12/2016
D1.5	Action D.1: Publications produced report/ Acción D1: Informe sobre las publicaciones realizadas	D1	31/12/2016
D1.6	Action D.1: Report on the impact of the positioning carried out by the Community Manager / Acción D.1: Informe sobre el impacto del posicionamiento realizado por el Community Manager	D1	31/12/2016
D1.7	Action D.1: Events attendance report / Acción D.1: Informe sobre la asistencia a eventos	D1	31/12/2016 Rev. 22/12/2017
D1.8	Action D.1: Organised events report / Acción D.1: Informe sobre los eventos organizados	D.1	31/12/2016
E2	Action E.2: Report on networking. Contacts established and commitments made / Acción E2: Informe sobre la red creada. Contactos realizados y compromisos	E2	31/12/2016 Rev. 30/06/2017

	“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b>		
	LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT		
	adquiridos		
E3	Action E.3: Audit Report / Acción E.3: Informe de auditoría	E3	31/12/2016
E4	Action E4: Post-LIFE communication plan / Acción E.4: Plan de comunicación post-LIFE	E4	31/12/2016

A summary of the task performed is shown below.

- Action A1. Characterization of residual effluents.

- Sub-action A1.1 Evaluation of carbonated residual effluents generated in each productive sector.

A visit to Bodegas & Viñedos Fontana (Tarancón, Cuenca) and to the dairy industry Quesos de Sasamón (Burgos) were performed in which the emission points were identified, the first measurements of gases emitted were taken and information on energy consumption, water, raw materials and volume of waste generated were collected. This information has been incorporated into the evaluation of Carbon Footprint in D.O. Uclés. Thereafter, it was applied to the dairy industry Quesos de Sasamón.

- Sub-action A1.2 Evaluation of fluid residual effluents generated in each productive sector.

Samples of liquid effluent and solid waste generated in the wine and dairy industries were analyzed in the UBU. Manure samples of sheep and other livestock wastes, such as pig manure and chicken manure, were also taken, as alternative substrates for the project. Analytical results are shown in the **Deliverable A1.2**. Theoretical methanogenic yield of these wastes was calculated using the computer application DACOMA; a detailed description of the calculation is set out in **Deliverable A1.1**. We concluded that the potential biogas production of the effluents of winery and cheese industry is low being necessary the incorporation of other organic waste such as manure. This does not affect the viability of the project because manure is generated in the whole process of dairy associated industry and also, it is normally used as organic fertilizer in these vineyards. The use of manure is already assumed in wineries and dairy industries and the introduction of this prototype only change the form and moment of its use.

- Sub-action A1.3 Evaluation of the liquid phase of residual effluents as source of nutrients for algae growth.

The residual nutrients of a digestate of agro-industrial wastes, which composition will be quite similar to that which will be generated in the Pretreatment Module of Wastes (PMW), the liquid effluent of dairy industries and livestock slurry, have been used successfully in the growth of soil algae at a laboratory scale. The yields obtained with the use of these liquid wastes, pretreated to flocculate suspended particles and adjust its pH and salinity, were always higher than those obtained using growing culture media for algae, which allows its use in the preparation of bio-improver as it is detailed in the **Deliverable A1.3**.

- Action B1. Production of autochthonous algae.

They have been extracted and isolated 10 strains of soil algae from the initial soil sampling done at the places where algal bio-improver will be applied (sampling also with 1 strain from Coimbra algae collection). The characterization was performed at the morphological level and subsequently by sequencing extracted samples of DNA. Further detail of the results is given in **Deliverable B1.1**. The kinetic study showed that the species with higher growth rates and shorter adaptation are: *Chlorella sorokiniana*, isolated from the soil of the D.O. Uclés and *Oocystis* sp., isolated in soils of Losar de la Vera (Caceres), as it is contained in the **Deliverable B.1.2**. Thereafter, when a change in the place of Project location, samples of *Chlorella* sp. were isolated in soil samples taken at Ros (Burgos), with similar growing rates. A volume of 45 L of inoculum were produced for the Module of Production of Bio-improver (MPB), to start the production process in both locations.

- Action B2. Setting up of the Module of Pre-treatment of Wastes in the Industrial Prototype.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

The Module of Pretreatment of Waste (MPW) in the Industrial Prototype has been redesigned by the company KEPLER Engineering & Eco-management in order to adapt it to process wastes generated by the winery and the dairy industry, both characterized by a high degree of fiber, high dry matter, energy potential and with a processing volume of 40 m<sup>3</sup>; all of it with an automated system that allows the autonomous operation of the module. The detailed description of the MPW design of is provided in the **Deliverable B2.1**. Its installation in Bodegas & Viñedos Fontana (Uclés, Cuenca) was carried out with a delay of three months on the schedule due to the technical modifications that has been introduced.

- Action B3. Setting up of the Module of Production of Bio-improver in the Industrial Prototype.

The Module of Production of Bioimprover (MPB) in the Industrial Prototype has been produced by the University of Valladolid (UVa) from the design described in the P201330932 patent, on which modifications have been made to adapt it to the project. MPB design and budget are described in detail in **Deliverable B3.1**. Such modifications supposed a delay of three months due to the need to optimize energy consumption, ventilation systems, optional lighting, bubblers and flocculation systems.

- Action B4. Use of both prototypes adapting their function to the characteristics of agro-industrial facilities.

- Sub-action B4.1. Adaptation of industries to the Industrial Prototype.

D.O. Uclés has coordinated the participation of the different wineries in the project. Fifty tons of harvest residues have been collected in a semi-buried silo for subsequent processing, and chicken manure was acquired as an organic residue necessary to optimize biomethanation. It has been necessary to build reinforced platform to support the weight of MPW. It was also necessary to reconstruct this platform in the terrains of the ROPULPAT Company in Burgos, improving the perimeter recollection of rainwater and leachates. These activities delayed the operability of MPW for another 3 months due to bad weather conditions.

- Sub-action B.4.2. Operation of the Industrial Prototype in D.O. Uclés (Cuenca).

The installation process and operability of the modules in the D.O. Uclés are set out in detail in **Deliverables B2.2.a** and **b** for the MPW, and **Deliverables B.3.2.a** and **b** for the MPB, in their locations of Bodegas & Viñedos Fontana and ROPULPAT, respectively. Both modules were fully operatives in October 2015 and September 2016. The cumulative delay in this process has been offset by prolonging its operation in Bodegas & Viñedos Fontana until the end of February 2016; in ROPULPAT the Industrial Prototype continues to work. The results of their activity were reported for the winery sector in **Deliverables B4.1.a** and **b** for MPW and MPB, respectively; **Deliverables B4.2.a** and **b**, reported their activity in the dairy sector.

- Action C1. Monitoring of the impact of the project actions.

- Sub-action C.1.1. Monitoring of GHG consumed in the MPB.

Control elements installed on the MPB allowed determining continuously the volume of gases introduced into the MPB, amount of processed digestate, concentration of nutrients, and algal biomass obtained in each production cycle. These data will allow performing a Balance of Carbon fixed into algal biomass and system efficiency, as it is reflected in **Deliverables C1.1a** and **b**, in their locations at D.O. Uclés (Cuenca) and Burgos, respectively.

- Sub-action C.1.2. Carbon footprint in the substitution of mineral fertilization.

There has been done a process of methodological application of the Carbon Footprint, according to UNE-ISO 140644-1: 2006, to the production process in D.O. Uclés and the dairy industry of Quesos de Sasamón and its associated cattle rising of Sotovellanos (Burgos). The **Deliverable C1.2** describes this calculation, after operational and organizational boundaries, calculation formula, and data collection system were defined in agro-industrial activities. In them, direct and indirect sources of Greenhouse Gases (GHG) emissions were taken into account.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

– Sub-action C.1.3. Monitoring of Carbon fixation in soils.

Due to the high variability of the soils in which the application of bio-improver will be performed, mainly in vineyards, a preliminary mapping of the soil is done by mean of their georeferenced electrical resistivity measurement. This activity was subcontracted to the Company AGRAE, which has the equipment necessary to do it. With these data, fields, doses and monitoring points for the application of soil algae bio-improver were chosen. Such monitoring involved to check crop development by the analysis of aerial images in cereal fields of Ros (Burgos), plant sampling, Total C and N quantification, as well, other soil parameters relevant for this Project, such as soil Organic Matter and available nutrient contents. Obtained data were analyzed in detail in **Deliverable C1.3.a** and **b**, for both scenarios: vineyards of D.O. Uclés and field crops in Ros (Burgos).

• Action C2. Monitoring of the socio-economic impact of the project.

– Sub-action C2.1. Economic evaluation of the Project

The economic viability of the project has been carried out taking into account the costs of the prototype implementation, cash flows analysis and its comparison with the investment value, considering the whole cost of the Industrial Prototype, including business benefit and additional costs for bio-improver application. This economic balance is analyzed in detail in **Deliverable C2.1**.

– Sub-action C.2. Multi-criteria analysis in different context and scenarios

In **Deliverable 2.2** a participative financial model between agro-industry and agriculture actors is presented and optimized to reach the economic viability of the Project. Thereafter, this participative financial model and the general acceptance of the Project are discussed using a Multi-task participative procedure by mean of Focus Groups, in which farmers and other agro-industrial actors have participated in both sectors: viticulture and dairy production.

• Action D1. Communication and dissemination actions.

Main dissemination task already made are: regular updating of the project website ([www.integralcarbon.eu](http://www.integralcarbon.eu)), presence in social networks with @IntegralCarbon in Twitter, preparation and installation of Notice Boards in the different centers of beneficiaries and in the proper location of the Industrial Prototype. All of them is compiled in **Deliverables D1.1, D1.2** and **D1.3**. When the Project was finished, an informative **Layman Report** has been elaborated, and as it is described in **Deliverable D1.4**. The activity of the *Community Manager* is summarized separately in the **Deliverable D1.6**. Some of the scientific and technical results of the Project were presented as oral or poster communication in national and international congresses and workshops, published in scientific or technical journals and press released has appeared in many local or regional newspapers, radio or TV programs. A detailed relation of these events, including copies of the articles, is collected in **Deliverable D1.5** and **D1.7**. Finally, a description of the four diffusion events organized in the Project development is shown in Deliverable D1.8. All this information is also summarized in section 5.2 of this **Final Report**.

• Action E1. Project Management and coordination.

During the **KoM of the Project** on 11/07/2014, the partners established the **Consortium Agreement** (annexed in the **Inception Report**) and established the **Steering Committee**. In the Project development, seven different monitoring meetings and other three meetings with Irune Osés from IDOM-NEEMO LIFE TEAM have held, in which all of the Consortium members were present. The minutes of the meetings are included in the **Annex E1.1**.

• Action E2. Networking.

Coordinators of other LIFE Project have been established contact with the coordinators of other projects such as AGROWASTE, LIFE-MANEV, SAVECROPS, REWIND, REGADIOX, WOGAnMBR, GREENDESERTS, OPERACIÓN CO<sub>2</sub>, OPERACIÓN CO<sub>2</sub>, AQUASEF, TL-BIOFERT, as well as the network of the projects REFERTIL and FERTILPLUS of the 7<sup>th</sup> Framework Programme. With them, a total of 17 networking activities were made in Universities, Technological

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

Centers and Spanish Ministry of Economy and Competitiveness. A networking of environmental directors of agro-industries is constituted in collaboration with LIFE projects WOGAnMBR, also coordinated by UBU, and TL-BIOFERTIL. The networking is coordinated by KTO of UBU personnel. All the information of this section is shown in **Deliverable E2**.

### Versión en castellano

#### Objetivos del proyecto

El **objetivo general** del proyecto LIFE+ Integral Carbon es la captura de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son generados en la industria agroalimentaria para, utilizando los nutrientes presentes en efluentes residuales, conseguir su fijación en biomasa de algas edáficas que serán aplicadas posteriormente como biomejorador de suelos constituyéndose en fuente de nutrientes vegetales y sumidero de carbono en los suelos.

#### Entregables y resultados clave

Las diferentes acciones que se han llevado a cabo hasta ahora, incluyendo los entregables correspondientes son indicadores del progreso del proyecto. En el **Inception Report**, se incluyeron los entregables correspondientes al periodo 01/07/2014 al 28/02/2015 (*A1.1, A1.2, A1.2, B1.1, B1.2, B2.1, B3.1, D1.1 y D1.2*), y se muestran en la Tabla 1. En el **Midterm Report**, que abarcaba el periodo 01/07/2014 a 30/09/2015, incorporaba los entregables *B2.2, B3.3 y C1* (posteriormente renombrados como *B2.2.a, B3.2.a, C1.1.a*). Por último, el **Final Report**, que cubre todo el periodo global del proyecto y a los anteriores entregables, añade el resto de los previstos en la propuesta (*D1.3, B2.2.b, B3.2.b, B4.1.a, B4.1.b, B4.2.a, B4.2.b, C1.1.b, C1.2, C1.3.a, C1.3.b, C2.1, C2.2, D1.4, D1.5, D1.6, D1.7, D1.8, E2, E3, E4*). Todos ellos aparecen recopilados en la **Tabla 1** de la sección anterior.

A continuación se muestra un resumen de las acciones realizadas en el proyecto:

- Acción A1. Caracterizar residuos.
  - Sub-acción A1.1 Evaluación de efluentes gaseosos generados en cada sector productivo.

Se realizó una visita a Bodegas & Viñedos Fontana (Tarancón, Cuenca) y a la industria láctea de Quesos de Sasamón (Burgos) en la que se identificaron los puntos de emisión, se realizaron las primeras determinaciones de gases emitidos, así como recogida de información sobre consumos energéticos, agua, materias primas y volumen de residuos generados. Dicha información se ha incorporado a la evaluación de Huella de Carbono de la D.O. Uclés. Con posterioridad se aplicó a la industria láctea de Quesos de Sasamón (Burgos).

- Sub-acción A1.2 Evaluación de efluentes líquidos generados en cada sector productivo.

Los efluentes líquidos y residuos sólidos muestreados en las industrias vitivinícola y láctea fueron analizadas en la UBU. También se tomaron muestras de estiércol de ovino y otros residuos ganaderos como purín de porcino y gallinaza como sustratos alternativos para el proyecto. Los resultados analíticos obtenidos se recogen en el **Entregable A1.2**. Posteriormente y mediante el uso de la aplicación informática DACOMA, se calculó el rendimiento metanogénico potencial de estos residuos; una descripción detalla de los cálculos se recoge en el **Entregable A1.1**. Se concluye que con los efluentes de bodega y de la industria quesera la producción de biogás es baja, siendo necesaria la incorporación de otros residuos orgánicos como estiércol. Esto no influye en la viabilidad del proyecto, al estar el estiércol generado en la actividad agro-ganadera o ser utilizado como fertilizante orgánico habitual en estos viñedos. El insumo del estiércol ya está contemplado en el sector vitivinícola y lácteo; con la implantación de este prototipo lo que se hace es cambiar la forma y el momento de utilizar de este insumo.

- Sub-acción A1.3 Evaluación de la fase líquida de residuos como fuente de nutrientes para el crecimiento de algas.

Los nutrientes residuales presentes en un digestato de residuos agroindustriales, similar en su composición al que se generará en el Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR), así como los efluentes líquidos de industria láctea o los residuos líquidos generados en la actividad ganadera, han

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

sido utilizados con éxito como fuente de nutrientes para el crecimiento de algas edáficas en laboratorio. Los rendimientos obtenidos con el uso de estos residuos líquidos, sometidos a un pre-tratamiento para flocular partículas en suspensión y adecuar su pH y salinidad, han sido siempre superiores a la utilización de los medios de cultivo de algas tradicionales, lo que permite su utilización en el proceso de elaboración de biomejorador, tal como se detalla en el **Entregable A1.3**.

- Acción B1. Producción de algas autóctonas.

Se han extraído y aislado 10 cepas de algas del suelo a partir del muestreo inicial realizado en los suelos donde se realizará la aplicación del biomejorador (además se trabaja con 1 cepa de la algoteca de Coimbra). La caracterización se ha realizado a nivel morfológico y posteriormente se ha secuenciado su ADN para su completa identificación. Los resultados obtenidos se recogen más detalladamente en el **Entregable B1.1**. El estudio cinético mostró que las especies con mayores tasas de crecimiento y menores tiempos de adaptación son: *Chlorella sorokiniana*, aislada de los suelos de la D.O. Uclés y *Oocystis* sp., aislada en los suelos de Losar de la Vera (Cáceres), tal como se recoge en el **Entregable B1.2**. Posteriormente, cuando se produjo el cambio de ubicación del proyecto, también se aisló una *Chlorella* sp. de los suelos de Ros (Burgos) con similares tasas de crecimiento. Se produjo un volumen de inóculo de 45 L que se incorporó al Módulo de Producción de Biomejorador (MPB) para el arranque de su producción en ambas localizaciones.

- Acción B2. Desarrollo del Módulo de Pre-tratamiento de Residuos del Prototipo Industrial.

El Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR) del Prototipo Industrial ha sido rediseñado por la empresa KEPLER Ingeniería y Ecogestión con objeto de adaptarlo al procesado de los residuos generados por las empresas vitivinícolas y láctea, ambos caracterizados por tener un alto grado de fibra, elevado contenido en materia seca, potencial energético y con un volumen de procesado de 40 m<sup>3</sup>; todo ello con un sistema automatizado que permite el funcionamiento autónomo del módulo. La descripción detallada del diseño del MPR se recoge en el **Entregable B2.1**. Su puesta en funcionamiento en Bodegas & Viñedos Fontana (Uclés, Cuenca) se produjo con un retraso de tres meses sobre el calendario previsto debido a las modificaciones técnicas introducidas.

- Acción B3. Desarrollo del Módulo de Producción de Biomejorador del Prototipo Industrial

El Módulo de Producción de Biomejorador (MPB) del Prototipo Industrial ha sido realizado por la Universidad de Valladolid (UVA) a partir del diseño recogido en la patente P201330932, introduciendo diferentes modificaciones para su adaptación al proyecto. Los planos y presupuesto del MPB se recogen de forma detallada en el **Entregable B3.1**. Dichas modificaciones conllevaron un retraso inicial de tres meses debido a la necesidad de optimizar consumos energéticos, sistemas de aireación, iluminación opcional, aireadores y sistema de floculación.

- Acción B4. Adaptación de las industrias y puesta en funcionamiento del prototipo.

- Sub-acción B4.1 Adaptación de las industrias al Prototipo Industrial.

La D.O. Uclés ha coordinado la participación de las diferentes bodegas en el proyecto. Se ha realizado el acopio de 50 toneladas de residuos de vendimia en un silo semi-enterrado para su posterior procesado, así como la adquisición de un residuo de gallinaza para la obtención de la mezcla optimizada para biometanización. Ha sido necesaria la construcción de una solera reforzada para soportar el peso del MPR. Esta última operación tuvo que volver a realizarse en las instalaciones de ROPULPAT en Burgos, incorporando mejoras como un sistema de recogida perimetral de pluviales y lixiviados. Dichas operaciones retrasaron la entrada en funcionamiento del MPR durante 3 meses adicionales dadas las malas condiciones meteorológicas.

- Sub-acción B4.2 Puesta en funcionamiento del prototipo en la D.O. Uclés (Cuenca).

Los procesos de instalación y puesta a punto de los módulos del Prototipo industrial se recogen con detalle en los **Entregables B2.2.a** y **b** para el MPR y en los **Entregables B3.2.a** y **b** para el MPB, en sus emplazamientos de Bodegas & Viñedos Fontana y ROPULPAT, respectivamente. Ambos módulos estuvieron en pleno funcionamiento en Octubre de 2015 y Septiembre de 2016. El retraso acumulado en dicho proceso fue compensado prolongando su funcionamiento en Bodegas & Viñedos



"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-

**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



Fontana hasta finales de Febrero de 2016; en ROPULPAT el Prototipo Industrial sigue en funcionamiento. Los resultados que recogen el funcionamiento de ambos módulos en el sector vitivinícola se recogen en los **Entregables B4.1.a** y **b** para el MPR y MPB, respectivamente; en los **Entregables B4.2.a** y **b** se recoge su actividad en el sector lácteo.

- Acción C1. Monitorización del impacto técnico del proyecto.
  - Sub-acción C1.1 Monitorización de GEI consumidos en el MPB.

Los elementos de control instalados en el MPB permitieron determinar en continuo el volumen de gases introducidos en el MPB, cantidad de digestato procesado, la concentración de nutrientes y la biomasa de algas conseguida en cada ciclo productivo. Estos datos permitieron realizar un Balance del Carbono fijado en biomasa de algas y la eficiencia del sistema que se recoge en los **Entregables C1.1 a** y **b**, para las ubicaciones de la D.O. Uclés (Cuenca) y Burgos, respectivamente.

- Sub-acción C1.2 Análisis de la huella de carbono en sustitución de la fertilización mineral.

La aplicación metodológica del cálculo de la Huella de Carbono según la normativa *UNE-ISO 14064-1:2006*, se ha realizado al proceso productivo de las bodegas de la D.O. Uclés y a la industria láctea Quesos de Sasamón y su ganadería asociada, localizada en Sotovellanos (Burgos). El **Entregable C1.2** recoge dichos cálculos, previa definición de sus límites operacionales y organizacionales, fórmula de cálculo y sistemas de recogida de datos en las industrias. En ellos se consideran tanto de fuentes y emisiones directas, como indirectas, de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

- Sub-Acción C1.3 Monitorización del carbono fijado en los suelos.

Debido a la alta variabilidad que presentan los suelos donde se realizará la aplicación del biomejorador, especialmente en el viñedo, se ha optado por realizar un mapeo de precisión de dichos suelos mediante la medida georreferenciada de resistividad eléctrica. Dichas operaciones se subcontrataron con la empresa AGRAE, la cual disponía del equipamiento necesario para su realización. Se han definido los campos de aplicación y dosis así como el establecimiento de parcelas experimentales que permitieron el monitoreo de la aplicación del biomejorador de algas. Dicho monitoreo ha supuesto el seguimiento del cultivo, con empleo de imágenes aéreas en el caso de los cultivos de cereal de Ros (Burgos), la toma de muestra de planta y la cuantificación de su contenido en C y N totales, así como la determinación de aquellos parámetros del suelo más relevantes para este Proyecto, como son los contenidos de Materia Orgánica del Suelo y de nutrientes disponibles. Los datos obtenidos se analizan en detalle en el **Entregable C1.3.a** y **b**, para los dos escenarios: los viñedos de la D.O. Uclés y los campos de cultivo de Ros (Burgos).

- Acción C2. Seguimiento del impacto socio-económico del Proyecto.
  - Sub-acción C2.1. Evaluación económica del Proyecto

La viabilidad económica del Proyecto se ha evaluado teniendo en cuenta los costes de puesta en marcha del prototipo, el análisis de sus flujos de caja y su comparación con el valor de la inversión, teniendo en cuenta el valor de la inversión, considerando los costes globales del Prototipo Industrial, incluido el beneficio empresarial, los costes de funcionamiento y los derivados de la aplicación del biomejorador. Este balance económico se analiza en detalle en el **Entregable C2.1**.

- Sub-acción C.2.2. Análisis multi-criterio en diferentes contextos y escenarios.

En el **Entregable 2.2**, se describe y optimiza un modelo de financiación participativo entre los actores de la agro-industria y la agricultura, con el objetivo de alcanzar la viabilidad económica del Proyecto. Posteriormente, este modelo de financiación participativo, así como la acetación global del proyecto son sometidos a discusión mediante un procedimiento participativo Multi-respuesta mediante la constitución de Grupos Focales, en el cual participaron agricultores y otros actores de la agro-industria de ambos sectores: viticultura y producción láctea.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

- Acción D1. Comunicación y diseminación de los resultados.

Las principales tareas realizadas han sido la creación y actualización periódica de la web del proyecto ([www.integralcarbon.eu](http://www.integralcarbon.eu)), la presencia en redes sociales en @IntegralCarbon de Twitter, preparación e instalación de Notice Boards informativos en los centros de los beneficiarios asociados del proyecto y en las propias instalaciones donde se ha situado el Prototipo Industrial. Todo ello se recoge en los **Entregables D1.1, D1.2 y D1.3**. Finalizado el proyecto se ha elaborado un **Informe Layman** de carácter divulgativo que se describe en el **Entregable D1.4**. La actividad del *Community Manager*, se recoge separadamente en el **Entregable D1.6**. Además, los resultados científico-técnicos del Proyecto han sido objeto de comunicación oral o póster en numerosos encuentros nacionales e internacionales, objeto de publicación científico-técnica a nivel nacional e internacional, habiendo aparecido numerosas noticias referentes al proyecto en prensa, radio y televisión. La información detallada de estos eventos, así como copia de las publicaciones realizadas, se incluyen en los **Entregables D.1.5 y D1.7**. Finalmente, la descripción de los cuatro eventos de difusión organizados en el desarrollo del Proyecto se recoge en el **Entregable D1.8**. Toda esta información se resume también en el apartado 5.2 de este **Final Report**.

- Acción E1. Gestión y coordinación del proyecto.

Durante el **KoM del Proyecto** celebrado el 11/07/2014, los socios establecieron el **Acuerdo de Consorcio** (ya entregado en el **Inception Report**) y se creó el **Steering Committee (SC)**. A lo largo del desarrollo del Proyecto, el SC ha celebrado 7 reuniones periódicas de seguimiento, así como otras tres reuniones de monitorización con Irune Osés de IDOM – NEEMO LIFE TEAM, en las que todos los miembros del Consorcio estuvieron presentes. Las actas de dichas reuniones y el listado de firmas de asistencia, se incluyen en el **Anexo E1.1**.

- Acción E2. Establecimiento de redes.

Se han establecido contactos con los coordinadores de numerosos proyectos LIFE como son AGROWASTE, LIFE-MANEV, SAVECROPS, REWIND, REGADIOX, WOGAnMBR, GREENDESERTS, OPERACIÓN CO<sub>2</sub>, OPERACIÓN CO<sub>2</sub>, AQUASEF, TL-BIOFERT, así como con las redes de los proyectos REFERTIL y FERTILPLUS del 7º Programa Marco. Con ellos se ha participado en 17 reuniones de networking celebradas en Universidades, Centros Tecnológicos y el Ministerio de Economía y Competitividad. Se ha construido una base de datos a partir de la cual se ha realizado la difusión del proyecto. Se ha establecido una Red de responsables medioambientales de empresas agroalimentarias en colaboración con el proyecto LIFE WOGAnMBR, también coordinado por la UBU, y el TL-BIOFERTIL. La red está gestionada por el personal de la OTRI-OTC de la UBU. Esta actividad ha permitido la participación del grupo UBUCOMP en el proyecto R3-2020 Del Residuo a Recurso, financiado por el CDTI en la convocatoria de 2015. Toda la información referente a este apartado se encuentra recogida en el **Entregable E2**.

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### 3. Introducción

#### 3.1 Descripción de la propuesta, problemas y objetivos

##### **Problema ambiental abordado**

La contribución del sector agro-industrial a la mitigación del cambio climático es una demanda social creciente a la que tienen que hacer frente las empresas del sector, lo que supone la introducción de protocolos específicos de certificación de su huella de carbono. Este proceso no es sólo un balance y una certificación de sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es también una oportunidad para establecer acciones tendentes a minorar o incluso hacer cero dicha huella, así como contribuir a una mejor gestión de sus efluentes residuales.

El Proyecto LIFE+ Integral Carbon plantea un proceso de fijación del CO<sub>2</sub> emitido por las industrias vitivinícola y láctea, en biomasa de algas edáficas mediante la aprovechamiento de los nutrientes presentes en sus efluentes residuales y con objeto de lograr un biomejorador que permita su utilización como fertilizante y como sumidero de carbono en el suelo.

##### **Descripción de la solución propuesta a ser demostrada**

Construcción de un Prototipo Industrial formado por:

- El Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR). Encargado de la transformación de los residuos orgánicos sólidos y líquidos de las industrias en biogás, que será aprovechado energéticamente, y en digestato, que se utilizará como fuente de nutrientes para el crecimiento de algas.
- El Módulo de Producción de Biomejorador (MPB). Encargado de fijar el CO<sub>2</sub> emitido en las bodegas y la industria láctea y exceso de nutrientes residuales en un biomejorador con algas del suelo.

El Prototipo Industrial es transportable de forma que pueda adecuarse a la producción estacional de residuos que caracteriza a los sectores vitivinícola y lácteo. Inicialmente estará en funcionamiento en las bodegas de la D.O. Uclés, para posteriormente ser trasladado a una industria de tratamiento de residuos de la industria láctea erradicada en Burgos.

##### **Resultados esperados y beneficios ambientales**

- El CO<sub>2</sub> capturado y los nutrientes fijados en biomasa de algas contribuirán a mejorar el balance neto de carbono en las agro-industrias.
- La producción de este biomejorador supondrá una disminución de la dependencia que los sectores vitivinícola y ganadero tienen de los fertilizantes minerales, lo que supone un importante coste de producción que comporta emisiones de GEI.
- La aplicación de este biomejorador de algas contribuirá a la fijación de C en el suelo, a incrementar su actividad biológica y tendrá un efecto fertilizante que mejorará los rendimientos de los cultivos disminuyendo las emisiones de GEI.
- Una mejor gestión de los residuos y el aprovechamiento energético del biogás generado permitirán la recuperación de la inversión realizada por las industrias que instalen dicho prototipo industrial.
- La mejora de la huella de C del sector supondrá un valor añadido al producto, lo que mejorará su posicionamiento en el mercado y su mejor valoración por el consumidor.

#### 3.2 Resultados Esperados a Largo Plazo

Tras los periodos de demostración del Prototipo en la D.O. Uclés y en la industria láctea Quesos de Sasamón (Burgos), el Prototipo Industrial permanecerá operativo en este último emplazamiento y sus beneficios económicos y ambientales transferidos mediante un plan de difusión de resultados, entre otras empresas del sector vitivinícola, lácteo y de otros sectores agroalimentarios con similar problemática y aplicabilidad.

Se han realizado gestiones con la Oficina Española de Cambio Climático, dependiente del MAGRAMA, para la inclusión de estas tecnologías como instrumento para la mejora del balance de

	<p align="center"> <i>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-</i>  <b>LIFE+ IntegralCarbon</b>  <i>LIFE13 ENV/ES/001251</i>  <i>FINAL REPORT</i> </p>	
--	---	--

emisiones GEI en actividades agroindustriales. En dichos contactos, la opción de sustitución de la fertilización mineral y sus emisiones directas e indirectas asociadas, fueron identificados como los caminos más susceptibles de consideración para mejora del balance de emisiones GEI.

Han desarrollado acciones de coordinación con otros proyectos LIFE enmarcados en la línea de lucha contra el Cambio Climático en los sectores agrario y agroindustrial para la constitución de un Focus Group sobre esta temática a nivel del Estado Español y su posible inclusión en otros Focus Groups de la European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability (EIP-AGRI).

## 4. Parte Administrativa

### 4.1 Descripción del Sistema de Gestión

#### Acción E1 Gestión y coordinación del proyecto

La implementación de LIFE+ Integral Carbon fue lanzada por la Universidad de Burgos como beneficiario coordinador del proyecto en julio de 2014. La **reunión de lanzamiento (Kick of Meeting, KoM)** se desarrolló el 11 de julio de 2014. Esta reunión fue organizada por la Universidad de Burgos (UBU) en sus instalaciones de C/ Don Juan de Austria nº 1 (*Edificio de Administración y Servicios*). A esta reunión acudieron representantes de todos los socios del proyecto. La UBU como beneficiario coordinador presentó a los miembros del consorcio las características del proyecto, las Disposiciones Comunes de los proyectos LIFE+ que regulan el funcionamiento del programa, así como las obligaciones de informar a la Comisión Europea sobre el avance del proyecto.

Se discutió y acordó el contenido del **Acuerdo de Consorcio** entre los beneficiarios, que fue firmado por todos sus representantes en noviembre de 2014. En el **Acuerdo de Consorcio** se determinan las obligaciones de cada uno de los beneficiarios, las contribuciones al proyecto (propias y de la CE) y se estipulan los diferentes pagos que recibirán los beneficiarios. Una copia del **Acuerdo de Consorcio** fue enviada a la Comisión Europea junto al **Inception Report**.

Se establecieron también los responsables de equipo y roles de las diferentes entidades beneficiarias. Dichos responsables forman parte del **Comité de Dirección** del proyecto (**Fig. 1**), las personas que presiden este Comité de Dirección son Juan Carlos Rad Moradillo (Coordinador técnico) y Miriam Manrique (Coordinadora Administrativa y Financiera), representantes del beneficiario coordinador del proyecto, la Universidad de Burgos. El resto de entidades beneficiarias se encuentran representadas con un miembro de forma permanente en este Comité de Dirección.



Figura 1. Steering Committee (SC).

La **1ª reunión de consorcio** se celebró el 20 de noviembre de 2014, organizada por UBU en sus instalaciones, con la participación de todos los socios y con la asistencia del equipo de monitorización externo de LIFE+ que realizó su **1ª visita de seguimiento** del proyecto. La **2ª reunión**, organizada por Diana Moreno de la D.O. Uclés, se desarrolló el 27 de mayo de 2015 en las instalaciones de Finca “La Estacada” (Tarancón, Cuenca), con la asistencia de todos los beneficiarios, y con el objetivo de coordinar el desarrollo de los prototipos del proyecto y su futura instalación. La **3ª reunión**, organizada por D.O. Uclés en Tarancón (Cuenca) el 14 de septiembre de 2015, se realizó bajo las premisas del beneficiario coordinador (UBU) y en ella se presentó el avance técnico global del proyecto, así como una actualización financiera y económica de los gastos ejecutados. Posteriormente, el 15 de septiembre de 2015 se mantuvo la **2ª visita de seguimiento** del proyecto con el equipo externo de LIFE+. La **4ª reunión** de consorcio tuvo lugar en la ETSIIA de Palencia el 19 de febrero de 2016; en ella se abordaron los problemas para la ubicación del prototipo en la industria láctea de COOLOSAR, buscándose soluciones alternativas. La **5ª reunión** de consorcio se realizó el 5 de julio

de 2016 en la EPS de la Universidad de Burgos, teniendo lugar el día 6 de julio, la **3ª visita de seguimiento** por el equipo externo de LIFE+. Finalmente, el 30 de noviembre de 2016 tuvo lugar la **6ª reunión** de consorcio en la Sala de Juntas de la EPS de la Universidad de Burgos (Campus La Milanera). El listado de participantes y acta de las reuniones se puede encontrar en el **Anexo E1.1**.

Además de las reuniones de consorcio indicadas se han mantenido diferentes **reuniones de trabajo internas** entre los equipo de cada acción para coordinar su ejecución. Estas reuniones se han llevado a cabo 17/07/2014, 24/07/2014, 02/09/2014, 12/09/2014, 25/09/2014, 05/12/2014, 16/01/2015, 20/01/2015, 04/03/2015, 25/05/2015, 03/07/2015, 29/09/2015, 27/10/2015, 13/01/2016, 17/02/2016, 08/03/2016, 07/04/2016, 23/06/2016, 14/07/2016, 27/07/2016, 19/10/2016, 14/11/2016 y 21/12/2016.

El organigrama del proyecto LIFE+ Integral Carbon, junto con los roles de los beneficiarios y las responsabilidades de cada entidad en las tareas en que participa se muestran en la (**Fig. 2**).

El **Project Manager** de LIFE+ Integral Carbon, es Carlos Rad de UBU, beneficiario coordinador del proyecto, siendo el máximo responsable de la correcta gestión y funcionamiento global del proyecto. Además, existe otro miembro clave en la gestión del proyecto, es la **Coordinadora Administrativa y Financiera**, Miriam Manrique, que junto con el apoyo de una consultora externa (inicialmente Quercus IDI, posteriormente EC Innova), es la responsable de la gestión financiera y documental del proyecto.

Los seis beneficiarios asociados son responsables de la coordinación y ejecución de las Acciones preparatorias A.1, Acciones técnicas B.1, B.2, B.3 y B.4, Acciones de monitorización y seguimiento C.1 y C.2, y en las actividades transversales, tanto de comunicación D.1, como de gestión E.1 y E.2, desarrolladas hasta la fecha del presente informe. La coordinación global del proyecto es responsabilidad del beneficiario coordinador UBU, sin embargo cada acción es liderada por un beneficiario. En la **Figura 2** se acompaña un resumen de las acciones y actividades del proyecto, indicando el responsable de su ejecución.



**Figura 2.** Organigrama del proyecto.

#### 4.2 Evaluación del Sistema de Gestión

Las diferentes tareas que han sido ejecutadas en cada una de las acciones, al igual que los informes realizados, se consideran indicadores del progreso del proyecto.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

En lo que a aspectos técnicos se refiere, se han encontrado problemas tanto en la fase de proyecto, como en la fase de ejecución de los prototipos, fundamentalmente debidos a tanto a cambios y mejoras introducidos sobre el diseño original, como a problemas de ejecución, como fueron la negativa de la cooperativa COOLOSAR a ubicar el Prototipo en sus instalaciones. Todo ello obligó a la búsqueda de ubicaciones alternativas, algo que estuvo resuelto en el plazo de un mes, con su instalación en los instalaciones de la empresa ROPULPAT, en Burgos y la participación de la industria Quesos de Sasamón, como agroindustria representativa del sector lácteo. El retraso inicial de 3 meses en la puesta en funcionamiento de los Módulos de Pretratamiento de Residuos (MPR) y de Producción de Producción de Biomejorador (MPB) en Bodegas & Viñedos Fontana (D.O. Uclés, Cuenca), fue compensado alargando su funcionamiento hasta finales de febrero el MPR y mediados de mayo de 2016, trasladando sus elementos ya pre-instalados a Burgos.

La nueva ubicación aceptada por consenso de todos los miembros del Steering Committee, permitió **dar cumplimiento a todos los objetivos del proyecto**, si bien fue necesaria la solicitud de un periodo adicional de cuatro meses, para una adecuada justificación administrativa del proyecto.

### **Comunicación con la Comisión y con el Equipo de Monitorización**

La comunicación con la Comisión ha sido a través de la presentación del **Inception Report**, que recogía las actividades desarrolladas entre 01/07/2014 y 28/02/2015 y que fue enviado el 27 de marzo de 2015 a la Comisión y al Equipo de Monitorización. Se recibió comunicación por parte de la Comisión con motivo de la evaluación del **Inception Report** el 14/05/2015. Posteriormente, se elaboró el **Mid-term Report**, que recogía las actividades del proyecto desde 01/07/2014 hasta 30/09/2015. Finalmente, se presenta este **Final Report**, que abarca todas las acciones del proyecto.

En lo que respecta a la comunicación con el **Equipo de Monitorización** de la Comisión asignada al proyecto, Dña. Irune Osés (IDOM NEEMO LIFE TEAM), ha sido en todo momento muy fluida entre Miriam Manrique (*Coordinadora Administrativa y Financiera*) tanto vía email como vía telefónica. Cualquier duda o consulta han sido atendidas rápidamente y eficazmente por cualquiera de las dos vías citadas.

Se han mantenido **3 reuniones de seguimiento** presenciales con el equipo de monitorización:

- La **1ª reunión** fue el 20 de noviembre de 2014 en Burgos, a la que asistió Dña. Irune Osés, donde nos expuso las recomendaciones generales en cuanto a los aspectos administrativos y financieros.
- La **2ª visita de seguimiento** tuvo lugar el 15 de septiembre de 2015 en Tarancón (Cuenca). En esta visita se repasaron los comentarios recibidos en el **Inception Report**, recomendaciones generales para futuras elaboraciones de informes (**Mid-term Report**) y el avance técnico del proyecto, con la visita a la instalación de Bodegas & Viñedos Fontana donde se ubicaban los prototipos.
- La **3ª visita de seguimiento** tuvo lugar en Burgos, el 6 de julio de 2016, en el curso de la cual la monitorea fue informada de los cambios surgidos en el desarrollo del proyecto, se visitaron las instalaciones del Prototipo en ROPULPAT (Burgos) la monitorea informó de las condiciones de la Comisión para una correcta justificación del proyecto y la elaboración del correspondiente **Final Report**.



## **Acción A1 Caracterizar residuos**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/07/2014                      Fecha finalización 30/09/2014
- Actual: Fecha de inicio 01/07/2014                      Fecha finalización 31/12/2014

### Objetivo

Definir las propiedades físicas y químicas de los residuos generados en las agroindustrias vitivinícola y agroganadera, cuantificar sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y evaluar su potencial aplicación en el cultivo de algas edáficas.

### Sub-acción A1.1 Evaluación de efluentes gaseosos generados en cada sector productivo

#### Descripción de las actividades desarrolladas

El desarrollo técnico del proyecto comenzó con las visitas a las instalaciones agroindustriales donde se desarrollará el proyecto por parte de investigadores, perteneciente al grupo UBUCOMP (Universidad de Burgos) y del grupo TADRUS (Universidad de Valladolid). El primer desplazamiento, en el que también estuvieron presentes técnicos de CTAEX, se realizó a Losar de la Vera (Cáceres) el 17 de Julio de 2014. En él se realizó una visita a una industria láctea de fabricación de queso perteneciente a la cooperativa COOLOSAR, una instalación ganadera y campos de cultivo de agricultores asociados a dicha cooperativa (**Fig. 3**).



**Figura 3.** Instalaciones de combustión y medida de emisiones de GEI en las instalaciones de la fábrica de quesos COOLOSAR en el polígono industrial de Losar de la Vera (Cáceres).

El segundo desplazamiento tuvo lugar el 24 de Julio de 2014 a Fuente de Pedro Naharro (Cuenca), donde en compañía de la técnico Maribel Hernández se visitó la bodega Bodegas & Viñedos Fontana incluida en la D.O. Vinos de Uclés, así como sus viñedos asociados (**Fig. 4**).



**Figura 4.** Panel de control del sistema de enfriamiento del mosto y determinaciones de gases GEI en las instalaciones de Bodegas & Viñedos Fontana, D.O. Uclés (Cuenca).

En el curso de la realización de estas visitas se abordaron las siguientes operaciones:

- La identificación de los puntos de emisión de gases de las instalaciones y una primera determinación con sonda portátil de medida de gases (CO<sub>2</sub> y CO) y temperatura, Marca TESTO proporcionada por el grupo TADRUS (UVA).
- La recogida de los datos de consumos energéticos, agua de proceso, materias primas así como de los volúmenes de residuos sólidos generados, y que fue proporcionada por los responsables de la gestión de las instalaciones: Cándido Barrera gerente de la cooperativa COLOSAR y Maribel Hernández, técnico de Bodegas & Viñedos Fontana.
- También se analizaron los posibles puntos de captación de dichas emisiones que permitieran su posterior utilización en el proceso de producción de algas.

Tras la negativa de COLOSAR a permitir la instalación del Prototipo Industrial en sus terrenos, tuvo lugar un encuentro con Miguel Sadornil, gerente de Quesos Sasamón, que mostró sus instalaciones en el Polígono Industrial de Villalonquejar (Burgos). Se realizó una primera toma de datos de consumos energéticos, agua y materias primas por parte de Carlos Rad, Gonzalo Salazar (UBU) y Jorge Miñón (UVA) el 26 de febrero de 2016. Posteriormente, el 15 de abril de 2016, personal de la UBU (Carlos Rad y Rocío Losada) visitaron al proveedor de leche de la quesería, Roberto Andrés, en Sotovellanos (Burgos), donde se visitó la explotación de ganado vacuno y una recogida inicial de datos de funcionamiento de la misma.

Esta información, el grupo TADRUS (UVA) realizó un primer balance de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las instalaciones de Bodegas & Viñedos Fontana, industria donde tiene lugar la primera instalación de los prototipos, y constituyó el punto de partida para la evaluación del impacto del proyecto LIFE+ Integral Carbon sobre la mitigación del Cambio Climático. Dicha evaluación constituye formó parte de la acción C1, de impacto técnico del proyecto, realizada según la norma "UNE-CEN ISO/TS 14067: 2015, Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación y comunicación". Cuatro bodegas de la D.O. Uclés consiguieron certificar en 2016 su huella de C con la empresa AENOR, en cuyos trabajos de certificación colaboró el Grupo TADRUS de la UVA. Tras el traslado de los prototipos a las instalaciones de ROPULPAT en Burgos, se realizó una segunda evaluación del impacto del proyecto LIFE+ Integral Carbon en la industria láctea, tomando para su estudio los datos proporcionados por la empresa Quesos Sasamón sobre sus instalaciones en el Polígono Industrial de Villalonquejar y los proporcionados por Roberto Andrés, la ganadería de la que proviene la leche que es procesada en la industria láctea.

