

# **Nuevas Utilizaciones Industriales Sostenibles del CO<sub>2</sub>**

**New Industrial Sustainable  
Uses of CO<sub>2</sub>**

**Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización por escrito de la SE de Carburos Metálicos S.A.**

**All rights reserved. You may not, under the penal and civil redress against the laws, reproduce, record or transmit this publication, in whole or in part, in any retrieval system or by any means, mechanical, electronic, magnetic, electro-optical, photocopying or for otherwise, without the written permission of SE de Carburos Metálicos S.A.**

---

**Edita**

---

**SE de Carburos Metálicos S.A.  
Calle Aragón, 300  
08009 Barcelona, España  
Teléfono: 935 929 950  
www.carburos.com**

**1<sup>a</sup> Edición, 2012  
@ Proyecto SOST-CO2  
ISBN: 978-84-695-5391-6  
Depósito Legal: B. 29009-2012  
Impreso en España**



*First of all, I would like to thank the Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), on behalf of all the partners involved in the CENIT SOST-CO<sub>2</sub> project, which could not have been carried out without their help and funding provided.*

*Particularly, I would like to express our sincere appreciation to Mr. Sergio Capitán for monitoring the project, his support and suggestions along these years.*

*I extend my gratitude to each of the 14 companies that are part of the consortium, for its work focused on achieving the specific objectives proposed in every task, and to the technical leads of each activity for their professionalism and savoir-fair.*

*In addition to the partners involved, the participation in this project of Universities, Research Centres, CSIC Institutes, foundations and other institutions achieving the utmost scientific excellence has been decisive, offering us the most advanced laboratories and specialized research groups in the Country. For that, we want to thank every institution for all the work carried out and also, I would especially like to thank MATGAS 2000 AIE and Fundació CTM Centre Tecnològic for their support in the technical and administrative management.*

*Finally, and more personally, we would like to express our wholehearted thanks to every person that participated with their work, comments, contributions, concerns and thoughts, helping to generate scientific and technical knowledge in the development of new sustainable industrial applications of CO<sub>2</sub>.*

*In short, many thanks to the team that made it possible for this project to be a success.*

*Dr. Lourdes F. Vega  
R&D Director Carburos Metálicos.  
Leader of CENIT SOST-CO<sub>2</sub>, representing all partners.*

En primer lugar quisiera dar las gracias al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), en nombre de todos y cada uno de los socios involucrados en el proyecto **CENIT SOST-CO<sub>2</sub>**, el cual no podría haberse llevado a cabo sin su ayuda y financiación concedida.

En especial, nuestro más sincero agradecimiento al Sr. Sergio Capitán por realizar el seguimiento, apoyo y sugerencias a lo largo de estos años. Extiendo mi gratitud a cada una de las 14 empresas que forman parte del consorcio, por el trabajo realizado para la consecución de los objetivos específicos propuestos en cada una de las tareas, y a los líderes de las distintas actividades técnicas del mismo por su profesionalidad y bien hacer.

En este proyecto, además de los socios implicados, ha resultado determinante la participación de Universidades, Centros de Investigación, Institutos del CSIC, fundaciones y otras instituciones logrando la más alta excelencia científica, poniendo a nuestro alcance los más avanzados laboratorios y los grupos de investigación más especializados del país. Por ello, queremos agradecer a cada una de las instituciones todo el trabajo llevado a cabo y, de una manera especial, a **MATGAS** 2000 AIE y a la Fundació CTM Centre Tecnològic el apoyo en la gestión técnica y administrativa del mismo.

Finalmente, de una manera más individual, queremos mostrar nuestro más sincero agradecimiento a cada una de las personas que han participado mediante su trabajo, sus comentarios, aportaciones, inquietudes y reflexiones, contribuyendo a generar conocimiento científico y técnico en el desarrollo de las nuevas aplicaciones industriales sostenibles del CO<sub>2</sub>.

En definitiva, gracias a todo el equipo que ha hecho posible que el proyecto haya sido todo un éxito.



Dra. Lourdes F. Vega

Directora I+D Carburos Metálicos.

Líder del proyecto **CENIT SOST-CO<sub>2</sub>** en representación de todos los socios.



# Contenido / Contents

Resumen Ejecutivo / Executive Summary.....	10
Objetivos / Objectives.....	14
El Consorcio / The Consortium.....	19
Carburos Metálicos.....	22
Aqualogy.....	26
IBERDROLA.....	28
Repsol.....	30
ROS ROCA INDOX CRYOENERGY.....	32
Instalaciones Inabensa.....	34
Abengoa Bioenergía.....	36
IDESA.....	38
LINPAC Packaging Pravia.....	40
Amphos 21 Consulting.....	42
Ultrasen.....	44
Biogas Fuel Cell.....	46
Nutreco España.....	48
Gestión del Proyecto / Project Management.....	51
MATGAS 2000 AIE.....	52
Fundación CTM Centre Tecnològic.....	54
Actividades Técnicas / Technical Activities.....	59
Actividad 1. Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> mediante captura y optimización de procesos.	
Activity 1. Reducing CO <sub>2</sub> emissions using capture and process optimization.....	61
Actividad 2. Estrategias de integración de las tecnologías de captura y utilización de CO <sub>2</sub> .	
Activity 2. Integration strategies for the CO <sub>2</sub> capture and utilization technologies.....	69