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

Responsable de la realización:

Grupo TADRUS, Universidad de Valladolid

Problemas y retrasos

No han existido problemas en la realización de esta acción. Se contó en todo momento con una buena colaboración de las industrias implicadas, tanto de Bodegas & Viñedos Fontana (Fuente de Pedro Naharro, Cuenca) como posteriormente de Quesos Sasamón y del ganadero Roberto Andrés, que siempre han proporcionado aquellos datos relativos a sus industrias que se les han demandado. La acción se considera finalizada.

Comparación con los resultados previstos

Las determinaciones de las emisiones gaseosas se han realizado con un medidor portátil de CO<sub>2</sub> y CO; las fuentes de combustión de ambas empresas son sendas calderas de gasóleo que se emplean en la limpieza de las instalaciones e higienización de los productos. La determinación de emisiones está dentro de los rangos previstos para calderas industriales de esas potencias de trabajo por lo que la evaluación de gases GEI emitidos puede derivarse de forma correcta a partir de los consumos anuales de carburante.

Sub-acción A1.2 Evaluación de efluentes líquidos generados en cada sector productivo

Descripción de las actividades desarrolladas

Se realizó un primer desplazamiento a Losar de la Vera (Cáceres) el 17 de Julio de 2014 por los investigadores del grupo UBUCOMP (Universidad de Burgos) y TADRUS (Universidad de Valladolid), ya reseñado en la sub-acción anterior, en el que se realizó también un muestreo de los efluentes líquidos de la quesería, fundamentalmente suero y aguas de limpieza, así como la recogida de estiércol de una explotación de ganado caprino del grupo COOLOSAR. Posteriormente, tras la visita realizada el 26 de febrero de 2016 a las instalaciones de Quesos Sasamón, la empresa proporcionó las analíticas de los efluentes líquidos y que son objeto de un control periódico (**Fig. 5**).



**Figura 5.** *Visitas realizadas a las instalaciones de Quesos Sasamón en Burgos y a la ganadería de Roberto Andrés en Sotovellanos (Burgos).*

Durante la visita realizada el 24 de Julio de 2014 a la empresa Bodegas & Viñedos Fontana, no fue posible el muestreo de efluentes líquidos al encontrarse en parada productiva, por lo que dicha visita se repitió el 18 de Septiembre de 2014, en pleno proceso de vendimia y fermentación del mosto, momento en el que se tomaron diferentes residuos de la producción vitivinícola como restos de raspón, vinazas dulces y hollejos y elementos flotantes del sombrero que se produce en la fermentación del mosto (**Fig. 6**).



**Figura 6.** Muestras de los residuos producidos en Bodegas & Viñedos Fontana (Cuenca): Recepción y procesado de la uva. Residuos muestreados: **a.** Raquis de uva seco y triturado; **b.** Vinazas dulces decantadas; **c.** hollejos obtenidos del sobrenadante del depósito de fermentación.

Durante el mes de Julio de 2014 también se recogieron también muestras de diferentes explotaciones ganaderas en la provincia de Burgos, como purines de una granja de cerdos o gallinaza de una granja avícola. Por su tipología son explotaciones que también se encuentran presentes en las zonas de estudio, cuyos residuos son bastante utilizados en digestión anaerobia y tienen unas composiciones bastante homogéneas que pueden ser extrapoladas a un buen número de granjas.

El objetivo es que este tipo de residuos orgánicos puedan ser incorporados a la mezcla para digestión anaerobia en el caso de aparecer dos contingencias ya contempladas en la memoria del proyecto:

- No disponer de suficiente cantidad de residuo generado en la agroindustria para mantener en funcionamiento el proceso de digestión anaerobia
- Que dicho residuo no tuviera las propiedades requeridas en cuanto a contenido de materia orgánica fermentable como para maximizar la producción de biogás.

#### Responsable de la realización:

Las muestras de residuos orgánicos recogidas fueron analizadas durante los meses de Julio y Septiembre de 2014 por el grupo UBUCOMP de la Universidad de Burgos, excepto las muestras recogidas en la bodega el 18 de Septiembre de 2014, que fueron procesadas durante el mes siguiente. Una descripción más amplia del trabajo realizado y los resultados detallados de las analíticas realizadas se encuentran recogidos en los siguientes informes:

- **Entregable A.1.2 – Acción A1: Informe de analíticas de fase líquida de residuos.** Realizado por el grupo UBUCOMP
- **Entregable A.1.1- Acción A1: Informe con rendimiento metanogénico de residuos.** Realizado por el grupo TADRUS de la Universidad de Valladolid, que empleando la aplicación informática DACOMA desarrollada por ellos, han obtenidos los rendimientos metanogénicos correspondientes a residuos orgánicos de dichas características.

#### Problemas y retrasos

Las analíticas de los efluentes y residuos agroindustriales muestreados en julio fueron analizados durante el mes de septiembre no incurriendo su realización en ningún retraso con respecto a la fecha de finalización. El muestreo de residuos de producción vitivinícola fue realizado cuando se inició su producción dado su carácter estacional. Las analíticas fueron finalizadas durante el mes de octubre lo cual supuso un retraso que no ha tenido consecuencias negativas en la realización del proyecto.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### Comparación con los resultados previstos

De los datos obtenidos se desprende que la carga orgánica biodegradable presente en los efluentes líquidos tanto suero de la industria láctea como vinazas de la bodega es baja por lo que su rendimiento metanogénico no será suficiente para alimentar el módulo de digestión anaerobia; sin embargo, su mezcla con residuos sólidos como los estiércoles de ovino o gallinaza con altos porcentajes de materia seca biodegradable permitirá mejorar los rendimientos de producción de biogás. Este hecho puede incidir de forma diferente dependiendo de la agroindustria en la que incorpore el proyecto:

- En el caso de la industria vitivinícola, si bien dichos residuos no son generados en el proceso de producción, sí son habitualmente utilizados en las labores de fertilización como abonado de fondo de la viña, con dosis de aplicación de 30 t/ha cada 3-5 años, dependiendo de la gestión de la bodega.
- En el caso de la industria láctea, estos residuos ganaderos son parte de su ciclo productivo, por lo que su utilización en el proyecto contribuirá a un mejor reciclado de los mismos ya sea mediante su transformación en biogás y su aprovechamiento energético, o bien generando un biomejorador de suelos.
- La instalación del Prototipo Industrial en ROPULPAT, al ser una instalación dedicada a la gestión de residuos agroindustriales, entre ellos los de la empresa Quesos de Sasamón, ha supuesto un mejor control de las cantidades, composición y un permanente acopio de los mismos.

***Estas modificaciones y retrasos no afectan a los resultados globales del proyecto, ni han demorado la puesta en marcha de otras acciones en el proyecto.***

### Sub-acción A1.3 Evaluación de la fase líquida de los residuos como fuente de nutrientes para el crecimiento de algas

#### Descripción de las actividades desarrolladas

Durante el mes de Julio de 2014 se comenzó también el ensayo de la aptitud de las algas para crecer utilizando como fuente de nutrientes aquellos presentes en un digestato de industria alimentaria. Como en esas fechas todavía no se había conseguido el aislamiento de especies de algas edáficas, se utilizó inicialmente una cepa proporcionada por la Algoteca de Coímbra (Portugal); la especie elegida fue *Chlorella vulgaris* dado que es una alga de amplia distribución tanto en suelos como en medios acuáticos y que existían referencias de su utilización en procesos de depuración (Ver revisión de Wang y col. 2010. Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant. *Appl Biochem Biotechnol* 162: 1174-1186).

El digestato empleado fue proporcionado por la empresa KEPLER Ingeniería y Ecogestión obtenido por digestión anaerobia con separación de etapas a partir de residuos y destríos procedentes de una industria de transformación agroalimentaria localizada en Burgos, MATUTANO (Grupo PEPSICO), dada su elevada similitud con los digestatos que será necesario tratar en el proyecto al estar obtenido con un sistema de digestión anaerobia similar.

Para la realización del proceso de crecimiento de las algas se habilitó un espacio como cámara de cultivo de algas en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos (**Fig. 7**). La experiencia consistió en un ensayo realizado en fotobiorreactores por triplicado utilizando un cultivo de la cepa del alga *Chlorella vulgaris* ACOI 879-I, proporcionada por la Algoteca de Coímbra (Portugal), al que se adicionaron dosis crecientes de digestato: 3,3 (FLD1), 7,2 (FLD2) y 8,6 mL d<sup>-1</sup> (FLD3).

#### Problemas y retrasos

Dada la dificultad del aislamiento y purificación de algas del suelo, no fue posible la utilización de especies de algas aisladas de las muestras de suelo al comienzo del desarrollo del proyecto. En su lugar se empleó un alga con potencial crecimiento en efluentes residuales, hecho ya contemplado en la memoria del proyecto.



**Figura 7.** Imagen de los diferentes fotobiorreactores donde se realiza el cultivo de algas en condiciones controladas de iluminación y con adición de dosis crecientes de digestato de efluentes de la industria alimentaria.

La carencia de digestato producido por tratamiento anaerobio de los residuos de la industria vitivinícola o láctea fue suplida con digestato obtenido con residuos orgánicos procedentes de otra industria alimentaria. Al estar sometidos al mismo proceso de digestión anaerobia, sus características físico-químicas serán previsiblemente similares a los que se producirán en el funcionamiento del prototipo del proyecto.

#### Responsable de la realización:

Los ensayos de aptitud de las algas a los efluentes residuales de agroindustria y las analíticas de los parámetros de seguimiento del proceso: pH, conductividad eléctrica, producción de algas, concentración de COT-NT y nutrientes fueron realizados por el grupo UBUCOMP de la Universidad de Burgos.

#### Comparación con los resultados previstos

Los digestatos de industria alimentaria o directamente los efluentes líquidos tras un proceso adecuado de clarificación, tiene las características necesarias para suplir de nutrientes como N y P a un cultivo de algas, lo cual garantizará el funcionamiento del proceso de producción de algas tanto en la industria vitivinícola como en la industria láctea. A dicho proceso se pueden además incorporar otros efluentes residuales como purines ganaderos en periodos de baja producción de digestato, lo cual garantiza la operatividad del proyecto, de una forma continua, durante todo el periodo previsto y en escenarios adversos, como pudiera ser un mal funcionamiento del proceso de digestión anaerobia. Los resultados obtenidos, que aparecen recogidos de una forma más completa en el **Entregable A.1.3 – Acción A1: Informe de aptitud de las algas a los nutrientes residuales**.

Posteriormente y con muestras de algas aisladas del suelo, también se han evaluado la aptitud de muestras de suero y purines de ganado porcino caracterizados en la acción anterior, para el crecimiento de algas como alternativa al uso de digestatos. Los resultados obtenidos muestran también una buena aptitud de ambos efluentes para el cultivo de algas, por lo que se concluye que ambos efluentes residuales pueden ser utilizados de forma alternativa al digestato en caso de carencia de éste. Los resultados obtenidos han dado lugar a comunicaciones científicas presentadas en los congresos de la Red Española de Compostaje, celebrado en noviembre de 2014 en Murcia, y BIORESTEC, en octubre de 2016 en Sitges, encontrándose recogidos en el entregable D1.5.



“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-  
**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251  
 FINAL REPORT



Resumen progreso Acción A1

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe con rendimiento metanogénicos de residuos</li> <li>Informe de analíticas de fase líquida de residuos</li> </ul>	30/07/2014  30/08/2014	Completado. Revisado 30/09/2015 Completado en 30/10/2014. Revisado 30/09/2015
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización del 100% de las analíticas de residuos de digestatos en laboratorio</li> </ul>	20/08/2014	Alcanzado en 30/10/2014
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Visita e identificación de la fuente generadora de gases de efecto invernadero en la Quesería de Losar de la Vera (Cáceres) y de 2 bodegas en la D.O. de Uclés.</li> <li>Posteriormente se completó con la visita a Quesos Sasamón y a la ganadería de Sotovellanos (Burgos)</li> <li>Muestra de 3 residuos agroindustriales representativos.</li> <li>Obtención de 3 valores de concentración de CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) representativos en las agroindustrias.</li> <li>Obtención del valor de concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P) en 3 residuos de las agroindustrias contempladas.</li> <li>Duración del ciclo de crecimiento de las algas en 3 tipos de residuos.</li> <li>Tasa media de crecimiento de las algas en gramos de materia seca por día en los residuos ensayados.</li> </ul>		Alcanzado   Alcanzado Alcanzado Alcanzado Alcanzado

## **Acción B1 Producción de algas autóctonas**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/10/2014                      Fecha finalización: 31/03/2015
- Actual: Fecha de inicio 01/10/2014                      Fecha finalización: 30/11/2016

### Objetivo

El objetivo de la acción B1 fue extraer, aislar e identificar las especies de microalgas y cianobacterias que están presentes en los suelos agrícolas de la D.O. Uclés y de la Comarca de la Vera (Cáceres) sobre los que se aplicará el biomejorador. Con aquellas especies que presenten mejores tasas de crecimiento en medio líquido, se obtendrá un inóculo de algas que permita su aplicación como biomejorador del suelo y se constituya en sumidero de carbono. Con el cambio de ubicación de la industria láctea, dicho proceso de extracción, aislamiento e identificación de especies de microalgas se repitió también con muestras de los suelos de Ros (Burgos).

### Descripción de las actividades desarrolladas

#### *1. Muestreo de los suelos.*

Durante las visitas a las localidades de Losar de la Vera (Cáceres) y Tarancón (Cuenca) por los investigadores de UBU y UVA realizadas el 17 y el 24 de julio de 2014, respectivamente, se realizaron sendos muestreos de suelo de los campos de cultivos asociados a dichas explotaciones: un suelo de cultivo en regadío en Cáceres y un viñedo de la D.O. de Uclés.

El suelo de Losar de la Vera, clasificado como *Regosol dístico (Rd)* según la FAO, corresponde a una finca en regadío con un cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) y mostraba en la superficie del suelo el desarrollo de costras biológicas colonizadas por algas. Se realizó una toma de muestra mediante la recogida de costras superficiales en diferentes puntos de la parcela. Las costras se almacenaron a 4°C hasta su llegada a laboratorio. De dichas muestras, se separó la capa superior (1 mm) para la extracción de algas, procediéndose a su congelación a -20°C. En dicha explotación agrícola se muestreó también una parcela aneja que estaba en barbecho y sobre la cual se realizará la aplicación de biomejorador. Se tomaron muestras en 3 puntos localizados al azar a cuatro profundidades: 0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm y 60-80 cm (**Fig. 8**).



**Figura 8.** Imágenes de la visita y de las operaciones de muestreo de la finca de Losar de la Vera (Cáceres) y de las costras donde se recolectaron las algas edáficas.

Las muestras obtenidas se tamizaron a 2 mm y se almacenaron en bolsas de plástico con cierre hermético convenientemente rotuladas. Una vez trasladadas al laboratorio, las diferentes muestras fueron secadas al aire y posteriormente analizadas. Los resultados analíticos obtenidos reflejan que los suelos son de textura arenosa, pH ácido, baja conductividad y un bajo contenido en materia orgánica que se incrementa en profundidad.

Durante la visita del 24 de Julio de 2014 a la D.O. de Uclés se muestrearon suelos de los viñedo propiedad de Bodegas & Viñedos Fontana (**Fig. 9**). Dicho suelo, clasificado como *Cambisol háplico (Bk)* según la FAO, presentaba costras salinas bajo los goteros del viñedo que también se muestrearon. Se tomaron muestras de suelo en 4 puntos localizados al azar a dos profundidades: 0-20 y 20-40 cm. En este caso los resultados analíticos muestran suelos de textura franco-arcillosa, pH alcalino y muy bajos contenidos de nutrientes y materia orgánica.

Tras el cambio de ubicación del proyecto se planteó la necesidad de repetir todo este proceso en los suelos receptores del biomejorador en campos de cereal de Burgos. Para ello, el 2 de marzo de 2016, Jorge Miñón (UVA) y Carlos Rad (UBU) realizaron un muestreo en los suelos agrícolas de Ros (Burgos). Dichos suelos se clasifican como *Cambisol calcárico (CMk)*, con incrustaciones de *Luvisol crómico (Lc)* según la FAO. Dicho muestreo se limitó al horizonte Ap dada la existencia de una fase lítica limitante a escasa profundidad, así como costras biológicas de zonas de arroyada de los terrenos.



**Figura 9.** Muestreo de suelos y de costras salinas bajo los goteros en los viñedos de la finca perteneciente a Bodegas & Viñedos Fontana, D.O. de Uclés (Cuenca).

## 2. Aislamiento de especies de algas del suelo.

Para el aislamiento de algas se sigue la metodología descrita por Grobbelaar (*Handbook of Microalgal Culture, 2013*). Para ello se toman 10 g de costra de suelo (sin tamizar) y diluyen en 100 mL de medio de cultivo de algas (BG11) estéril. Tras 30 min de agitación orbital, se toma una alícuota de 100  $\mu$ L que se siembran en una placa de Petri con agar al 2% sobre medio de cultivo BG11. Se distribuye la alícuota con ayuda de un asa de siembra por toda la superficie, se sellan las placas con parafilm y se incuban en cámara climática (fotoperiodo 8:16 horas,  $t^{\circ}$  25°-20°C para los periodos de luz-oscuridad).

Tras 3 procesos sucesivos de selección en placa de las colonias de algas aisladas, se transfieren a 10 mL de medio líquido. Posteriormente, se procede a escalar el volumen de cultivo a 100 mL de medio de cultivo BG11 estéril. Se obtuvieron 5 cultivos diferentes a partir de las muestras de suelos de Losar de la Vera (Cáceres) de los cuales la denominada Muestra 3 presentaba un mejor crecimiento (**Tabla 2**).

La observación al microscopio y su perfil de pigmentos definió todas estas especies como algas del género *Chlorella*, lo cual suponía la obtención de una baja diversidad de especies. Se seleccionó la Muestra 3, identificada como *Chlorella* sp, dada su mayor tasa de crecimiento.

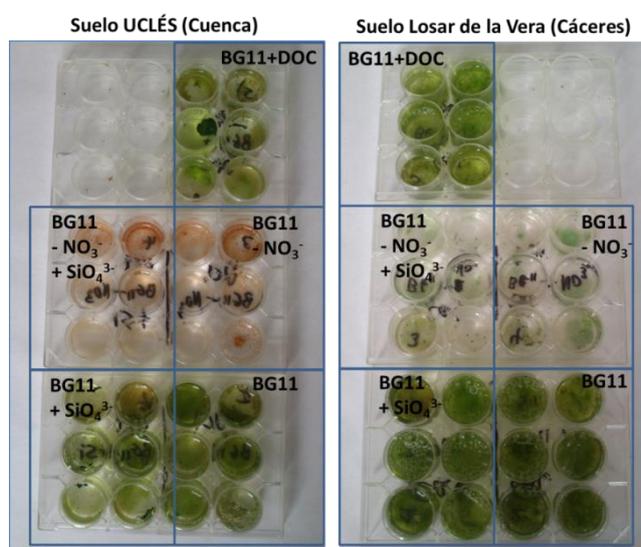
**Tabla 2.** Rendimientos productivos alcanzados, tiempo al que se alcanza el máximo de producción y tasa de crecimiento para las cinco especies de algas aisladas del suelo.

Especie	Tiempo máx. (días)	Producción (g MS L <sup>-1</sup> )	Tasa Crecimiento (g MS L <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
E1	10	1,85 ± 0,14	0,19
E2	9	1,98 ± 0,12	0,22
E3	7	2,14 ± 0,11	0,30
E4	9	1,90 ± 0,15	0,21
E5	15	1,66 ± 0,08	0,11

De las muestras de suelo del viñedo de la D.O. de Uclés no se obtuvieron muestras de algas por lo que se repitió el proceso de toma de muestra el 3 de Marzo de 2015 en condiciones de humedad diferentes. En el caso de las muestras de Ros (Burgos), dada la premura de tiempo, los trabajos se dirigieron al aislamiento de especies de *Chlorella* con rápido crecimiento. En trabajos posteriores también se consiguió el aislamiento de otras especies de algas y cianobacterias, tal como se muestra en la **Tabla 3**. No se realizó una determinación en laboratorio de sus tasas de crecimiento, pues en este caso sólo existía una especie con buena capacidad de crecimiento en medio líquido, por lo que los trabajos se encaminaron a la obtención de inóculo suficiente para la puesta en marcha del prototipo. Para aumentar la diversidad de especies obtenidas se realizó una pre-incubación de la muestra de suelo con medio de cultivo en el que se introdujeron las siguientes modificaciones en su composición:

- Presencia de silicato sódico: 1 mL de solución de Na<sub>3</sub>SiO<sub>4</sub> de 37 g L<sup>-1</sup> en 1 L de BG11.
- Ausencia de nitrato en el medio. Se substituyó por NaCl en la misma proporción.
- Presencia de un extracto de suelo y turba como fuente de C para cultivar las algas heterotróficamente. Para ello se realizó un extracto de suelo de jardín y otro de turba con proporción 1:8 (p/v) que se esterilizó en autoclave tres veces consecutivas para asegurar la completa destrucción de esporas de hongos y bacterias.

El ensayo se realizó en placas de 12 pocillos cada una introduciendo 6 réplicas por tratamiento de las diferentes combinaciones de nutrientes (**Fig. 10**). Con este nuevo procedimiento se aislaron nuevas especies de algas y cianobacterias edáficas. Las cepas fueron trasladadas al CDB-CSIC donde tras el análisis de pigmentos fotosintéticos y su secuenciación genómica mediante la metodología de Montero y col. (2011) se obtuvo la identificación de las especies de algas que se muestran en la **Tabla 3**. Hay que reseñar que los trabajos de identificación de especies han sido particularmente difíciles en el caso de una cianobacteria dada las dificultades encontradas para su aislamiento y la inexistencia de cebadores adecuados que permitieran una secuenciación e identificación genómica correctas. Dichos trabajos genómicos se han realizado por la investigadora Marta Hernández en el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL) de Valladolid.



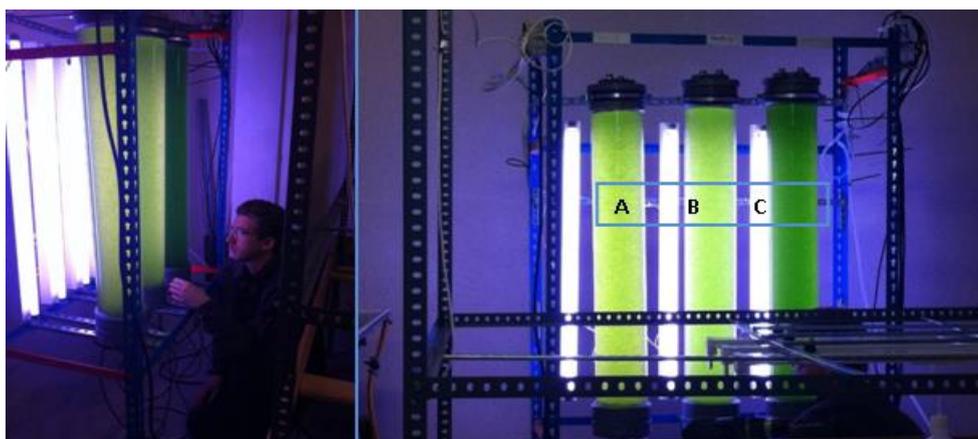
**Figura 10.** Ensayos en placa de las variaciones de composición del medio de cultivo: BG11, BG11 sin nitrato (- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), con silicato (+ SiO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), con extracto de suelo y turba (+ DOC).

**Tabla 3.** Nombre, género y localización de las diferentes especies de algas.

Nombre	Género	Localización	Observaciones
<i>Chlorella</i> sp.	<b>Chlorella</b>	Losar de la Vera	Iniciamente nombrada como Muestra 3
<i>Chlorella sorokiniana</i> isolate BE1	<b>Chlorella</b>	Uclés	Aislada en el segundo muestreo de Marzo 2015
<i>Klebsormidium flaccidum</i>	<b>Klebsormidium</b>	Losar de la Vera Uclés	Flocula fácilmente en medio líquido
<i>Haslea spicula</i> strain BA28	<b>Haslea</b>	Losar de la Vera	Identificada inicialmente como <i>Navícula oblonga</i>
<i>Navicula pulchripora</i> isolate UTEX 2604	<b>Haslea</b>	Losar de la Vera Uclés	Identificada inicialmente como <i>Navícula</i> sp.
<i>Oocystis</i> sp. FG2/8.5E	<b>Oocystis</b>	Losar de la Vera	
<i>Microcoleus</i> sp. E6	<b>Microcoleus</b>	Losar de la Vera Uclés	Cianobacteria filamentososa, crece mal en medio líquido.
<i>Aphanocapsa</i> SAG 33.79	<b>Aphanocapsa</b>	Losar de la Vera	Crece bien en medio líquido.
<i>Chlorella</i> sp	<b>Chlorella</b>	Ros (Burgos)	Presenta una alta tasa de crecimiento
<i>Anabaena cylindrica</i> PCC 7122	<b>Nostocales</b>	Ros (Burgos)	Cianobacteria filamentososa, crece bien en soporte poroso
<i>Chlorella vulgaris</i> ACOI 879-I	<b>Chlorella</b>	Coimbra (Portugal)	Proporcionada por la Algoteca de Coimbra

### 3. Producción de inóculo de algas edáficas.

Para la producción inicial de inóculo, el grupo UBUCOMP construyó tres fotobiorreactores tubulares de 15 L de capacidad, que fueron ubicados en la cámara de cultivo construida en la EPS de la Universidad de Burgos (**Fig. 11**). Dichos reactores están realizados en metacrilato, van instalados en un bastidor y llevan una base porosa mediante la que se efectúa la aireación, así como una llave para el vaciado de su contenido.



**Figura 11.** Fotobiorreactores construidos para producción de inóculo.

Las características de operación de la instalación son las siguientes:

- Se utiliza una bomba de aireación de caudal variable que permite su regulación
- La fuente de luz son 6 tubos fluorescentes Sylvania 40W con un controlador que permite regular su intensidad.



- Dos sondas de radiación PAR para la monitorización del crecimiento del cultivo sin toma de muestra, lo que reduce el riesgo de contaminación cruzada.
- Todas las señales se incorporan a un sistema de adquisición de datos de forma que son controladas por ordenador con conexión remota.
- En la actualidad se está utilizando en labores de investigación, probando el efecto de la densidad de carga de digestato en los rendimientos de producción de *Chlorella* por parte de la estudiante de Máster de la UVa, Laiana Magalhaes.

Una cepa de *Chlorella sorokiniana*, aislada de los suelos de la D.O. de Uclés, fue sembrada en los tres reactores con un volumen total de 45 L de medio de cultivo BG11. Tras dos semanas de crecimiento, se procedió a su recolección, que presentaba una concentración de biomasa de algas de 1,57 g MS L<sup>-1</sup>, y que fue trasladado a las instalaciones de Bodegas & Viñedos Fontana para su utilización como inóculo en el Módulo de Producción Biomejorador (MPB), donde se reprodujo sin problemas. Dicho proceso se repitió con la especie de *Chlorella* sp aislada en los campos de Ros (Burgos), cuyo inóculo fue introducido en el MPB en junio de 2016 y se ha mantenido activo hasta la actualidad, tras sucesivas cargas y descargas del módulo. En algunos casos puntuales (enero 2016) tuvo que realizarse una segunda inoculación del MPB por excesiva adición de digestato en uno de los ciclos.

#### Responsable de la realización

Las muestras de suelos y costras biológicas recogidas en las visitas a Losar de la Vera (Cáceres) y Tarancón (Cuenca) fueron analizadas en el Laboratorio de UBUCOMP en la Facultad de Ciencias (UBU). En dicho laboratorio se realizó el aislamiento y purificación de las especies de algas y cianobacterias que posteriormente fueron cultivadas en fotobiorreactores. Muestras de cultivos de algas se enviaron al Centro para el Desarrollo Biotecnológico (CDB-CSIC) de Boecillo (Valladolid) donde el investigador Olimpio Montero realizó su análisis genético y de pigmentos. Dicho análisis se completó con su secuenciación por parte de la investigadora Marta Hernández en el ITACYL (Valladolid). Los resultados obtenidos se recogen en los informes:

- **Entregable B1.1 – Acción B.1: Informe con las especies de algas autóctonas de cada suelo.**
- **Entregable B1.2 – Acción B1: Informe con las ratios productivas de las algas.**

#### Problemas y retrasos

El aislamiento e identificación de especies de algas edáficas ha presentado diversas dificultades: el suelo del viñedo tenía unos niveles de poblaciones de algas muy bajos y requirió un segundo muestreo en condiciones ambientales más favorables (primavera). El proceso de identificación ha sido más lento de lo esperado. Todo ello ha alargado el desarrollo.

No obstante, eso no ha impedido la producción de inóculo suficiente para su traslado al MPB, tanto en su instalación en la D.O. Uclés, como posteriormente en Burgos. El dispositivo ha estado siempre preparado para la producción del inóculo necesario (45 L), en sólo 3 semanas de crecimiento bajo condiciones óptimas, tras las que se realizaría su traslado al MPB.

#### Comparación con los resultados previstos

La concentración en el inóculo obtenido (1,57 g MS L<sup>-1</sup>) ha sido ligeramente inferior a la planteada en el proyecto. Dicha producción se verá incrementada con la introducción de digestato anaerobio tal como indican los ensayos realizados a escala de laboratorio y en los cuales, la aplicación de digestato incrementaba la producción de algas. La obtención de especies de algas en los suelos de aplicación no requerirá la adquisición de inóculos de la Algoteca de Coímbra (Portugal).

La concentración de inóculo planteada en la memoria de 2 g MS/L. En la aplicación en campo esta concentración de aplicación se conseguirá ajustado la dosis de biomejorador de forma que se consiga la concentración de materia seca objetivo.

***Estas modificaciones y retrasos no afectaron a la viabilidad del proyecto, ni comprometieron su fecha de finalización.***



“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-  
**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251  
 FINAL REPORT



Resumen progreso Acción B1

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe con las especies de algas autóctonas de cada suelo</li> </ul>	30/10/2014	Completado. Revisado 30/11/2016
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe con los ratios productivos de las algas identificadas en cada zona para unas condiciones de crecimiento estándar.</li> </ul>	30/12/2014	Completado. Revisado 30/09/2015
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación y caracterización de algas de los suelos</li> </ul>	30/10/2014	Alcanzado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Volumen de inóculo generado para cada suelo</li> </ul>	30/06/2016	Alcanzado
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de 3 muestras de suelo representativas en sendas localizaciones: D.O. de Uclés, Comarca de la Vera y Burgos.</li> </ul>		Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de 4 especies de microalgas/cianobacterias.</li> </ul>		Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación de una concentración de 1000 células de algas/cianobacterias en el medio de cultivo de aislamiento.</li> </ul>		Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de 30 litros de inóculo de las especies de algas/cianobacterias a una concentración de 2 g MS/L.</li> </ul>		Completado



"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-

LIFE+ IntegralCarbon

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



## **Acción B2 Desarrollo del Módulo de Pre-tratamiento de Residuos (MPR) para el Prototipo Industrial**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/10/2014                      Fecha finalización: 30/06/2015
- Actual: Fecha de inicio 01/10/2014                      Fecha finalización: 30/06/2016

### Objetivo

El objetivo de la acción B2 consiste en el diseño y construcción del Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR) mediante digestión anaerobia y que forma parte del Prototipo Industrial de captura de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria. La utilización de este prototipo permite la utilización de los nutrientes presentes en efluentes de la industria vitivinícola y láctea para el cultivo de microalgas del suelo, capturar los GEI de dichas industrias y mitigar las emisiones y residuos que se derivan de su funcionamiento.

### Descripción de las actividades desarrolladas:

#### 1. Diseño e implementación del prototipo industrial de pre-tratamiento de residuos

El primer punto en el que se ha trabajado la empresa KEPLER Ingeniería y Ecogestión ha sido el análisis del rendimiento metanogénico de los residuos orgánicos generados en las agroindustrias, lo que ha permitido conocer los datos de partida para el dimensionado del prototipo de pre-tratamiento.

El segundo punto en el que se ha trabajado ha sido en la **definición de los objetivos de diseño** del prototipo que contemplen los siguientes aspectos:

- Permitir una alimentación con sustratos fibrosos.
- Procesar sustratos con alto contenido en materia seca.
- Crear un modelo de planta prefabricado que permita su transporte y funcionamiento en varias ubicaciones.
- Que tenga una fiabilidad de una planta piloto preindustrial y que pueda ser operada por personal no científico.
- Realizar un digestor con un volumen de 40 m<sup>3</sup>.
- Producir alrededor de 2 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> útil de digestor al día.
- Producir entre 30 y 90 m<sup>3</sup> de metano al día (dependiendo del sustrato utilizado).
- Que el consumo parasitario de la planta debe ser inferior al 15% de su producción.
- Cuantificar el biogás generado y permitir el uso del mismo en motores y calderas.
- Disponer de un nivel de automatización suficiente para que pueda ser operada y monitorizada fácilmente por personal formado específicamente.
- Que el combustible necesario para generar el calor indispensable para el funcionamiento de la planta de pre-tratamiento sea producido por la propia planta.

Tras la definición de los objetivos de diseño se ha trabajado en el **diseño general del prototipo** vinculado con el diseño general de los elementos principales. Lo inicialmente previsto era la realización del prototipo mediante dos contenedores de transporte marítimos dentro de los cuales se iban a disponer el módulo de pre-tratamiento, hidrólisis, equipos de bombeo, conducciones y controlador (en el primer contenedor), el digestor anaerobio (segundo contenedor) y el cuadro eléctrico y el sistema de control (SCADA).

La idea inicial de la utilización de dos contenedores de transporte marítimo se modificó por las siguientes razones:

- El prototipo debía ser capaz de procesar sustratos fibrosos como el raspón de uva y los estiércoles de cabra y oveja y con gran contenido en materia seca. En el análisis de digestibilidad se detectó que este tipo de sustratos al ser usados como alimentación del prototipo generan capas flotantes, es por ello que ha sido necesario un nuevo desarrollo del sistema de alimentación y pre-acondicionamiento, con un sistema que permita la retirada de dichas capas flotantes. En el caso de

utilizar de contenedores marítimos no sería posible técnicamente el acceso del personal a los sustratos flotantes con el fin de eliminarlos así como tampoco la realización de tareas de limpieza.

- Una vez realizados los desarrollos de balance de masas se ha tenido que aumentar el volumen del digestor respecto del considerado inicialmente dado el menor potencial de biogás de los sustratos respecto a los inicialmente estimados.

Una vez se ha tenido el diseño general del prototipo vinculado a los volúmenes y masas se ha realizado el **diseño general de los componentes principales**. Este diseño ha incluido la proyección de los siguientes condicionantes de dichos componentes:

- **Solera de hormigón armado:** Tipo de hormigón, dimensionado de la solera y la armadura (**Fig. 12**).
- **Equipos de bombeo:** tipo de bombas, caudal, altura hidráulica, consumo, potencia, materiales, presión hidráulica, sistema triturador, diámetros, especificaciones de tuberías de conducción (compatibilidad de materiales, presiones) y especificaciones de valvulería (tipo de válvula, presiones).
- **Depósitos:** materiales, presiones, dimensiones.
- **Cuadro eléctrico y de control:** Tipo de sensores, número de salidas, protecciones.

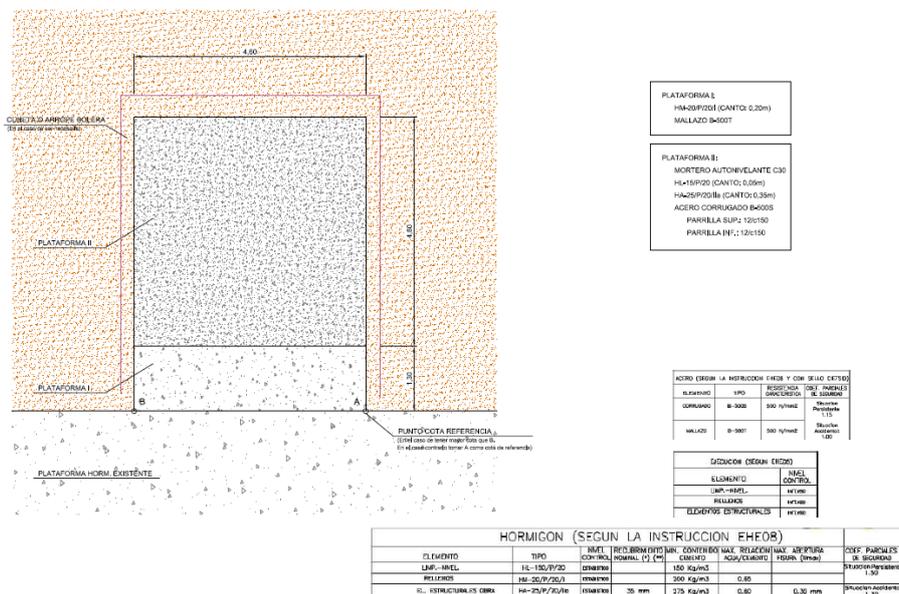
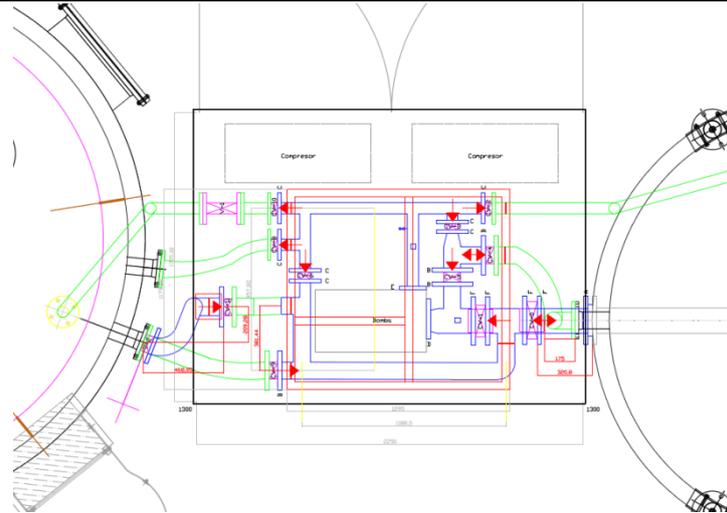


Figura 12. Descripción realizada de la solera necesaria para la ubicación del prototipo.

Tras el diseño general de los equipos principales se ha procedido a realizar el diseño de los componentes secundarios vinculados a los equipos principales. A modo descriptivo se enumeran los vinculados a los equipos principales (Equipos de bombeo, tuberías de conducción, valvulería, circuito neumático de control y de aireación, depósitos y cuadro eléctrico y de control).

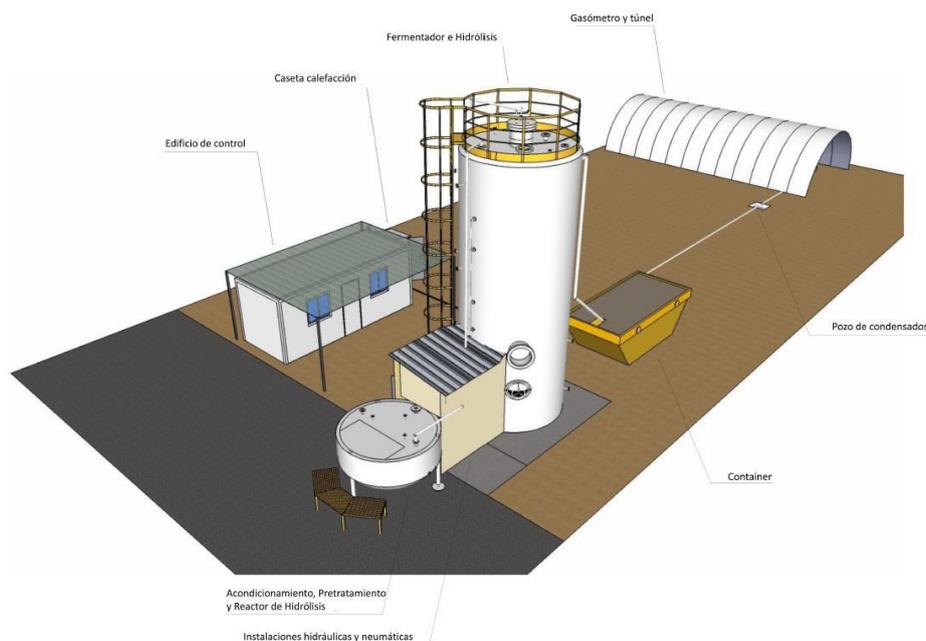
## 2. Petición y estudio de ofertas.

Una vez iniciado el proceso de desarrollo y proyección del prototipo industrial de pre-tratamiento de residuos y a la par que se ha desarrollado el dimensionamiento general de los componentes principales (**Fig. 13**), KEPLER ha procedido a la petición de ofertas de dichos elementos para valorar que opción era la más adecuada tanto técnica como económicamente.



**Figura 13.** Plano del desarrollo del equipo de bombeo para solicitud de ofertas.

En el momento en el que el proceso de desarrollo del diseño general del prototipo fue avanzando KEPLER ha procedido a la realización de una modelización 3D para corroborar que lo proyectado era correcto espacialmente y cuyo resultado se expone en la (**Fig. 14**).



**Figura 14.** Modelización 3D de todo el prototipo.

### 3. Composición y elementos del Módulo de Digestión Anaerobia del Prototipo Industrial.

- A. Unidad de Pretratamiento e Hidrólisis H1:** Fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con cámara de aislamiento de 0,10 m de poliuretano. Volumen neto: 4,89 m<sup>3</sup>. Montaje en el exterior. Tapa de apertura superior para carga. Lleva instalada 1 sonda de temperatura y 1 punto de aireación. Tiene posibilidad de medición del gas de hidrólisis y de toma de muestra.
- B. Unidad de Hidrólisis H2:** Fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Cámara de aislamiento con 0,10 m de poliuretano. Volumen: 5 m<sup>3</sup>. Montaje en el exterior. Lleva 1 indicador de nivel de llenado, 1 sondas de temperatura y posibilidad de toma de muestra.



- C. Digestor D1:** Fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Cámara de aislamiento con 0,10 m de poliuretano. Diámetro exterior 3,2 m, diámetro interior 3 m. Volumen neto: 40 m<sup>3</sup>. Volumen bruto (inclusive volumen de gas): 43,5 m<sup>3</sup>. Montaje en el exterior. Lleva 2 bocas hombre para labores de mantenimiento (parte inferior y superior), 1 ojo buey de 0,3 m de diámetro con limpia cristal, 1 escalera con protección, 1 plataforma con barandilla de protección, 1 indicador de nivel de llenado, 3 sondas de temperatura, posibilidad de toma de muestra y posibilidad de analizar el gas.
- D. Cuadro Eléctrico y de Control:** Armario eléctrico mural metálico de 1x0,6x0,3m con patas para apoyo en suelo, acometida trifásica, con seccionador y protecciones internas. Módulo de control Panasonic FP7, entradas pasivas y activas, analógicas, digitales y de temperatura. Panel operador, pantalla táctil 10.4" de TFT, 64K colores, 800x600 SVGA, ranura para SD. Servidor web FP web server, Software configurador, Software web designer, tarjeta de memoria SD card. Cámara IP. Switch industrial receptor Wifi.
- E. Línea de Gas:** Lleva 1 Regulador de presión, 1 Eliminación de condensados, 1 Contador de biogás producido, 1 Contador de biogás autoconsumido y 1 Analizador de gas *MultiTec* 540 (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>).
- F. Circuito Neumático de Control y Aireación:** Consta de 2 Compresores, Mangueras para el accionamiento de las válvulas hidráulicas, Mangueras para la aireación de las unidades de hidrólisis y la depuración del biogás.
- G. Calefacción:** Consta de 1 Caldera con Acumulador y vaso de expansión adaptada para biogás 6,4 kW, 1 Intercambiador de calor en el digestor D1, 1 Intercambiador de calor en el reactor de hidrólisis H2, 1 Bomba de recirculación, 1 Colector de 6 vías (3 de ida y tres de retorno).
- H. Sistema Hidráulico y Neumático (Grupo de Bombeo):** Consta de 1 Unidad central bomba trituradora/mezcladora/trasvase 2,2 kW/1500 UPM IE2, trifásico, resistente ácidos, Tuberías de trasvase de sustrato, hidrolizado y digerido de acero inoxidable y PVC – DN 65 y DN100, 11 Válvulas de accionamiento neumático, DN 65 y DN100, 2 Compresores para el accionamiento de las válvulas neumáticas y suministro de oxígeno al digestor D1 y al reactor de hidrolisis H1.
- I. Oficina de Control:** Oficina de control mediante estructura metálica y paneles sándwich, de 4 metros
4. Supervisión de la ejecución de los elementos principales y recepción de materiales y equipos.

Los elementos principales realizados específicamente para este prototipo han sido supervisados mediante visitas a la fabricación para corroborar el cumplimiento de lo contratado así como para solucionar problemas surgidos durante el montaje (**Fig. 15**). Tras la realización de los pedidos y la supervisión de la ejecución de los elementos realizados específicamente para este prototipo se ha procedido al montaje de los materiales y equipos del prototipo.



**Figura 15.** Visita a la ejecución de los depósitos de hidrólisis, montaje del cuadro eléctrico y de control y ejecución de la instalación hidráulica.

Los depósitos de hidrólisis y digestión fueron recibidos en los terrenos aledaños a su disposición final de la primera ubicación. En esta recepción el depósito que incluye el digestor (D1) y el reactor de hidrólisis II (H2) se dispuso horizontalmente para poder acceder al interior del mismo dado que posteriormente debía realizarse el serpentín que aportará calor al interior del digestor e hidrólisis II y dichos trabajos no podían realizarse disponiendo el digestor en su posición definitiva (vertical).

La oficina de control se dispuso en su ubicación definitiva cuando se realizó la recepción de la misma. Se aprovechó ese momento para ubicar el depósito de pretratamiento e hidrólisis I (H1) en su ubicación definitiva y dejarlo a la cota necesaria para que conecte con el equipo de bombeo.

Tras la recepción de la bomba y las válvulas en las instalaciones de KEPLER se trasladaron hasta las instalaciones del fabricante de las tuberías de acero inoxidable. Por otra parte se fabricó en las instalaciones de KEPLER la bancada que daría soporte al equipo de bombeo. Una vez finalizados ambos elementos se llevó hasta las instalaciones del fabricante del ensamblaje la bancada para que se instalara a una cota de 300 mm el eje de todas las tuberías de todo el equipo. Una vez finalizado el conjunto se trasladó hasta las instalaciones de KEPLER el conjunto ya montado y tras las comprobaciones de cotas, dimensiones y acabados se trasladó y acopió en su ubicación definitiva.

##### 5. Construcción del prototipo en el emplazamiento

Lo primero que se ejecutó fue la solera de hormigón armado donde iría ubicado el prototipo de pretratamiento. Para ello se tuvo que realizar una excavación, una nivelación del terreno excavado, posteriormente se dispuso la armadura y finalmente se vertió el hormigón dejándolo nivelado para que los depósitos no tuvieran problemas de sustentación provocados por la inclinación de los mismos, principalmente en el depósito que incluye al digestor.

Posteriormente a la recepción de los depósitos, se instalaron los serpentines del sistema de calefacción tanto del digestor como del reactor de hidrólisis H2, estos trabajos de montaje se hicieron con el depósito dispuesto en posición horizontal, puesto que estos trabajos no podían hacerse por medidas de seguridad una vez izado el depósito. Para la realización de este montaje debieron perforarse las pletinas dispuestas en el interior de los depósitos para la sujeción por tramos del serpentín (**Fig. 16**).



**Figura 16.** *Instalación de los serpentines del sistema de calefacción en el interior del digestor.*

Una vez realizados los serpentines se izó el depósito que incluye el digestor (D1) y la hidrólisis II (H2) para colocar los depósitos en sus ubicaciones definitivas (**Fig. 17**).



**Figura 17.** *Izado del depósito que incluye reactor de hidrólisis II y el digestor.*

Para este trabajo se utilizaron una grúa y un camión pluma. La necesidad de utilizar dos sistemas de izado es debido a que con un solo sistema no podría girar el depósito sin provocar desperfectos en el mismo. Para la colocación de dicho depósito en su ubicación definitiva hubo que realizar un replanteo de la bancada hidráulica y neumática. Este replanteo ha sido una condición indispensable para que encajen todas las conexiones a la hora de realizar el ensamblaje en el momento de conectar los depósitos al equipo de bombeo mediante tuberías flexibles, dada la complejidad geométrica de dicho conexionado.

Una vez colocados los depósitos en su ubicación definitiva se pudo proceder a avanzar con el resto de partidas de la obra, las que se ejecutaron posteriormente fueron la colocación de todas las bridas ciegas y bridas roscadas para la colocación de la instrumentación. Además se colocaron el conjunto de bridas ejecutadas con espigas para el correcto conexionado de las tuberías flexibles y una válvula manual en la tubería de aspiración del digestor por motivos de seguridad en caso de fugas.

La colocación de los elementos de rotulación y personalización del prototipo se ha realizado utilizando un brazo elevador con el que se colocaron los vinilos en la parte superior del digestor.

Una vez recibida la bancada hidráulica, se dispuso dicha bancada según el replanteo realizado previamente con el fin de comprobar que lo proyectado coincidía con la ejecución en obra y que el encaje de los distintos elementos era óptimo y correcto (**Fig. 18**).



**Figura 18.** Anclaje de los depósitos, colocación de bridas con espigas y válvula manual en aspiración del digestor, replanteo del grupo de bombeo y colocación de tuberías en altura.

Realizada esta comprobación se ejecutaron los trabajos de colocación de tuberías en altura para conectar los distintos circuitos proyectados, las bridas ciegas y bridas con rosca en altura. Los circuitos que se dispusieron son:

- Tubería de impulsión y retorno al digestor.
- Tuberías de impulsión y retorno de los dos serpentines de calefacción del digestor.
- Colocación en el digestor de la rejilla de protección de cableado de instrumentación.
- Línea de bajada del biogás del digestor.

Con el brazo elevador se ha procedido a la colocación de la escalera de seguridad para acceder a la parte superior del digestor y con ello poder realizar las conexiones de la línea de impulsión al digestor y de las salidas de biogás. También, tras la comprobación de los elementos del equipo de bombeo montado sobre la bancada, se ha procedido a su anclaje en la solera y a la conexión mediante tuberías flexibles. La forma de sujetar dichas tuberías ha sido mediante espigas y abrazaderas de alta presión.

Posteriormente, una vez conexionadas las tuberías flexibles se ha procedido a la colocación de las electroválvulas del pilotaje neumático de las válvulas hidráulicas (**Fig.19**).



**Figura 19.** Colocación de las tuberías flexibles de conexionado entre los depósitos y el circuito hidráulico (equipo de bombeo) y de las electroválvulas del pilotaje neumático.

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### Responsable de la realización

KEPLER Ingeniería y Ecogestión, el proceso de diseño y construcción del Módulo de Pretratamiento del Prototipo Industrial se ha recogido en los siguientes informes:

- **Entregable B2.1 - Acción B2: Planos y Presupuesto del Módulo de Pretratamiento**
- **Entregable B2.2.a - Acción B2: Informe con ensayos de puesta a punto del Prototipo. 1ª Fase**
- **Entregable B2.2.b - Acción B2: Informe con ensayos de puesta a punto del Prototipo. 2ª Fase**

Los entregables intermedios **Recepción de materiales y equipos de modulo e inicio de construcción** y **Finalización de construcción de prototipo** han sido incorporados al informe de puesta a punto. La agrupación de dichos entregables fue previamente informada y aceptada por la Comisión en la carta recibida tras la evaluación del **Inception Report**.

### Problemas y retrasos

El diseño del prototipo industrial de pre-tratamiento de residuos para las condiciones específicas del presente proyecto ha resultado ser mucho más complicado de lo esperado. Los principales problemas encontrados en el desarrollo del prototipo y que han provocado retrasos se describen a continuación:

- El prototipo debe operar de una forma fiable y tener la posibilidad de control remoto.
- El prototipo debe ser capaz de procesar substratos fibrosos como el raspón de uva y los estiércoles de ganado ovino y caprino con gran contenido en materia seca. Por ello ha sido necesario el desarrollo de un sistema que permita la retirada de dichas capas flotantes y el acceso del personal al interior del contenedor para tareas de limpieza.
- Se han desarrollado balances de masas y estudios del potencial de generación de biogás y de generación de digerido con los substratos con los que se va a alimentar el prototipo con el fin de modelizar su funcionamiento.
- Se han estudiado depósitos de distintos materiales como el hormigón, acero inoxidable, polietileno y poliéster reforzado con fibra de vidrio. Se ha optado por la solución de depósitos de poliéster reforzado con fibra de vidrio por su versatilidad, resistencia, flexibilidad en el diseño y el buen precio. Además son resistentes a golpes, acidez, cambios de temperatura y la radiación solar, son fácilmente transportables, pueden hacerse isotermos, puede trabajarse en su interior para labores de montaje y mantenimiento y son fiables en estanqueidad.
- El control de los procesos mediante sensores para el tipo de fluido del prototipo conlleva un desarrollo complejo en cuanto a fiabilidad dados los porcentajes de materia seca, de capas flotantes y pH del fluido de proceso.
- El grado de prefabricación del prototipo para ser utilizado en distintas ubicaciones hace que todo el proceso de desarrollo y proyección se haya complicado, principalmente en los depósitos y el sistema de bombeo.

### Modificaciones y sustituciones realizadas en la 1ª fase (D.O. de Uclés):

Las modificaciones realizadas respecto al diseño inicialmente previsto han causado retrasos en el desarrollo del prototipo de pre-tratamiento.

- **Reactores de hidrólisis:** Se ha desarrollado un sistema que permite la retirada de dichas capas flotantes. Se han aumentado los volúmenes de los tres reactores biológicos: El reactor H1 a un volumen neto de 4,89 m<sup>3</sup>, el reactor de H2 a 5 m<sup>3</sup> y el digestor a un volumen de 40 m<sup>3</sup>. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como "*Compra de los depósitos de poliéster. Reactores de Hidrólisis. Aislados térmicamente S/presupuesto de fabricante. 1 depósito de hidrólisis 3,2 m<sup>3</sup>*".
- **Contenedor técnico:** Inicialmente estaba previsto instalar dentro de un contenedor marítimo los dos reactores de hidrólisis y los elementos técnicos como la caldera, equipo de bombeo principal, cuadro eléctrico y sistema de control remoto, trituradora de sólidos y el equipo de aire comprimido para la alimentación del circuito neumático. Por razones de espacio y de seguridad, se ha decidido sustituir el contenedor técnico por una caseta de instalaciones hidráulicas y neumáticas. La caseta de instalaciones hidráulicas y neumáticas incorpora el

equipo principal de bombeo, la trituradora de sólidos, la tubería y válvulas hidráulicas así como sondas de temperatura y del valor pH y el compresor. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Compra de contenedor marítimo Acondicionamiento del contenedor técnico: pintura, etc.”*.

- **Tolva de alimentación:** En el desarrollo de ingeniería se ha encontrado que la integración del proceso de acondicionamiento e hidrólisis H1 en un solo depósito mejora el proceso, permite el procesado de raspón de uva, da mayor fiabilidad a estos procesos y economiza toda la instalación. También permite una fácil criba de materiales de mayor tamaño que no pueden ser aprovechados en la planta y pueden causar averías. Esta criba se realiza mediante un entramado tipo TRAMEX en la tapa de carga del depósito de pre-acondicionamiento. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Tolva de alimentación. Empalme depósito a tolva, tapas y sistema de cierre hermético. Con superficie de adaptación a máquina trituradora y posibilidad de tornillo de alimentación directa/forzada”*.
- **Digestor anaerobio:** Se ha realizado un depósito isoterma de poliéster reforzado con fibra de vidrio prefabricada dada su mayor fiabilidad técnica y una mayor viabilidad económica. En el interior del depósito de digestión anaerobio se ha instalado el sistema de calefacción con el que conseguir las temperaturas óptimas del proceso. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Digestor Anaerobio. Contenedor marino 6m, Acondicionamiento, aislamiento térmico, planchas rígidas, bolsa digestor, 30m. Conexiones. Instalación Sistema de calefacción. Tuberías e instalación”*.
- **Piezas especiales contenedor:** Estaba previsto en la memoria la realización de piezas especiales en ambos contenedores marítimos que no han sido necesarias al sustituirse por elementos de sujeción y conexión. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Piezas especiales contenedor. Perforaciones y bridas para conexiones exteriores de ambos contenedores”*.
- **Equipo de bombeo:** Se ha optado por la realización del equipo principal de bombeo con una sola bomba, once válvulas de tajadera de accionamiento neumático, una válvula manual de tajadera y una válvula manual de fuelle y once electroválvulas, conjunto de tuberías de acero inoxidable y tuberías flexibles de PVC. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Equipo de bombeo principal”*.
- **Trituradora de sólidos:** La bomba principal está provista de un sistema de trituración mediante dos hélices móviles y una fija. Mediante este sistema se espera conseguir la trituración necesaria para procesar los substratos sólidos y conseguir partículas de un tamaño máximo de 2 cm. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Trituradora de sólidos. Tamaño de partícula inferior a 2cm. Equipo de trituración para procesar previamente los substratos sólidos”*.
- **Equipo aire comprimido:** Se ha decidido colocar dos compresores de 8 bar y 50 litros en paralelo con el fin de conseguir una mejor fiabilidad de la instalación. Estos compresores no son objeto de compra puesto que los tiene en propiedad KEPLER. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Equipo principal de aire comprimido. Compresor 8 bar y 120 L. Bomba trituradora 2,2kW 30m<sup>3</sup>/h”*.
- **Sistema de control:** Se ha desarrollado un sistema de control y seguimiento de todo el prototipo vinculado al cuadro eléctrico. Se han instalado cinco sensores de temperatura tipo Pt100, tres de ellos en el digestor y uno en cada reactor de hidrólisis. Además se colocó un sensor de pH en línea con el que se determinará el pH de cada depósito (digestor y reactores de hidrólisis) y así como la temperatura. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Sistema de control remoto (SCADA). Sistema de seguimiento y control remoto desde dispositivos móvil de la planta. Instrumentación especial y sistema de control de los lazos principales”*.
- **Sistema híbrido de calefacción:** Se ha instalado una caldera de biogás para el suministro de calefacción necesaria en el digestor y en el reactor de hidrólisis H2. Este cambio se ha realizado para simplificar la instalación y con ella disminuir el coste de la misma. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como *“Sistema híbrido de*

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

*calefacción. Instalación de caldera de biogás para calefacción. Instalación de paneles solares térmicos con acumuladores. Autoconsumo de la planta HPTC”.*

- **Bolsa de gas:** En la memoria está descrita una bolsa de almacenamiento de gas de 60 m<sup>3</sup>. Tras el proceso de desarrollo se ha desestimado en la última etapa del mismo su realización, puesto que se ha buscado una alternativa más eficiente tanto técnicamente, como económicamente. Esta solución es almacenar el biogás en la parte superior del digestor. En la justificación de bienes duraderos se describe dicha partida como “*Bolsa gas. Compra de la bolsa de almacenamiento de gas 60 m<sup>3</sup> sobre oferta de fabricante*”

#### Modificaciones y sustituciones realizadas en la 2ª fase (Burgos):

Aprovechando el traslado de la planta a las instalaciones de ROPULPAT en el Polígono Industrial de Villalonguejar (Burgos) se aprovechó para la realización de una serie de mejoras y sustitución de elementos deteriorados:

- **Nueva solera de hormigón.** Construida con microcemento de alta resistencia, está nivelada y con canaletas para recogida de derrames y aguas de limpieza.
- **Instalación de nuevas válvulas.** Se sustituyeron dos válvulas que habían resultado dañadas por las arenas introducidas en la carga del raspón. Se instalaron dos nuevas válvulas manuales para la limpieza del módulo de hidrólisis y en el rebosadero del digestor.
- **Instalación de la caldera en el exterior.** Se colocó adosada a la caseta de control y en un armario adaptado.
- **Colocación de una nueva bancada de bombas y válvulas.** Se agruparon todos los elementos en un nuevo contenedor aislado térmicamente e insonorizado.

#### Comparación con los resultados previstos

Las modificaciones y mejoras introducidas en el diseño y construcción del Módulo de Pretratamiento de Residuos supusieron un retraso temporal de 3 meses con respecto a la fecha de instalación prevista para finales de Junio de 2015 en Bodegas & Viñedos Fontana (D.O. Uclés). Dicho retraso fue compensado con el funcionamiento del prototipo hasta Febrero de 2016; tiempo que se estimó suficiente.

Su traslado posterior del módulo a Burgos supuso la introducción de nuevos retrasos en el proceso de instalación debido a una mala climatología en el mes de marzo de 2016 que impidió la realización de las labores de construcción de la nueva solera. El módulo estuvo operativo a mediados de junio de 2016 tras la realización de las operaciones de carga con inóculo de la E.D.A.R. de Burgos.

***Todas estas modificaciones y retrasos no han afectado a la viabilidad del proyecto, ni han comprometido su fecha inicial de finalización (31/12/2016). El Prototipo Industrial continuará plenamente operativo durante los próximos 4 años de vida del post-LIFE gracias al convenio firmado entre el consorcio del Proyecto LIFE+ Integral Carbon y la empresa ROPULPAT.***



Resumen progreso Acción B2

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos y presupuesto del módulo de pretratamiento</li> </ul>	31/10/2014	Completado. Revisado 30/06/2016
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materiales y equipos de modulo e inicio de construcción</li> </ul>	30/11/2014	Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización de construcción de prototipo</li> </ul>	12/06/2015	Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe con ensayos de puesta a punto del prototipo. Fases 1ª y 2ª</li> </ul>	30/06/2015	Completado. Revisado 30/06/2016
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y dimensionamiento de módulo de pretratamiento</li> </ul>	30/11/2014	Alcanzado: 30/03/2015
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización de puesta a punto del prototipo. 1ª Fase</li> </ul>	30/06/2015	Alcanzado: 30/09/2015
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización y puesta a punto del prototipo. 2ª Fase</li> </ul>	30/11/2015	Alcanzado: 15/06/2016
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción en taller de los 2 contenedores marítimos</li> </ul>		Sustituido por depósitos en fibra de vidrio
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llenado de la membrana de PVC del gasómetro con aire, para comprobar la estanqueidad</li> </ul>		Sustituido por espacio cabeza en digestor. Alcanzado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éxito de la estanqueidad hidráulica en el contenedor del de digestor anaerobio.</li> </ul>		Alcanzado 1ª Fase: 30/09/2015 Alcanzado 2ª Fase: 15/06/2016
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento en el digestor de hidrólisis de 3 m<sup>3</sup> de sustrato</li> </ul>		Alcanzado 1ª Fase: 30/10/2015 Alcanzado 2ª Fase: 30/06/2016

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

## **Acción B3 Desarrollo del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB) del Prototipo Industrial**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/10/2014                      Fecha finalización: 30/06/2015
- Actual: Fecha de inicio 01/10/2014                      Fecha finalización: 30/06/2016

### Objetivo

El principal objetivo de la Acción B3 ha sido la construcción del Módulo de Producción de Biomejorador dentro del Prototipo Industrial. Para conseguir este fin se establecieron los siguientes sub-objetivos:

- Contactar de nuevo con los distribuidores de materiales con los que se contactó en el año 2013 para realizar el presupuesto de la memoria, a fin de ver posibles modificaciones en sus productos/servicios y cómo afectan al diseño y construcción del módulo.
- Revisar nuevos productos y tecnologías no contempladas en la memoria y que supongan mejorar la productividad y operatividad del prototipo.
- Realizar pruebas escalables con las nuevas modificaciones contempladas.
- Diseñar a través de herramientas vectoriales los elementos que componen el MPB.
- Prever la legalidad del remolque del módulo.
- Construir y adquirir los elementos que componen el modulo.
- Probar el funcionamiento de los dispositivos y elementos del modulo.

### Descripción de las actividades desarrolladas

1. Revisión mejoras tecnológicas comerciales respecto al planeamiento inicial y ensayos.

En la redacción de la memoria se concibió el presupuesto atendiendo al proceso que se recogía en la patente P201330932 "*Proceso para la producción de enmienda edáfica de algas y proceso diseñado para tal fin*" y a los materiales y dispositivos que se encontraban en el mercado en el año 2013 y que fueron la base del cálculo presupuestario realizado.

La revisión de módulo de Producción del Biomejorador de Algas se ha basado en el análisis de los diferentes dispositivos encargados de cada proceso a fin de reducir la potencia eléctrica consumida y que el conjunto del módulo tuviera un menor peso, de forma que se facilite la operatividad y transporte del mismo. Los diferentes elementos analizados fueron:

- A. **Depósito Flexible.** El planteamiento inicial era utilizar un deposito flexible tipo ONION como el que se muestra en (**Fig.20**). Como alternativa más ventajosa se consideró el depósito desmontable VOLUTEX, también con un volumen de 30 m<sup>3</sup>, así como la posibilidad de utilizar distintas combinaciones de depósitos: 3 depósitos de 10 m<sup>3</sup> o 6 depósitos de 5 m<sup>3</sup>. Estas combinaciones finalmente se descartaron, al incrementarse notablemente el precio/m<sup>3</sup> del depósito y necesitarse la replicación de los elementos de aireación y control. Se descartaron también los modelos de cisterna plana por no estar disponibles en materiales transparentes. Todos los depósitos flexibles a los que se pidió presupuesto y características, tenían una altura de 1,5 m, característica que supone una pérdida de luz en las capas inferiores del depósito y una pérdida de productividad, ya que a las algas no las llega la intensidad lumínica suficiente para fijar carbono a través de la fotosíntesis.



**Figura 20.** Distintos tipos de depósitos flexibles. **A.** Tipo VOLUTEX, **B.** Tipo ONION, **C.** Tipo cisterna.

**B. Iluminación en capas profundas.** La limitación que supone para el crecimiento de las algas de la altura de medio de cultivo y su efecto en la entrada de luz a capas inferiores hace necesario implantar un sistema que permita una homogeneidad de la iluminación. Para ello existen dos alternativas:

- Una agitación del medio de cultivo intensa o una iluminación en capas inferiores. Para la agitación se necesitaría un sistema de bombeo de líquidos a regímenes de más de 30 m<sup>3</sup>/h, equipos que suponen una potencia eléctrica de más de 3.000 W, lo que supondría aumentar mucho la superficie de placas fotovoltaicas.
- La iluminación del fondo mediante sistemas de iluminación pasivos como pueden ser colectores de fibra óptica o tubos de luz, o sistemas de iluminación activa como los LED. En este sentido y teniendo en cuenta reducir al máximo el consumo eléctrico hemos acudido a los LED, permitiendo iluminar con 72 W una superficie de 4 m<sup>2</sup>. Con el empleo de luz LED de apoyo a la luz natural se puede conseguir una mayor concentración de algas en el medio de cultivo. Sin embargo, el depósito de un film de algas en la superficie de los LED, incluso introducidos en un tubo de PVC transparente, resta eficacia al sistema de iluminación, por lo que fue finalmente desechado.

**C. Ensayo Hidráulico.** Para realizar estas experiencias a distintas profundidades se puso sobre una malla de plástico rígida una longitud total de 7 m lineales de tubo poroso de 7 mm de diámetro. Con esta estructura de la superficie porosa se determinaron los parámetros de presión, profundidad, y potencias activa y reactiva ( $\cos \Phi$ ) para los siguientes ensayos:

- Variando la profundidad de la superficie porosa.
- Variando la longitud del tubo poroso para una misma superficie de aireación.
- Variando la potencia de suministro del gas de inyección.

De estos ensayos se concluyó que para una profundidad máxima de 150 cm y una presión relativa de trabajo en el tubo poroso de 3.000 Pa, obtenemos una potencia activa recomendada de 7,20 W para 7 m lineales de tubo poroso. Como la superficie interior del depósito de 30 m<sup>3</sup> es de 21 m<sup>2</sup>, y está dividido en 10 sectores, establecemos que para mantener la relación de aireación/superficie son necesarios 150 m de tubo poroso con una potencia total de inyección de 153 W en total y de 15,3 W para cada sector.

En la realización del ensayo hidráulico se vio que es necesario disponer de un sistema de purga de líquidos en la red de inyección de gases, pues cuando por el tubo poroso no se introduce gas, el interior de este tubo se llena de agua, llegando hasta la bomba, que se acabará deteriorando. Por ello se han insertado unos botes purgadores situados en ambos terminales de la superficie porosa, a fin que en éstos se recoja el agua de retorno.

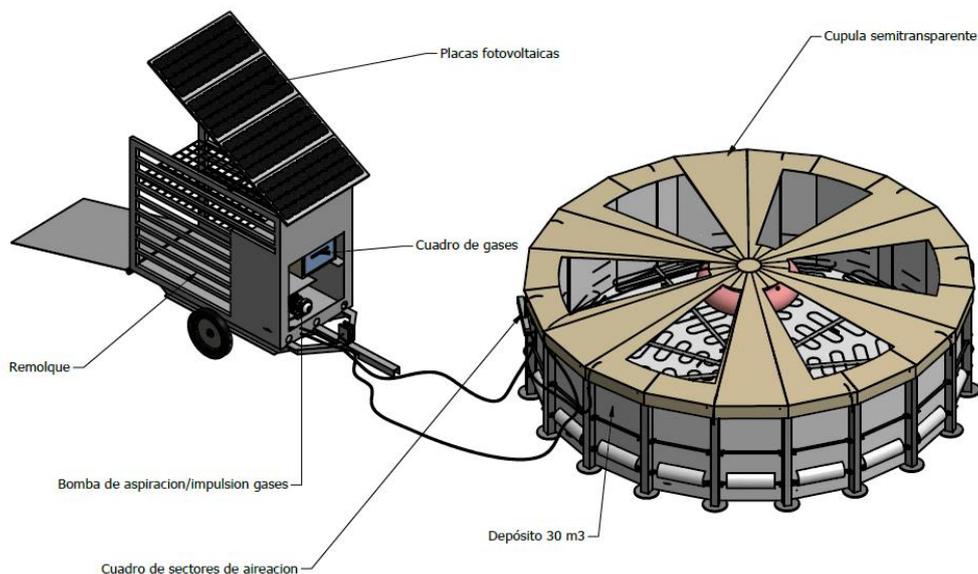
**D. Inyección y difusión de gases en el medio de cultivo.** El empleo de este tubo poroso ha sido una de las alternativas barajadas frente al uso de difusores cerámicos o de ventosa como los que se emplean en depuradoras biológicas, o de aireadores/silenciadores de neumática.

**E. Efecto de la introducción de gases de combustión.** Se han inyectado los gases de combustión procedentes de un motogenerador de gasolina que fueron almacenados en dos balones flexibles. El volumen de carga de los dos balones de CO<sub>2</sub> es de 0,5 Nm<sup>3</sup>, con una concentración de CO<sub>2</sub> de 35% (v/v). Mediante este ensayo se determinó que todo el gas que se inyecta no es consumido por las algas en su ascenso, lo cual lleva a plantear una cubierta del depósito, en forma de cúpula, de forma que recoja los gases inyectados y que sirva de gasómetro a fin de que los gases que se vuelvan a recircular se tomen de esta cúpula, hasta que la concentración de CO<sub>2</sub> se reduzca, momento en el cual se tomará otra carga de gases de la fuente de combustión.

**F. Pruebas de floculación del digestato.** Se ha utilizado un digestato de la EDAR de Burgos, con un 4,25% de materia seca. Como el digestato a emplear tiene una MS del 2% según análisis de KEPLER Ingeniería y Ecogestión, se procedió a diluir la muestra con objeto alcanzar ese valor. Se añadieron alícuotas crecientes de una solución de Cl<sub>3</sub>Fe de 15 g/L a un volumen de digestato diluido lográndose el óptimo de clarificación con una relación de 2,5 g de Cl<sub>3</sub>Fe/g de MS.

## 2. Planos del Módulo de Producción de Biomejorador de Algas (MPB).

Tras la realización de los ensayos descritos anteriormente en un módulo de ensayo instalado en los talleres de la EPS de la Universidad de Burgos se realizó el diseño definitivo del Módulo de Producción de Biomejorador de Algas utilizando diseño asistido en 3D. El resultado se muestra de forma global en la (**Fig. 21**). El diseño definitivo fue complementado con las mejoras introducidas durante la fase de funcionamiento en sus dos emplazamientos: Uclés (Cuenca) y Burgos.



**Figura 21.** Modelo en 3D del Módulo de Producción de Biomejorador de Algas.

## 3. Adquisición y montaje de los componentes.

La adquisición de los diferentes elementos que componen el MPB se detalla a continuación:

**A. El depósito del Módulo de Producción del Biomejorador (MPB).** Fue adquirido a la empresa PRONAL con sede en Francia cuyo presupuesto fue elegido entre tres ofertas presentadas. Su recibió el día 18/03/2015, y fue montado el 24/03/2015, como se muestra en la (**Fig. 22**). La comprobación de material y sus elementos de montaje fue satisfactoria; su montaje se puede hacer por dos personas sin necesidad de utilizar maquinas auxiliares para el montaje y en un tiempo que ronda los 90 min.



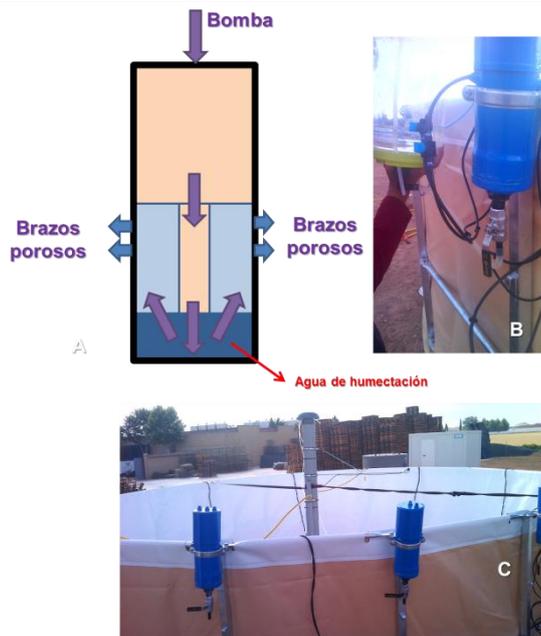
**Figura 22.** Montaje del depósito del MPB tras su recepción: *c) extendido de membrana d) presentación pies e) atado de pies con membrana, nivel 1. f) atado de pies lona, nivel 3. g) vista de montaje membrana h) colocación de cúpula transparente.*

**B. Remolque de transporte.** El 3/06/2015 se recogió en los talleres de la empresa Remolques Rodríguez en la población de Villaherreros (Palencia) la estructura del remolque. Junto al remolque, el taller fabricante facilitó la tarjeta de circulación homologada, no precisando de matriculación ni de seguro de circulación. Se chequeó el consumo de carburante encontrando que para un vehículo con consumo medio de 4,7 L/100 Km oscilaba entre 8 L/100 Km estando vacío y 13 L/100 Km lleno con todos los elementos del MPB. El remolque posteriormente se rotuló con la infografía y los datos del proyecto (**Fig. 23**).



**Figura 23.** Vistas delantera y trasera del remolque de transporte del MPB con los logos e información del proyecto.

**C. Sistema de inyección de gases.** Se han dispuesto en el remolque del MPB de 3 bombas de aspiración-impulsión de una potencia total de 74 W en corriente continua, con un caudal medio de suministro de 11 L/min y 2.2 bar de presión. Estas bombas van conectadas en el terminal de impulsión a 5 aireadores, de los cuales salen 4 salidas a cada uno a los brazos porosos que están en el interior del depósito situados en forma radial. En la (**Fig. 24**) se presenta un esquema de su funcionamiento.



**Figura 24.** A) Esquema de sección y funcionamiento de un aireador, B) llenado del aireador por vasos comunicantes, C) disposición de los aireadores en el perímetro del depósito.

**D. Brazos porosos de aireación.** Estos son 10 brazos dispuestos de forma radial en el interior del depósito anclados a la membrana del fondo. Estos brazos tienen trenzado una longitud de 15 m de tubo poroso de 7 mm de diámetro. Los extremos de cada tubo están conectados al borboteador de forma que se forma una red mallada, equilibrando presiones entre brazos y consiguiendo un reparto homogéneo de los caudales de inyección.

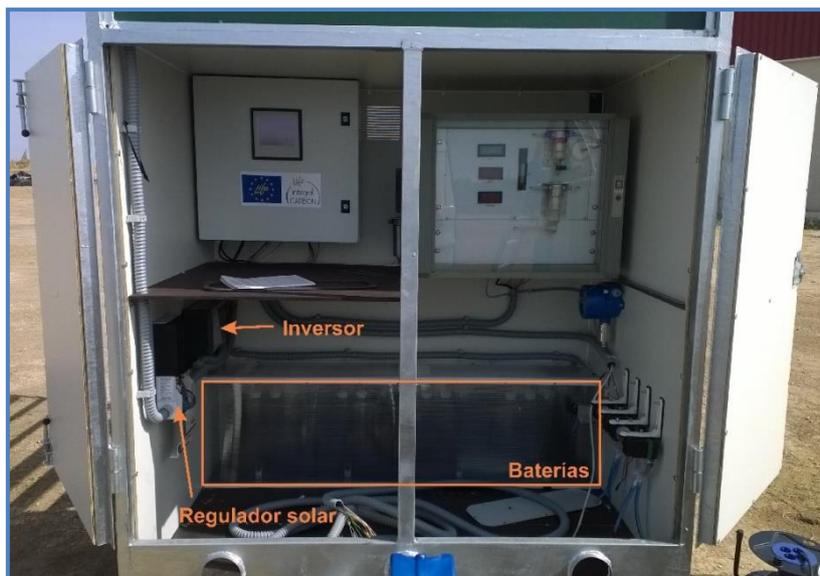
**E. Sistema fotovoltaico.** Dicho sistema está formado por cuatro componentes principales:

- **Placas fotovoltaicas:** cuatro unidades de 145 W nominales cada una, con una potencia total de 580 W. Se encuentran instaladas en la parte superior del remolque, a modo de techo, y se elevan con un ángulo adecuado cuando deben entrar en funcionamiento para captar la radiación solar.
- **Baterías de plomo ácido:** cuatro de baterías de 6 Vdc (corriente continua) cada una conectadas en serie proporcionan una tensión nominal de 24 Vdc al sistema de control y monitorización. Estas baterías se recargan mediante las placas fotovoltaicas durante el día y proporcionan energía al sistema durante las horas sin luz solar. La capacidad nominal total de las baterías es de 250 Ah, un valor dimensionado en primera instancia para los equipos consumidores del módulo de la producción de algas.
- **Regulador de carga solar:** este dispositivo controla la energía que se suministra a las baterías desde las placas fotovoltaicas para alargar la vida útil de dichas baterías. Proporciona diferentes ciclos de carga y mantenimiento para optimizar la capacidad de las baterías.
- **Inversor:** parte del sistema de control y monitorización requiere alimentación alterna a 230 Vac, por lo que a la salida de las baterías se sitúa un inversor de onda sinusoidal pura, que convierte la tensión continua de las baterías en tensión alterna.

**F. Sistema de control y monitorización.** Se encarga de registrar todas las variables implicadas en el proceso, así como de actuar sobre las diferentes bombas de recirculación de gases y líquidos para controlar la evolución del cultivo de algas. Como componente central del sistema de control se utiliza un registrador-controlador con pantalla táctil (**Fig. 25**). A él se conectan todas las señales eléctricas de entrada de los sensores, así como las señales de activación de los actuadores. El

registrador-controlador se sitúa en la tapa del cuadro de control principal para permitir el uso de la pantalla táctil, desde la cual visualizar y variar los parámetros de control.

La monitorización del proceso se realiza desde un cuadro de medición de gases propiedad de la Universidad de Burgos, que contiene sensores de oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>), además de la incorporación de un sensor externo para la medición de metano (CH<sub>4</sub>) adquirido para este proyecto. Los cuatro sensores se encuentran conectados mediante un sistema neumático que los alimenta con el gas proveniente de la cúpula de la balsa de producción de algas. Los valores medidos por los cuatro sensores de gases se envían al registrador para su almacenamiento.



**Figura 25.** Situación de las baterías, regulador solar, inversor, cuadro con los elementos de control (izquierda) y cuadro con los sensores de gases (derecha).

#### 4. Instalación y puesta en funcionamiento en Bodegas & Viñedos Fontana.

Una vez cargado el remolque con todos los elementos que componen el MPB, se realizó el desplazamiento a Tarancón (Cuenca) el 31 de Agosto de 2015, a las instalaciones de Bodegas & Viñedos Fontana, perteneciente a la D.O. de Uclés (Cuenca). El montaje del MPB se realizó en la misma jornada con un tiempo total empleado de 10 horas.

#### 5. Inoculación del depósito del MPB.

El depósito de 30 m<sup>3</sup> de capacidad se llenó con 20 m<sup>3</sup> de agua procedente de las aguas de limpieza de la bodega y de un pozo en una relación 1:4. A continuación se introdujeron en el depósito los 45 L de inóculo de *Chlorella sorokiniana*, especie aislada de los suelos de la D.O. de Uclés, y que fue cultivada en la Cámara Climática de la Universidad de Burgos. En el caso de su puesta en funcionamiento en Burgos, se tomó agua de red de las instalaciones de la empresa ROPULPAT. En este caso, la inoculación inicial se realizó mediante la introducción de 45 L de inóculo de *Chlorella* sp. aislada de los campos de cultivo de Ros (Burgos).

#### 6. Ajustes en el módulo.

- **Habilitación de consumo prioritario:** este umbral es el de menor valor y cuando la tensión de las baterías lo supera se habilitan los consumidores eléctricos prioritarios, principalmente los sensores de las variables de interés, por ejemplo la concentración de gases, las temperaturas y humedades, el pH o la conductividad eléctrica del medio de cultivo. Por debajo del umbral prioritario únicamente se mantiene activo el registrador-controlador, que supervisa continuamente el estado de las baterías para activar los sensores cuando se disponga de carga nuevamente.



- **Habilitación de consumo de potencia:** este umbral tiene un valor superior al umbral prioritario y por encima de él se activan los actuadores del sistema, que son esencialmente las bombas de aireación y de recirculación de líquidos o aportación de nutrientes. Estos actuadores presentan el consumo eléctrico instantáneo más elevado y por lo tanto solo se activan cuando el nivel de carga de las baterías es alto o se dispone de alimentación directa de las placas fotovoltaicas. Si la tensión de las baterías baja del umbral de potencia, se desconectan los actuadores para conservar energía suficiente en las baterías para alimentar los sensores y el registrador-controlador.
- **Aireación:** se activa sólo en los periodos diurnos, cuando la radiación solar PAR en el interior de la balsa supera un umbral mínimo, ya que en condiciones de oscuridad las algas se encuentran en reposo y no consumen CO<sub>2</sub>.
- **Recirculación:** por los mismos motivos que la aireación, se activa únicamente cuando la radiación PAR en el interior de la balsa supera un umbral y también siguiendo unos ciclos de encendido y apagado.

#### 7. Conexión con la línea de digestato.

Una vez que el módulo de pretratamiento alcanzó su pleno funcionamiento, generando digestato de forma continua, se tomaron alícuotas del depósito de almacenaje para introducir las en el floculador del que se obtiene un efluente clarificado, que es posteriormente introducido a través de pulsos en el centro del depósito del MPB.

#### 8. Conexión línea de gases.

Esta conexión, unirá la salida de los gases de combustión de la caldera de biogás, anexa a la caseta del módulo de pretratamiento de residuos, con los terminales de aspiración de las bombas del remolque.

#### Responsable de la realización:

El montaje de todos los elementos del Módulo de Producción de Biomejorador se realizó en los talleres del grupo TADRUS de la Universidad de Valladolid. Los resultados obtenidos se encuentran recogidos en los siguientes informes:

- **Entregable B3.1 - Acción B3: Planos y presupuesto del módulo de cultivo de biomejorador**
- **Entregable B3.2.a – Acción B.3: Informe con ensayos de puesta a punto del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB). 1ª Fase**
- **Entregable B3.2.b – Acción B.3: Informe con ensayos de puesta a punto del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB). 2ª Fase.**

Como en la Acción B2, los entregables intermedios **Recepción de materiales y equipos de modulo e inicio de construcción** y **Finalización de construcción de prototipo** fueron incorporados al **Entregable B3.2.a**. La agrupación de dichos entregables fue previamente informada y aceptada por la Comisión en la carta recibida tras la evaluación del **Inception Report**.

#### Problemas y retrasos

Ha existido un retraso de tres meses en completar tanto el diseño del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB) como en su montaje y puesta a punto realizada en los talleres del Grupo TADRUS del Campus de Palencia de la Universidad de Valladolid. Dichos retrasos estuvieron condicionados a la recepción de la estructura del remolque, se realizó dos meses después de la fecha prevista, lo que retrasó el montaje del resto de dispositivos que componen el módulo. Por otro lado el retraso en el dimensionamiento del módulo MPR también supuso un incremento adicional de un mes en la implementación del MPB en Bodegas & Viñedos Fontana (Uclés, Cuenca).

Posteriormente, en las instalaciones de ROPULPAT en Burgos, dada su localización en una zona de la empresa que tiene bastante actividad, con tráfico de vehículos pesados, se procedió a la instalación del MPB tras finalizar las obras de acondicionamiento del MPR. Ese lapso de 3 meses más, se aprovechó para completar la producción de biomejorador y su aplicación en los viñedos de la D.O. de Uclés, cuyas labores se prolongaron hasta mediados de mayo de 2016. El traslado, limpieza y reinstalación se completó en dos semanas.

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

Modificaciones y sustituciones realizadas en la 1ª fase (D.O. Uclés):

- **Depósito VOLUTEX** en lugar del depósito tipo cisterna
- **Sistema de iluminación opcional** para capas profundas
- **Sistema de difusión por tubos porosos** en lugar de membrana permeable a los gases
- Instalación del MPB en un **remolque de transporte** con todos los elementos necesarios para su funcionamiento autónomo sin necesidad de permiso especial de transporte
- **Introducción de aireadores** para mantener presiones homogéneas en todo el circuito de aireación, impedir la reabsorción de líquido hacia la bomba de aireación y humectar la corriente de aireación.
- **Construcción de un floculador** para la obtención de un efluente clarificado del digestato de forma que no disminuya la transparencia del agua, limitando el crecimiento de las algas.

Modificaciones y sustituciones realizadas en la 2ª fase (Burgos):

- Limpieza y sustitución de los elementos de aireación dañados mediante el empleo de agua a presión.
- Ampliación de la autonomía energética. Se incorporaron 2 nuevos paneles extensibles en los laterales lo que supuso un incremento de potencia de 580 Wp a 860 Wp.
- Instalación de un aerogenerador de 400 Wp en una torre de 8 m de altura.
- Redefinición de tres estados energéticos del sistema para optimización del consumo y almacenaje de la energía producida.
- Incorporación de sonda de iones selectivos para el monitoreo de la concentración de nutrientes en el MPB.
- Instalación de un depósito intermedio de digestato para evitar variaciones en la composición de la alimentación y un primer proceso de decantación.

Comparación con los resultados previstos

El sistema finalmente construido supone una notable mejora con respecto al diseño original, por las siguientes razones:

- Garantiza un funcionamiento autónomo
- Tiene capacidad de regulación en función de las condiciones ambientales
- Posee sistemas de recirculación de gases para una mejor asimilación del CO<sub>2</sub> incorporado al módulo
- Se ha introducido un sistema de inyección de digestato clarificado.

*Estas modificaciones y retrasos no han afectado a la viabilidad del proyecto, ni han comprometido su fecha de finalización (31/12/2016).*

*El Prototipo Industrial continuará plenamente operativo durante los próximos 4 años de vida del post-LIFE gracias al convenio firmado entre el consorcio del Proyecto LIFE+ Integral Carbon y la empresa ROPULPAT.*

Resumen progreso Acción B3

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos y presupuesto del módulo de cultivo de biomejorador</li> </ul>	30/11/2014	Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de materiales y equipos de modulo e inicio de construcción</li> </ul>	15/01/2015	Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización de construcción de prototipo</li> </ul>	30/03/2015	Completado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe con ensayos de puesta a punto del prototipo. Fases 1ª y 2ª</li> </ul>	01/05/2015	Completado. Revisado 30/06/2016
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y dimensionamiento de módulo de cultivo de biomejorador</li> </ul>	30/11/2014	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización de puesta a punto del prototipo. 1ª Fase</li> </ul>	31/05/2015	Alcanzado: 31/05/2015. Revisado 30/06/2016 Alcanzado: 30/09/2015
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización de puesta a punto del prototipo. 2ª Fase</li> </ul>	30/11/2015	Alcanzado: 30/06/2016
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción en taller de la cisterna flexible de 30 m<sup>3</sup>.</li> <li>• Anclaje a la plataforma del remolque de la estructura fotovoltaica y primera carga eléctrica de las baterías</li> <li>• Instalación del 100% de los dispositivos de control/monitorización y del hardware.</li> <li>• Aprobación de la inspección técnica de vehículos del prototipo del módulo de producción de biomejorador.</li> <li>• Prueba de operatividad del prototipo con el llenado con 30 m<sup>3</sup> de agua y la inyección de 5 Nm<sup>3</sup> de gas/aire.</li> </ul>		<p>Alcanzado</p> <p>Alcanzado</p> <p>Alcanzado</p> <p>Substituido por remolque no necesita inspección</p> <p>Alcanzado 1ª Fase: 30/09/2015</p> <p>Alcanzado 2ª Fase: 30/06/2016</p>

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

## **Acción B4 Adaptación de las industrias y puesta en funcionamiento del Prototipo Industrial**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/04/2015                      Fecha finalización 30/11/2015
- Actual: Fecha de inicio 18/05/2015                      Fecha finalización 31/12/2016

### Objetivo:

El objetivo es adaptar las instalaciones de las industrias donde se van a localizar los módulos de pretratamiento y de cultivo de biomejorador. En concreto aquellas instalaciones de procesos que generen residuos susceptibles de ser tratados con el módulo de pre-tratamiento y utilizados para el cultivo del biomejorador.

### **Sub-acción B4.1 Adaptación de las industrias al prototipo industrial**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

En esta fase de realización del proyecto, el Prototipo Industrial se ha instalado en la D.O. de Uclés. Su instalación y correcto funcionamiento ha requerido la realización de las siguientes acciones:

#### 1. Información y compromiso con las bodegas de la D.O. de Uclés.

Si bien la D.O. de Uclés participa como organización dentro del consorcio que realiza el proyecto LIFE+ Integral Carbon, las diferentes bodegas que la componen no participan directamente en dicho proyecto. Una primera actuación fue una reunión informativa con los propietarios y técnicos de las diferentes bodegas que componen la D.O., reunión que se realizó el 3 de marzo de 2015 en la sede de la D.O. en Tarancón (Cuenca). A ella asistieron representantes de Bodegas & Viñedos Fontana, Bodega Soledad, Bodega La Estación y Finca La Estacada. En dicha reunión se obtuvo el permiso para instalar el Prototipo Industrial en Bodegas & Viñedos Fontana por disponer de terreno anejo, de la cooperación de Bodega La Estación mediante la prestación de la maquinaria para la realización del acopio de los residuos producidos por las diferentes bodegas, así como el establecimiento de los campos de ensayo con diferentes dosis de biomejorador en el viñedo de Finca La Estacada.

#### 2. Acopio de residuos de la vendimia.

Dado el carácter estacional y puntual de producción de residuos sólidos en el proceso de vinificación, centrado en los dos meses que dura la vendimia de las diferentes bodegas asociadas a la D.O., se decidió realizar un silo para su almacenaje y su posterior procesado en los meses siguientes de funcionamiento del Prototipo Industrial en Bodegas & Viñedos Fontana.

De acuerdo con el potencial metanogénico de los residuos orgánicos generados en las bodegas, fundamentalmente raquis y hollejos, y con la estimación realizada por KEPLER Ingeniería y Ecogestión de la cantidad de residuo orgánico necesario para alimentar el módulo de pretratamiento de los residuos durante cinco meses de funcionamiento era de 50 toneladas.

Para su almacenamiento en condiciones de ausencia de oxígeno para evitar su fermentación se optó por su ensilado, en un silo excavado en el suelo con unas dimensiones de 16x6x1 metros (largo x ancho x alto), con una rampa de acceso y otra de salida. La base de dicho silo se cubrió con un film plástico de 2 micras de espesor, a fin de evitar la filtración de lixiviados al terreno. En la (**Fig. 26**) se recogen imágenes de su construcción en los primeros días de Agosto de 2015.



**Figura 26.** Labores de preparación de silo de dimensiones 14x6x1m (4/8/2015), colocación de la cubierta de plástico y primer acopio de residuos de la bodega (28/08/2015).

### 3. Utilización de residuos orgánicos exógenos

Una de las conclusiones del estudio de potencial metanogénico de los residuos orgánicos generados en el proceso de vinificación es la insuficiente concentración de sustrato fermentable y la necesidad de complementarlo con otro residuo de carácter agroindustrial que le aporte esas características. Hecho un estudio sobre potenciales residuos orgánicos generados en actividades ganaderas y agroindustriales en un radio de 30 km a su alrededor, distancia que se considera límite por el encarecimiento del transporte que supone, se decidió la utilización de residuos de gallinaza por su alto contenido en materia biodegradable, su bajo contenido en sustancias lignocelulósicas y su buena complementariedad con residuos como el raspón y los hollejos de la uva.

El hecho de utilizar residuos exógenos al sector productivo no es un factor que incida negativamente sobre la viabilidad del proyecto por dos razones:

- Las bodegas que integran la D.O. de Uclés utilizan todas ellas residuos ganaderos como fertilizante de fondo en los viñedos. La utilización del biomejorador suple dichos nutrientes en forma directamente asimilable por el cultivo pues en el proceso de metanogénesis el carbono orgánico es transformado en biogás, permaneciendo los nutrientes en forma soluble en el digestato.
- Los costes de fertilización orgánica se mantienen con la incorporación del biomejorador que tiene una mejor aplicación a la viña al tratarse de un fertilizante líquido.

Por ello se contactó con la empresa Industrias Avícolas Herpoga S.L. en Acebrón (Cuenca) a 5 Km de Fuente de Pedro Naharro, que nos suministró 50 toneladas de gallinaza. Sin embargo, hubo un problema derivado de mantener la gallinaza al aire libre, ya que días siguientes proliferaron insectos (moscas, avispas). Hecho que derivó a amontonar la gallinaza y cubrirla con plástico, evitando efectos nocivos.

#### 4. Realización de una solera para el módulo de pretratamiento

Las modificaciones realizadas en el diseño del prototipo de pretratamiento de residuos ha hecho necesaria la construcción de una solera de hormigón con cimentación para soportar con garantías la instalación del digestor en sus dos ubicaciones: en Bodegas & Viñedos Fontana (Uclés, Cuenca) y Burgos. El diseño de la misma correspondió a la empresa KEPLER y se realizó según se ha descrito en la acción B2 (**Fig. 12**). Dicha solera consta de dos plataformas que cuentan con distinta cimentación al soportar cargas diferentes:

- Plataforma I. Con mortero de HM-20/P/20I (según la instrucción EHE08) y forjado de mallazo B-500T de 20 cm de espesor.
- Plataforma II. Con mortero autonivelante C30 con dos espesores HL-15/P20 de 5 cm y HA-25/P/20/IIa de 35 cm. El forjado es de mallazo corrugado B-500S con parrilla superior 12/c150 e inferior 12/c150.
- En su instalación en Burgos, dado que va a tener un carácter más permanente, lleva un recorrido perimetral para una recolección y tratamiento de derrames y aguas de lavado.

La realización de la obra se produjo en las primeras semanas del mes de Agosto de 2015, de forma previa al traslado de los depósitos que componen el módulo de pre-tratamiento. La ejecución de esta solera en Bodegas & Viñedos Fontana por parte del constructor, y por cuestiones climatológicas en Burgos, retrasó la implementación e izado del módulo de pretratamiento en ambas localizaciones.

#### 5. Conducción de gases GEI generados en la agroindustria.

El objetivo de capturar los gases GEI generados en la industria vitivinícola mediante una campana que dirigiese los gases hacia el Módulo de Producción del Biomejorador (MPB) ha sido desechada por las siguientes razones técnicas y de seguridad:

- Las emisiones que se producen durante la fermentación del mosto y el diseño de los reactores de fermentación está realizado para su evacuación directa por la apertura superior del depósito. Cualquier elemento que interponga dicha salida está expresamente descartado por motivos de seguridad al poder producirse el colapso de la estructura.
- Una mala evacuación de los gases de fermentación produciría la acidificación del mosto y su correspondiente potencial pérdida de calidad, lo cual impide la autorización de su instalación por parte de la bodega.
- La situación actual del prototipo en la única bodega que dispone de superficie para su instalación está alejada de los depósitos de fermentación, lo cual imposibilita una correcta instalación de una línea de evacuación de gases hacia el MPB.
- Según el Reglamento CE 852/2004 y su transposición española (RD640/2006) queda expresamente prohibido retrocesos entre líneas de producción. Esto ha sido consultado a diferentes funcionarios competentes y nos han indicado que la estructura de captación propuesta se debe probar y homologar, y aun así se hace difícil su implementación en las industrias por el asunto del retroceso. También esta práctica de recogida de gases de fermentación no esta contemplada en la Reglamento CE 606/2009, lo que se interpreta como no admitida.
- Este último punto está unido con las norma de calidad BRC que tienen implementada Bodegas & Viñedos Fontana que impide este tipo de líneas de recogida de gases.
- En el caso de su implementación en las instalaciones de ROPULPAT, su situación alejada de la factoría de Quesos de Sasamón, aunque en el mismo Polígono Industrial, hace imposible dicha instalación.

El MPB tiene previsto la incorporación de los gases de combustión del biogás generado en la digestión anaerobia del MPR, lo cual garantiza un suministro constante de CO<sub>2</sub> para la producción de algas. La modificación realizada en el MPB mediante la instalación de una cubierta flexible en el depósito y un sistema de recirculación del gas garantiza un aprovechamiento máximo de los gases de combustión no siendo necesario un mayor aporte de CO<sub>2</sub>.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

#### Responsable de la realización:

KEPLER Ingeniería y Ecogestión ha asumido las labores de diseño de la plataforma y el silo de almacenaje de los residuos de vinificación, así como el coste de su realización.

#### Problemas y retrasos

El retraso ha sido de sendos meses, correspondientes a los dos escenarios de instalación del Prototipo Industrial, desde el encargo de la construcción de la solera al constructor, hasta su ejecución y curado del hormigón, lo que hizo que el izado y el posterior montaje del módulo de pretratamiento se retrasase.

#### Comparación con los resultados previstos

La principal diferencia de funcionamiento entre el prototipo descrito en la redacción del proyecto y el finalmente ejecutado, se establece en la introducción o no de los gases de fermentación producidos en el proceso de vinificación o en la industria láctea en el MPB. Hay que señalar que dichos gases emitidos no son tóxicos ni peligrosos, únicamente asfixiantes en atmósferas cerradas, de lo que se deriva su peligrosidad. Su vertido a la atmósfera afecta negativamente en cuanto a que aumenta la capacidad de absorción de radiación térmica y por tanto, por su efecto sobre el calentamiento de la atmósfera y su contribución al cambio climático.

El desacoplar temporalmente las emisiones en la fermentación del mosto o en las calderas de la industria láctea, de su fijación en biomasa algal a través de la actividad fotosintética, no supondrá una pérdida de la capacidad de mitigar el efecto invernadero del proyecto. La introducción de los gases de combustión y las modificaciones al diseño del MPB introducidas, con el establecimiento de la cúpula de almacenamiento de gases y su recirculado en la solución de crecimiento, garantizan un suministro suficiente de CO<sub>2</sub> al medio de producción.

### **Sub-Acción B4.2 Puesta en funcionamiento del prototipo en la D.O. de Uclés (Cuenca)**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

Las acciones de puesta en funcionamiento de los dos módulos del Prototipo Industrial, MPR y MPB, ya han sido parcialmente descritas en las correspondientes redacciones de las acciones B2 y B3. En resumen:

- El **Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)** fue trasladado a las instalaciones de Bodegas & Viñedos Fontana a principios de septiembre de 2015, si bien el ensamblaje de sus diferentes elementos, una vez montados en Burgos, tuvo que hacerse en el propio lugar de instalación. Se finalizó en Octubre de 2015 y su primera carga de residuos se realizó a finales de Octubre de 2015, continuando operativo hasta finales de Febrero de 2016, fecha en la que se procedió a su desmontaje y traslado a las instalaciones de ROPULPAT en Burgos donde continúa funcionando en la actualidad.
- El **Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)** fue trasladado a las instalaciones de Bodegas & Viñedos Fontana a principios de Agosto y su inoculación con algas edáficas se produjo el 4 de Septiembre de 2015. Ha permanecido operativo en Bodegas & Viñedos Fontana hasta mediados de mayo de 2016, siendo alimentado con el digestato que se almacenó en un contenedor de transporte de residuos. Su menor complejidad de montaje y traslado, permitieron una extensión de su utilización en Bodegas & Viñedos Fontana y la aplicación del biomejorador en los viñedos de Finca La Estacada en el momento adecuado de desarrollo del cultivo. Su traslado a Burgos ha permitido la aplicación del biomejorador en la campaña cerealista que comenzó en otoño de 2016 y continúa operativo en la actualidad.

#### **1ª Fase: Procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector vitivinícola**

Durante la primera etapa de operación comprendida entre el 1 de septiembre de 2.015 y el 29 de febrero de 2.016 (6 meses), se trabajó con tres tipos de residuos procedentes tanto de la industria vitivinícola como de la industria agro-ganadera (**Tabla 4**):

Primera etapa de operación en UCLÉS		
TIPO DE RESIDUO	Residuos tratados (t)	Biogás producido (m <sup>3</sup> /d)
ENSILADO DE RASPÓN DE UVA	3,6	38
ESTIÉRCOL DE GALLINAZA (T)	10,8	
PURÍN DE CERDO (T)	180	
AGUAS DE LIMPIEZA (T)	85	
<b>TOTAL (T)</b>	<b>280</b>	

**Tabla 4.** Volumen de residuos tratados y caudal de biogás medio producido durante el primer periodo de operación en Bodegas & Viñedos Fontana (01/09/15-29/02/16).

Con este tipo de residuos la planta de digestión anaerobia produjo una media de 38 m<sup>3</sup>/día de biogás (**Tabla 4**), con un contenido del 63% en metano. Este caudal de biogás supuso la producción media de 24 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/día, quedando por debajo del rango de producción diaria fijada como uno de los objetivos del proyecto (30 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/día). La combustión del biogás generado en la caldera produjo una media diaria de 240 kwh/día de energía. Considerando que el calor medio requerido para calentar el sustrato hasta la temperatura de operación del digestor y mantenerla constante fue de 41,6 kwh/día y que el consumo eléctrico de la planta fue de 6,4 kwh/día, el consumo parasitario medio de la planta se mantuvo en un 20,0 %, por encima del 15 % fijado como objetivo del proyecto.

Por tanto, se puede concluir que, en base a los resultados obtenidos durante la primera etapa de operación de la planta de digestión anaerobia, el módulo de pretratamiento de residuos ha alcanzado todos los objetivos fijados en dicho proyecto, exceptuando el caudal medio de biogás producido, que debía haber alcanzado al menos los 30 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/día. El hecho de que la cantidad de metano producida, y por ende la energía total obtenida con los sustratos cargados en el digestor en esta primera etapa de operación fuera un poco más baja a la esperada inicialmente derivó en que el consumo parasitario de la planta fuera de un 20,0%, un 5% mayor al máximo fijado como uno de los objetivos del proyecto (15%). Para corregir esta desviación, sería necesario incorporar otro co-sustrato más energético para que, mezclado con los residuos vitivinícolas y agro-ganaderos de la zona, resultara en un aumento en el caudal de biogás producido diariamente.

Las características físico-químicas medias del digestato y el biomejorador producidos se recogen en la **Tabla 5**.

Medida	Digestato	Biomejorador
pH	7,51 ± 0,11	8,03 ± 0,32
CE (dS/m)	16,74 ± 2,88	6,98 ± 0,52
ST (g/L)	9,85 ± 3,11	2,31 ± 1,24
STV (g/L)	3,92 ± 0,65	0,029 ± 0,002
KTN (g/L)	1,76 ± 0,32	0,43 ± 0,03
PT (mg/L)	143 ± 0,5	20,3 ± 0,67
KT (g/L)	1,18 ± 0,22	0,189 ± 0,036

**Tabla 5.** Características físico-químicas medias de las muestras del digestato producido en el MPR y del biomejorador producido en el MPB.

## 2ª Fase: Procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector agro-ganadero-lácteo

Durante la segunda etapa de operación en ROPULPAT, comprendida entre el 1 de julio de 2016 y el 31 de diciembre de 2016 (6 meses), se trataron, como residuo procedente de la industria láctea, un total de 200 t de suero y 15 t de leche entera caducada y como residuo procedente de la industria agro-ganadera, un total de 11 T de estiércol de vaca (**Tabla 6**).

Segunda etapa de operación en BURGOS		
RESIDUO	Residuos tratados (t)	Biogás producido (m <sup>3</sup> /d)
SUERO (T)	200	60
LECHE (T)	15	
ESTIÉRCOL DE VACA (T)	11	
<b>TOTAL (T)</b>	<b>226</b>	

**Tabla 6.** Volumen de residuos tratados y biogás medio producido durante el segundo periodo de operación (01/07/16-31/12/16).

Con este tipo de residuos la planta de digestión anaerobia produjo una media de 60 m<sup>3</sup>/día de biogás, con un contenido del 61% en metano. Este caudal de biogás supuso la producción media de 37 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/día, alcanzándose el rango de producción diaria fijada como uno de los objetivos del proyecto. A su vez, el consumo parasitario medio de la planta se mantuvo en un 14,6 %, por debajo del 15 % fijado como valor máximo dentro de los objetivos del proyecto.

De todas las dietas testadas en esta segunda etapa de operación, la mezcla de suero (84,2 %) y estiércol (15,8 %) produjo el mayor caudal de biogás con una producción media de 77,4 m<sup>3</sup>/d, llegando a alcanzar caudales pico de 80 m<sup>3</sup>/día. Esta producción demostró la capacidad de la planta para alcanzar los 2 m<sup>3</sup> biogás/m<sup>3</sup> útil-día ≈ 60 m<sup>3</sup>/día (uno de los objetivos del proyecto) (**Tabla 7**). Por tanto, se puede concluir que, en base a los resultados obtenidos durante la segunda etapa de operación de la planta de digestión anaerobia, el MPR ha alcanzado todos los objetivos fijados en dicho proyecto.

### Responsable de la realización

KEPLER Ingeniería y Ecogestión ha sido el responsable de la adaptación del MPR al funcionamiento tanto en la bodega como en la empresa ROPULPAT. El grupo TADRUS de la Universidad de Valladolid, ha sido el responsable de la puesta en funcionamiento del MPB. Los resultados obtenidos se encuentran recogidos en los siguientes informes:

- **Entregable B4.1.a - Acción B4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector vitivinícola. Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)**
- **Entregable B4.1.b – Acción B.4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector vitivinícola. Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)**
- **Entregable B4.2.a - Acción B4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector lácteo. Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)**
- **Entregable B4.2.b – Acción B.4: Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en el sector lácteo. Módulo de Producción de Biomejorador (MPB).**

DIETA 1	DIETA (% MF)	MS MEZCLA (%)	MSo MEZCLA (%)	Ratio C/N	Kg N <sub>TOT</sub> /T MF
SUERO	100,0	6,7	72,9	17,8	1,4
Q alimentación (L/d)	450,3				
Q biogás (m <sup>3</sup> /d)	27,5				
P biogás (m <sup>3</sup> /T MF)	61,1				
Contenido CH <sub>4</sub> (%)	57,3				
P CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /T MF)	35,0				
DIETA 2	DIETA (% MF)	MS MEZCLA (%)	MSo MEZCLA (%)	Ratio C/N	Kg N <sub>TOT</sub> /T MF
SUERO	84,2	8,3	79,6	18,3	1,8
ESTIÉRCOL DE VACA	15,8				
Q alimentación (L/d)	702,2				
Q biogás (m <sup>3</sup> /d)	34,7				
P biogás (m <sup>3</sup> /T MF)	49,4				
Contenido CH <sub>4</sub> (%)	55,3				
P CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /T MF)	27,3				
DIETA 3	DIETA (% MF)	MS MEZCLA (%)	MSo MEZCLA (%)	Ratio C/N	Kg N <sub>TOT</sub> /T MF
SUERO	76,3	7,4	76,8	22,3	1,5
LECHE ENTERA	23,7				
Q alimentación (L/d)	703,8				
Q biogás (m <sup>3</sup> /d)	32,6				
P biogás (m <sup>3</sup> /T MF)	46,3				
Contenido CH <sub>4</sub> (%)	55,4				
P CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /T MF)	26,9				
DIETA 4	DIETA (% MF)	MS MEZCLA (%)	MSo MEZCLA (%)	Ratio C/N	Kg N <sub>TOT</sub> /T MF
LECHE ENTERA	100,0	11,0	85,3	44,1	1,6
Q alimentación (L/d)	941,2				
Q biogás (m <sup>3</sup> /d)	25,3				
P biogás (m <sup>3</sup> /T MF)	26,9				
Contenido CH <sub>4</sub> (%)	60,2				
P CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /T MF)	16,2				
DIETA 5	DIETA (% MF)	MS MEZCLA (%)	MSo MEZCLA (%)	Ratio C/N	Kg N <sub>TOT</sub> /T MF
SUERO	84,2	8,3	79,6	18,3	1,8
ESTIÉRCOL DE VACA	15,8				
Q alimentación (L/d)	2409,5				
Q biogás (m <sup>3</sup> /d)	77,4				
P biogás (m <sup>3</sup> /T MF)	32,1				
Contenido CH <sub>4</sub> (%)	45,1				
P CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /T MF)	14,5				
MS Mezcla: Contenido en materia seca de la mezcla de residuos cargada a la planta (%)					
MSo Mezcla: Contenido en materia seca orgánica de la mezcla de residuos cargada a la planta (%)					
Ratio C/N: Relación carbono-nitrógeno de la mezcla de residuos cargada a la planta					
Kg N <sub>TOT</sub> /T MF: Kg de nitrógeno total por tonelada de materia fresca de residuo cargada a la planta					
Q alimentación: Caudal de residuo (materia fresca) cargado a la planta (m <sup>3</sup> /d)					
Q biogás: Caudal de biogás producido por la planta (m <sup>3</sup> /d)					
P biogás: Producción de biogás por tonelada de materia fresca cargada a la planta (m <sup>3</sup> /t MF)					
Contenido CH <sub>4</sub> (%): Porcentaje de metano contenido en el biogás producido					
P CH <sub>4</sub> : Producción de metano por tonelada de materia fresca cargada a la planta (m <sup>3</sup> /t MF)					

**Tabla 7.** Producciones de biogás y metano con las cinco dietas testadas a lo largo del segundo periodo de operación en Burgos.

### Problemas y retrasos

Las modificaciones introducidas en el Prototipo Industrial han supuesto un notable retraso en cuanto a su diseño y posterior construcción, lo que ha conllevado retrasar su puesta en funcionamiento, inicialmente prevista para el 30 de Junio de 2015, a principios de Septiembre en el caso del MPB y a mediados de Octubre de 2015 en el caso del MPR. Todo ello ha obligado a dar continuidad a esta acción en la D.O. de Uclés hasta finales de Febrero de 2016, completando la producción y aplicación al viñedo del biomejorador hasta mediados de mayo de 2016.

La instalación del Prototipo Industrial en Burgos, aunque sufrió retrasos iniciales por cuestiones climáticas que retrasaron la construcción de la solera, fue menos complicada al partir de los módulos ya preinstalados y con las condiciones de operación establecidas. No obstante, la distancia existente entre la localización del Prototipo Industrial y la industria láctea impiden el aprovechamiento del biogás generado; se está estudiando la posibilidad de su utilización como fuente de calor de proceso a la empresa ROPULPAT pues necesita la higienización del compost que produce al tener mezcla de residuos M.E.R. Sin embargo, la modificación de las instalaciones y su coste han impedido llegar a un acuerdo hasta el momento.

### Comparación con los resultados previstos

Las modificaciones técnicas introducidas en el Prototipo Industrial han supuesto una notable mejora con respecto a la propuesta inicial. Si bien todo ello ha supuesto un retraso en la puesta a punto y funcionamiento de dicho Prototipo, en ningún caso se ha puesto en riesgo la finalización del proyecto en Diciembre de 2016. En la **Tabla 8** se adjunta el cronograma del proyecto con las modificaciones temporales que han tenido lugar en las diferentes acciones de implementación.

TIMETABLE													
ACTION		2014				2015				2016			
Action No.	Name of the Action	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
<b>A</b>	<b>Preparatory Actions</b>												
A.1	Waste Characterization												
<b>B</b>	<b>Implementation Actions</b>												
B.1	Autochthonous algae production												
B.2	Development of the Module of Pretreatment of Wastes (MPW)												
B.3	Development of the Module of Production of Bioimprover (MPB)												
B.4	Adaptation of industries and tune-up test of Industrial Prototype												

**Tabla 8.** Cronograma de desarrollo de las acciones de implementación del Prototipo Industrial tal como aparecían en el proyecto (color negro) y su desarrollo real (color gris).

### Resumen progreso Acción B4

Entregable	Fecha	Estado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en la D.O. Uclés.</li> <li>Informe de procesamiento de volúmenes de residuos y gases en la industria láctea.</li> </ul>	31/10/2015 30/06/2016	Realizado: 19/03/2016. Revisado: 30/06/2016 Realizado: 31/12/2016
Hitos	Fecha	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalación de dispositivos de monitorización de gases en suelos, cultivos y proceso de cultivo biomejorador</li> <li>Primera puesta en funcionamiento de los prototipos en bodegas de D.O. Uclés</li> </ul>	30/07/2015 30/06/2015	Instalación: 15/09/2015 Puesta en funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>MPB: 04/09/2015</li> </ul>



	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-  <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
	<p>LIFE13 ENV/ES/001251  <b>FINAL REPORT</b></p>	

## **Acción C1 Monitorización Impacto Técnico del Proyecto**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/01/2015                      Fecha finalización 31/12/2016
- Actual: Fecha de inicio 01/01/2015                      Fecha finalización 30/06/2017

### Objetivo

El objetivo de la acción C1 es ver la contribución real de los prototipos presentados a la mitigación de las emisiones de GEI tanto en la fase productiva del biomejorador, como una vez se ha aplicado al suelo, analizando el efecto fertilizante del biomejorador y evaluando su acción sustitutiva de la fertilización mineral tradicional.

### **Sub-acción C1.1 Monitorización de GEI consumidos en el módulo de producción de algas**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

- A. Monitorización de gases a la entrada y a la salida del fotobiorreactor.** Para ello se dispone de un sistema de medida en continuo de los gases CO<sub>2</sub> (mediante celda de infrarrojos), NH<sub>3</sub> (mediante celda de conductividad) O<sub>2</sub> (mediante celda electroquímica) y CH<sub>4</sub> (mediante celda de infrarrojos) situado en el dispositivo de control del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB). El sistema de medida pertenece al grupo UBUCOMP y se le ha implementado con el medidor de metano. No tiene medición de NO<sub>x</sub> ni SO<sub>x</sub> al ser más complejos y con concentraciones muy bajas y se ha optado por introducir un medidor de metano; de esta forma se puede controlar también la producción de biogás del MPR. La monitorización se ha llevado a cabo con medidas diez-minutales durante todos los ciclos productivos desarrollados en el proyecto.
- B. Determinación de la concentración de algas conseguida en cada ciclo productivo.** Para ello, una vez producida la aclimatación del inóculo y la estabilización de su producción, se toman muestras semanalmente del contenido del depósito. La toma de muestra se realiza tras un proceso de agitación por inyección de los gases de la cúpula en el fondo del depósito y la toma de muestras de 1 L en varios puntos del depósito, su homogeneización en un recipiente de 5 L y la toma final de 1 L de muestra que se mantiene refrigerada y con iluminación hasta su traslado al laboratorio de UBUCOMP en la Universidad de Burgos. La frecuencia de toma de muestra fue de 2 veces por semana en los dos primeros ciclos, reduciéndose a una, tras la estabilización de la producción.
- C. Determinaciones analíticas:** pH, Conductividad Eléctrica, contenido en Sólidos Totales, Sólidos Totales Volátiles, Biomasa Seca de algas, conteo de células al microscopio, turbidez, contenido en pigmentos (Clorofila a y b, carotenos y ficobilinas) e índice de Margalef mediante medida espectrofotométrica a diferentes longitudes de onda. Se analizaron de forma completa 68 muestras de algas tomadas del MPB.
- D. Planteamiento de balance de carbono fijado:** biomasa de algas producida en función de los gases introducidos, el gas de salida y el carbono fijado en biomasa.

#### Responsable de la realización

El responsable de la realización es el grupo UBUCOMP de la Universidad de Burgos.

#### Problemas y retrasos

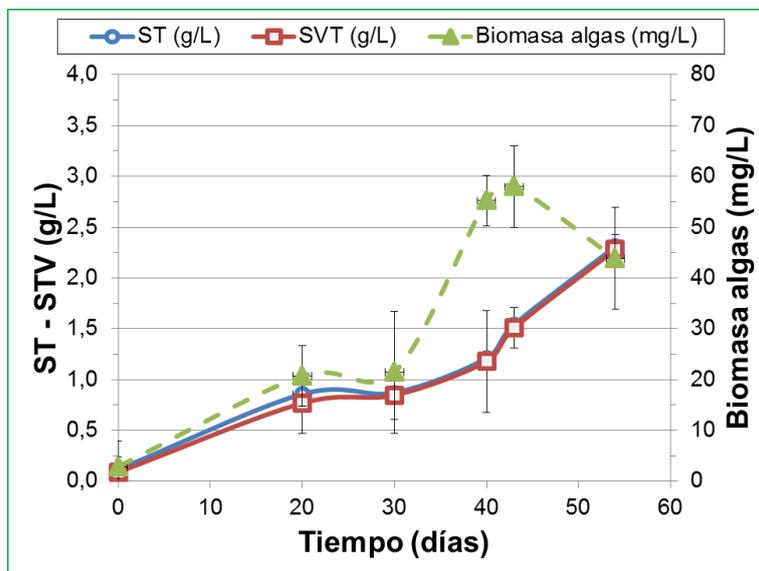
Los problemas de retrasos que se reseñan en esta acción son todos ellos los derivados del retraso en la puesta en funcionamiento del Prototipo Industrial.

#### Comparación con los resultados previstos

Se ha realizado un balance del C fijado en biomasa de algas por el Prototipo Industrial en base a su producción de bio-mejorador. Los resultados obtenidos han sido objeto de publicación en el libro de actas de las VI Jornadas de la REC celebradas en Sevilla en noviembre de 2016. Los datos obtenidos durante el funcionamiento del MPB en Uclés (Cuenca), han constituido parte del trabajo experimental

de la tesis doctoral de Jorge Miñón, que fue defendida en la Universidad de Valladolid en Febrero de 2017 con la máxima calificación de *Sobresaliente cum laude*.

A modo de ejemplo, en la **Figura 27** se presenta uno de los ciclos productivos desarrollados, correspondiente al arranque en Burgos del MPB. Se observa como tras una primera fase de 20 días de latencia para adaptación del inóculo, la máxima producción de algas se alcanza a los 25 días. Ciclos posteriores reflejaron que este máximo de producción dependía de la temperatura y la insolación, con ciclos de producción que comprendían entre 3 y 4 semanas.



**Figura 27.** Evolución de los parámetros físico-químicos del biomejorador durante un ciclo completo de producción en el MPB. Sólidos totales y volátiles y biomasa algal estimada.

En la **Tabla 9** se presenta una estimación del C fijado y del N extraído de los efluentes residuales en base a su concentración de materia orgánica y de Nitrógeno. En la **Tabla 8.2** se presenta un balance de producción tanto de volumen de biomejorador producido, como de la concentración de biomasa de algas alcanzada con respecto a los objetivos del proyecto.

FIJACIÓN DE C EN EL MPB					
Localización	Volumen (m <sup>3</sup> )	STV (g/L)	KTN (g/L)	C-fijado (t de C)	N-extraído (kg de N)
Uclés (Cuenca)	120	1,87	0,35	218,18	42,00
Burgos	180	2,31	0,43	327,27	77,40

**Tabla 9.** Balance de C atmosférico fijado y N total extraído de los efluentes líquidos del biomejorador de algas producido en el MPB durante la realización del proyecto LIFE+ Integral Carbon. STV, Sólidos Totales Volátiles; KTN, Nitrógeno Total Kjeldahl.

FIJACIÓN DE C EN EL MPB				
Localización	Producción	Objetivo	MS	Objetivo
	(m <sup>3</sup> /año)	(%)	(g/L)	(%)
Uclés (Cuenca)	240	51,50	1,87	15,58
Burgos	360	77,25	2,31	19,25

**Tabla 10.** Comparativa de los objetivos de producción de Biomejorador y su contenido en biomasa de algas con respecto a los objetivos del proyecto.

Los resultados obtenidos muestran una producción que alcanzó un 51,5% y un 77,2% de los objetivos globales de producción de biomejorador tal como se planteaban en la realización del proyecto. Esta menor producción de biomejorador ha estado causada por los retrasos en la puesta a punto de los módulos en ambas ubicaciones de Uclés (Cuenca) y Burgos, lo que supuso un retraso en el arranque del MPB que ha penalizado su producción final. Hay que remarcar que el objetivo de producción con la ubicación del prototipo en Burgos ha sido considerablemente mayor y que un funcionamiento más continuado del mismo, con un control preciso de la alimentación con digestato permitirían alcanzar la producción objetivo.

En la **Tabla 10** también se recoge la producción en materia seca del biomejorador observándose cómo la producción del módulo en Burgos incrementa su valor hasta en un 23,5%; aun así queda lejos de las cantidades de 12 g/L señaladas en el proyecto. Dicho valor no correspondía a un valor experimental obtenido en nuestro laboratorio, sino al recogido a partir de los valores reportados en bibliografía, los cuales corresponden a numerosas metodologías de producción y especies de algas, estando alejadas de la escala y condiciones ambientales en las que se hapuesto en funcionamiento el prototipo del Proyecto LIFE+ Integral Carbon

Dichos condicionantes externos no han alterado el desarrollo del proyecto pues el objetivo de fertilización de los cultivos se ha complementado con la aplicación directa del digestato en sustitución de la fertilización mineral. Tampoco la fijación de Carbono en biomasa de algas es un elemento que se pueda utilizar en los posteriores cálculos de Huella de Carbono dado su carácter biogénico. Sí se ha tenido en cuenta el carácter fertilizante del biomejorador de algas que ofrece un contenido aceptable de N para su aplicación como biofertilizante líquido.

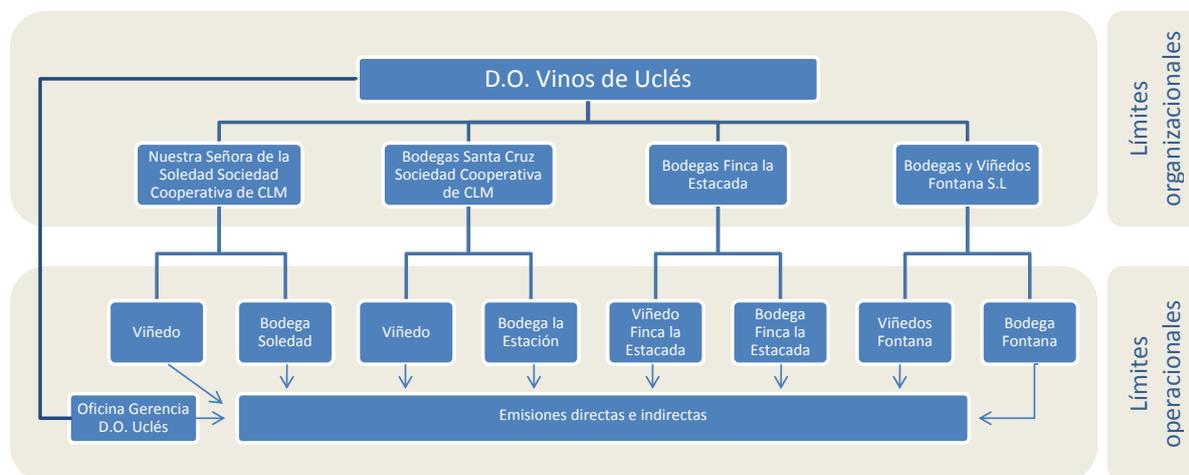
## **Sub-acción C1.2 Análisis de la huella de carbono en sustitución de la fertilización mineral**

### Descripción de las actividades desarrolladas

El correcto análisis comparativo de la huella de carbono en el escenario base (no aplicando el biomejorador de algas a los cultivos) y en el escenario del proyecto (incluyendo el biomejorador como sustituto total o parcial de la fertilización mineral tradicional), exige el diseño de un programa de cálculo para cuantificar la huella de carbono. Este programa es aplicable tanto en los escenarios de partida de las bodegas de la D.O. Uclés y de la industria láctea Quesos de Sasamón (Burgos).

El procedimiento desarrollado para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero que produce una actividad a nivel de organización, se expone tomando como ejemplo la D.O. Uclés.

1. **Metodología.** Se emplea la metodología europea recogida en la *UNE-ISO 14064-1:2006* para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel de organización. De acuerdo con el *GHG Protocol* y complementada con la *ISO/TR: 14069:2013* como guía de aplicación.
2. **Enfoque.** Valorando la idiosincrasia de una organización como una Denominación de Origen, la huella de carbono se calcula con un enfoque corporativo o de compañía, proporcionando una visión global de las emisiones de la organización. Desde este enfoque, la D.O. Uclés está formada por cuatro bodegas: Bodega Soledad, Bodegas la Estación, Bodegas Finca la Estacada y Bodegas y viñedos Fontana S.L.
3. **Límites organizacionales y operacionales.** Los límites organizacionales y los límites operativos para la D.O. Uclés están recogidos en la **Figura 28**. Quedan incluidas a nivel de organización la gerencia de la D.O. Uclés así como las cuatro bodegas que la conforman. A nivel operacional, la recogida de información y el cálculo de las emisiones directas e indirectas incluyen tanto viñedos como bodegas.



**Figura 28.** Límites organizacionales y operacionales de la D.O. Uclés.

**Límites organizacionales.** Las emisiones de GEI de la D.O. Uclés se contabilizan a partir de un enfoque de control operativo, teniendo en cuenta la parte accionaria de las emisiones de GEI. La razón es que cada bodega contribuye con un volumen de producto muy diferente; y a su vez, dentro de cada bodega solo se elaboran pequeños volúmenes en el marco de la D.O. La decisión se toma a partir de la **Tabla 11**.

**Límites operativos.** Desde la producción de la uva hasta el embotellado del vino, “de la cuna a la puerta”, se evalúan las actividades en las que existe un aporte energético o de material, y que por tanto son susceptibles de ser fuentes generadoras de emisiones de GEI. (**Fig. 29**). Cada actividad se agrupa en alguna de las 23 categorías definidas por la norma *ISO/TR: 14069:2013* para la cuantificación de

sus emisiones. En la **Tabla 9**, se enumeran las categorías repartidas entre emisiones directas (Alcance 1), emisiones indirectas (Alcance 2) y otras emisiones indirectas (Alcance 3).

4. **Cálculo.** La metodología de cálculo expuesta en la UNE-ISO 14064-1: 2006 se recoge en la siguiente ecuación, donde la emisión de la sustancia ( $E_i$ ) es el resultado del producto del dato de actividad ( $DA$ ) y el factor de emisión de la sustancia ( $FE_i$ ).

$$E_i = DA \times FE_i \quad (1)$$



**Figura 29.** Mapa de procesos de la producción y elaboración de vino.

La obtención de los datos de actividad se realiza a través de un inventario de GEI realizado en cada una de las bodegas y gerencia. En la parte vitivinícola se hace hincapié en los consumos de maquinaria agrícola, el uso y gestión de fertilizantes y productos fitosanitarios, la gestión de residuos, el riego y el resto de materias primas, productos y subproductos utilizados. En el caso de la elaboración del vino en bodega, son los consumos energéticos de las instalaciones y maquinaria lo más destacable; junto con los consumos de agua, materias primas, productos y subproductos utilizados, la gestión de residuos sólidos y líquidos y el transporte interno.

La selección de los factores de emisión se efectuó a partir de fuentes generales y fuentes específicas del sector. Los factores comunes a todos los sectores provienen de los establecidos por el informe del MAGRAMA de Abril de 2015, que ha sido elaborado a partir de datos de la Oficina Española de Cambio Climático y el IPCC. Los factores propios del sector del vino se toman de fuentes específicas como la Federación española del Vino, la Organización Internacional de la Viña y el Vino y otras organizaciones internacionales del sector.

El cálculo de las emisiones totales de GEI se contabiliza a través de una hoja de cálculo Excel para cada una de las categorías recogidas en la *Norma ISO 14.069*, para cada uno de los tres alcances y para cada bodega. Las emisiones totales de GEI se expresan en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

#### Problemas y retrasos

No ha existido ningún tipo de retraso en la ejecución de esta sub-acción, habiéndose cumplido los objetivos y la planificación original. No obstante, la recogida de información precisa requiere una ardua labor. También se han encontrado algunas dificultades para la estandarización de los factores de emisión propios del sector, utilizados en la cuantificación de las emisiones totales de GEI.

EMISIONES	FUENTES
Emisiones y remociones directas de GEI	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Combustión estacionaria</li> <li>2. Combustión móvil</li> <li>3. Procesos</li> <li>4. Emisiones fugitivas</li> <li>5. Emisiones directas derivadas de LULUCF</li> </ol>
Emisiones indirectas de GEI	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Electricidad adquirida y consumida</li> <li>7. Energía consumida a través de una red (excluyendo electricidad)</li> </ol>
Otras emisiones y remociones de GEI indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Actividades relacionadas con la energía no incluidas en emisiones directas</li> <li>9. Productos adquiridos</li> <li>10. Bienes amortizables</li> <li>11. Residuos</li> <li>12. Transporte y distribución aguas arriba</li> <li>13. Viajes de negocio</li> <li>14. Activos arrendados aguas arriba</li> <li>15. Inversiones</li> <li>16. Transporte de clientes</li> <li>17. Transporte y distribución aguas abajo</li> <li>18. Fase de uso</li> <li>19. Fin de vida</li> <li>20. Franquicias aguas abajo</li> <li>21. Activos arrendados aguas abajo</li> <li>22. Desplazamiento de empleados</li> <li>23. Otras emisiones indirectas no incluidas en las categorías anteriores</li> </ol>

**Tabla 11.** Clasificación de emisiones y remociones según ISO 14.069.

## Resultados obtenidos

### 1) PRODUCCIÓN VITIVINÍCOLA

#### a) Escenario I sin prototipo

En la fase agraria de producción de uva, las emisiones totales de GEI en el escenario base ascienden a 353.242,95 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 12** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	-	-	-	-
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	72.012,34	0,36	1,90	72.582,89
A1.3. Uso de insumos: fertilizantes y fitosanitarios	200.519,52	521,80	61,08	230.523,21
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	-
Total Alcance 1	272.531,86	522,16	62,98	303.106,09
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				-
Total Alcance 2				-
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos y su transporte				5.370,02
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				16,49
A3.3. Agua				44.750,34
Total Alcance 3				50.136,86
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>353.242,95</b>

**Tabla 12.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la fase agraria de producción de uva en el Escenario I, durante el año 2015.

En la fase de transformación del vino en bodega, las emisiones totales de GEI en el escenario base ascendieron a 1.436.221,89 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 13** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	18.185,10	0,74	0,15	18.245,62
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	0,00	0,00	0,00	0,00
A1.3. Uso materias primas, enológicos y limpieza	765,42	0,27	0,02	362.649,05
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Alcance 1	18.950,53	1,01	0,16	380.894,67
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				91.368,05
Total Alcance 2				91.368,05
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos (envases, productos enológicos y de limpieza) y su transporte				679.957,39
A3.2. Gestión de residuos/subproductos y su transporte				282.391,74
A3.3. Agua				1.610,02
Total Alcance 3				963.959,16
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>1.436.221,89</b>

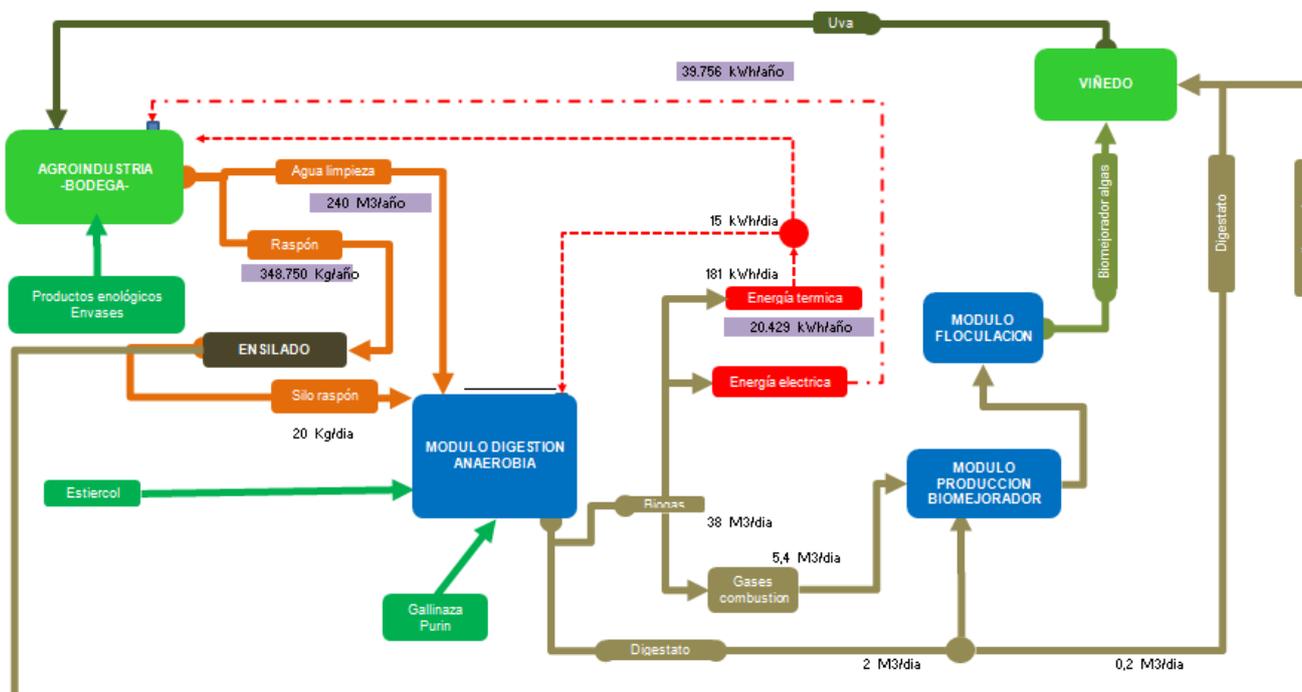
**Tabla 13.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para bodega en el Escenario I, durante el año 2015.

### Resultados obtenidos en el escenario sin prototipo

En la organización Bodegas & Viñedos Fontana de la D.O. Uclés se produjeron en el año 2015, 2.342.900 litros de vino pertenecientes a la D.O. Uclés. Teniendo en cuenta que las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente totales ascendieron a 1.436.221,89 kg CO<sub>2</sub>eq se puede aproximar que la Huella de Carbono del vino es de: **0,613 kg CO<sub>2</sub>eq / L vino**.

### b) Escenario II con prototipo.

Los cambios introducidos al implementar el prototipo del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en el proceso de elaboración de vino, se recogen en la **Figura 30**.



**Figura 30.** Proceso productivo del caso vitivinícola con prototipo (Escenario II).

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
	<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>	

### Emisiones totales de la fase de producción agraria

En la fase de producción agraria, las emisiones totales de GEI en el escenario con prototipo ascienden a 293.254,69 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 14** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	-	-	-	-
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	35.001,81	0,18	0,92	35.279,13
A1.3. Uso de insumos: fertilizantes y fitosanitarios	191.111,86	493,90	35,21	213.102,35
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	-
Total Alcance 1	225.808,03	493,16	35,18	248.381,48
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				-
Total Alcance 2				-
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos y su transporte				126,37
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				16,49
A3.3. Agua				44.750,34
Total Alcance 3				44.873,21
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>293.254,69</b>

**Tabla 14.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la fase agraria de producción de uva en el Escenario II.

En el caso del escenario con prototipo, se considera una sustitución total de la fertilización tradicional a base de estiércol y fertilizantes de síntesis, por una fertilización orgánica con un 50% de biomasa de algas y un 50% de digestato.

En la categoría A1.2 de emisiones derivadas de la combustión móvil de la maquinaria agrícola y el transporte de la uva vendimiada del campo a la bodega, se ha producido una reducción de 72.582,89 kg CO<sub>2</sub>eq en el escenario base a 35.279,13 kg CO<sub>2</sub>eq en el escenario con prototipo.

#### c) *Escenario III. Cuantificación de emisiones a tres años de finalización del proyecto LIFE+ Integral Carbon.*

Se contabilizan en comparación al año 2015 de referencia, manteniendo los cambios introducidos en el escenario II, es decir, al implementar el prototipo del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en el proceso productivo del vino pero considerando un perfecto funcionamiento de la planta durante todo el periodo.

### Emisiones totales de la fase de producción agraria

Las emisiones totales de GEI en el escenario futuro a tres años de implementación del Proyecto LIFE+ Integral Carbon ascienden a 272.983,00 kg CO<sub>2</sub>eq en la fase agraria de producción de uva. En la **Tabla 15** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.



	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	-	-	-	-
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	14.713,82	0,07	0,39	14.830,39
A1.3. Uso de insumos: fertilizantes y fitosanitarios	191.079,34	493,81	35,21	213.279,39
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	-
Total Alcance 1	205.793,16	493,88	35,60	228.109,79
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				-
Total Alcance 2				-
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos y su transporte				106,38
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				16,49
A3.3. Agua				44.750,34
Total Alcance 3				44.873,21
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>272.983,00</b>

**Tabla 15.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la fase agraria de producción de uva en el Escenario III.

### Emisiones totales de la fase de transformación en bodega

Las emisiones totales de GEI en un escenario futuro, a los tres años de finalización del proyecto LIFE+ Integral Carbon, se reducen a 1.346.057,96 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 16** se detallan los resultados de las emisiones por categoría. En la **Figura 31** se recoge la reducción de la Huella de Carbono en los tres escenarios.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	0,00	0,00	0,00	0,00
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	0,00	0,00	0,00	0,00
A1.3. Uso materias primas, enológicos y limpieza	908,85	0,67	0,38	302.465,36
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Alcance 1	908,85	0,67	0,38	302.465,36
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				80.561,51
Total Alcance 2				80.561,51
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos (envases, productos enológicos y de limpieza) y su transporte				679.957,39
A3.2. Gestión de residuos/subproductos y su transporte				281.463,68
A3.3. Agua				1.610,02
Total Alcance 3				963.031,09
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>1.346.057,96</b>

**Tabla 16.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la bodega en el Escenario III.

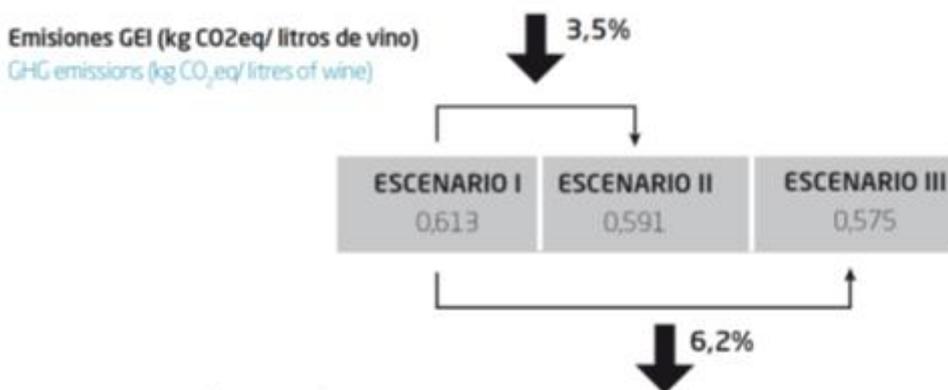


Figura 31. Reducción final de emisiones de GEI en los tres escenarios.

## 2) PRODUCCIÓN DE QUESO

### a) Escenario I sin prototipo

#### i) Emisiones de la fase de producción ganadera

En la fase de producción agro ganadera, las emisiones totales de GEI en el escenario base ascienden a 1.518.157,79 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 17** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	43.157,10	1,75	0,35	43.300,72
A1.2. Combustión móvil: gasóleo B	41.128,85	0,21	1,08	41.454,71
A1.3. Uso de insumos del proceso y fermentación entérica	628.754,13	29.824,00	-	1.314.706,13
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	0
<b>Total Alcance 1</b>	<b>713.040,08</b>	<b>29.825,96</b>	<b>1,43</b>	<b>1.399.461,56</b>
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				15.912,00
<b>Total Alcance 2</b>				<b>15.912,00</b>
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos (desinfectantes y medicamentos) y su transporte				8.314,85
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				94.469,39
A3.3. Agua				0,00
<b>Total Alcance 3</b>				<b>102.784,24</b>
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>1.518.157,79</b>

Tabla 17. Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la explotación ganadera en el Escenario I, durante el año 2015.

#### ii) Emisiones totales de la fase de transformación quesera

En la fase de transformación de queso, las emisiones totales de GEI en el escenario base ascienden a 778.275,00 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 18** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2eq</sub>
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	25.590,12	1,04	0,21	25.675,28
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	-	-	-	-
A1.3. Uso de materias primas	752.599,72	-	-	752.599,72
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	-
Total Alcance 1	778.189,84	1,04	0,20	778.275,00
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				1.672,80
Total Alcance 2				1.672,80
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos (desinfectantes y envases) y su transporte				20.909,95
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				2.566,18
A3.3. Agua				0,50
A3.4. Transporte en la distribución				19.676,23
Total Alcance 3				43.152,95
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>778.275,00</b>

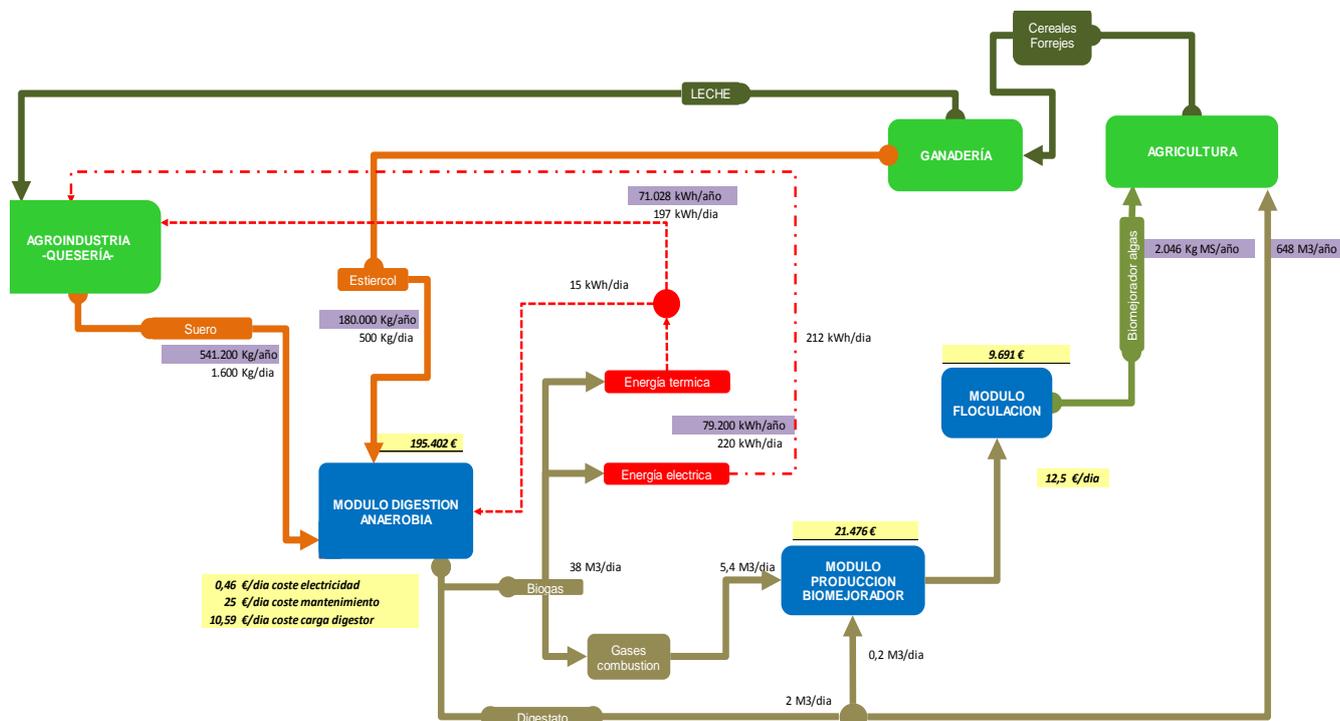
**Tabla 18.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la quesería en el Escenario I, durante el año 2015.

### Huella de Carbono de la producción de queso.

En la organización Quesos de Sasamón (Burgos) se produjeron en el año 2.015 89.877,8 kg de “Queso Fresco Sabor Latino”. Teniendo en cuenta que las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente totales ascendieron a 778.275,00 kg se puede deducir que la Huella de Carbono del queso es de: 8,659 kg CO<sub>2eq</sub> / kg “Queso Fresco Sabor Latino”.

#### b) Escenario II con prototipo

Los cambios introducidos al implementar el prototipo del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en el proceso productivo del queso, se recogen en la **Figura 32**.



**Figura 32.** Proceso productivo del caso lácteo con prototipo (Escenario II).

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-  <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
	<p>LIFE13 ENV/ES/001251  <b>FINAL REPORT</b></p>	

### i) Emisiones totales de la fase de producción ganadera

En la fase de producción agro-ganadera, las emisiones totales de GEI en el escenario con prototipo ascienden a 1.401.524,91 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 19** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	43.157,10	1,75	0,35	43.300,72
A1.2. Combustión móvil: gasóleo B	22.752,95	0,11	0,60	22.933,22
A1.3. Uso de insumos del proceso y fermentación entérica	546.554,73	29.824,00	-	1.232.506,73
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	00,00
Total Alcance 1	612.464,78	29.825,86	0,95	1.298.740,67
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				0,00
Total Alcance 2				0,00
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos (desinfectantes y medicamentos) y su transporte				8.314,85
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				94.469,39
A3.3. Agua				0,00
Total Alcance 3				102.784,24
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>1.401.524,91</b>

**Tabla 19.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la explotación ganadera en el Escenario II.

### Cálculo de la Huella de Carbono de la producción de leche

Por tanto, la Huella de Carbono de la leche de vaca producida en la explotación agro-ganadera se ajusta a 1,104 kg CO<sub>2</sub>eq / L de leche en el escenario con prototipo.

### ii) Emisiones totales de la fase de transformación quesera

En la fase de transformación de queso, las emisiones totales de GEI en el escenario con prototipo se reducen a 743.429,61 kg CO<sub>2</sub>eq. En la **Tabla 20** se detallan los resultados de las emisiones por categoría.

### Cálculo de la Huella de Carbono de la producción de queso

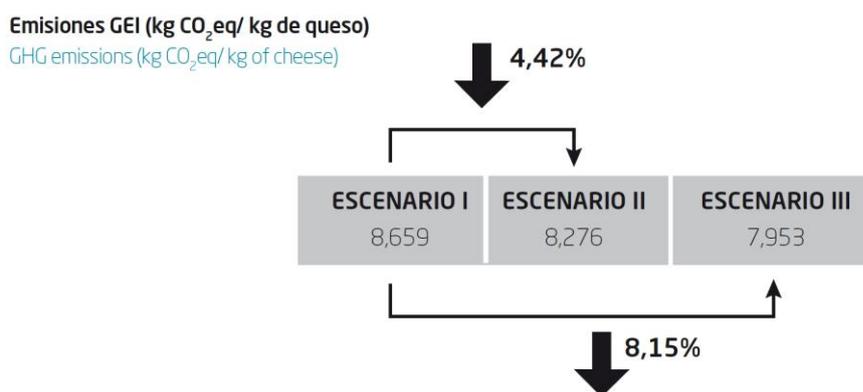
En este caso, la huella de carbono asociada a la producción de “Queso Fresco Sabor Latino” tras la implementación del Proyecto LIFE+ Integral Carbon será de 8,276 kgCO<sub>2</sub>eq / kg “Queso Fresco Sabor Latino”.

	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Alcance 1. Emisiones directas</b>				
A1.1. Combustión estacionaria	7.172,32	0,29	0,06	7.196,19
A1.2. Combustión móvil: gasóleo	-	-	-	0,00
A1.3. Uso de materias primas	694.718,38	-	-	694.718,38
A1.4. Emisiones fugitivas de gases fluorados	-	-	-	0,00
Total Alcance 1	701.890,7	0,29	0,06	701.914,57
<b>Alcance 2. Emisiones indirectas por energía</b>				
A2.1. Electricidad adquirida y consumida				0,00
Total Alcance 2				0,00
<b>Alcance 3. Otras emisiones indirectas</b>				
A3.1. Productos adquiridos (desinfectantes y envases) y su transporte				21.263,71
A3.2. Gestión de residuos y su transporte				574,52
A3.3. Agua				0,59
A3.4. Transporte en la distribución				19.676,2284
Total Alcance 3				41.515,05
<b>Emisiones totales (A1+A2+A3)</b>				<b>743.429,61</b>

**Tabla 20.** Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la quesería en el Escenario II.

### b) Escenario III. Cuantificación de emisiones a tres años de finalización del proyecto LIFE+ Integral Carbon

Como en el caso anterior del sector vitivinícola, se han analizado los resultados correspondientes a las emisiones de GEI que contribuyen a la Huella de Carbono de la organización Quesos de Sasamón y su proveedor lácteo en un escenario futuro, a los tres años de finalización del proyecto LIFE+ Integral Carbon. Se contabilizaron en comparación al año 2015 de referencia, manteniendo los cambios introducidos en el Escenario II, es decir, al implementar el prototipo del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en el proceso productivo del queso, pero considerando un perfecto funcionamiento de la planta durante todo el periodo. En la **Figura 33** se presenta el efecto de la reducción de la huella de C en los tres escenarios.



**Figura 33.** Reducción final de emisiones de GEI en los tres escenarios.

	<p><i>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-</i>  <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251  <b>FINAL REPORT</b></p>		

### Comparación con los resultados previstos

Los resultados anteriores muestran la consecución de los hitos del proyecto en lo que se refiere al análisis de sus aspectos ambientales:

- Recopilación de datos de actividad de la Finca La Estacada, bodega en la que efectuó la aplicación del bio-mejorador de algas, con el objetivo de verificar el funcionamiento de la hoja de cálculo para la cuantificación de la huella de carbono a nivel de organización.
- Recogida de datos de actividad de cada una de las bodegas y de la gerencia de la D.O. de Uclés para la cuantificación de la huella de carbono a nivel de organización en el escenario base, no aplicando el bio-mejorador de algas a los cultivos.
- De forma paralela, se realiza un registro de los datos de actividad referentes a la aplicación del bio-mejorador de algas en suelo. El procesamiento de estos datos sirve para calcular la nueva huella de carbono en el escenario del proyecto, es decir, incluyendo el bio-mejorador de algas como sustituto total o parcial de la fertilización mineral tradicional.
- De octubre de 2016 a diciembre de 2016 se realizaron las mismas etapas pero referidas a la producción quesera focalizada en la industria Quesos de Sasamón, localizada en Burgos, y su ganadería asociada de Sotovellanos (Burgos).

En diciembre de 2016 se han obtenido de forma satisfactoria los resultados de reducción de GEI y se ha podido estimar sobre la base de los cálculos realizados las reducciones esperadas a los tres años de funcionamiento del proyecto.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### **Sub-acción C1.3 Monitorización del carbono fijado en los suelos**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

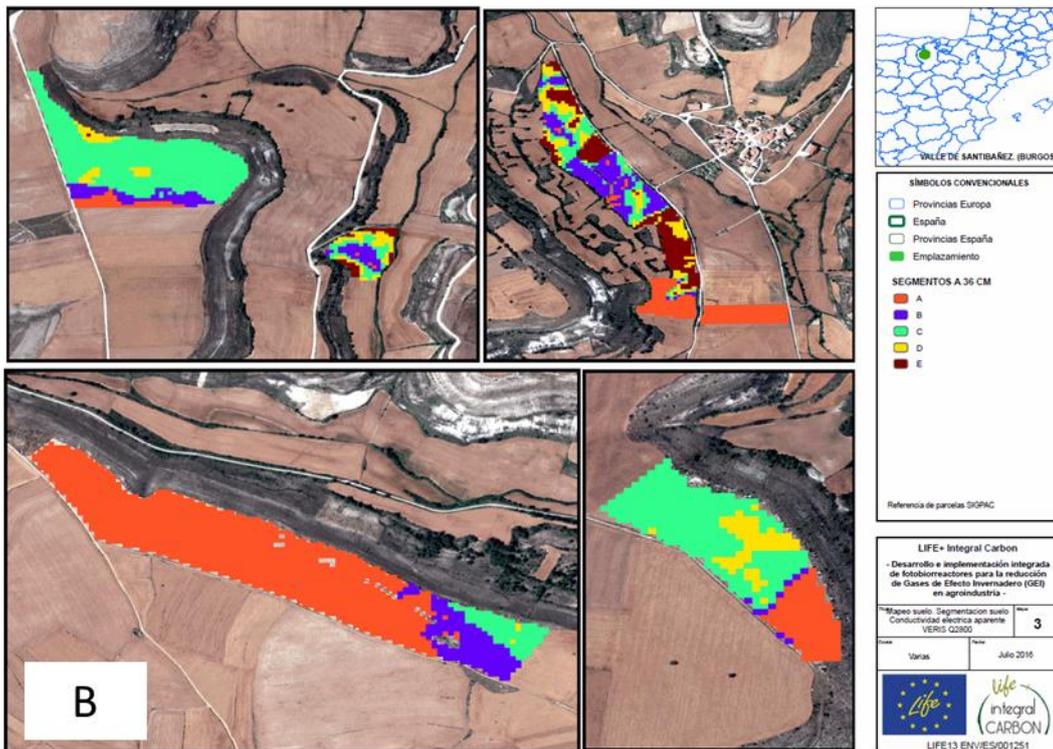
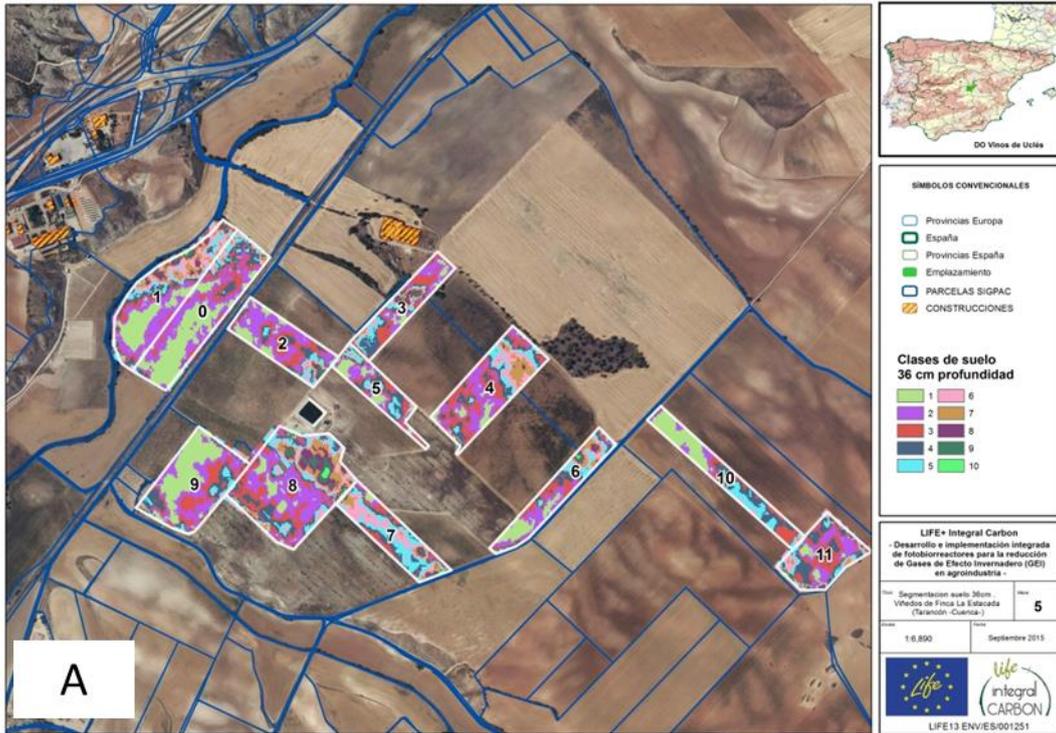
El desarrollo de esta fase ha supuesto la realización de las siguientes operaciones:

- a. Distribución de los campos de ensayo.** En esta sub-acción ha evaluado la aplicación de distintas dosis del biomejorador y su comparativa con respecto a la fertilización mineral o la aplicación del digestato. La aplicación del biomejorador de suelos se ha realizado en los dos escenarios en los que ha estado funcionando el Prototipo Industrial: en los viñedos de Finca La Estacada, dado el ofrecimiento por parte de sus propietarios para su realización y el reparto de funciones entre las diferentes bodegas alcanzado en la D.O. de Uclés, y en los campos de cultivo de Ros (Burgos) gestionados por la empresa HECTO BAL. En ambas la superficie de aplicación total es de 40 ha, que se localizan en diferentes parcelas, todas ellas con las mismas prácticas agronómicas. En el caso de los suelos del viñedo de Finca La Estacada, existían notables diferencias en cuanto a las características del suelo, su morfología y las variedades de uva introducidas. Esta heterogeneidad fue tenida en cuenta para la realización de un seguimiento de los efectos de la aplicación del biomejorador y en el establecimiento de un adecuado balance de C en los suelos.

Para abordar la heterogeneidad del suelo, la Universidad de Burgos decidió hacer un mapeo de precisión previo de los suelos mediante la subcontratación de dicha operación, dada la falta de experiencia y medios para su realización. Tras un proceso de selección de tres ofertas solicitadas para dicha finalidad, se realizó la adjudicación de dicho contrato a la empresa AGRAE, por realizar un mapeo de la textura del suelo mediante la medida de su conductividad eléctrica aparente con un equipo VERIS, a dos profundidades de suelo: 36 y 90 cm. La información georeferenciada permitió segmentar el terreno en zonas de similar textura.

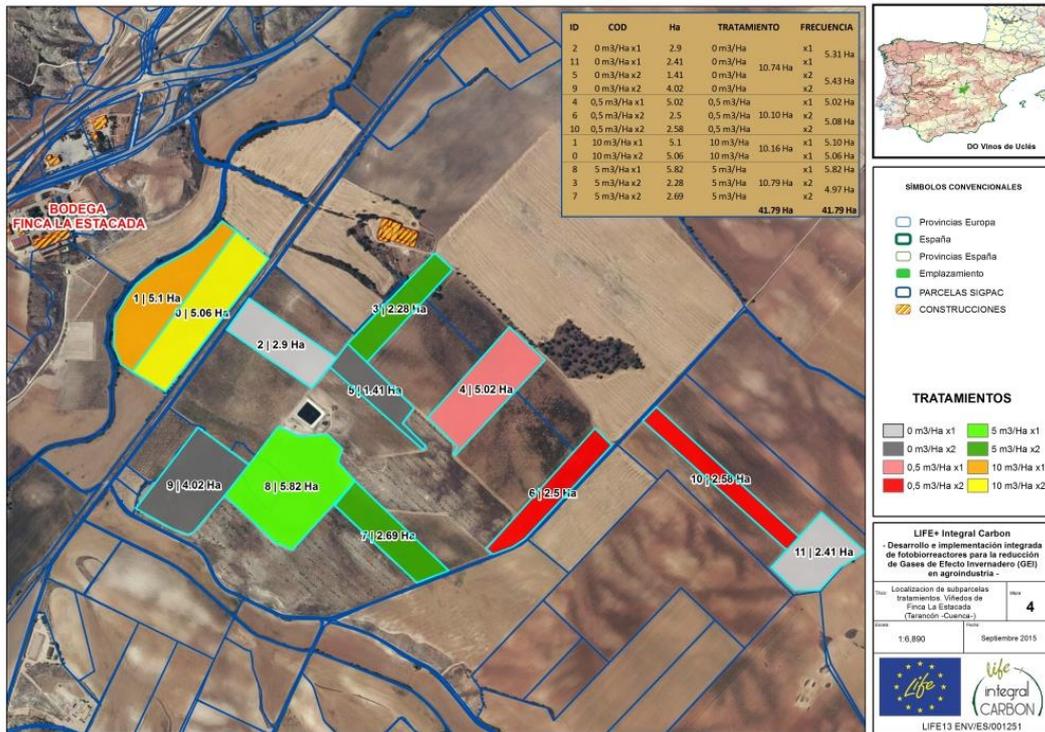
El resultado del mapeo del suelo, aparece recogido en la **Figura 34 A y B**, para los viñedos de Finca La Estacada y las fincas de cultivo de Ros (Burgos), respectivamente. En ellos aparecen zonificadas el área de cada una de las parcelas experimentales donde se realizará la aplicación del biomejorador en función de 10 clases texturales definidas en el primero de los casos y de 5 en el segundo, dada su mayor homogeneidad. Con esta información se ha elaborado los mapas con la distribución de parcelas y dosis que se realizará en la experiencia y que aparecen recogidos en las **Figuras 35 A y B**.

- b. Aplicación del biomejorador.** La aplicación de biomejorador se realizará descargando 20 m<sup>3</sup> del contenido del depósito del MPB cada 18 días, cantidad que deja en el depósito un volumen entre 5-10 m<sup>3</sup> que hace la función de inóculo para el ciclo siguiente. Dicho tiempo fue suficiente como para alcanzar la máxima producción de biomasa algal, conseguida la cual, se realizó su traslado en cuba remolcada a Finca La Estacada y se distribuyó en finca mediante una cuba que tenía una barra perforada con la que se cubría el ancho de la calle (**Fig. 36.A**). En el caso de la aplicación en Burgos, se recurrió a una cuba de la empresa ROPULPAT, presurizada y dotada de un deflector que proyectaba un abanico de 5 m de ancho (**Fig. 36.B**). En ambos casos se realizaron ensayos de la velocidad de desplazamiento del vehículo para el cálculo correcto de la dosis a aplicar.



**Figura 34.** Mapas de clases de suelo donde se realizará la aplicación del biomejorador a la profundidad 0-36 cm. **A.** Viñedos de Finca La Estacada. **B.** Campos de cereal de Ros (Burgos).

A)



B)

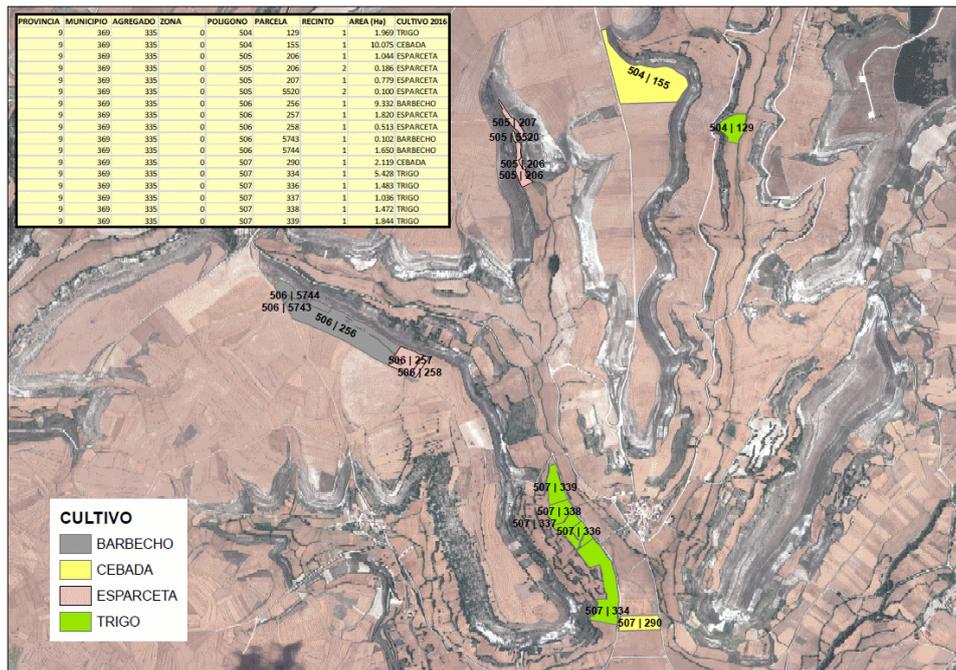
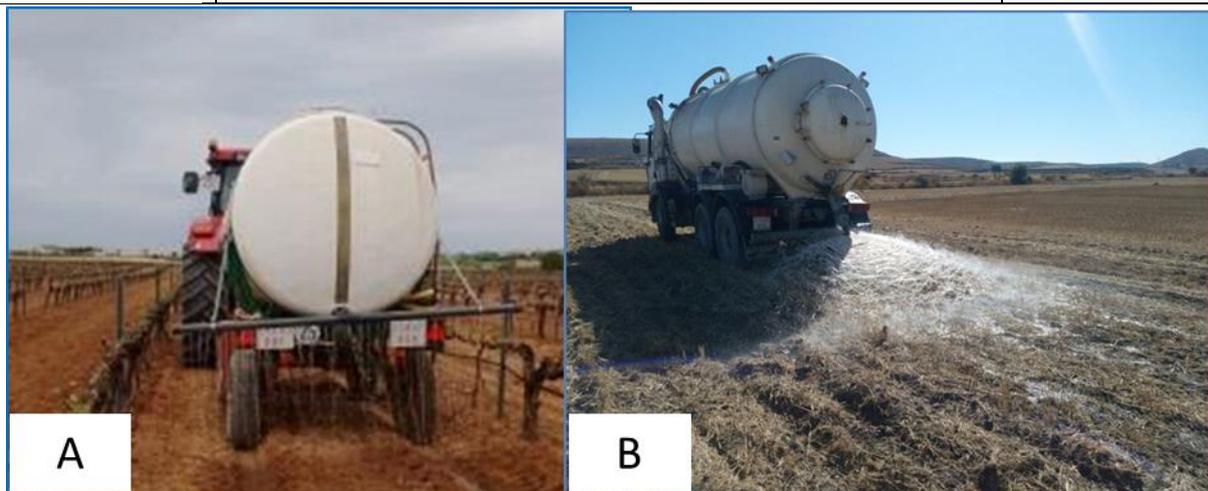


Figura 35. A) Distribución de las parcelas de ensayo en los viñedos de Finca La Estacada, de la D.O. de Uclés. B) Distribución de las parcelas de ensayo en diferentes cultivos en Ros (Burgos).



**Figura 36.** Distribución del biomejorador en las parcelas de ensayo. **A.** En los viñedos de Finca La Estacada (Uclés, Cuenca) y **B.** En los cultivos de Ros (Burgos).

c. **Monitorización del estado del suelo y de la climatología.** Para la realización de esta sub-acción, el Grupo TADRUS de la Universidad de Valladolid instaló una estación meteorológica PCE-FWS 20 (PCE Ibérica) para la captación de datos meteorológicos; esta estación está dotada de pantalla táctil, mástil y 5 sensores para temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, pluviosidad y presión atmosférica, así como función de alarma, puerto USB para la descarga de datos y software de análisis.

Por su parte, el Grupo UBUCOMP de la Universidad de Burgos instaló un sistema de adquisición de datos Em50 (DECAGON) con 5 entradas para sondas de humedad relativa y temperatura del aire, sonda 5TM de humedad y temperatura del suelo y tres sondas 10HS de humedad del suelo, que se han colocado a 10, 20, 40 y 60 cm de profundidad, respectivamente; el sistema tiene un puerto para la descarga de datos y software de análisis. Los dos sistemas han estado operativos en una parcela de Finca La Estacada desde la primera quincena de Agosto de 2015 hasta el final del proyecto en dicho viñedo (Mayo de 2016).

Ante la excesiva variabilidad que presentaba el suelo y la variedad de cultivos y variedades de viña sobre los que se iba a aplicar el biomejorador, especialmente en los viñedos de Finca La Estacada, se decidió la elección de una parcela que fuera representativa de la mayor área posible de todas las fincas en las que se realizaba la experiencia, hecho que se hizo en base al mapeo de precisión del suelo. Sobre esta parcela se aplicó un diseño experimental con subparcelas sobre las que realizar la aplicación del biomejorador. Los diseños fueron los siguientes:

- **En el viñedo** se recurrió a un diseño en Split-plot con dos factores fijos: tratamiento y frecuencia de aplicación. Ello supuso el estaquillado de 32 subparcelas, que con una dimensión de 6x11 m contenían 3 filas de 10 cepas, correspondía a un diseño factorial con 4 tratamientos x 2 frecuencias x 4 réplicas. En dichas subparcelas se marcaron 6 cepas de la fila central para realizar el seguimiento de la fenología, la producción de uva y los parámetros de calidad asociados.
- **En los campos de cereal** se realizó un diseño que comprendía 12 subparcelas distribuidas al azar en dos campos experimentales, uno con esparceta y otro con avena. En este caso se optó por una sola frecuencia de aplicación, a una mayor dosis, para mejorar el balance económico y ambiental del proceso.

Tras la aplicación del biomejorador se realizó un seguimiento tanto del cultivo como del suelo al final del proceso. No fue posible la determinación de las emisiones de gases GEI en el suelo, mediante el uso de cámaras estáticas dada la alta variabilidad que presentaban los resultados con

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

la climatología del día de muestreo, por lo que se recurrió a su simulación en condiciones climáticas controladas. Las muestras de gases tomadas fueron analizadas en su composición de gases GEI en la Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC) de Zaragoza, donde el investigador Jorge Álvaro colaboró en la interpretación de resultados dada su especialización en la cuantificación de GEI en suelos agrícolas.

**d. Relación de parámetros analizados.** En esta fase, a realizar tras la finalización de la aplicación del biomejorador de algas y la toma de material vegetal y de las muestras de suelo, se procedió a la determinación de los siguientes parámetros analíticos:

- Se realizó una determinación de la actividad fisiológica de la viña en el comienzo del cuajado del fruto mediante la toma de 30 medidas en cada sub-parcela con un medidor de clorofila SPAD.
- Simultáneamente, se tomaron 32 muestras de hojas de cada una de las subparcelas en las que se analizó su contenido en C y N Totales.
- Se muestrearon 4 racimos representativos en las 6 cepas control de cada subparcela. Sobre esas 32 muestras se realizó un análisis completo de los parámetros de calidad del mosto para vinificación según procedimientos normalizados.
- Tras finalizar la vendimia se tomaron muestras de suelo superficial (0-5 cm) y profundo (5-25 cm) sobre los que se analizaron los contenidos de nutrientes, Materia Orgánica y Nitrógeno Total. En total 64 muestras de suelo.
- Se extrajeron núcleos intactos de suelo para su posterior incubación en condiciones climáticas controladas. El objetivo fue determinar si la actividad de las microalgas añadidas se reproducía tras un periodo de elevadas temperaturas y escasa humedad en el suelo.
- En los campos de cultivo experimentales de Ros (Burgos) se realizó una estimación del desarrollo del cultivo mediante imagen aérea obtenida con un dron. Dada la falta de experiencia en dichas técnicas en el grupo UBUCOMP, dicho servicio se subcontrató con el Instituto Tecnológico Agrario y Agroalimentario de Castilla y León, que proporcionó los mapas con el índice de vegetación de las dos parcelas experimentales.
- Finalizado el crecimiento vegetativo y antes de su agostamiento, se realizó una estimación de la cosecha mediante la recolección manual de 2 m<sup>2</sup> de cultivo de cada sub-parcela.
- En la muestra vegetal se determinó su contenido de humedad, C y N totales. En total 24 muestras.
- Se realizó un muestreo superficial del suelo (0-10 cm) sobre el que se determinaron los mismos parámetros analíticos que en caso del viñedo. En total 24 muestras.

**e. Resultados obtenidos e interpretación.**

De los resultados obtenidos de **la aplicación del biomejorador en los viñedos** de Finca La Estacada (D.O. Uclés) se pueden extraer las siguientes conclusiones extraídas del **Entregable C1.3.a**:

- El biomejorador producido en el prototipo del proyecto LIFE+ Integral Carbon se ha aplicado durante 6 meses en los viñedos de Finca La Estacada siguiendo el plan de ensayos establecido:
  - Una superficie de control de 10 ha donde se realizó una aplicación de corrección de 5 m<sup>3</sup>/ha de un fertilizante líquido diluido: Vital Blue de FITOPAL (NPK 8-4-3).
  - Dos superficies de 10 ha por cada una de las dosis de biomejorador de algas aplicadas: 5 y 10 m<sup>3</sup>/ha.
  - Una superficie de 10 ha donde se aplicó directamente el digestato producido en el Módulo de Tratamiento de Residuos (MPR). Esta superficie sustituye al tratamiento de 0,5 m<sup>3</sup>/ha que se consideró inviable dada la baja cantidad a añadir al suelo.
  - Dichas superficies se subdividieron para realizar sobre una de ellas una segunda aplicación
- La realización de una segmentación del suelo en función de sus propiedades de resistividad eléctrica ha permitido obtener mapas de precisión de las propiedades de los suelos y su variación espacial.
- Sobre una de las fincas de aplicación, con textura franco-arenosa, sin fertilización previa en los últimos 3 años, sin pendiente y con la misma variedad de uva se estableció una finca experimental

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

de seguimiento del efecto del biomejorador del suelo con 32 sub-parcelas y un diseño en Split-plot con dos factores fijos: frecuencia de aplicación y tratamiento.

- Las determinaciones realizadas en dichas sub-parcelas han permitido extraer las siguientes conclusiones:
  - El biomejorador no ha mostrado efecto fertilizante estadísticamente significativo sobre el rendimiento de la viña ni sobre la calidad del mosto.
  - Su efecto ha sido similar a la aplicación de un fertilizante líquido de corrección por lo que se plantea la posibilidad de su utilización como elemento fertilizante de la viña. Dicho efecto será considerado en el cálculo de la huella de C derivada de tal fertilización.
  - La aplicación del biomejorador no ha supuesto una acumulación significativa de C en la capa más superficial del suelo, sin embargo, ensayos con el suelo tratado en condiciones climáticas óptimas muestra una reactivación de la actividad fijadora de C de las microalgas añadidas.
  - La repetida aplicación de microalgas tiene como efectos positivos una activación de la flora microbiana del suelo, con una mayor actividad fisiológica.
  - El biomejorador de algas tiene propiedades que lo permiten calificar de biofertilizante del suelo, si bien se requiere una mayor investigación en la caracterización de sus propiedades.

Por su parte, la **aplicación del biomejorador en los cultivos de Ros** (Burgos) ofreció los siguientes resultados recogidos en el *Entregable C1.3.b*:

- El biomejorador producido en el prototipo del proyecto LIFE+ Integral Carbon se ha aplicado durante 6 meses en cultivos de trigo, cebada, esparceta y avena, localizados en fincas del municipio de Ros (Burgos), ha cubierto el siguiente plan de ensayos:
  - Una superficie de control de 10 ha donde se realizó una aplicación de fertilizante de cobertera de 50 m<sup>3</sup>/ha de nitrato amónico de concentración 0,5 g N L<sup>-1</sup>.
  - Una superficie de 3,6 ha tratada con el biomejorador de algas aplicado a una dosis de 50 m<sup>3</sup>/ha.
  - Una superficie de 18 ha donde se aplicó directamente el digestato producido en el Módulo de Tratamiento de Residuos (MPR) a una dosis de 5 m<sup>3</sup>/ha.
  - Se eliminó el tratamiento con una segunda dosis por considerarlo inviable desde el punto de vista económico y ambiental.
- La realización de una segmentación del suelo en función de sus propiedades de resistividad eléctrica ha permitido obtener mapas de precisión de las propiedades de los suelos y su variación espacial.
- Se seleccionaron dos fincas de aplicación, con textura franco y sin pendiente, sin fertilización de fondo y con dos cultivos diferentes, una leguminosa como la esparceta y un cereal como la avena, se introdujo un diseño experimental para seguimiento del efecto del biomejorador del suelo. Ello supuso el establecimiento de 12 sub-parcelas con el tratamiento como factor fijo y tres réplicas por tratamiento.
- Las determinaciones realizadas en dichas sub-parcelas han permitido extraer las siguientes conclusiones:
  - El biomejorador ha mostrado efecto un incremento de la producción de aquellas parcelas tratadas con el biomejorador, ligeramente superior al control y a la fertilización mineral.
  - Sin embargo, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas dada la alta variabilidad mostrada por el terreno.
  - El digestato aplicado en cobertera tuvo como consecuencia una ligera disminución de la producción, posiblemente debido a una elevada salinidad y un alto contenido en sólidos totales.
  - Se puede considerar que su efecto ha sido similar a la aplicación de un fertilizante líquido en cobertera. Dicho efecto será considerado en el cálculo de la huella de C derivada de tal fertilización.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

- La aplicación del biomejorador no ha supuesto una acumulación significativa de C en la capa más superficial del suelo. Se hace necesaria una mayor experimentación para ver efectos a más largo plazo.

Como **opciones de mejora para futuras aplicaciones en viñedo** se extraen las siguientes:

- Aumentar la concentración de microalgas en el biomejorador. Como es un objetivo difícil de conseguir, se propone aumentar la dosis hasta los 50 m<sup>3</sup>/ha (5 L/m<sup>2</sup>), dosis que puede ser introducida sin generar una excesiva escorrentía.
- Focalizar la aplicación del biomejorador en una banda que cubra 0,5 m centrada en la línea de cepas, para que de esta forma sea la viña la receptora del biomejorador y no la vegetación adventicia de la calle entre líneas.
- Introducir el biomejorador en la línea de goteros instalados para el riego de apoyo, hecho que no fue posible al no existir un sistema de inyectores a presión instalado en el viñedo de Finca La Estacada.
- Aplicar el digestato en la fase de brotación de la viña y el biomejorador en la fase de floración-cuajado del fruto por adecuarse más a las necesidades fisiológicas de la planta.

Como **opciones de mejora para futuras aplicaciones en cultivos extensivos** se extraen las siguientes:

- El biomejorador supone un buen elemento fertilizante de cobertera, pues supone el aporte de nutrientes fácilmente solubles, que permiten una rápida respuesta del cultivo y no produce daños sobre la planta.
- El digestato se puede aplicar como elemento fertilizante de fondo, para una vez incorporado al suelo, de forma previa a la siembra del cultivo. Este efecto fertilizante no se manifiesta bien cuando se aplica en cobertera, por posibles efectos negativos en la planta.
- El biomejorador puede constituirse en elemento fertilizante de cultivos como la esparceta, que son utilizados en la producción de pasto para el vacuno y que dado su carácter plurianual, permite su fertilización de forma continua a lo largo del año.

#### Responsable de la realización:

El responsable de su realización ha sido el Grupo UBUCOMP de la Universidad de Burgos. Debido a las características de la misma, determinadas labores se han sub-contratado: (i) el mapeo de suelos a la empresa AGRAE, (ii) en análisis de la concentración de GEI emitidos por el suelo y su interpretación fue realizado por el investigador Jorge Álvaro Fuentes, Científico Titular del CSIC y miembro del Grupo de Manejo de Suelos y Cambio Global del EEAD, con una amplia experiencia en la cuantificación de emisiones de gases GEI y Manejo del Suelo, (iii) el análisis de los cultivos mediante imagen aérea obtenida con un dron con ITAGRA.

Los resultados obtenidos se encuentran recogidos en el los siguientes informes:

- *Entregable C1.1.a - Acción C1: Informe con los datos agroclimáticos representativos en la D.O. Uclés.*
- *Entregable C1.2.b - Acción C.1: Informe con los datos agroclimáticos representativos en el Valle de Santibáñez (Burgos).*
- *Entregable C1.2 - Acción C.1: Análisis de la huella de Carbono en sustitución de la fertilización mineral.*
- *Entregable C1.3.a - Acción C.1: Monitoreo del C fijado en los suelos de la D.O. Uclés.*
- *Entregable C1.3.b - Acción C.1: Monitoreo del C fijado en los suelos de Ros (Burgos).*

#### Problemas y retrasos

Los retrasos producidos en la aplicación al suelo del biomejorador estuvieron derivados del retraso en la puesta en funcionamiento del Prototipo Industrial y se han corregido alargando el periodo de aplicación de dicho biomejorador hasta finales de Abril de 2016 en Finca La Estacada y hasta finales de Abril de 2017 en los suelos de Ros, hecho que obligó a solicitar a la Comisión Europea un alargamiento en el plazo de emisión de este Informe Final.



### Comparación con los resultados previstos

Se ha optado por la realización de un mapeo de precisión de las propiedades del suelo que implica la obtención de datos de resistividad del suelo a dos profundidades (36 y 90 cm) y el muestreo en 80 puntos a dos profundidades en las 10 clases de suelo que se han establecido.

Se ha optado por la simulación de la emisión de GEI en incubaciones de suelo en laboratorio, dada la dificultad que presentaban el análisis mediante cámaras estáticas y la imposibilidad de aplicar metodologías como la Eddy-covariance, a un diseño de parcelas de dimensiones limitadas con medidas simultáneas en los diferentes tratamientos establecidos. Algunos de estos resultados han sido presentados en congresos nacionales como el CONDEGRES 2015 celebrado en Bilbao y han sido aceptado para publicación en la revista científica *Science of the Total Environment* (F.I. 5,102; Q1).

### Resumen progreso Acción C1

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Registro de primeros datos representativos agroclimáticos en los campos de ensayo de la D.O. Uclés.</li> <li>Registro de primeros datos representativos agroclimáticos en los campos de ensayo de Ros (Burgos).</li> <li>Informe con huella de carbono con y sin uso de biofertilizante en cultivos</li> </ul>	30/09/2015	Realizado
	30/10/2016	Realizado
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalación de dispositivos de monitorización de gases en suelos, cultivos y proceso de cultivo biomejorador</li> <li>Interpretación de analíticas de actividad biológica de suelos en relación con modelos de fijación de carbono</li> </ul>	01/04/2016	Alcanzado
	30/06/2016	Alcanzado
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estaquillado de 10 hectáreas en la D.O. Uclés y en los cultivos de cereal de Ros (Burgos) con las dosis y frecuencias de distribución de biomejorador a ensayar.</li> <li>Obtención de 300 registros de concentración de CO<sub>2</sub> gas en el prototipo del biomejorador.</li> <li>Obtención de 30 alícuotas de biomejorador producido</li> <li>Obtención de 90 muestras de plantas o partes de planta</li> <li>Obtención de 45 muestras de suelo: antes, pasados 30 días y pasados 90 días de la paliación del biomejorador.</li> <li>Análisis del 100% contenido en carbono y nitrógeno de las muestras de suelo obtenidas.</li> </ul>		Alcanzado
		Alcanzado

## **Acción C2 Monitorización Impacto Socio-Económico del Proyecto**

### Cronograma

- Propuesta: Fecha de inicio 01/07/2014                      Fecha finalización 31/12/2016
- Actual: Fecha de inicio 01/07/2014                      Fecha finalización 30/06/2017

### Objetivo

Analizar la rentabilidad del prototipo en los dos sectores contemplados en el proyecto: industria vitivinícola y sector lácteo, incluyendo al sector agro-ganadero asociado. Para ello se traza una metodología común en ambos sectores: los flujos de caja del escenario sin prototipo (ESP) y con el (EP). Ello también se analiza en términos de competitividad de las enmiendas orgánicas fertilizantes producidas con el prototipo. Posteriormente se analiza también la rentabilidad en la escalabilidad de la tecnología contemplada en el prototipo.

### **Sub-acción C2.1 Evaluación económica del Proyecto**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

##### *a) Valoración de la inversión*

La construcción del **Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)** del Prototipo Industrial desarrollado supone una inversión global de 195.405 €, según la valoración económica realizada en para la construcción del prototipo por la empresa KEPLER Ingeniería y Ecogestión y desglosada en el Entregable B2.1. A ella se ha añadido el beneficio industrial así como unos costes de funcionamiento totales de 36,05 €·día<sup>-1</sup>, tal y como se desglosa en la **Tabla 21**.

<b>PRESUPUESTO MPR</b>	<b>Euros</b>
Presupuesto de ejecución material	92.755
Coste de mano de obra y puesta en marcha	53.788
Beneficio industrial y gastos generales	48.851
<b>Total</b>	<b>195.405</b>
<b>COSTES DE OPERACIÓN</b>	<b>Euros día<sup>-1</sup></b>
Consumo eléctrico de MPR - Potencia eléctrica Digestor (5 KWh·día <sup>-1</sup> )	0,46
Operario encargado de supervisión y mantenimiento (1 h día <sup>-1</sup> )	25,00
Carga de digestor con sustratos haciendo uso de pala mecánica (1 h·día <sup>-1</sup> )	10,59
<b>Total</b>	<b>36,05</b>

**Tabla 21.** Desglose de presupuesto material, mano de obra y precio de venta libre de impuestos del Módulo Pretratamiento de Residuos (MPR) y sus costes de funcionamiento asociados.

En el caso del **Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)** desarrollado por la UVa, la valoración económica de los costes incurridos se ha descrito en detalle en el **Entregable B 3.1**, donde se incluye también el módulo de floculación.. En la evaluación global de costes que se muestra en la **Tabla 22** se han incluido tanto un 16% del presupuesto correspondiente al beneficio industrial del Prototipo, como unos costes de funcionamiento de 12,5 € día<sup>-1</sup>.

	“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b>	
	LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT	

PRESUPUESTO MPB	Euros	
	Balsa	Floculador
Presupuesto de ejecución material	15.573	5.874
Coste de mano de obra y puesta en marcha	2.940	2.240
Beneficio industrial y gastos generales	2.962	1.298
<b>Total</b>	<b>21.475</b>	<b>9.412</b>
<b>Total MPB</b>	<b>30.887</b>	
COSTES DE OPERACIÓN	Euros día <sup>-1</sup>	
Operario encargado de supervisión y mantenimiento (1 h día <sup>-1</sup> )	12,50	
<b>Total</b>	<b>12,50</b>	

**Tabla 22.** Desglose de presupuesto material, mano de obra y precio de venta libre de impuestos del Módulo Producción de Biomejorador (MPB), desglosado en sus dos componentes: la balsa y sus sistemas de aireación y control y el módulo de floculación, así como sus costes de funcionamiento asociados.

Para la evaluación económico-financiera del prototipo se tuvo en cuenta la estructura de costes e ingresos del escenario sin prototipo (ESP) y el escenario con prototipo (EP). En el EP se desglosaron las inversiones que suponen el prototipo y los gastos que genera la operación del mismo. En la **Tabla 23** se presenta por ejemplo la estructura de los flujos de caja de la producción de vino en Bodegas & Viñedos Fontana teniendo en cuenta la instalación del prototipo.

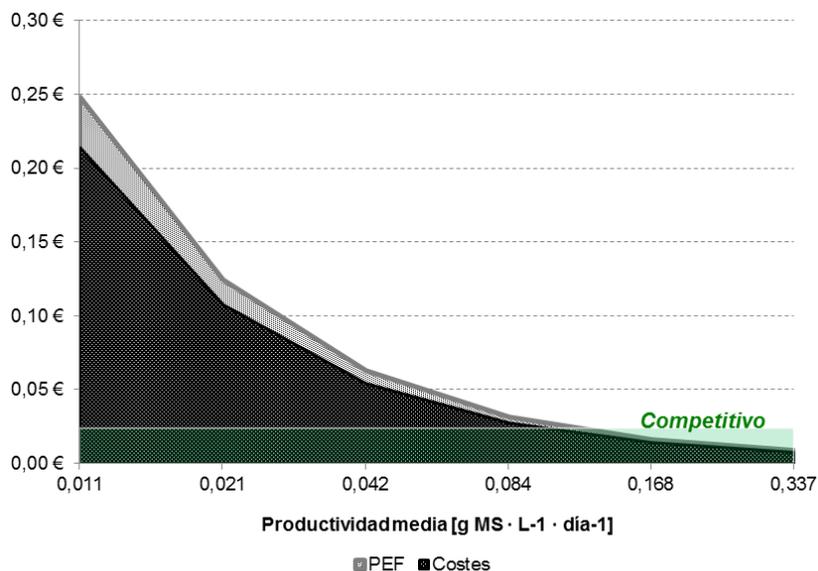
<b>Inversión (0)</b>			<b>226.569 €</b>
<b>Situación ESP (1)+(2)</b>			<b>-15.699 €</b>
Cobros (1)			0 €
Pagos (2)			-15.699 €
Energía eléctrica total			-1.879 €
Energía térmica total			-3.976 €
Gestión de raspón			-5.580 €
Canon de saneamiento y de vertido de aguas de limpieza			-4.264 €
<b>Situación EP (3)+(4)</b>			<b>18.827 €</b>
Cobros (3)			36.573 €
Biomejorador	3.368 Kg·año <sup>-1</sup>	1,74 €·Kg <sup>-1</sup>	5.850 €
Digestato	432.000 Kg·año <sup>-1</sup>	0,04 €·Kg <sup>-1</sup>	17.105 €
Compost raspón	343.950 Kg·año <sup>-1</sup>	0,04 €·Kg <sup>-1</sup>	13.618 €
Pagos (4)			-19.796 €
Elaboración de silo raspón			-2.050 €
Estiércoles: purín de cerdo y gallinaza			-6.093 €
Coste de electricidad módulo digestión anaerobia			-110 €
Coste de mantenimiento/personal digestor anaerobio			-6.000 €
Coste de carga de digestor. Medios mecánicos			-2.542 €
Coste de supervisión y mantenimiento de floculador			-3.000 €
<b>Flujos de caja (5) = (3)+(4)-(1)-(2)</b>			<b>34.526 €</b>
<b>Años de retorno (0)/(5)</b>			<b>7</b>
<b>TIR</b>			<b>13,11%</b>
<b>VAN</b>			<b>214.792 €</b>

**Tabla 23.** Estructura de flujos de caja. Se consideran unos flujos de caja constantes durante los 20 años de vida útil del proyecto.

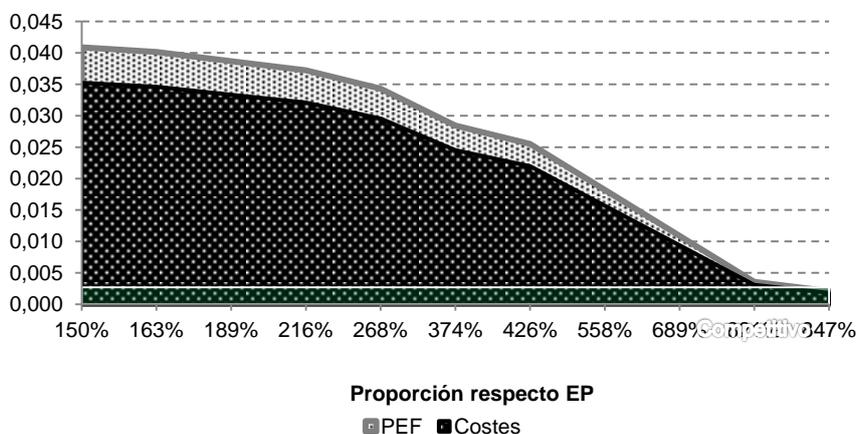
Utilizando los flujos de caja constantes y anuales contemplados, se obtiene un tiempo de retorno de inversión de 7 años, una rentabilidad de 13,11% de TIR y 214.792 € de VAN, con lo que la inversión resultaría rentable al considerarse una vida útil de 20 años.

**b) Análisis de sensibilidad de la productividad del prototipo**

Se considera el umbral de rentabilidad, aquel por debajo del cual el coste de la fertilización con biomasa algal y digestato es menor o igual que la fertilización tradicional que se realiza en viñado como es la adición de estiércol de ovino. En las **Figuras 37 y 38** se compara la evolución de costes y el Precio de la Enmienda Fertilizante (PEF) para el cálculo de los umbrales de competitividad.



**Figura 37.** Representación de la evolución de costes y precio de enmienda fertilizante (PEF) de biomasa de algas (BA) manteniendo la estructura de beneficios, respecto a la productividad en biomasa seca del Módulo de Producción de biomasa (MPB). El área marcada representa el margen por debajo del cual la BA es competitiva frente al estiércol en la evaluación del escenario sin prototipo (ESP).



**Figura 38.** Representación de evolución de costes evitados y precio de enmienda fertilizante (PEF) de digestato (D), manteniendo la actual estructura de beneficios, respecto al incremento de la producción energética del Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR). El área marcada representa el umbral por debajo del cual el digestato es competitivo frente al estiércol utilizado en la evaluación del escenario sin prototipo (ESP).



"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-

**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



La comparación del coste de producción de cada unidad de materia activa de los biofertilizantes: Biomejorador de Algas (BA), Digestato y Silo de Raspón (SR), con el precio de estas materias activas en mercado teniendo en cuenta el contenido en ellas de los fertilizantes minerales o el estiércol, muestran que en este sentido el proyecto no es competitivo dado que la productividad es baja por las pocas unidades fertilizantes que se generan, lo que hace que tengan un coste y por lo tanto un precio mayor que los fertilizantes minerales a los que se pretende sustituir.

En este sentido, una solución viable sería el empleo de técnicas que concentren los nutrientes mediante procesos de floculación como los empleados en la clarificación del digestato. Esta concentración de la biomasa de algas (BA) también repercutiría en la reducción de la huella de hídrica de este tipo de tecnologías al permitir un reciclado de la solución nutritiva en el MPB.

En el estudio de viabilidad económica expuesto en el *Entregable C2.1*, se muestra que para ambos sectores, vitivinícola y agro-ganadero-lácteo, que la rentabilidad del prototipo es una cuestión de escala.

La clave para lograr una rentabilidad es que esta tecnología provoque una mayor cuantía de costes evitados en el escenario con prototipo (EP) de la agroindustria. En este sentido, cuanto mayor es la agroindustria y por tanto mayores sus consumos eléctricos y térmicos, más interesante puede resultar la aplicación de esta tecnología, porque más altos serán los ahorros energéticos y por tanto, los costes evitados.

### **Sub-acción C2.2 Evaluación multicriterio en diferentes contextos y escenarios**

#### **Descripción de las actividades desarrolladas**

Se ha buscado la inclusión de los sistemas de producción de algas como sumideros de carbono verificables en el mercado de CO<sub>2</sub> europeo, con especial interés en el encaje de las propuestas en la convocatoria CLIMA de la Oficina Española del Cambio Climático, algo que en la actualidad no está contemplado, no existiendo base normativa por el momento.

Alternativamente, se ha elaborado un modelo de sistema participativo de financiación de la inversión requerida, donde una parte del pago de la PAC definida en función de la escala del prototipo son derivadas a la financiación de la planta de la tecnología propuesta en el Proyecto.

Este modelo participativo propuesto y evaluado está en consonancia con las tendencias internacionales en políticas agrícolas, y en concreto europeas (PAC post-2020) que apoyan esta conversión de pagos públicos-comunitarios a un modelo público-privado, transformando la política agrícola a una política ambiental, en consonancia con los acuerdos firmados de la Organización Mundial del Comercio, que apoyan el repliegue de los pagos directos que da cada país a la producción y a las estructuras productivas agrarias.

Este modelo participativo responde a la conclusión obtenida en la evaluación económica del prototipo: es un proyecto rentable, pero no es competitivo. Este modelo participativo contempla dos actores: agricultura y agroindustria. Este modelo participativo se articula con el pago de la Política Agraria Común (PAC) que recibe la agricultura para co-financiar por los actores, la inversión y los costes del prototipo. Ya que estos son los actores que obtienen beneficios en la operación del prototipo: la agricultura obtiene fertilizantes para un número de hectáreas que depende de la dimensión del prototipo (superficie tributaria), y la agroindustria obtiene energía y el coste evitado de la gestión de los residuos.

#### ***a) Premisas del modelo participativo propuesto***

En el modelo participativo, se definen las siguientes premisas:

1. **Primera premisa.** La participación en la inversión de ambos actores queda definida por el porcentaje de costes evitados que supone el Escenario con Proyecto (EP) a cada actor.
2. **Segunda premisa.** El pago de la PAC que recibe la agricultura queda disponible para la inversión y gestión del prototipo. Este pago se repartirá entre ambos actores de forma que la rentabilidad que obtengan ambos en este modelo participativo sea la misma, es decir el mismo

valor de Tasa de Interna de Retorno (TIR). A este pago se le ha denominado “pago de reparto”.

**b) Valoración de un modelo participativo**

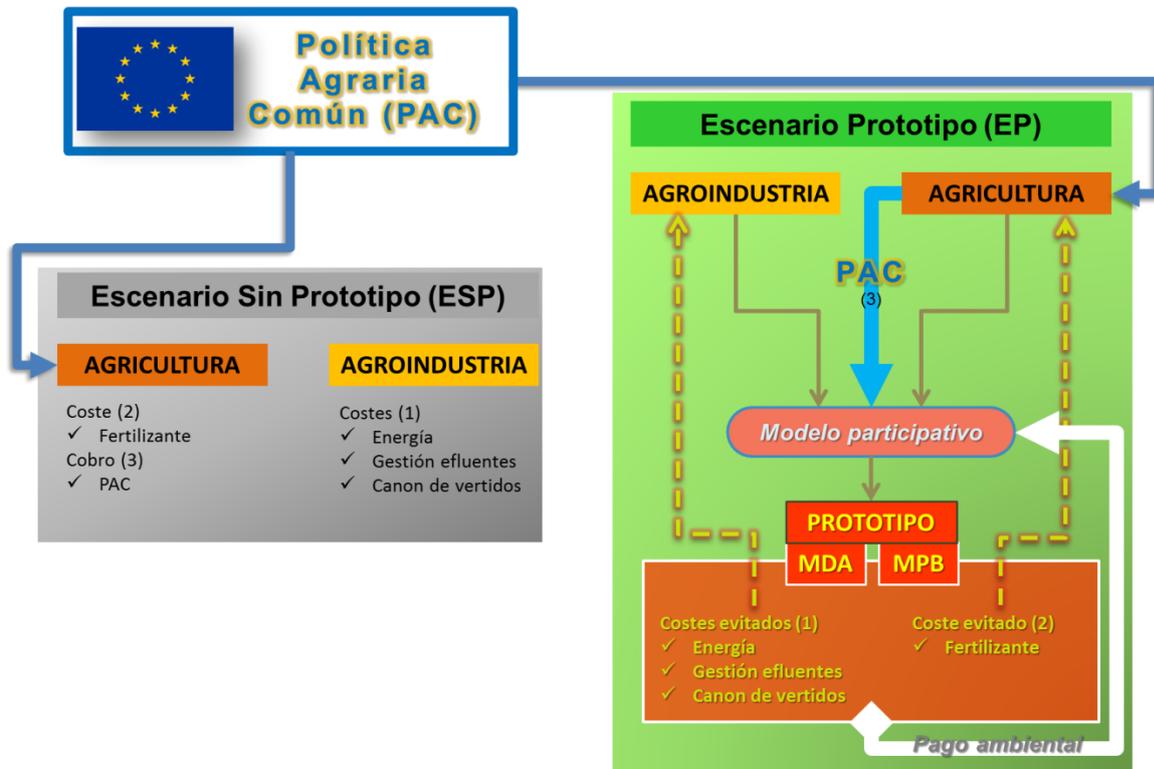
Dicho modelo se esquematiza en la **Figura 39** y se describe con detalle en el **Entregable C2.2**.

Si considera que la producción de biomasa alcanza el óptimo con una producción de  $0,155 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , se obtiene la estructura financiera que se muestra en la **Tabla 2424**. En la **Tabla 25** se muestra el mismo cálculo, pero introduciendo un pago ambiental ligado a los créditos de Carbono. La participación de la agroindustria en el modelo de negocio es del 41%, siendo la superficie tributaria de 90 ha, lo que hace que aumenten los costes evitados de fertilización asociados a la misma. De este modo se propone invertir un 65% del pago de la PAC recibida por los agricultores a la financiación conjunta del prototipo. De esta forma, la agroindustria y los agricultores obtienen más rentabilidad con la ejecución del prototipo a través del modelo participativo que si no lo hiciesen.

Esto es especialmente relevante ya que se demuestra que derivar parte del pago de la PAC (pago comunitario) a la financiación conjunta con la agroindustria (inversión privada) de una planta con la tecnología propuesta, supone más rentabilidad para los agricultores, que la situación de solo recibir el pago. Esto es porque están **obteniendo fertilizantes más competitivos**, tanto a nivel de costes de fabricación, como contemplando también los costes asociados de aplicación.

Como se explica con más detalle en el **Entregable C2.2.**, el modelo participativo propuesto y evaluado supone resolver un ejemplo de economía circular entre la agricultura y agroindustria. Es decir es un modelo aplicable a cualquier tecnología que tenga como objeto la recuperación de nutrientes residuales en forma de fertilizantes agrícolas.

**Figura 39.** Esquema de actuación del modelo participativo: Escenario Sin Prototipo (ESP) y Escenario con Prototipo (EP).



AGROINDUSTRIA		AGRICULTURA	
<b>Inversión (0)</b>	<b>92.705 €</b>	<b>Inversión (0)</b>	<b>133.864 €</b>
<b>Situación ESP (1)+(2)</b>	<b>-15.699 €</b>	<b>Situación ESP (1)+(2)</b>	<b>-4.768 €</b>
Cobros (1)	0 €	Cobros (1)	17.901 €
		Pago PAC	17.901 €
Pagos (2)	-15.699 €	Pagos (2)	-22.669 €
Energía eléctrica total	-1.879 €	Coste de fertilización en 90 Ha	-22.669 €
Energía térmica total	-3.976 €		
Gestión de raspón	-5.580 €		
Canon de saneamiento y de vertido de aguas de limpieza	-4.264 €		
<b>Situación EP (3)+(4)</b>	<b>-8.100 €</b>	<b>Situación EP (3)+(4)</b>	<b>6.205 €</b>
Cobros (3)	11.696 €	Cobros (3)	17.901 €
Pago de reparto	11.696 €	Pago PAC	17.901 €
Pagos (4)	-19.796 €	Pagos (4)	-11.696 €
Costes de operación prototipo	-19.796 €	Pago de reparto	-11.696 €
<b>Flujos de caja (5) = (3)+(4)-(1)-(2)</b>	<b>7.599 €</b>	<b>Flujos de caja (5) = (3)+(4)-(1)-(2)</b>	<b>10.973 €</b>
<b>Años de retorno (0)/(5)</b>	<b>12</b>	<b>Años de retorno (0)/(5)</b>	<b>12</b>
<b>TIR</b>	<b>5,25%</b>	<b>TIR</b>	<b>5,25%</b>
<b>VAN</b>	<b>10.570 €</b>	<b>VAN</b>	<b>15.263 €</b>

**Tabla 24.** Estructura financiera para una productividad en biomasa de algas de  $0,126 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , manteniendo todas las demás dimensiones y productividad del prototipo fijas. Superficie tributaria 90 ha.

AGROINDUSTRIA		AGRICULTURA	
<b>Inversión (0)</b>	<b>92.705 €</b>	<b>Inversión (0)</b>	<b>133.864 €</b>
<b>Situación ESP (1)+(2)</b>	<b>-15.699 €</b>	<b>Situación ESP (1)+(2)</b>	<b>-4.768 €</b>
Cobros (1)	0 €	Cobros (1)	17.901 €
		Pago PAC	17.901 €
Pagos (2)	-15.699 €	Pagos (2)	-22.669 €
Energía eléctrica total	-1.879 €	Coste de fertilización en 90 Ha	-22.669 €
Energía térmica total	-3.976 €		
Gestión de raspón	-5.580 €		
Canon de saneamiento y de vertido de aguas de limpieza	-4.264 €		
<b>Situación EP (3)+(4)</b>	<b>-6.994 €</b>	<b>Situación EP (3)+(4)</b>	<b>7.802 €</b>
Cobros (3)	12.801 €	Cobros (3)	17.901 €
Pago de reparto	10.100 €	Pago PAC	17.901 €
Pagos (4)	-19.796 €	Pagos (4)	-10.100 €
Costes de operación prototipo	-19.796 €	Pago de reparto	-10.100 €
<b>Flujos de caja (5) = (3)+(4)-(1)-(2)</b>	<b>8.705 €</b>	<b>Flujos de caja (5) = (3)+(4)-(1)-(2)</b>	<b>12.569 €</b>
<b>Años de retorno (0)/(5)</b>	<b>11</b>	<b>Años de retorno (0)/(5)</b>	<b>11</b>
<b>TIR</b>	<b>6,93%</b>	<b>TIR</b>	<b>6,93%</b>
<b>VAN</b>	<b>25.593 €</b>	<b>VAN</b>	<b>36.957 €</b>

**Tabla 25.** Estructura financiera para una productividad en biomasa de algas de  $0,126 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , manteniendo todas las demás dimensiones y productividad del prototipo fijas, pero introduciendo un Pago ambiental sujeto a los créditos de carbono.

### c) Valoración social del proyecto

Los objetivos que se plantean son:

- Identificar los impactos potenciales y reales que genera la implantación del proyecto, especialmente los obstáculos y las necesidades futuras que plantean los posibles receptores del Proyecto LIFE+ Integral Carbon.
- Realizar un diagnóstico en el que los diferentes actores implicados en la cadena agroindustrial, valoren las contribuciones del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en términos de sostenibilidad económica, social y ambiental; así como las contribuciones específicas de cada contribución.
- Analizar los posibles puntos críticos detectados en la implementación del Proyecto LIFE+ Integral Carbon y proponer estrategias tanto a nivel interno como externo, para su solución.

Para abordar este conjunto de objetivos, se ha optado por realizar una aplicación empírica a través de dos estudios de caso: el primero, en el contexto territorial de la D.O. de Uclés (Cuenca) donde se ha desarrollado la primera experiencia piloto del Proyecto LIFE+ Integral Carbon. En segundo lugar, en la industria quesera Quesos de Sasamón (Burgos) donde ha tenido lugar la segunda experiencia piloto del proyecto.

La **Tabla 26** recoge los obstáculos y las necesidades futuras del Proyecto tal como fueron detectados por los participantes de la I Jornada Técnica de presentación del Proyecto en Fincas La Estacada, realizada el 3 de Diciembre de 2015.

Sector	Obstáculos	Necesidades futuras
<b>Primario</b>	Cultura económica sectorial Rigideces del mercado Duración de los proyectos Trabas en financiación	Incentivos y ayudas públicas Cuantificación económica-financiera
<b>Agroindustria</b>	Escasa divulgación	Organización de talleres y grupos de trabajo Acercamiento de la población
<b>Técnico</b>	Ausencia de herramientas homogéneas de medición Dificultades de aplicar la técnica en otras condiciones agroecológicas y edáficas Duración de los proyectos (coste inicial y ahorro final)	Mayor recogida de datos (en términos de replicar en otras experiencias)
<b>Institucional</b>	Mayor implicación administración/empresa/sociedad	Potenciar la participación

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de aplicación de cuestionarios a participantes en el Grupo Focal de la Jornada Técnica.

**Tabla 26.** Definición de obstáculos y necesidades futuras en términos de la implantación del proyecto.

Para seguir avanzando en la evaluación social del proyecto, el siguiente paso fue realizar dos sesiones posteriores de trabajo (D.O. Uclés y Quesos de Sasamón) con los actores implicados en el proceso, donde implementar una técnica cualitativa denominada Grupos Focales.

Se realizaron dos sesiones con Grupos Focales, uno en Finca La Estacada (Cuenca) y otro en la Universidad de Burgos, donde se valoró por parte de los actores afectados en ambas ámbitos la sostenibilidad del proyecto. La **Figura 40** muestra la valoración de los distintos aspectos ligados con la sostenibilidad ambiental, social y ambiental en ambas zonas de estudio a partir del análisis de los resultados de los Grupos Focales: **A.** para la D.O. Uclés (Cuenca) y **B.** para la empresa Quesos de Sasamón (Burgos).

En la **Figura 41** se muestran los resultados de la valoración cuantitativa de la sostenibilidad global del proyecto a partir de un análisis AHP dirigidos a agentes que directa o indirectamente pueden verse afectados por el proyecto.

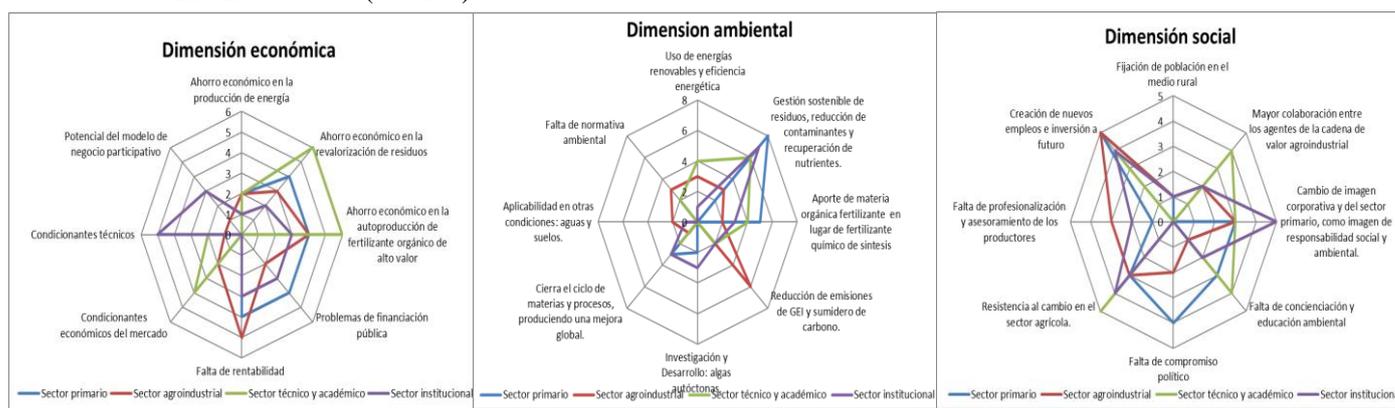
### Resultados previstos:

A través de las diversas reuniones mantenidas con los agentes implicados que han participado en las reuniones de los Grupos Focales, se han analizado los beneficios de este proyecto, buscando suencaje en las políticas europeas para el desarrollo rural. En concreto este tipo de iniciativa encaja como una acción factible de ser incorporado a los llamados Grupos Operativos, figura creada por la Política Agraria Comunitaria (PAC) para favorecer la innovación y el crecimiento sostenible e integrador en el medio rural. Este análisis responde al objetivo de extender los beneficios del proyecto a los objetivos de crecimiento de la UE en los distintos ámbitos.

Los indicadores señalados para la implementación del proyecto se han alcanzado en la medida que en la fase post-proyecto se fertilizarán con el biomejorador de algas más de 200 ha, tanto correspondientes tanto a sistemas agrarios de viñedo en la zona de Uclés (Cuenca), como extensiones de secano ubicados en la provincia de Burgos, correspondientes a cultivos de esparceta y alfalfa, cultivos que tienen un carácter permanente, y cereales de invierno.

Los participantes en los Grupos Focales representando al sector de la agroindustria, tanto vitícola como del sector lácteo, han valorado a través de estas experiencias la posibilidad de aplicación a su propio contexto esta iniciativa para la consecución de reducción de emisiones GEI como consecuencia de su actividad agroindustrial.

#### A. D.O. Uclés (Cuenca).



#### B. Quesos de Sasamón (Burgos)

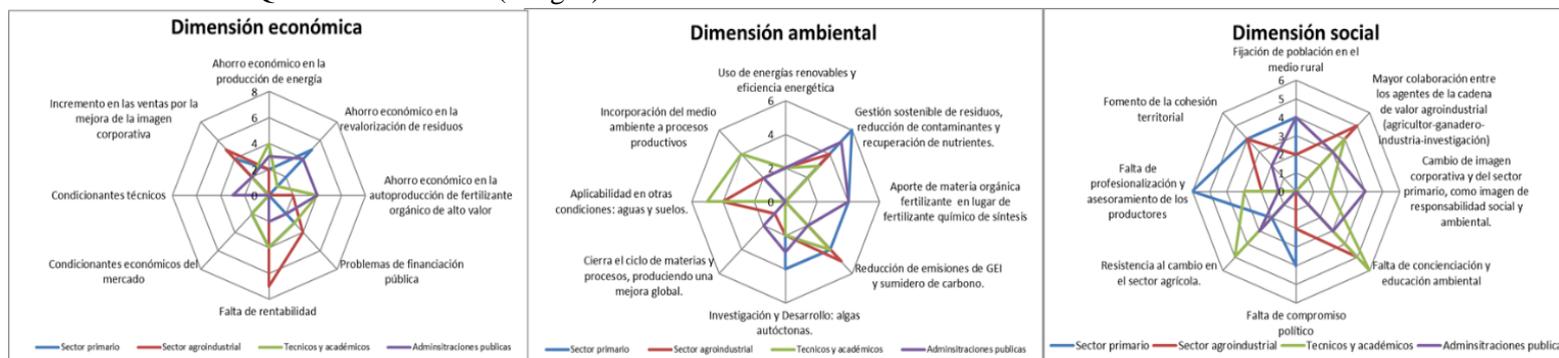


Figura 40. A. Valoración de la sostenibilidad del proyecto por los stakeholders de la zona de producción Vitivinícola de Uclés (Cuenca) y B. de producción láctea de Quesos de Sasamón (Burgos).

Responsable de la realización:

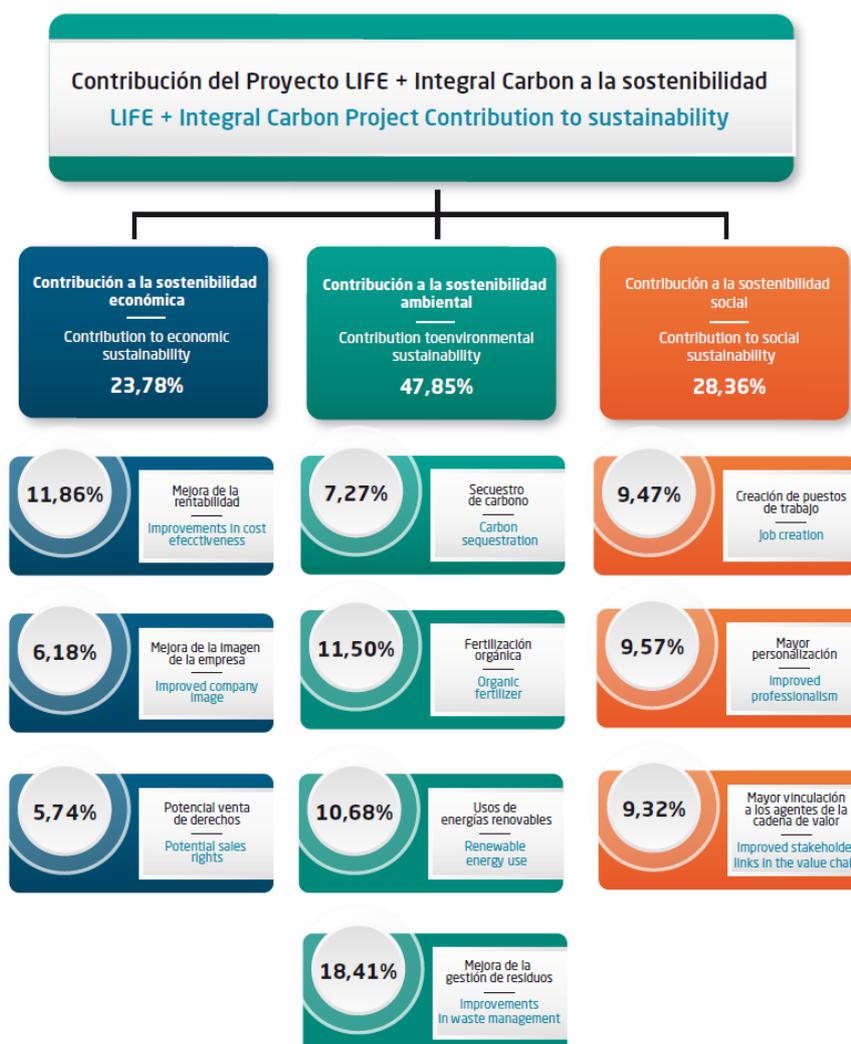
El responsable de la realización de la Acción C2 ha sido el grupo TRADRUS de la Universidad de Valladolid. Los resultados obtenidos se recogen en los siguientes informes:

- **Entregable C2.1 – Acción C2: Informe de la evaluación económica-financiera del proceso, ambiental y social de la incorporación de tecnologías sostenibles.**
- **Entregable C2.2 – Acción C2: Análisis multi-criterio en diferentes contextos y escenarios. Extensión de los beneficios a diferentes ámbitos de la UE.**

Problemas y retrasos

No han existido problemas ni retrasos en el desarrollo de la acción, salvo su extensión a un contexto europeo, cuya evaluación continuará realizándose en el contexto del desarrollo post-LIFE.

**Priorización de la contribución del Proyecto LIFE + Integral Carbon a la sostenibilidad**  
**Recognition of the contribution of the LIFE+ Integral Carbon to sustainability**



**Figura 41.** Resultados de la valoración cuantitativa de la sostenibilidad global del proyecto a partir de un análisis AHP de los agentes implicados en el proceso.



Resumen progreso Acción C2

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe de la evaluación económica-financiera del proceso, ambiental y social de la incorporación de tecnologías sostenibles.</li> <li>Análisis multicriterio en diferentes contextos y escenarios. Extensión de los beneficios a diferentes ámbitos de la UE</li> </ul>	31/06/2017	Finalizado
	31/12/2016	Finalizado
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de indicadores ambientales, económicos y sociales.</li> <li>Evaluación de los valores que toman los indicadores para las tecnologías adaptadas desarrolladas.</li> </ul>	31/12/2016	Finalizado
	30/12/2016	Finalizado
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>200 explotaciones agropecuarias habrán calculado sus necesidades productivas y la evaluación de incorporar las tecnologías desarrolladas.</li> <li>50 industrias verán evaluado el proceso de adaptación a las nuevas tecnologías.</li> <li>10 contextos agropecuarios e industriales europeos verán analizados diferentes contextos y escenarios de implementación de las tecnologías desarrolladas.</li> </ul>		Finalizado
		Finalizado
		Iniciado





"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-

**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



- **LIFE+ GREENDESERTS (LIFE09 ENV/ES/447)** este es un proyecto que trabaja sobre la reforestación de suelos degradados. Este es coordinado por Zacarías Clérigo. Se han desarrollado y participado en eventos conjuntos ambos equipos del proyecto como en la Noche Europea de los Investigadores en el Museo de la Ciencia en Valladolid.
- **LIFE+ OPERACIÓN CO2 (LIFE11 ENV/ES/000535)** Este es un proyecto que tiene como objetivo incrementar la fijación de carbono en los suelos a través de prácticas agro-silvícolas. Este es coordinado por Zacarías Clérigo. Se ha coincidido también en la Noche Europea de los Investigadores en el Museo de la Ciencia en Valladolid 2015. El investigador del proyecto LIFE OPERACIÓN CO2, Luis Fernando Sánchez de la Universidad de Valladolid participó en la mesa redonda de proyectos celebrada en las II Jornadas Técnicas del proyecto LIFE+ Integral Carbon y en la visita al prototipo. El investigador del proyecto LIFE+ Integral Carbon, Gonzalo Ruiz ha participado en la Jornada LIFE AGRI-ADAPT, con motivo de la celebración de los 25 años de proyectos LIFE y que se realizó el 18 de mayo de 2017 en la ETSIA de la Universidad de Valladolid (Palencia).
- **LIFE-REGADIOX (LIFE12 ENV/ES/000426)**, Fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero durante una gestión sostenible de la agricultura de regadío. Coordinado por la Universidad Pública de Navarra, formando parte del INTIA y UAGN. Se han tenido contactos entre Iñigo Virto investigador del proyecto (UPNA) y Carlos Rad durante los congresos CONDEGRES (Bilbao) y SOM2015 (Göttingen, Alemania). El investigador del proyecto Iñigo Virto participó en la mesa redonda de proyectos LIFE celebrada en las I Jornadas Técnicas de Tarancón (Cuenca). El coordinador Iñaki Mendioroz participó en la mesa redonda de proyectos LIFE celebrada en las II Jornadas Técnicas del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en Burgos. Carlos Rad, por su parte ha participado en la Jornada de Trabajo que LIFE REGADIOX celebró el 24 de noviembre de 2016 en la sede de la Fundagro en Pamplona.
- **LIFE+ TL-BIOFERT (LIFE13 ENV/ES/000800)**, utilización de microalgas para la depuración de efluentes residuales. Coordinado por Biomasa Peninsular. Los primeros contactos entre los coordinadores de los proyectos LIFE+ TL-BIOBERT, WOGANMBR e Integral Carbon se produjo en las mesas de trabajo posteriores al KoM de proyectos LIFE celebrado en Madrid el 14 de septiembre de 2014. Un investigador del proyecto TL-BIOFERT, Daniel Carreras, expuso el proyecto LT-BIOFERT en las Jornadas Técnicas de Tarancón (Cuenca). El investigador del proyecto LIFE+ Integral Carbon, Jorge Miñón ha participado en las Jornadas de difusión del proyecto LIFE+ TL-BIOFERT celebradas el 28 de junio de 2017 en Córdoba en el que también ha participado Nuria Arribas, técnico de la FIAB como organización beneficiaria en el proyecto WOGANMBR. Los coordinadores de ambos proyectos han celebrado periódicamente reuniones y visitas técnicas dada la similitud de ambos proyectos, con el objetivo resolver problemas comunes
- **LIFE iCirBus-4Industries (LIFE14 ENV/ES/000688)** Innovative Circular Business on Energy, Water, Fertilizer & Construction Industries towards a Greener Regional Economy. Participación en la Jornada Técnica de Difusión del Proyecto LIFE+ Integral Carbon en la sede de CTAEX en Villafranco del Gadiana (Badajoz). Intercambio de información sobre sistemas de tratamiento de lodos de depuradora con la coordinadora del proyecto Ascensión Ciruelos, técnico de CTAEX.
- **LIFE AQUASEF (LIFE 13/ENV/ES/000420)** Mejora ambiental de la actividad acuícola a través del desarrollo de tecnologías eco-eficientes. Participación en la mesa redonda del II Evento de Networking de proyectos LIFE y posterior foro, celebrado en el Ministerio de Economía y Competitividad el 25 de abril de 2017. Participaron también los proyectos LIFE: REWIND, COOP 2020, ECOELECTRICITY, Smart Fertirrigation, CO2 FORMARE.

También se ha establecido contacto con otros proyectos y redes:

- **FP7 REFERTIL y FERTILPLUS**: REFERTIL está coordinado por Edward Someus (Terra Humana Ltd., Hungría) y la empresa Biomasa Peninsular (Madrid) y FERTILPLUS por Juan Carlos Monedero (CEBAS-CSIC, Murcia). Carlos Rad, Evan Marks (UBU) y Jorge Miñón (UVA) participaron en dos talleres realizados por la red REFERTIL en Toledo. La primera



"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-

**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



reunión, se realizó una exposición de resultados de los proyectos REFERTIL y FERTILPLUS, así como una visita técnica al centro experimental de Algodor (Toledo). En la segunda reunión (17-18 septiembre 2015), se presentó un panel con resultados del proyecto LIFE+ Integral Carbon, así como otro con información general del proyecto.

2. **Creación de una red de difusión.** El 16 de Abril de 2015, en la sede de Biomasa Peninsular (Madrid) tuvo lugar una reunión para la coordinación de acciones de difusión con José María Gómez (Biomasa Peninsular), Inmaculada Gómez (Biomasa del Guadalquivir), Carlos Rad (UBU) y Miriam Manrique (OTRI-UBU). Los principales temas que se trataron en la reunión fueron los siguientes:

- Exposición de los objetivos y desarrollo de ambos proyectos.
- Posibles actividades de difusión conjuntas.
- Otros eventos: reunión de la Red Española de Compostaje (Sevilla) en 2016.
- Posible participación en otras iniciativas europeas.
- Posible participación para el establecimiento de un Grupo Operativo del MAGRAMA sobre Desarrollos para la obtención de valor añadido a los residuos orgánicos.

En junio de 2015 se preparó un documento de información conjunta de ambos proyectos, LIFE+ Integral Carbon y LT-BIOFERT, que se envió una lista de proyectos LIFE de convocatorias recientes. La acción estuvo coordinada por Inmaculada Gómez (Biomasa Peninsular) y fueron contactados: 17 proyectos LIFE relacionados con la depuración de aguas residuales, tanto urbana como industrial, 6 proyectos LIFE relacionados con la agricultura y el cambio climático, 17 proyectos con otros temas medioambientales relacionados. Un total de 40 proyectos fueron informados y se les envió una ficha recabando más detalles del proyecto. Buena parte de los mismos se ha utilizado como base para la realización de las labores de networking de los proyectos Integral Carbon, LT-BIOFERT y WOGANMBR.

La coordinación entre estos tres proyectos se ha mantenido, habiendo estado presente en todas las Jornadas Técnicas de difusión organizadas por estos tres proyectos. Es de señalar especialmente la celebración en Burgos, organizada por Victorino Díez Blanco, coordinador el proyecto WOGANMBR y profesor de la Universidad de Burgos, y que supuso la celebración de 5 mesas de expertos y que contó con la participación de las más importantes empresas agroalimentarias de Burgos como los responsables de medioambiente del Grupo Campofrío, Grupo Pascual, Grupo San Miguel, PEPSICO, Nuria Arribas de la FIAB, Grupo Matarromera, ECOEMBES, etc. También se contó con la presencia de Norbert Nagele de la empresa KEPLER Ingeniería y Ecogestión y José Luis Alonso, del grupo ECOALIA, ambas empresas vinculadas al proyecto Integral Carbon.

Futuras acciones conjuntas están siendo planificadas por la OTRI-OTC de la Universidad de Burgos, la cual es miembro de la asociación VITARTIS, Agrupación Empresarial Innovadora de Biotecnología Agroalimentaria de Castilla y León, la cual agrupa a sus principales empresas en el campo de la agricultura y la alimentación y tiene periódicos encuentros donde se abordan demandas tecnológicas del sector.

3. Nuevas iniciativas surgidas de las labores de networking

- A través de los contactos realizados entre la Universidad de Burgos y la empresa Biomasa Peninsular se ha conseguido la participación conjunta de ambas entidades en el proyecto "**R32020+ DEL RESIDUO AL RECURSO MEDIANTE EL RECICLAJE**". El proyecto está liderado por URBASER y aprobado en la convocatoria 2015 del programa estratégico CIEN del CDTI y pretende la valorización global de los residuos estando participado por otras empresas como Técnicas Reunidas, LEITAT, Hidroquímica, etc. La participación del grupo UBUCOMP y Biomasa Peninsular está destinada a la realización de la aplicación agronómica de diferentes subproductos extraídos de lodos de depuradora, habiéndose firmado convenio entre ambas entidades.
- A través de la empresa KEPLER Ingeniería y Ecogestión se participó en la elaboración de una propuesta ERA-NET a la convocatoria **FACCE SURPLUS**. Dicha propuesta llevaba por



“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-

**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



título: “*Enhanced and diversified utilisation of straw and poultry manure as sustainable value chain for agriculture*”, fue liderada por el Fraunhofer Intitute de Franckfurt (Alemania) y contaba con la participación del grupo UBUCOMP, la Universidad de Bath (UK) y la empresa Snow Leopard Projects GmbH (Alemania). Dicha empresa es socio comercial en tema de biogás con KEPLER y participó en las II Jornadas Técnicas de Integral Carbon. El proyecto no fue finalmente aprobado.

- A partir de la colaboración con Olimpio Montero (CDB-CSIC) se presentó el proyecto “*Evaluación de extractos y biomasa de cultivos de algas y cianobacterias edáficas como biofertilizante en producción vegetal*” en la convocatoria de proyectos de investigación básica del MINECO en 2015. Dicho proyecto estaba coordinado por dicho investigador y contaba con la participación de los equipos de la Universidad de Burgos y Valladolid, no consiguió financiación en dicha convocatoria.

#### Responsable de la realización:

El responsable de su realización ha sido el Grupo UBUCOMP de la Universidad de Burgos. El coordinador del Proyecto ha sido el responsable de las labores de difusión y de presentación en los diferentes eventos de networking. Los resultados de esta acción se han recogido en el **Entregable E2 - Acción E2: Informe sobre la red creada. Contactos realizados y compromisos adquiridos.**

#### Problemas y retrasos

No han existido problemas en la realización de esta acción.

#### Comparación con los resultados previstos

Se ha establecido una red de contactos en el tratamiento de aguas residuales complejas relacionada con la industria alimentaria. Ha sido muy importante el papel jugado por la OTRI-OTC de la Universidad de Burgos en su papel de coordinación de los proyectos LIFE+ Integral Carbon y WOGAnMRB, lo que ha permitido extraer sinergias de ambos. También los contactos desarrollados con el coordinador del proyecto LIFE LT-BIOFERT, ha permitido la colaboración en nuevos proyectos y la difusión del conocimiento a otros expertos en otros campos como el biotecnológico.

#### Resumen progreso Acción E2

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
• Informe sobre la red creada. Contactos realizados y compromisos adquiridos	31/12/2016	Realizado. Rev 30/06/2017
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
• Creación de una red de stakeholders interesados en el tratamiento de aguas residuales complejas	31/12/2016	Alcanzado
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
• N° de proyectos y expertos identificados: 50		Alcanzado
• N° de proyectos con los que se ha contactado: 20		Alcanzado: 40 proyectos contactados
• N <sup>a</sup> de multiconferencias realizadas para el intercambio de información: 20		Alcanzado: 17 eventos de networking participados.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

## 5.2 Acciones de Diseminación

### 5.2.1 Objetivos

El principal objetivo de esta acción es asegurar la diseminación del proyecto entre los diferentes stakeholders identificados, para lo que se plantean como objetivos más específicos los siguientes:

- Aumentar el valor y el impacto del proyecto y de los resultados alcanzados dentro de la fase piloto.
- Diseminar las actividades realizadas en el proyecto a las partes interesadas.
- Difundir en España y en Europa los resultados obtenidos en la ejecución del proyecto.
- Contribuir a la elaboración de un plan post-LIFE+ para continuar con la difusión y comunicación tras la finalización del proyecto.
- Promover el contacto entre proyectos e iniciativas similares, con el fin de facilitar el intercambio de información, know-how y mejores prácticas.

### 5.2.2 Diseminación: Descripción General por Actividad

#### **Acción D1 Comunicación y diseminación**

##### Cronograma

- Propuesta:                      Fecha de inicio: 01/07/2014      Fecha finalización: 31/12/2016
- Actual:                              Fecha de inicio: 01/07/2014      Fecha finalización: 31/12/2016

#### **Sub-Acción D1.1. Plan de comunicación y diseminación del proyecto**

##### Descripción de las actividades desarrolladas

CTAEX elaboró durante los primeros dos meses del proyecto el Plan de Comunicación y Diseminación del Proyecto LIFE+ Integral Carbon y está a disposición de todos los socios del proyecto desde septiembre de 2014, acompañado de un documento resumen de procedimientos para los socios. El Plan se recoge en el **Entregable D1.1 - Acción D.1: Plan de comunicación y diseminación del proyecto**.

##### Problemas y retrasos

No se han presentado problemas y las acciones se han realizado según lo previsto en el cronograma.

##### Comparación con los resultados previstos

Se han alcanzado los resultados previstos

#### **Sub-Acción D1.2. Página web (website)**

##### Descripción de las actividades desarrolladas

CTAEX ha diseñado la página web siguiendo todas las recomendaciones de la iniciativa LIFE y se ha realizado la mayor parte del desarrollo, estando disponible y operativa tanto en español como en inglés desde noviembre de 2014. Dicha página web fue objeto de sucesivas modificaciones en la parte de relativa a la comunicación del desarrollo del Proyecto, siguiendo las recomendaciones realizadas por el equipo de seguimiento de NEEMO y las recibidas como comunicación de los Informes por la Comisión Europea. La actualización de los contenidos se realiza de forma continua. Se ha redactado un informe sobre la página web, que constituye el **Entregable D1.2. – Acción D1: Página web del proyecto**. El website está disponible en [www.integralcarbon.eu](http://www.integralcarbon.eu) y su apariencia externa se muestra en la **Figura 42**.

##### Problemas y retrasos

No se han presentado problemas, las modificaciones solicitadas se han realizado siguiendo las indicaciones recibidas y las acciones se han realizado según lo previsto en el cronograma.



Figura 42. Página web.

### Comparación con los resultados previstos

El website se desarrolla según lo previsto, si bien hay que tener en cuenta que al ser una página dinámica, sus contenidos están en un proceso continuo de actualización.

La website ha recibido 18.237 visitas, alcanzando las estadísticas que se muestran en la (Fig. 43) desde su inicio:



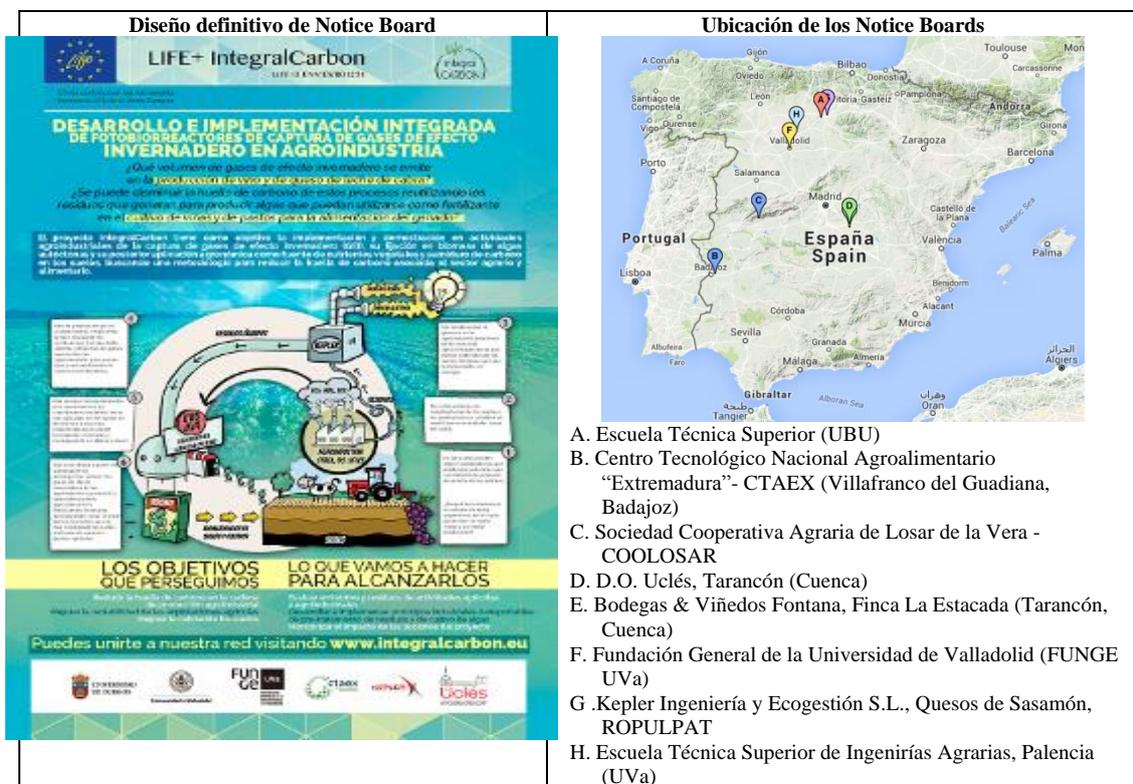
Figura 43. Estadísticas página web.

**Sub-Acción D1.3. Notice boards**

Descripción de las actividades desarrolladas

CTAEX ha diseñado un cartel informativo, en el que se describe el proyecto, sus objetivos y los participantes, así como su financiación LIFE, con el fin de exponer copias del mismo en puntos estratégicos accesibles al público. El diseño del **Notice Board** se puso a disposición de los socios en la reunión mantenida en noviembre de 2014 para ser consensuado. En la 2ª reunión del consorcio se aprobó el formato y contenido del **Notice Board**, que posteriormente CTAEX envió a los socios para su colocación en sus respectivas sedes en puntos estratégicos accesibles al público.

Los **Notice Boards** (Figs. 44 y 45) se han colocado en junio de 2015 en cada una de las sedes de los beneficiarios y en los lugares de implementación del proyecto (ROPULPAT y Bodegas & Viñedos Fontana). Se presenta el diseño y un informe de la ubicación de los mismos en el **Anexo D1.3**



**Figura 44.** Diseño Notice Boards y su ubicación.

Problemas y retrasos

No se han presentado problemas y las acciones se han realizado según lo previsto en el cronograma. El cambio de ubicación del proyecto por la negativa de la cooperativa COOLOSAR, obligó a reubicar el proyecto en Burgos contando con la colaboración de la empresa láctea

Comparación con los resultados previstos

Además de los **Notice Boards** instalados, la UVa ha impreso la infografía del proyecto en el remolque del módulo de producción de biomejorador que compone el prototipo del proyecto y Kepler la ha impreso en la caseta de control del reactor de biogás, lo que da más visibilidad al proyecto. También se realizó un cartel impreso en lona que se colocó en la valla de acceso a las instalaciones de la empresa ROPULPAT en Burgos. Se instaló un cartel metálico que se instaló en Ros (Burgos) junto al acceso de los campos de aplicación del biomejorador.



Figura 45. Notice Boards en los módulos MPR y MPB del Prototipo Industrial y en la valla de la empresa ROPULPAT (Burgos).

### Sub-Acción D1.4 Layman’s report

Como la realización del **Informe Layman** estaba prevista en la fase final del proyecto, y con vistas a alcanzar una mayor difusión, CTAEX diseñó una infografía con texto en español y en inglés (Fig. 46), y posteriormente ha realizado una versión animada de las mismas. Todos estos recursos han estado y están a disposición del público en general en la web [www.integralcarbon.eu](http://www.integralcarbon.eu).

En el **Informe Layman**, se exponen de forma clara y comunicativa los objetivos del proyecto, las acciones realizadas y los mayores éxitos logrados en su desarrollo en dos idiomas, castellano e inglés (Fig. 46). Dado su carácter divulgativo también se ha incorporado la infografía diseñada en sus páginas centrales con vistas a alcanzar a un público mayor, así como un enlace a través de un código QR a la versión animada de las mismas. Este **Layman’s Report** se distribuye en papel y está también disponible para el público en general (así como las infografías de forma independiente) en la web [www.integralcarbon.eu](http://www.integralcarbon.eu).

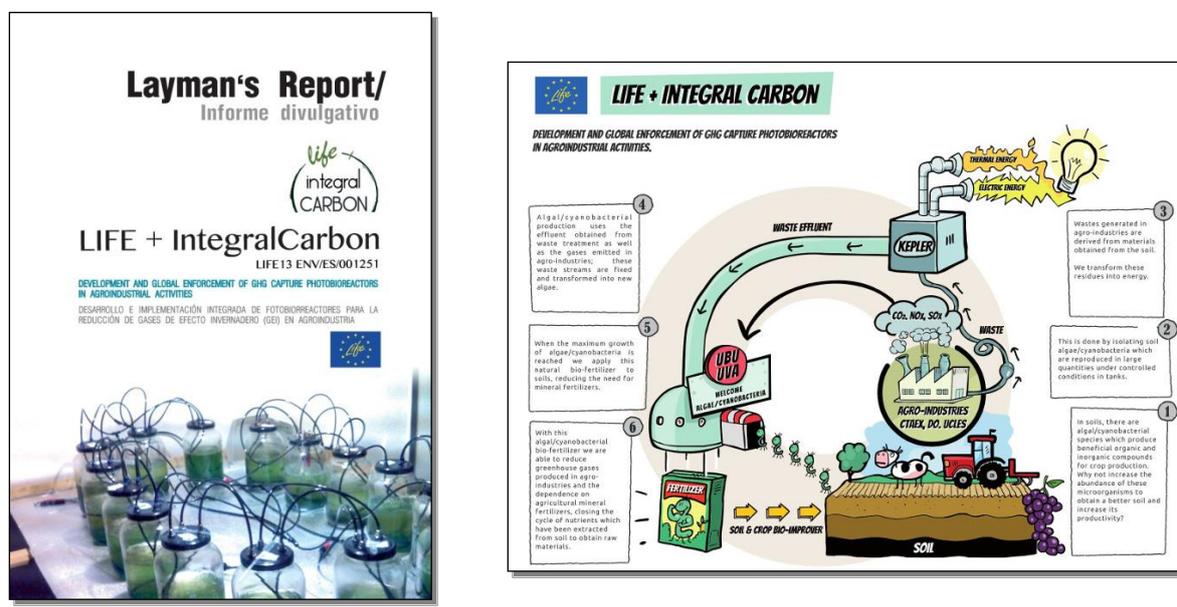


Figura 46. Carátula del Informe Layman e infografía del proyecto LIFE+ Integral Carbon.

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### **Sub-Acción D1.5. Publicaciones**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

Durante el desarrollo global del proyecto se han realizado numerosas notas de prensa con ocasión del inicio del proyecto, así como con la celebración de las diferentes Jornadas Técnicas y actos de difusión de la actividad del Proyecto. Todas ellas se recogen de forma exhaustiva en el **Entregable D1.5 - Acción D1: Informe sobre las publicaciones realizadas**, donde se incluye copia de las mismas. Se recogen aquí los resultados de difusión obtenidos.

- a) En medios de comunicación generalistas** (prensa, radio y televisiones locales o nacionales)
- **Notas de prensa** elaboradas por los beneficiarios: D.O. Uclés, UBU, UVa y CTAEX: 14
  - **Apariciones en prensa escrita**: 79
  - **Radio**: 7
  - **Televisión local y regional**: 5
- b) Publicaciones en medios de comunicación técnicos.** Se han realizado un total de 14 comunicaciones científico técnicas, cuyas referencias y enlaces se presentan a continuación.
1. Jorge Miñón, Carlos Rad, Luis Manuel Navas. Evaluación de un digestato agroindustrial como fuente de nutrientes en un policultivo de algas edáficas. Libro de Resúmenes de las IV Jornadas de la Red Española de Compostaje celebradas en Murcia el 12 de noviembre de 2014: De Residuo a Recurso: Estrategias de Gestión, Tratamiento y Valorización, pp. 171-175.  
<http://www.recompostaje.com/divulgacion/leer/de-residuo-a-recurso-estrategias-de-gestion-tratamiento-y-valorizacion>
  2. Carlos Rad, Luis Manuel Navas, Jorge Miñón. Life+ Integral Carbon, microalgas para mejorar la huella de carbono en el sector agroalimentario. RETEMA, Revista Técnica del Medio Ambiente, núm. 179 (nov-dic 2014), pp. 21-22.  
<http://www.retema.es/revista/archivo/noviembrediciembre-2014>
  3. Carlos Rad, Luis Manuel Navas, Jorge Miñón. Obtención de un biofertilizante a partir de efluentes de procesos agroindustriales y microalgas del suelo en fotobiorreactores. FuturENVIRO, núm. 15 (mar 2015), pp. 103 – 105.  
<http://futurenviro.es/pdf/articulos/2015-03/15-FuturENVIRO-Marzo-2015.pdf>
  4. Carlos Rad, Evan A.N. Marks, Nieves González Delgado, Felisa Abajo, Jorge Miñón, Luis Manuel Navas, Olimpio Montero. LIFE+ Integral Carbon: algas edáficas para combatir el cambio climático. Libro de Actas del VII Simposio Nacional sobre Control de la Degradación y Restauración de Suelos – CONDEGRES, celebrado en Bilbao del 23 al 26 de junio de 2015, pp. 84-85  
[http://www.condegres2015.com/wp-content/uploads/2015/08/1-id16-CONDEGRES2015\\_ORAL-ID16\\_Carlos-Rad.pdf](http://www.condegres2015.com/wp-content/uploads/2015/08/1-id16-CONDEGRES2015_ORAL-ID16_Carlos-Rad.pdf)
  5. Jorge Miñón, Ana Pascual, Evan A.N. Marks, Luis Manuel Navas, Carlos Rad. Recovery of N and P from the liquid fraction of pig slurry using microalgal cultures. International Conference REFERTIL - Advanced COMPOST and BIOCHAR Processing: Solution for Economical PHOSPHORUS Recovery celebrado en Toledo los días 17 y 18 de septiembre de 2015.
  6. Evan A.N. Marks, Jorge Miñón, Ana Pascual, Olimpio Montero, Luis Manuel Navas, Carlos Rad. Application of a microalgal suspension as a bio-stimulat of soil microbial activity. Abstracts del 5th International Symposium on Soil Organic Matter celebrado en Göttingen (Alemania) del 20 al 24 de septiembre de 2015, pp 500-501, ID P3.1.55.
  7. Rajaa Kholssi, Abderrahmane Deboudi, Evan A.N. Marks, Jorge Miñón, Olimpio Montero, Carlos Rad. Bio-fertilizer based on microalgae: an alternative to chemical fertilizers in agriculture. Abstracts de la International Conference Water Energy & Climate Change WECC2016 celebrada en Marrakesh (Marruecos) del 1 al 4 de junio de 2016, pp 281-282.
  8. Rajaa Kholssi, Abderrahmane Deboudi, Evan A.N. Marks, Jorge Miñón, Olimpio Montero, Carlos Rad. Micro-algae development on solid supports. Abstracts de la International



- Conference Water Energy & Climate Change WECC2016 celebrado en Marrakesh (Marruecos) del 1 al 4 de junio de 2016, pp 285-286.
9. Losada Burgos, R.; Gómez Ramos, A. Reducción de la huella de carbono de la organización vitivinícola "D.O. de Uclés" por sustitución de la fertilización de síntesis. Abstracts del VI Congreso Internacional de Agroecología. "Cambiando los modelos de consumo para construir sistemas agroalimentarios sostenibles" celebrado en Vigo del 16 al 17 de junio de 2016 (*In press*).
  10. Gómez Ramos, A.; Nogueira, M.E.; Losada Burgos, R. Procesos participativos y estrategias de desarrollo rural. Un análisis de vinculación de actores en el marco de un proyecto LIFE. Abstracts del XII Congreso Español de Sociología. "Grandes transformaciones sociales, nuevos desafíos para la Sociología" celebrado en Gijón del 30 de junio al 2 de julio de 2016 (*In press*).
  11. Gómez Ramos, A.; Losada Burgos, R. Algae production: Circular Economy in the dairy sector carbon footprint mitigation of a cheesy factory by implementing LIFE+ Integral Carbon Project. Póster en "Susmilk Final Conference: Solutions for Sustainable Milk Processing" celebrada en Santiago de Compostela del 22 al 23 de septiembre de 2016.
  12. Losada Burgos, R.; Nogueira, M.E.; Gómez Ramos, A.; Rico, M. Innovación y participación. Análisis de una iniciativa de secuestro de carbono en el sector vitivinícola a través de la técnica de los grupos focales. Abstracts del XI Iberian Conference on Rural Studies Smart and Inclusive Development in Rural Areas, celebrado en Vila Real (Portugal) del 13 al 15 de octubre de 2016.
  13. J. Miñón, A. Pascual, E.A.N. Marks, L.M. Navas, C. Rad. Use of treated pig slurry to produce microalgae biomass in photobioreactors. Abstracts de la 1st International Conference on Bioresource Technology BIORESTEC2016 celebrada en Sitges del 23 al 26 de octubre de 2016, pp.35
  14. Jorge Miñón, Gonzalo Ruiz, Blas Franco, Luis Manuel Navas, Gonzalo Salazar, Carlos Rad (2017) Desarrollo de un fotobiorreactor para el cultivo de microalgas y su aplicación como biofertilizante. En: R. López Núñez, F. Cabrera Capitán (eds.) Reciclando los residuos para mejorar los suelos y el medioambiente. V Jornadas de la Red Española de Compostaje. Red Española de Compostaje, pp: 53-57.  
<http://www.recompostaje.com/divulgacion/leer/reciclando-los-residuos-para-mejorar-los-suelos-y-el-medioambiente-libro-de-las-v-jornadas-de-la-red-espanola-de-compostaje-sevilla-2016>
  15. Evan A.N. Marks, Jorge Miñón, Ana Pascual, Olimpio Montero, Luis Manuel Navas, Carlos Rad 2017. Application of a microalgal slurry to soil stimulates heterotrophic activity and promotes bacterial growth. *Science of the Total Environment* 605–606: 610–617.

#### Problemas y retrasos

No se han presentado problemas y todas las acciones se han realizado según lo previsto en el cronograma.

#### Comparación con los resultados previstos

Se han superado los resultados previstos en cuanto a los medios de comunicación generalistas, gracias sobre todo a las ediciones digitales, así como en cuanto a las publicaciones científicas.

### Sub-Acción D1.6. Estrategia del Community Manager

#### Descripción de las actividades desarrolladas

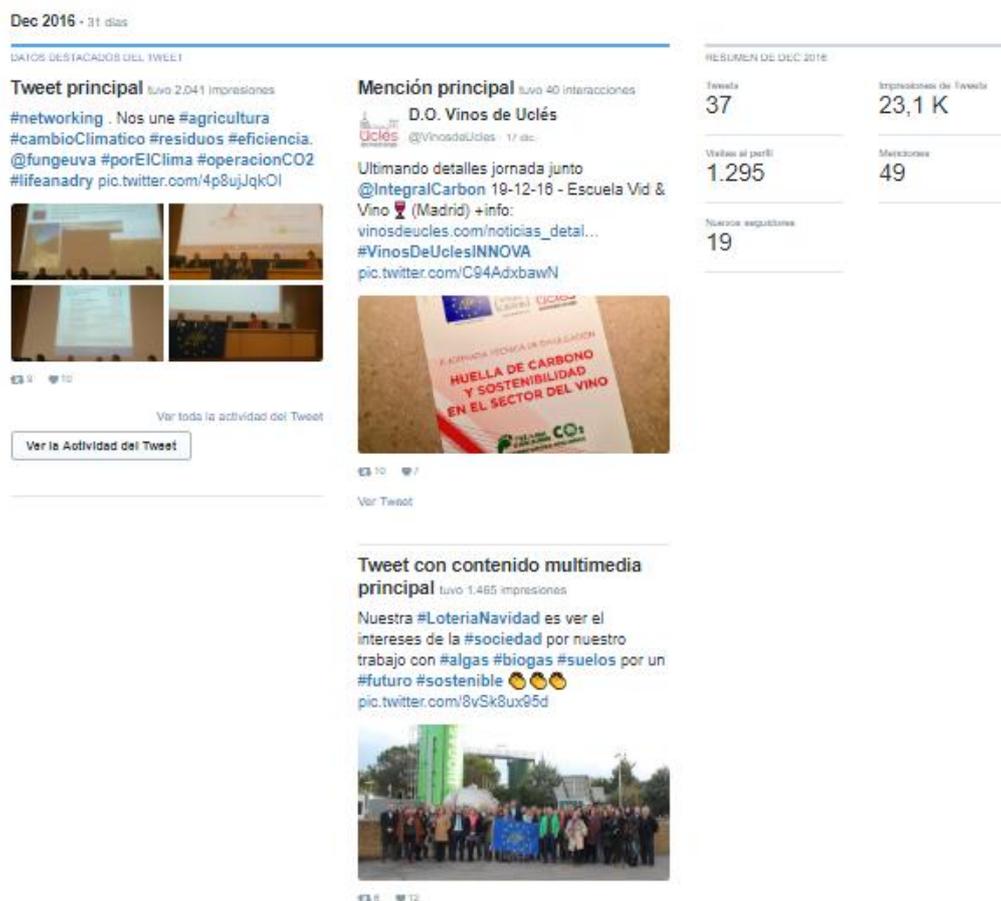
Se contrató a un **Community Manager** con la finalidad de dar visibilidad al proyecto en la red y especialmente en las redes sociales, creándose los perfiles del proyecto en las redes sociales Twitter y Facebook. La página de Facebook es <https://www.facebook.com/pages/LIFE-IntegralCarbon> y el perfil en Twitter es @IntegralCarbon.

En twitter, el 31 de diciembre de 2016 se alcanzaron los 394 seguidores, mostrando en la Fig. 36 las estadísticas de diciembre de 2016 de esta red social. Se presenta un informe más detallado en el **Entregable D1.6. - Acción D1: Informe sobre el impacto del posicionamiento realizado por el Community Manager.**

#### Problemas y retrasos

La actividad planificada ha cumplido sus objetivos, excepto en el caso de la red social Facebook, en la que se ha comprobado que no alcanza gran difusión. Para lograr un mayor alcance, se enfocan los esfuerzos en la divulgación a través de la propia página web del proyecto, en la que se detallan los avances del proyecto, y desde la que se permite la redifusión de los mismos a través de las redes sociales.

Se sigue manteniendo además el perfil de Facebook para llegar en la medida de lo posible al público que utiliza este canal. Se ha intensificado mucho la difusión a través de Twiter, dada su mayor influencia en las redes sociales (**Fig. 47**), así como su conexión con otras comunidades muy activas como @UBUInvestiga, @VinosdeUcles, @aGrae\_es y numerosas cuentas de otros proyectos LIFE.



**Figura 47. Estadísticas Twitter.**

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### Comparación con los resultados previstos

En paralelo con la continua actualización de contenidos del website que se desarrolla según lo previsto, se ha logrado llegar a un gran número de público que se espera que aumente conforme el proyecto siga su avance.

### **Sub-Acción D1.7. Asistencia y presentación de los resultados en congresos y workshops.**

#### Descripción de las actividades desarrolladas

Se ha difundido la descripción del proyecto, sus objetivos y participantes, resultados, así como su fuente de financiación a través de la convocatoria LIFE en diferentes eventos, congresos y workshops de carácter científico-técnico en los que han intervenido los diferentes beneficiarios del proyecto.

Todas estas participaciones se referencian en el **Entregable D1.7 - Acción D1: Asistencia y presentación de los resultados en congresos y workshops**, reseñándose a continuación:

1. Mención al proyecto en la presentación realizada en las Jornadas de Tendencias en la Industria Agroalimentaria realizadas en FIAL el 23 sep 2014 en Don Benito (Badajoz)
2. Presentación oral del proyecto LIFE+ Integral Carbon y primeros resultados científicos en las IV Jornadas de la Red Española de Compostaje el 13 nov 2014 en Murcia
3. Mención al proyecto en la presentación realizada en la Jornada “Europa Centros Tecnológicos. Proyectos Europeos. Programa Horizonte 2020” el 13 nov 2014 en Villafranco del Gadiana (Badajoz)
4. Presentación oral en la Jornada de Difusión de Resultados del Proyecto LIFE SAVECROPS el 27 nov 2014 en Villafranco del Gadiana (Badajoz)
5. Presentación oral en la Jornada “Aprende a escribir una buena propuesta” Programa LIFE-2015 el 14 abr 2015 en Palencia
6. Presentación oral en la Jornada didáctica para alumnos el 24 abr 2015 en Burgos
7. Presentación oral en la Visita de la delegación de Burgos del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos Castilla León y Cantabria y entrega de Premios y Certificados de la I Olimpiada Provincial de Agricultura y Medio Ambiente el 15 may 2015 en Burgos
8. Póster en I Feria de la Ciencia y Tecnología de Castilla y León el 16 may 2015 en Burgos
9. Presentación oral en el VII Simposio Nacional sobre Control de la Degradación y Restauración de Suelos – CONDEGRES el 23 jun 2015 en Bilbao
10. Póster en REFERTIL Conference Reducing mineral fertilisers & chemicals use in agriculture by recycling treated organic waste as compost and bio-char products el 17 y 18 sep 2015 en Toledo
11. Póster en 5th International Symposium On Soil Organic Matter el 24 y 25 sep 2015 en Göttingen (Alemania)
12. Presentación oral y póster en la Noche Europea de los Investigadores en el espacio Rincón Europeo: Valladolid Investiga, en el marco de la Semana de la Ciencia de Valladolid el 25 sep 2015 en Valladolid
13. Presentación en Mesa Redonda en el marco del Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA2015 Empleo, Energía y Clima, el 7 y 8 oct 2015 en Málaga
14. Presentación y talleres en la IX Semana de la Ciencia en Castilla la Mancha, 4-5 nov 2015 en colegios de Tarancón y Fuente de Pedro Naharro (Cuenca)
15. Presentación en el Curso La Gestión del Agua en la Ciudad del Siglo XXI, 18 nov 2015 en Burgos
16. Presentación oral en el I Congreso Internacional de Medio Ambiente y Clima. “Un bosque para el planeta Tierra”, del 2 al 5 mar 2016 en Burgos
17. Presentación y talleres en el marco del proyecto LIFE+ para alumnos de centros educativos, 8, 10, 11 y 18 mar 2016 en Burgos



"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"-

**LIFE+ IntegralCarbon**

LIFE13 ENV/ES/001251

FINAL REPORT



18. Presentación en el marco del programa "Burgos: industry and cultural heritage, engines of the economy", el 20 abr 2016 en Burgos
19. Presentación oral en Jornada Brasil-Espanha, em Itaperuna, marca lançamento de Laboratório de Energias Renováveis, el 25 may 2016 en Itaperuna (Brasil)
20. Presentación y coloquio en mesa redonda "La sostenibilidad como motor de innovación en Europa" en el marco del Curso Extraordinario de la Universidad de Zaragoza "Energía renovable, electricidad e hidrógeno: presente y futuro de la energía en el medio rural y en la maquinaria agrícola", el 1 jun 2016 en Zaragoza
21. Pósteres en la International Conference Water Energy & Climate Change WECC2016, del 1 al 4 de junio en Marrakesh (Marruecos)
22. Presentación oral en el VI Congreso Internacional de Agroecología. "Cambiando los modelos de consumo para construir sistemas agroalimentarios sostenibles" el 16 y 17 jun 2016 en Vigo
23. Presentación oral en la Jornada Informativa sobre el Programa LIFE de la Unión Europea, el 17 jun 2016 en Badajoz
24. Presentación oral en el XII Congreso Español de Sociología. Grandes transformaciones sociales, nuevos desafíos para la Sociología, del 30 jun al 2 jul de 2016 en Gijón
25. Póster en la "Susmilk Final Conference: Solutions for sustainable milk processing" 22-23 sep 2016 en Santiago de Compostela
26. Presentación oral en la XI Iberian Conference on Rural Studies Smart and Inclusive Development in Rural Areas 13-15 oct 2016 en Vila Real (Portugal)
27. Póster en la 1st International Conference on Bioresource Technology BIORESTEC2016, del 23 al 26 oct 2016 en Sitges
28. Presentación oral en las V Jornadas de la Red Española de Compostaje. "Reciclando los residuos para mejorar los suelos y el medioambiente", del 16 al 18 nov 2016 en Sevilla
29. Presentación en las III Jornadas Técnicas Master Ingeniería Agronómica, el 18 nov 2016 en Palencia
30. Presentación del proyecto en la Food Matters Live London, el 23 nov 2016 en Londres (Reino Unido)
31. Presentación en Mesa Redonda "Experiencias frente al Cambio Climático en el sector agroalimentario" en el marco del Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA2016, del 28 nov al 1 dic 2016 en Madrid
32. Presentación oral en las Jornadas Fertilización 4.0: Una visión crítica del abonado en los cultivos herbáceos, el 29 nov 2016 en Madrid

#### Problemas y retrasos

No se han presentado problemas y todas las acciones se han realizado según lo previsto en el cronograma.

#### Comparación con los resultados previstos

Los avances en esta sub-acción se encaminan a lograr los resultados esperados, superando al final del proyecto el 100% de lo esperado.

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

### **Sub-Acción D1.8. Organización de talleres para la presentación de los resultados del proyecto.**

En la etapa final del proyecto, se han llevado a cabo cuatro eventos específicos para dar a conocer los resultados del mismo entre los stakeholders identificados, alcanzando a 194 personas.

1. I Jornada Técnica de Divulgación: *"Ecogestión y competitividad en la agroindustria. El sector del vino: una experiencia práctica de secuestro de carbono"* – Finca La Estacada, Tarancón (Cuenca) 3 de Diciembre de 2015.
2. Jornada de difusión de resultados y de networking del proyecto LIFE+ Integral Carbon – CTAEX, Villafranco del Gadiana (Badajoz) 20 de Octubre de 2016.
3. Jornada Técnica Final del Proyecto LIFE+ Integral Carbon: *"Economía Circular como modelo de producción sostenible en la agroindustria"* – Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos 1 de Diciembre de 2016.
4. II Jornada Técnica de Divulgación del proyecto: Huella de Carbono y Sostenibilidad en el Sector del Vino – Escuela de la Vid, Madrid 19 de Diciembre de 2016.

También se han organizado talleres divulgativos en diferentes centros de enseñanza tanto a nivel de primaria, como secundaria o superior en universidades. Destacan los siguientes:

1. Talleres organizados en Colegios de Educación Primaria en las áreas de implantación del Proyecto:
  - 4 al 7 de Noviembre de 2015, en colaboración con la D.O. de Uclés, se realizaron los talleres denominados *"Bombas de Semillas. Método Nengo Dango"* en los C.E.I.P de Tarancón y en las C.R.A. de Fuente de Pedro Naharro y Belinchón (Cuenca). Los dibujos realizados por los alumnos se expusieron en las I Jornadas Técnicas del Proyecto LIFE+ Integral Carbon
  - 7 al 10 de Marzo de 2016. Los talleres se volvieron a repetir en los C.E.I.P. de Fuentecillas y Vadillos, así como el Colegio del Círculo Católico en Burgos en tres sesiones diarias con alumnos de infantil y 1<sup>er</sup> y 2<sup>o</sup> ciclo de Primaria.
2. Conferencias de difusión del proyecto en Institutos de Educación Secundaria. Se han desarrollado en 6 institutos de la provincia de Burgos como parte de las actividades de difusión de la investigación realizadas por la Universidad de Burgos. Dos alumnas del Proyecto Bachillerato de Investigación/Excelencia, que se desarrolla en el I.E.S. Félix Rodríguez de la Fuente de Burgos realizaron y expusieron un trabajo sobre aislamiento e identificación de microalgas del suelo, asociado a los trabajos realizados en el Proyecto.
3. Conferencias de difusión en el ámbito universitario y Profesional. Conferencias en el marco de actividades de la UVa y la UBU con alumnos de las escuelas de Ingeniería Agraria y Agroalimentaria de ambas universidades y con los colegios profesionales de Ingenieros Agrónomos de Castilla y León. Actividades con alumnos visitantes como los de la Universidad de Coventry (UK), ponencias de Jorge Miñón en sus estancias de investigación en la Universidad de Viçosa (Brasil) e Hidalgo (México).

Se presenta un informe más detallado sobre el desarrollo de las diferentes jornadas, programa, asistentes y difusión realizada, en el ***Entregable D1.8 - Acción D.1: Informe sobre los eventos organizados.***

#### **Comparación con los resultados previstos**

Se han superado los resultados previstos, celebrándose una Jornada de Difusión adicional en un centro de referencia para el sector del vino. En dicha jornada se entregaron los certificados de Huella de Carbono expedidos por AENOR, a las tres bodegas de la D.O. de Uclés que han participado en el Proyecto: Bodegas & Viñedos Fontana, Finca La Estacada y Bodegas La Soledad, lo cual tuvo un alto impacto mediático.

### Resumen progreso Acción D1

<b>Entregable</b>	<b>Fecha</b>	<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de Comunicación</li> <li>• Página web del proyecto</li> <li>• Informe sobre el <i>Notice Boards</i></li> <li>• Informe sobre el impacto del posicionamiento realizado por el <i>Community Manager</i>.</li> <li>• Informe sobre la asistencia a eventos.</li> <li>• Informe sobre las publicaciones realizadas.</li> <li>• Informe sobre los eventos organizados.</li> <li>• <b>Layman's Report</b></li> </ul>	<p>30/08/2014  30/11/2014  30/09/2015  31/12/2016   31/12/2016  31/12/2016  31/12/2016  31/12/2016</p>	<p>Completado  Completado (Rev. 31/12/2016)  Completado  Completado   Completado  Completado  Completado  Completado</p>
<b>Hitos</b>	<b>Fecha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Página web del proyecto</li> <li>• <i>Laymans's Report</i></li> </ul>	<p>31/12/2016  31/12/2016</p>	<p>Estructura completada, contenido en continua actualización.  Completado</p>
<b>Indicadores de implementación</b>		<b>Estado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nº de participaciones en eventos y congresos organizados por terceros para la presentación del proyecto.</li> <li>• Nº de visitas a la página web.</li> <li>• Nº de <i>Notice Boards</i> impresos y colocados en puntos estratégicos.</li> <li>• Nº de apariciones en prensa y radio (10).</li> </ul>		<p>Se ha participado en 32 eventos y congreso  8.377 visitas alcanzadas  8 Notice Boards colocados   Más de 80 apariciones en distintos medios de comunicación</p>

### 5.3 Evaluación de la Implementación del Proyecto

**Tabla 27.** Comparación de los resultados alcanzados frente a los objetivos iniciales.

<b>Tarea</b>	<b>Previsto en la propuesta revisada</b>	<b>Alcanzado</b>	<b>Evaluación</b>
A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de efluentes gaseosos generados en cada sector productivo</li> <li>Evaluación de efluentes líquidos generados en cada sector productivo</li> <li>Evaluación de la fase líquida de los residuos como fuente de nutrientes para el crecimiento de algas</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha realizado una evaluación inicial de las emisiones producidas, los efluentes y residuos generados en las industrias vitivinícola y láctea</li> <li>Su análisis físico-químico se completó en Octubre de 2014. <b>Entregable A1.2</b></li> <li>Insuficiente rendimiento metanogénico potencial de los residuos de las industrias, especialmente la vitivinícola, <b>Entregable A1.1</b></li> <li>El digestato que se generará en el Prototipo es adecuado como fuente de nutrientes para el cultivo de algas. <b>Entregable A1.3</b></li> </ul> <p><b>La mejora del rendimiento en biogás se ha conseguido utilizando residuos ganaderos que forman ciclo productivo como enmiendas orgánicas.</b></p>
B1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo de los suelos</li> <li>Aislamiento de especies de algas del suelo</li> <li>Producción de inóculo de algas edáficas</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se aislaron y reprodujeron en medio líquido varias especies de algas de los suelos de Uclés (Cuenca), Losar de la Vera (Cáceres) y Ros (Burgos) con potencial de ser utilizadas en la producción del biomejorador del suelo. <b>Entregable B1.1</b></li> <li>Se han calculado las tasas de crecimiento de las diferentes especies encontrándose dos cepas con aptitud para ser empleadas en el proyecto. <b>Entregable B.1.2</b></li> <li>El proceso de aislamiento, purificación y caracterización de algas ha prolongado en el tiempo dado las dificultades de producción en medio líquido de algunas especies y su baja tasa de crecimiento y el cambio de ubicación del proyecto de Cáceres a Burgos.</li> </ul> <p><b>Se culminó con éxito la producción de 45 L de inóculo de microalgas autóctonas de cada suelo para el MPB en sus dos ubicaciones: Uclés (Cuenca) y Burgos</b></p>
B2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño e implementación del Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR)</li> <li>Peticion y estudio de ofertas</li> <li>Supervisión y ejecución de elementos principales, recepción de materiales y equipos</li> <li>Construcción del prototipo</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se modificó el diseño inicial de MPR inicialmente presentado en el proyecto, adaptándolo a las características operacionales del proyecto.</li> <li>Se rediseñó su estructura y sistemas de funcionamiento asegurando la autonomía de funcionamiento, su robustez y fiabilidad en el procesado de los residuos de bodega e industria láctea. <b>Entregable B.2.1</b></li> <li>El MPR estuvo operativo tras su puesta a punto en Septiembre 2015 en Uclés y Octubre 2016 en Burgos. <b>Entregables B.2.2.a y b</b>, respectivamente.</li> </ul>

			<p><i>El MPR finalmente construido aporta numerosas mejoras respecto al inicialmente propuesto: Capacidad de procesar sustratos fibrosos, acceso al interior del reactor, conectividad entre los reactores, mayor aislamiento térmico, funcionamiento autónomo</i></p>
B3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión y mejoras del Módulo de Producción de Biomejorador (MPB)</li> <li>• Planos y presupuesto del MPB</li> <li>• Adquisición y montaje de los componentes</li> <li>• Construcción del prototipo</li> <li>• Traslado y puesta a punto en sus dos emplazamientos: Bodegas &amp; Viñedos Fontana (Cuenca) y ROPULPAT (Burgos).</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se modificó el diseño de los elementos inicialmente proyectados y que componen el MPB. <b>Entregable B.3.1</b></li> <li>• Se finalizó la construcción y las pruebas de puesta a punto de los dispositivos y elementos de control en sus dos emplazamientos Uclés y Burgos. <b>Entregables B.3.2.a y b</b>, respectivamente.</li> </ul> <p><i>El MPB finalmente construido aporta numerosas mejoras respecto al inicialmente propuesto: Funcionamiento autónomo, recirculación de gases y capacidad de regulación del consumo eléctrico en función de las condiciones ambientales.</i></p>
B4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptación de las industrias al prototipo industrial</li> <li>• Puesta en funcionamiento del prototipo industrial en la D.O. Uclés</li> <li>• Puesta en funcionamiento del prototipo en ROPULPAT (Burgos)</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se completó la instalación de los dos módulos del Prototipo Industrial en Bodegas &amp; Viñedos Fontana (D.O. Uclés).</li> <li>• La recepción de los materiales, su traslado e instalación en Uclés supuso un retraso de 3 meses con respecto al calendario previsto y otro tanto en el traslado e instalación en Burgos que no impidieron el desarrollo del proyecto.</li> <li>• Los retrasos acumulados se han compensado alargando el tiempo de funcionamiento del prototipo tanto en la D.O. Uclés como en Burgos.</li> </ul> <p><i>En el proceso de adaptación de las industrias no se ha realizado la captura y conducción de los gases emitidos por la bodega al MPB por cuestiones técnicas y de seguridad. El CO<sub>2</sub> empleado en la producción de biomejorador proviene de la combustión de biogás. Se ha realizado un silo de acopio de residuo de bodega para su posterior utilización. Tampoco el biogás generado ha sido posible utilizarlo energéticamente en la agroindustria.</i></p>
C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorización de GEI consumidos en el MPB y producción de microalgas edáficas</li> <li>• Análisis de la Huella de C en sustitución de la fertilización mineral</li> <li>• Monitorización del efecto de la aplicación del biomejorador de algas a los suelos de la D.O. Uclés (Cuenca) y Ros (Burgos).</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ha realizado un registro de los GEI consumidos en el MPB mediante medida de los gases en la cúpula, como de la producción de biomasa de algas. <b>Entregables C1.1.a y b.</b></li> <li>• Se han tomado periódicamente muestras de algas y se ha determinado su rendimiento productivo</li> <li>• Se ha definido la metodología a utilizar para el cálculo de la Huella de C mediante norma UNE-ISO 14064-1:2006, los límites operacionales y organizativos y factores de emisión. <b>Entregable C2</b></li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha instalado una estación meteorológica con registro automático de variables climáticas y de humedad del suelo. <b>Entregable CI.1.a y b</b></li> <li>Se ha realizado la aplicación del biomejorador de algas en los viñedos de Finca La Estacada (Tarancón, Cuenca) y en los campos de cereal de Ros (Burgos) realizando un seguimiento de su efecto sobre el cultivo y el suelo. <b>Entregable CI.3.a y b</b>, respectivamente.</li> </ul> <p><i>El MPB ha estado operativo 6 meses en ambas ubicaciones (D.O. Uclés y ROPULPAT), donde se han registrado sus parámetros de funcionamiento, se ha aplicado el biomejorador al suelo, se han controlado sus emisiones GEI y se ha analizado su efecto sobre la Huella de C de las agroindustrias vitivinícola y láctea.</i></p>
C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la rentabilidad financiera de la inversión de los prototipos MPR y MPB</li> <li>Análisis socioeconómico y ambiental en diversos escenarios y áreas de la UE.</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha hecho una valoración de costes y amortización de la inversión en el Prototipo Industrial, teniendo en cuenta su valor final incluyendo el beneficio empresarial.</li> <li>El análisis de viabilidad económica se ha completado la introducción de un modelo participativo y novedoso de costes compartidos en ambas sectores agroindustriales. <b>Entregable C.2.1</b></li> <li>Los trabajos desarrollados en los Grupos Focales ha permitido una evaluación social y ambiental del proyecto. <b>Entregable C.2.2</b></li> </ul> <p><i>Se ha realizado ambiental de emisiones de GEI, incorporando modelos de viabilidad compartidos, que pueden garantizar la rentabilidad del proyecto, estableciendo el óptimo desde el punto de vista económico y ambiental</i></p>
D1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de más de 5.000 visitas a la página web del proyecto.</li> <li>10 Apariciones en prensa y radio.</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se han registrado 8.377 visitas a la web del proyecto.</li> <li>Se han alcanzado más de 80 apariciones en distintos medios de comunicación.</li> </ul>
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creación Steering Committee</li> <li>Reuniones de seguimiento semestrales.</li> <li>Entrega de informes (<i>Inception Report, Midterm Report y Final Report</i>)</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creado en el KoM.</li> <li>Desarrolladas 7 reuniones de seguimiento del proyecto.</li> <li><i>Inception Report, Midterm Report y Final Report</i> presentados.</li> </ul>
E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecimiento de contactos con otros proyectos LIFE y europeos de los programas H2020 y FP7.</li> <li>Creación de una red de responsables de gestión medioambiental en empresas agroalimentarias</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se han establecido contactos con 40 proyectos LIFE, así como con las redes de los proyectos REFERTIL y FERTILPLUS del 7º Programa Marco. Se ha asistido a 17 eventos de networking.</li> <li>Se ha creado una red de difusión de los resultados del proyecto centralizada en la oficina de la OTRI-OTC de la UBU</li> </ul>

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”-  <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
	<p>LIFE13 ENV/ES/001251  <b>FINAL REPORT</b></p>	
<p><i>Se continuará con las labores de difusión del proyecto durante el periodo de post-LIFE.</i></p>		

## 5.4 Análisis de los Beneficios a Largo Plazo

### **5.4.1 Beneficios Medioambientales**

#### a. Beneficios Medioambientales Cuantificables Directos

**REDUCCION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.** La Unión Europea se ha impuesto reducir en el 2020 al 20% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En este sentido el sector agro-ganadero es el tercer sector que más contribuye a la emisión de GEI. Este proyecto ha permitido evaluar:

- La Huella de Carbono de dos sectores: vitivinícola y lácteo, en dos escenarios: con y sin la introducción del Prototipo Industrial
- El proyecto ha permitido mejorar la gestión de los residuos agroindustriales con la elaboración de un biomejorador de suelos, que a su vez permite disminuir la fertilización mineral y sus costes asociados
- La sustitución de la fertilización mineral lleva asociada la mejora ambiental en la reducción de emisiones directas de GEI y de forma indirecta las emisiones asociadas a una incorrecta gestión de los residuos orgánicos
- La producción de biogás y su valorización energética es una alternativa para las agroindustrias que las permitirá disminuir las emisiones de G.E.I. asociadas a su proceso productivo.

**ECONOMÍA CIRCULAR.** La inclusión del proceso que se propone en este proyecto supone:

- Generar nuevas actividades económicas asociadas a la utilización de los residuos agroindustriales en una nueva línea de biofertilizantes como nuevo sector productivo
- Formar técnicamente a personal especializado en su control, aplicación en campo y seguimiento de los efectos de esta tecnología sobre el medio productivo primario.

**FOMENTO DE ENERGÍA RENOVABLE.** El tratamiento de los residuos orgánicos del sector vitivinícola y del sector lácteo a través de procesos de biometanización supone:

- La generación de una energía renovable como es el biogás cuyo aprovechamiento energético, ya sea térmica o en la producción de energía eléctrica, disminuye la dependencia del sector a los carburantes fósiles.
- Esta energía repercute en la sostenibilidad de las agroindustrias, ya que por un lado, ahorra en la gestión de sus residuos orgánicos, que actualmente tiene un coste de tratamiento elevado, y genera energía.

#### b. Relevancia para asuntos o áreas de política medioambientalmente importantes

Si bien el sector agroindustrial no es contemplado por la sociedad como un sector claramente contaminante y como uno de los productores de GEI que más contribuyen al cambio climático, sus emisiones son elevadas y claramente deslocalizadas. El sector primario, dada su utilización de la energía procedente de la radiación solar, el estar basado en la producción vegetal y la posibilidad de incorporar residuos orgánicos al suelo, puede constituirse en un elemento de control de las emisiones GEI, en el secuestro de C en el suelo y en la minimización de las consecuencias del cambio climático.

Todo ello debe ser implementado con tecnologías novedosas como la que plantea este proyecto: Utilizar microalgas para la recuperación de nutrientes residuales, gestionar los residuos generando biocombustibles y elaborar un biomejorador del suelo que permita sustituir progresivamente a la fertilización mineral. Todo ello contribuirá a mejorar al sector agroindustrial en dos ámbitos diferentes:

- **MEJOR IMAGEN AMBIENTAL DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL.** Esta sostenibilidad sobre la que se asienta el proyecto contribuye a generar industrias más competitivas en el ámbito internacional: al reducir costes y mejorar la imagen ambiental del sector. El consumidor cada vez

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

demanda productos más sostenibles, es decir que hayan sido producidos de esta forma. Con esta tecnología se consigue este cometido, al cerrar el ciclo “devolver al suelo los nutrientes que han sido extraídos de él en forma de alimentos, y que se han convertido en residuos e emisiones”

- **POLITICA AGRARIA COMUN.** Dentro del Nuevo marco de la política agraria común (PAC) 2014-2020 esta iniciativa se alinea perfectamente con el “greening” y las demás políticas que integran las directrices y políticas de desarrollo rural. La gestión de residuos en agroindustria, la mejorar de la calidad de los suelos, la mitigación y reducción de los gases de efecto invernadero en el sector primario, son alguna de las líneas que se abarcan en el proyecto y que están contempladas y primadas a través de incentivos en la nueva PAC.

## 5.4.2 Beneficios a Largo Plazo y Sostenibilidad

### a. Beneficios Medioambientales Cuantificables a Largo Plazo

- **MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.** Los gases de efecto invernadero en concreto el CO<sub>2</sub>, y el N<sub>2</sub>O, son utilizados por los cultivo de microalgas, que se constituyen finalmente en biofertilizante o biomejorador de suelos. Es decir la necesidad de anexar a la instalación de producción de biomejorador una fuente de GEI es necesaria para garantizar una mejor rentabilidad del proceso de producción de algas como biomejorador. Esto repercute en que los gases necesarios se fijan en biomasa y se evita su emisión a la atmosfera.
- **RECICLADO DE NUTRIENTES EN LA AGRICULTURA.** Los nutrientes más demandados en agricultura son el nitrógeno y fosforo. Nutrientes que en el caso del nitrógeno demanda grandes insumos de energía para su fabricación, de ahí que esta industria fabricante sea una de las que más contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Por otro lado el fosforo es un nutriente cuyos yacimientos minerales están disminuyendo, siendo considerado en la actualidad como una materia prima crítica para la Unión Europea. Estos dos nutrientes se encuentran inmovilizados en residuos y en suelos, por lo que las algas que constituyen el biomejorador desmovilizan y hace disponible a los cultivos, redundando en la reconversión de nutrientes residuales como fuente nutricional de plantas.

- b. Beneficios Económicos Cualitativos a Largo Plazo (e.g. costes evitados a largo plazo u oportunidades de negocio con nueva tecnología innovadora, etc., desarrollo regional, reducción de costes y oportunidades en otros sectores)

La inclusión de la tecnología de microalgas propuesta por parte del sector agroindustrial, y otros sectores replicables como el sector de gestión de residuos, sector fabricante de fertilizantes y sector de depuración de aguas residuales, supondrá:

- **REDUCIR LA DEPENDENCIA DE LOS FERTILIZANTES MINERALES.** Todo ello incidirá en un ahorro en costes de fertilización, y la mejora de la calidad de los suelos, al incrementar la población de especies autotróficas como son las algas. Experiencias desarrolladas en este proyecto han permitido comprobar un efecto biofertilizante recuperable en el suelo, que se recupera una vez reinstauradas las condiciones ambientales adecuadas.
- **REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.** Estos residuos que actualmente son un importante problema medioambiental por contribuir a la eutrofización de las aguas continentales y subterráneas, a las emisiones indirectas de GEI, se convierten en subproductos valorizables, tanto de la actividad agroindustrial y como de la gestión de aguas residuales. Su utilización como fuente de nutrientes, es un input para la agro-industria mediante el proceso de la obtención de biofertilizantes contemplados en el presente proyecto. Esto supondrá que la inversión en la gestión de estos efluentes se convierta de una inversión no productiva a una inversión productiva de la que se obtienen ingresos complementarios a la actividad, redundado finalmente en una mejora de la calidad de las aguas superficiales y freáticas.

- c. Beneficios Sociales Cualitativos a Largo Plazo (e.g. efecto positivo en el empleo, la salud, integración étnica, igualdad y otros impactos socio-económicos, etc.)

	<p align="center">"Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria"- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p align="center">LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

Las inversiones previstas en este Proyecto no son directamente recuperables por el ahorro de insumos en fertilización que se logra o por la disminución de costes de combustible fósil, dados los actuales precios de mercado de los mismos y la ausencia de compensaciones adecuadas a la producción energética renovable. Dicha coyuntura es variable y es deseable que cambie en un futuro próximo. Sin embargo, en el curso de la realización del Proyecto se ha evaluado:

- **MODELO PARTICIPATIVO.** La evaluación económica del Proyecto ha desarrollado un modelo de costes compartidos o Modelo Participativo, que permite abordar la financiación de las inversiones necesarias para el desarrollo del proyecto, en base a una valoración de su impacto social y ambiental y la redistribución de costes entre todos los sectores implicados: sector agrario, sector industrial o sector de la gestión de residuos. El modelo participativo se alinea con las últimas tendencias sobre la redefinición del destino de los subsidios agrarios, que están teniendo lugar en las conversaciones que marcarán la futura PAC para el periodo posterior a 2020. Un cambio que fomentará su conversión en inversiones productivas y creadoras de empleo.
- **SOSTENIBILIDAD DE LA CADENA ALIMENTARIA.** Con la premisa “*del suelo a la mesa, y de la mesa al suelo*”. El consumidor demanda una mayor seguridad alimentaria en los productos que consume, donde se emplean en su producción menos productos químicos y que su obtención haya sido respetuosa con el medio ambiente. Por ello este proyecto está perfectamente alineado con estas ideas y principio, en los próximos meses se someterá todo el ciclo productivo que en el proyecto se propone a una evaluación por parte de la sociedad, para validar la alineación de los principios del proyecto con las tendencias actuales de los consumidores. En este sentido se han desarrollado dos *Focus Groups* centrados en la sostenibilidad del sector agroindustrial como suministrador de alimentos, donde se han invitado a agentes sociales y grupos de consumidores, representantes de la agroindustria y de profesionales de sector (agricultores y ganaderos) que con su opinión han validado el ciclo productivo del proyecto.
- **EMPLEO RURAL.** En el ámbito rural es importante asentar nuevas actividades económicas dentro de lo conocido como “*Economía Verde*” para fortalecer un sector productivo que es elemento clave para frenar la creciente despoblación del medio rural. E sector agro-ganadero ha de seguir siendo uno de esos pilares de la economía rural. Con este proyecto se pretende trasladar la producción de fertilizantes y la gestión de residuos a un ámbito local, es decir a un ámbito rural, próximo a la actividad agro-ganadera, que repercute en la generación de nuevos puestos de trabajo vinculados estos nuevos nichos de actividad.

d. Continuation of the project actions by the beneficiary or by other stakeholders.

La continuación del proyecto está garantizada mediante el acuerdo desarrollado entre el consorcio encargado de la realización del Proyecto y la empresa ROPULPAT, empresa que tiene su actividad económica centrada en el tratamiento de los residuos orgánicos generados por múltiples sectores industriales, además del lácteo. La posible aplicación del Prototipo Industrial a la gestión de residuos de otros sectores industriales como es el de los precocinados, la industria cárnica, el sector de la industria del huevo, son elementos que permitirán una aplicación de esta tecnología a otros sectores industriales de potencial replicabilidad. La comercialización de los biofertilizantes producidos en el proceso: biomejorador y digestato anaerobio son dos elementos que permitirán financiar el mantenimiento de la planta en los años de demostración *After-LIFE*.

### 5.4.3 Replicabilidad, Demostración, Transferencia, Cooperación

Los sectores susceptibles de incorporar total o parcialmente la tecnología desarrollada en este Proyecto son:

- A) **Sector de Producción de fertilizantes.** Dado que los consumidores demandan productos más sostenibles, la industria de fertilizantes hace tiempo que ha centrado sus esfuerzos en generar nuevos productos a partir de sustancias orgánicas, microorganismos como hongos y bacterias que movilicen nutrientes, por ejemplo. En esta tendencia se encuentra el uso de algas como biomejorador de suelos y cultivos. Para ello a partir de los campos de ensayos se generarán resultados que se publicarán a través de las redes digitales propias y a través de revistas

	<p>“Desarrollo e implementación integrada de fotobiorreactores para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en agroindustria”- <b>LIFE+ IntegralCarbon</b></p>	
<p>LIFE13 ENV/ES/001251 FINAL REPORT</p>		

científicas y de divulgación. Así mismo en las jornadas y eventos se invitará a la Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE - [www.anffe.com](http://www.anffe.com)) que reúne a todas las empresas fabricantes y distribuidoras de ámbito español, además esta asociación es miembro de la *International Fertilizer Industry Association* ([www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)). También se invitará a las empresas e ingeniería que desarrollan su actividad en el uso de compuestos bioestimulantes a partir de microorganismos. El sector tradicional de fertilizantes puede ver esta propuesta como una pérdida de mercado, ya que socializamos la fabricación de fertilizantes y lo damos un componente “local”, aspecto que puede redundar en pérdida de cuota de mercado por estas empresas tradicionales. Pero el objetivo es transmitir que la fabricación de este biomejorador también puede estar asociado a una empresa emisora y productora de residuos, redefiniendo como característica fija de la instalación, frente a la móvil de la desarrollada en el proyecto. También las empresas de fertilizantes disponen del campo no contemplado en el proyecto de la forma de aplicación y presentación/comercialización del producto biomejorador: granulados, concentrados de algas, biofilms de algas, etc. Son estas nuevas ideas las que habrá que desarrollar para transmitir a las industrias. Es de señalar la publicación el 6 de diciembre de 2017, de un nuevo Real Decreto de Fertilizantes 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes y que incluye entre los productos autorizados los biofertilizantes preparados a partir de microorganismos, como algas, hongos micorrízicos y cualquier otro que demostrase una capacidad fitoestimulante.

- B) **Sector de la Gestión de Residuos.** En este sector tenemos identificados dos grupos: empresas que llevan la gestión de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) que están formadas con grandes empresas constructoras de ámbito internacional como FERROVIAL, AQUALIA, FCC, entre otras. El otro grupo son empresas que se dedican a la gestión de residuos industriales. En este último grupo las empresas que nos interesan que conozcan el proyecto son las empresas que gestionan residuos sólidos y líquidos pero que tengan un potencial de oxidación/reducción de la materia orgánica, para que pueda ser emplear los residuos como fuente en el proceso de obtención de biogás. Subproducto obtenido de la obtención del biogás que es muy interesante para convertir en biomejorador de algas. El poder llegar a las empresas e interesados de este segundo grupo es más complicado que el primero, pero a través de las revistas de divulgación como INFOENVIRO, RETEMA, que disponen una versión en inglés y en castellano pretendemos llegar con nuestros resultados a todas las empresas nacionales y europeas. También la publicación divulgativa digital [www.algaemagazine.com](http://www.algaemagazine.com) de referencia internacional pretende ser un vector para transferir los resultados, a la cual se pretende enviar una comunicación en el mes de febrero-marzo, aprovechando que se obtendrán los primeros resultados definitivos de la planta en la DO de Uclés.

En el caso del primer grupo, es decir las empresas asociadas con la EDAR, algunas ya disponen en sus plantas de un sistema de similar al módulo de pretratamiento de residuos como el planteado en el prototipo, por lo que estas plantas EDAR podrán evaluar la inclusión del módulo de producción de biomejorador y redundar en una gestión sostenible de los efluentes y mejora de la rentabilidad de estas plantas. Las EDAR son plantas con un gran volumen de efluentes susceptibles a reconvertirlos en biomejorador, por lo que la inclusión de esta tecnología necesariamente tendrá que pasar por una adaptación del sistema de cultivo, es decir de un sistema móvil a un sistema fijo, donde la reducción y optimización del espacio ocupado por la instalación de producción sea mínima, ya que la ubicación de estas plantas se suele circunscribir a las zonas periurbanas y próximas a cauces, lo que hace la disponibilidad de suelo sea un factor limitante para el despliegue total de esta tecnología. En este sentido habrá que evaluar y diseñar un sistema que permita aprovechar la superficie vertical de estas plantas EDAR.

#### 5.4.4 Lecciones de Mejores Prácticas

Reconversión hacia una fertilización sostenible, donde la dependencia a los fertilizantes minerales sea menor, y donde se prime la gestión local y sostenible de los residuos y emisiones de la agroindustria y del sector agroganadero, son algunos de los principios que se vinculan con la nueva Política Agraria Común (PAC) 2014-2020.



En este sentido la PAC supone un gran parte de los ingresos de una explotación ganadera, por lo que no cumplir alguno de estos principios puede suponer la pérdida de renta agraria de las explotaciones. Aunque en principio los agricultores, ganaderos y agroindustrias vean estas medidas contempladas en el proyecto como una forma de poder justificar la alineación con la PAC para poder cobrar este pago, a medio largo plazo comprenderá que por si mismas estas medidas y acciones son rentables para ellos, y por ende son beneficiosas para el medio ambiente.

Por otro lado la tendencia es acudir a fuentes de energía renovables que surgir partir de los recursos locales, como en este caso son los residuos agroindustriales y ganaderos.

#### 5.4.5 Innovación y Demostración de Valor

Este proyecto supone:

- a. **Mejorar el contenido de carbono de los suelos.** Por medio de la aplicación de “enmiendas vivas” como constituye el *biofilm* de cianobacterias/microalgas edáficas.
- b. **Aumento de la fertilidad de los suelos.** Algunas especies de algas como las cianobacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, además de segregar sustancias que promueven la actividad biológica de los suelos y su fertilidad.
- c. **Valorización de efluentes industriales o residuos agro-ganaderos.** Industrias en general que generan efluentes con contenido elevado en nitrógeno y fosforo, principalmente, tienen que estandarizar estos antes de ser vertidos a la red de saneamiento urbana. Estandarización de este residuo que supone un coste. Por ello con este sistema estos efluentes son transformados en biomasa, que posteriormente será degradada en el suelo, liberando los nutrientes que antes ha consumido. Revalorizando con ello los efluentes.
- d. **Restauración de suelos degradados.** Esta tecnología descrita puede ser aplicada a suelos degradados por incendios, movimientos de tierras, empleo de determinadas enmiendas, etc. Además constituye una tecnología económica. Además de ser una tecnología sostenible medioambientalmente ya que el *biofilm* lo constituyen especies autóctonas, pudiendo así luego estas desarrollarse de forma independiente en el suelo.
- e. **Generación de actividad económica.** Esta es una tecnología cuyo desarrollo generará nuevos puestos de trabajo e inversiones: desde la identificación y/o el aislamiento de las microalgas/cianobacterias edáficas autóctonas, pasando por el transporte y/o montaje de los fotobiorreactores en las inmediaciones del suelo a tratar, hasta finalmente distribuir en campo el *biofilm*. Además es una tecnología atractiva como sustituta total o parcial de la fertilización tradicional.
- f. **Incorporación en la agricultura tradicional.** Este biomejorador producido permite ser distribuida al suelo a través de un equipo de pulverización que toda explotación agrícola dispone para el tratamiento fitosanitario. Además este tratamiento también puede ser realizado a través de cisternas o similares que las podemos encontrar en todas las explotaciones ganaderas para distribuir los purines en cultivos, barbechos o pastos. Por lo tanto es sencillo que la agricultura incorpore esta tecnología.
- g. **Solución tecnológica sostenible energéticamente.** La energía eléctrica requerida para la recirculación y el control de determinados parámetros en el medio de cultivo, es obtenida por medio de energía fotovoltaica. Así mismo la gestión del control del módulo de producción de biomejorador está optimizada para minimizar este consumo energético. Por lo que es una tecnología que no requiere insumos energéticos.
- h. **Desarrollo de fotobiorreactores autónomos y versátiles.** Se precisa que los fotobiorreactores puedan ser fácilmente transportados a las inmediaciones del suelo a tratar. Para ello el diseño estructural debe quedar aunado con el diseño que marca la fisiología del cultivo.



Cabe remarcar que un aspecto diferenciador de esta propuesta es que la presente propuesta se postula como alternativa a la fertilización mineral tradicional. Aspecto que hace atractivo para que los agricultores recurran a la presente propuesta a fin de aportar sus dosis de fertilizante a los cultivos, ayudando así al incremento del contenido de carbono de los suelos y la fertilidad de los mismos. Pudiendo así establecer un nicho de mercado muy interesante con el presente desarrollo.

Además se da solución de forma rentable a la gestión de los residuos y emisiones de la agroindustria, generando energía a partir de ellos.

#### 5.4.6 Indicadores a Largo Plazo

<b>Indicadores de Funcionamiento</b>	
IF_1	Nº de mezclas de sustratos orgánicos evaluados en su potencial metanogénico
IF_2	Volúmenes de biomejorador y digestato producidos en el Prototipo Industrial (m <sup>3</sup> /año)
IF_3	Hectáreas fertilizadas con el biomejorador o el digestato producidos
IF_4	Porcentaje del biogás producido que es valorizado energéticamente (no autoconsumo)
IF_5	Incremento (%) del nivel de competitividad del biomejorador frente a otros fertilizantes minerales u orgánicos comerciales
<b>Indicadores de Competitividad</b>	
IC_1	Inversiones (€) realizadas en mejoras o desarrollos sobre la tecnología planteada en el proyecto
IC_2	Creación de empleo (directo e indirecto) vinculado a la implantación de la tecnología planteada en el proyecto
IC_3	Variación de coste comercial (%) de tecnología planteada en el proyecto. Aplicación de economía de escala
IC_4	Ingresos (€) generados aplicando la tecnología planteada en el proyecto
IC_5	Costes evitados (€) generados aplicando la tecnología planteada en el proyecto
IC_6	Costes generados (€) aplicando la tecnología planteada en el proyecto
IC_7	Nº de proyectos presentados en convocatorias competitivas de fomento de I+D, de mejoras o desarrollos sobre la tecnología planteada en el proyecto actual
IC_8	Nº de contratos con empresas privadas o públicas para la realización de estudios relacionados con la aplicación del biomejorador
IC_9	Nº de instalaciones que repliquen, total o parcialmente, la tecnología contemplada en el proyecto
<b>Indicadores de Difusión</b>	
ID_1	Nº de Visitas privadas realizadas a la planta piloto posteriores a diciembre del 2016
ID_2	Nº de Reuniones Técnicas con otras empresas interesadas en el desarrollo de esta tecnología
ID_3	Nº de Agricultores que han mostrado interés en la aplicación del biomejorador de algas
ID_4	Nº de publicaciones científicas o técnicas relacionada con la aplicación de la tecnología de microalgas al tratamiento de efluentes residuales
ID_5	Nº de Actividades de difusión realizados en centros educativos, en centros especializados de formación profesional y en centros universitarios sobre los fundamentos científicos del proyecto

## 6. Memoria Financiera

LIFE+ Integral Carbon dispone de un presupuesto total de 1.253.361 € y ha recibido una prefinanciación inicial por un valor de 241.054,40 € y un segundo pago intermedio por un valor de 241.054,40 €. A fecha de final del proyecto 31/12/2016 el proyecto ha ejecutado un total de 1.317.474,03 € de gasto, lo que representa un 105 % respecto del costal total aprobado para el proyecto. Los seis socios han incluido estos gastos en base a gastos reales reflejados en la contabilidad de sus centros (información ampliada en el punto 6.2).

El beneficiario coordinador declara que el proyecto recibe exclusivamente financiación del Programa LIFE+ y no de otras fuentes alternativas o complementarias. Destacar que todos los beneficiarios del proyecto recuperan el IVA.

### 6.1. Resumen de los Costes Incurridos

A continuación se muestra la **Tabla 28**, donde se pueden ver los costes aprobados en el **Grant Agreement** para cada partida, y los costes incurridos en el Proyecto a fecha 31/12/2016.

**Tabla 28.** Costes incurridos en el Proyecto LIFE+ Integral Carbon a fecha 31/12/2016.

PROJECT COSTS INCURRED			
Cost category	Budget according to the grant agreement*	Costs incurred within the project duration	%**
1. Personnel	883.547 €	895.682,50 €	101%
2. Travel	23.265 €	28.215,85 €	121%
3. External assistance	105.500 €	133.199,41 €	126%
4. Durables: total <u>non-depreciated</u> cost			
- Infrastructure sub-total			
- Equipment sub-total	10.600 €	3.739,75 €	35%
- Prototypes sub-total	101.883 €	128.662,83 €	126%
5. Consumables	45.000 €	38.079,76 €	84%
6. Other costs	2.300 €	3.907,87 €	170%
7. Overheads	81.266 €	85.986,06 €	105%
<b>TOTAL</b>	<b>1.253.361 €</b>	<b>1.317.474,03 €</b>	<b>105%</b>

\* Si la Comisión ha aprobado oficialmente una modificación del presupuesto, indicar el desglose del presupuesto revisado. De lo contrario, este debería ser el presupuesto del acuerdo de subvención original

\*\* Calcular los porcentajes por líneas presupuestarias: p.e. el % de los costos de personal presupuestados que realmente se incurrieron

## 7. Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Steering Committee (SC).</i> .....	14
<b>Figura 2.</b> <i>Organigrama del proyecto.</i> .....	15
<b>Figura 3.</b> <i>Instalaciones de combustión y medida de emisiones de GEI en las instalaciones de la fábrica de quesos COLOSAR en el polígono industrial de Losar de la Vera (Cáceres).</i> .....	18
<b>Figura 4.</b> <i>Panel de control del sistema de enfriamiento del mosto y determinaciones de gases GEI en las instalaciones de Bodegas &amp; Viñedos Fontana, D.O. Uclés (Cuenca).</i> .....	19
<b>Figura 5.</b> <i>Visitas realizadas a las instalaciones de Quesos Sasamón en Burgos y a la ganadería de Roberto Andrés en Sotovellanos (Burgos).</i> .....	20
<b>Figura 6.</b> <i>Muestras de los residuos producidos en Bodegas &amp; Viñedos Fontana (Cuenca): Recepción y procesado de la uva. Residuos muestreados: a. Raquis de uva seco y triturado; b. Vinazas dulces decantadas; c. hollejos obtenidos del sobrenadante del depósito de fermentación.</i> .....	21
<b>Figura 7.</b> <i>Imagen de los diferentes fotobiorreactores donde se realiza el cultivo de algas en condiciones controladas de iluminación y con adición de dosis crecientes de digestato de efluentes de la industria alimentaria.</i> .....	23
<b>Figura 8.</b> <i>Imágenes de la visita y de las operaciones de muestreo de la finca de Losar de la Vera (Cáceres) y de las costras donde se recolectaron las algas edáficas.</i> .....	25
<b>Figura 9.</b> <i>Muestreo de suelos y de costras salinas bajo los goteros en los viñedos de la finca perteneciente a Bodegas &amp; Viñedos Fontana, D.O. de Uclés (Cuenca).</i> .....	26
<b>Figura 10.</b> <i>Ensayos en placa de las variaciones de composición del medio de cultivo: BG11, BG11 sin nitrato (<math>-NO_3^-</math>), con silicato (<math>+SiO_4^{3-}</math>), con extracto de suelo y turba (<math>+DOC</math>).</i> .....	27
<b>Figura 11.</b> <i>Fotobiorreactores construidos para producción de inóculo.</i> .....	28
<b>Figura 12.</b> <i>Descripción realizada de la solera necesaria para la ubicación del prototipo.</i> .....	32
<b>Figura 13.</b> <i>Plano del desarrollo del equipo de bombeo para solicitud de ofertas.</i> .....	33
<b>Figura 14.</b> <i>Modelización 3D de todo el prototipo.</i> .....	33
<b>Figura 15.</b> <i>Visita a la ejecución de los depósitos de hidrólisis, montaje del cuadro eléctrico y de control y ejecución de la instalación hidráulica.</i> .....	35
<b>Figura 16.</b> <i>Instalación de los serpentines del sistema de calefacción en el interior del digestor.</i> .....	36
<b>Figura 17.</b> <i>Izado del depósito que incluye reactor de hidrólisis II y el digestor.</i> .....	36
<b>Figura 18.</b> <i>Anclaje de los depósitos, colocación de bridas con espigas y válvula manual en aspiración del digestor, replanteo del grupo de bombeo y colocación de tuberías en altura.</i> .....	37
<b>Figura 19.</b> <i>Colocación de las tuberías flexibles de conexionado entre los depósitos y el circuito hidráulico (equipo de bombeo) y de las electroválvulas del pilotaje neumático.</i> .....	37
<b>Figura 20.</b> <i>Distintos tipos de depósitos flexibles. A. Tipo VOLUTEX, B. Tipo ONION, C. Tipo cisterna.</i> .....	43
<b>Figura 21.</b> <i>Modelo en 3D del Módulo de Producción de Biomejorador de Algas.</i> .....	44
<b>Figura 22.</b> <i>Montaje del depósito del MPB tras su recepción: c) extendido de membrana d) presentación pies e) atado de pies con membrana, nivel 1. f) atado de pies lona, nivel 3. g) vista de montaje membrana h) colocación de cúpula transparente.</i> .....	45
<b>Figura 23.</b> <i>Vistas delantera y trasera del remolque de transporte del MPB con los logos e información del proyecto.</i> .....	45
<b>Figura 24.</b> <i>A) Esquema de sección y funcionamiento de un aireador, B) llenado del aireador por vasos comunicantes, C) disposición de los aireadores en el perímetro del depósito.</i> .....	46
<b>Figura 25.</b> <i>Situación de las baterías, regulador solar, inversor, cuadro con los elementos de control (izquierda) y cuadro con los sensores de gases (derecha).</i> .....	47
<b>Figura 26.</b> <i>Labores de preparación de silo de dimensiones 14x6x1m (4/8/2015), colocación de la cubierta de plástico y primer acopio de residuos de la bodega (28/08/2015).</i> .....	52
<b>Figura 27.</b> <i>Evolución de los parámetros físico-químicos del biomejorador durante un ciclo completo de producción en el MPB. Sólidos totales y volátiles y biomasa algal estimada.</i> .....	61
<b>Figura 28.</b> <i>Límites organizacionales y operacionales de la D.O. Uclés.</i> .....	63
<b>Figura 29.</b> <i>Mapa de procesos de la producción y elaboración de vino.</i> .....	64
<b>Figura 30.</b> <i>Proceso productivo del caso vitivinícola con prototipo (Escenario II).</i> .....	66
<b>Figura 31.</b> <i>Reducción final de emisiones de GEI en los tres escenarios.</i> .....	69
<b>Figura 32.</b> <i>Proceso productivo del caso lácteo con prototipo (Escenario II).</i> .....	70
<b>Figura 33.</b> <i>Reducción final de emisiones de GEI en los tres escenarios.</i> .....	72
<b>Figura 34.</b> <i>Mapas de clases de suelo donde se realizará la aplicación del biomejorador a la profundidad 0-36 cm. A. Viñedos de Finca La Estacada. B. Campos de cereal de Ros (Burgos).</i> .....	75
<b>Figura 35.</b> <i>A) Distribución de las parcelas de ensayo en los viñedos de Finca La Estacada, de la D.O. de Uclés. B) Distribución de las parcelas de ensayo en diferentes cultivos en Ros (Burgos).</i> .....	76



<b>Figura 36.</b> Distribución del biomejorador en las parcelas de ensayo. <b>A.</b> En los viñedos de Finca La Estacada (Uclés, Cuenca) y <b>B.</b> En los cultivos de Ros (Burgos). .....	77
<b>Figura 37.</b> Representación de la evolución de costes y precio de enmienda fertilizante (PEF) de biomasa de algas (BA) manteniendo la estructura de beneficios, respecto a la productividad en biomasa seca del Módulo de Producción de biomasa (MPB). El área marcada representa el margen por debajo del cual la BA es competitiva frente al estiércol en la evaluación del escenario sin prototipo (ESP). .....	84
<b>Figura 38.</b> Representación de evolución de costes evitados y precio de enmienda fertilizante (PEF) de digestato (D), manteniendo la actual estructura de beneficios, respecto al incremento de la producción energética del Módulo de Pretratamiento de Residuos (MPR). El área marcada representa el umbral por debajo del cual el digestato es competitivo frente al estiércol utilizado en la evaluación del escenario sin prototipo (ESP). .....	84
<b>Figura 39.</b> Esquema de actuación del modelo participativo: Escenario Sin Prototipo (ESP) y Escenario con Prototipo (EP). .....	86
<b>Figura 40.</b> <b>A.</b> Valoración de la sostenibilidad del proyecto por los stakeholders de la zona de producción Vitivinícola de Uclés (Cuenca) y <b>B.</b> de producción láctea de Quesos de Sasamón (Burgos). .....	89
<b>Figura 41.</b> Resultados de la valoración cuantitativa de la sostenibilidad global del proyecto a partir de un análisis AHP de los agentes implicados en el proceso. ....	90
<b>Figura 42.</b> Página web. ....	97
<b>Figura 43.</b> Estadísticas página web. ....	97
<b>Figura 44.</b> Diseño Notice Boards y su ubicación. ....	98
<b>Figura 45.</b> Notice Boards en los módulos MPR y MPB del Prototipo Industrial y en la valla de la empresa ROPULPAT (Burgos). ....	99
<b>Figura 46.</b> Carátula del Informe Layman e infografía del proyecto LIFE+ Integral Carbon. ....	99
<b>Figura 47.</b> Estadísticas Twitter. ....	102

## 8. Lista de Tablas

<b>Table 1.</b> Project deliverables / <b>Tabla 1.</b> Entregables del Proyecto.....	3
<b>Tabla 2.</b> Rendimientos productivos alcanzados, tiempo al que se alcanza el máximo de producción y tasa de crecimiento para las cinco especies de algas aisladas del suelo. ....	27
<b>Tabla 3.</b> Nombre, género y localización de las diferentes especies de algas. ....	28
<b>Tabla 4.</b> Volumen de residuos tratados y caudal de biogás medio producido durante el primer periodo de operación en Bodegas & Viñedos Fontana (01/09/15-29/02/16). ....	55
<b>Tabla 5.</b> Características físico-químicas medias de las muestras del digestato producido en el MPR y del biomejorador producido en el MPB.....	55
<b>Tabla 6.</b> Volumen de residuos tratados y biogás medio producido durante el segundo periodo de operación (01/07/16-31/12/16). ....	56
<b>Tabla 7.</b> Producciones de biogás y metano con las cinco dietas testadas a lo largo del segundo periodo de operación en Burgos. ....	57
<b>Tabla 8.</b> Cronograma de desarrollo de las acciones de implementación del Prototipo Industrial tal como aparecían en el proyecto (color negro) y su desarrollo real (color gris). ....	58
<b>Tabla 9.</b> Balance de C atmosférico fijado y N total extraído de los efluentes líquidos del biomejorador de algas producido en el MPB durante la realización del proyecto LIFE+ Integral Carbon. STV, Sólidos Totales Volátiles; KTN, Nitrógeno Total Kjeldahl. ....	61
<b>Tabla 10.</b> Comparativa de los objetivos de producción de Biomejorador y su contenido en biomasa de algas con respecto a los objetivos del proyecto. ....	62
<b>Tabla 11.</b> Clasificación de emisiones y remociones según ISO 14.069.....	65
<b>Tabla 12.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la fase agraria de producción de uva en el Escenario I, durante el año 2015.....	65
<b>Tabla 13.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para bodega en el Escenario I, durante el año 2015.....	66
<b>Tabla 14.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la fase agraria de producción de uva en el Escenario II. ....	67
<b>Tabla 15.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la fase agraria de producción de uva en el Escenario III. ....	68
<b>Tabla 16.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la bodega en el Escenario III. ....	68
<b>Tabla 17.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la explotación ganadera en el Escenario I, durante el año 2015.....	69
<b>Tabla 18.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la quesería en el Escenario I, durante el año 2015.....	70
<b>Tabla 19.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la explotación ganadera en el Escenario II. ....	71
<b>Tabla 20.</b> Resumen de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las categorías correspondientes al Alcance 1, 2 y 3 para la quesería en el Escenario II. ....	72
<b>Tabla 21.</b> Desglose de presupuesto material, mano de obra y precio de venta libre de impuestos del Módulo Pretratamiento de Residuos (MPR) y sus costes de funcionamiento asociados.....	82
<b>Tabla 22.</b> Desglose de presupuesto material, mano de obra y precio de venta libre de impuestos del Módulo Producción de Biomejorador (MPB), desglosado en sus dos componentes: la balsa y sus sistemas de aireación y control y el módulo de floculación, así como sus costes de funcionamiento asociados.....	83
<b>Tabla 23.</b> Estructura de flujos de caja. Se consideran unos flujos de caja constantes durante los 20 años de vida útil del proyecto. ....	83
<b>Tabla 24.</b> Estructura financiera para una productividad en biomasa de algas de $0,126 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , manteniendo todas las demás dimensiones y productividad del prototipo fijas. Superficie tributaria 90 ha.....	87
<b>Tabla 25.</b> Estructura financiera para una productividad en biomasa de algas de $0,126 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , manteniendo todas las demás dimensiones y productividad del prototipo fijas, pero introduciendo un Pago ambiental sujeto a los créditos de carbono. ....	87
<b>Tabla 26.</b> Definición de obstáculos y necesidades futuras en términos de la implantación del proyecto. ....	88
<b>Tabla 27.</b> Comparación de los resultados alcanzados frente a los objetivos iniciales. ....	107
<b>Tabla 28.</b> Costes incurridos en el Proyecto LIFE+ Integral Carbon a fecha 31/12/2016. ....	116