## **Contenido /Contents**

Actividad 3. Transformación biomimética de CO <sub>2</sub> : imitando a la naturaleza.	
Activity 3. Transformation of CO <sub>2</sub> biomimetics: imitating nature.....	77
Actividad 4. Transformación del CO <sub>2</sub> capturado mediante reducción photocatalítica y electroquímica.	
Activity 4. Transformation of the CO <sub>2</sub> captured by photocatalytic and electrochemical reduction.....	85
Actividad 5. Aprovechamiento de CO <sub>2</sub> para energías renovables.	
Activity 5. Using CO <sub>2</sub> for renewable energy.....	93
Actividad 6. Aprovechamiento del CO <sub>2</sub> para el tratamiento de aguas residuales y de consumo.	
Activity 6. Utilization of CO <sub>2</sub> for wastewater and drinking water treatment.....	103
Actividad 7. Aprovechamiento del CO <sub>2</sub> para la conservación de alimentos.	
Activity 7. Utilization of CO <sub>2</sub> for food preservation.....	111
Actividad 8. Aprovechamiento del CO <sub>2</sub> en procesos de valorización de residuos, obtención de materiales avanzados y en procesos industriales de fabricación de polímeros.	
Activity 8. Utilization of CO <sub>2</sub> in waste recovery processes, obtaining advanced materials and polymer-producing industrial processes.....	119
Actividad 9. Análisis del ciclo de vida.	
Activity 9. Life cycle analysis.....	127
Impacto del proyecto CENIT SOST-CO2	
Impact of the CENIT SOST-CO2 Project.....	135
Patentes/Patents.....	139
Publicaciones/Publications.....	143
Productos comercializables significantes	
Significant commercial products.....	157



# **Executive Summary**

The **CENIT SOST-CO<sub>2</sub>** project entitled “New sustainable industrial uses of CO<sub>2</sub>”, led by Carburos Metálicos (Air Products Group), involved an investment exceeding 26 million euros. CDTI co-funded this project with nearly 12 million for a duration of 4 years (2008-2011), resulting in the signing of 46 research contracts among the various companies and research centers, worth 9.4 million Euros.

*The project has a clear environmental dimension, because, in addition to avoiding CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere, it has promoted the use of CO<sub>2</sub> in different industrial sectors, considering the environmental impact, and substituting other products or processes, that are harmful to the environment.*

*Companies from different industrial sectors have collaborated on the development of this project. Among this companies are Carburos Metálicos (Leader), Aqualogy, IBERDROLA, Repsol, ROS ROCA INDOX CRYOENERGY, Instalaciones Inabensa, Abengoa Bioenergía (Bioetanol Galicia, Abengoa Bioenergía San Roque), IDESA, LINPAC Packaging Pravia, Amphos 21 Consulting, Ultrasen, Biogas Fuel Cell and Nutreco España.*

*Achievements of the project include results with high scientific impact and clear industrial application among others: the development of a method that allows rapid evaluation of catalysts for the reduction of CO<sub>2</sub> and sensors that determine the amount in microalgae cultures; the growth of microalgae as feedstock for renewable biofuels and other high value-added products for the pharmaceutical industry; the optimal utilization of CO<sub>2</sub> in replacing chlorinated compounds in swimming pools; and CO<sub>2</sub> utilization for food desinsectation. These results are materialized in the creation of 87 jobs over 4 years, 9 submitted patents, 1 book on CO<sub>2</sub> as a resource, 13 PhD Thesis, more than 80 scientific publications in international journals and 210 conference presentations. In addition, the project has had high media coverage, appearing in more than 200 press publications.*

## Resumen Ejecutivo

El proyecto **CENIT SOST-CO<sub>2</sub>**, titulado “*Nuevas utilizaciones industriales sostenibles del CO<sub>2</sub>*”, y liderado por Carburos Metálicos, ha supuesto una inversión superior a 26 millones de euros, con una co-financiación del CDTI de casi 12 millones de euros una duración de 4 años (2008-2011) dando lugar a la firma de 46 contratos de investigación entre las diferentes empresas y centros de investigación por un valor de 9,4 millones de euros.

El proyecto tiene una clara vertiente medioambiental, ya que, además de evitar emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, ha potenciado su uso en distintos sectores industriales, considerando el impacto medioambiental, y sustituyendo a otros productos o procesos más perjudiciales con el medio ambiente.

Han participado conjuntamente en su desarrollo empresas de distintos sectores industriales, entre las que se incluyen, Carburos Metálicos, Aqualogy, IBERDROLA, Repsol, ROS ROCA INDOX CRYOENERGY, Instalaciones Inabensa, Abengoa Bioenergía (Bioetanol Galicia, Abengoa Bioenergía San Roque), IDESA, LINPAC Packaging Pravia, Amphos 21 Consulting, Ultrasen, Biogas Fuel Cell y Nutreco España.

Entre los logros obtenidos cabe destacar resultados de alto impacto científico y de clara aplicación industrial: el desarrollo de un método que permite la evaluación rápida de catalizadores para la reducción de CO<sub>2</sub> y el desarrollo de sensores que determinan la cantidad en cultivos de microalgas; el crecimiento de microalgas como materia prima de biocombustibles renovables y de otros productos de alto valor añadido para la industria farmacéutica; el uso optimizado de CO<sub>2</sub> en piscinas sustituyendo a compuestos clorados; y el uso del CO<sub>2</sub> para desinsectación de alimentos. Estos resultados se materializan en la generación de 87 puestos de trabajo a lo largo de los 4 años, 9 patentes enviadas, 1 libro sobre el CO<sub>2</sub> como recurso, 13 tesis doctorales, más de 80 publicaciones científicas en revistas internacionales y 210 presentaciones en congresos. Además, el proyecto ha tenido una alta repercusión mediática, apareciendo en prensa en más de 200 ocasiones.





## **Objetivos / Objectives**

El objetivo global del Proyecto es el desarrollo de tecnologías de uso del CO<sub>2</sub> complementarias a las tecnologías de captura de CO<sub>2</sub>, como alternativa al confinamiento geológico, priorizando la combinación captura-transformación-aprovechamiento, así como su “uso a gran escala”.

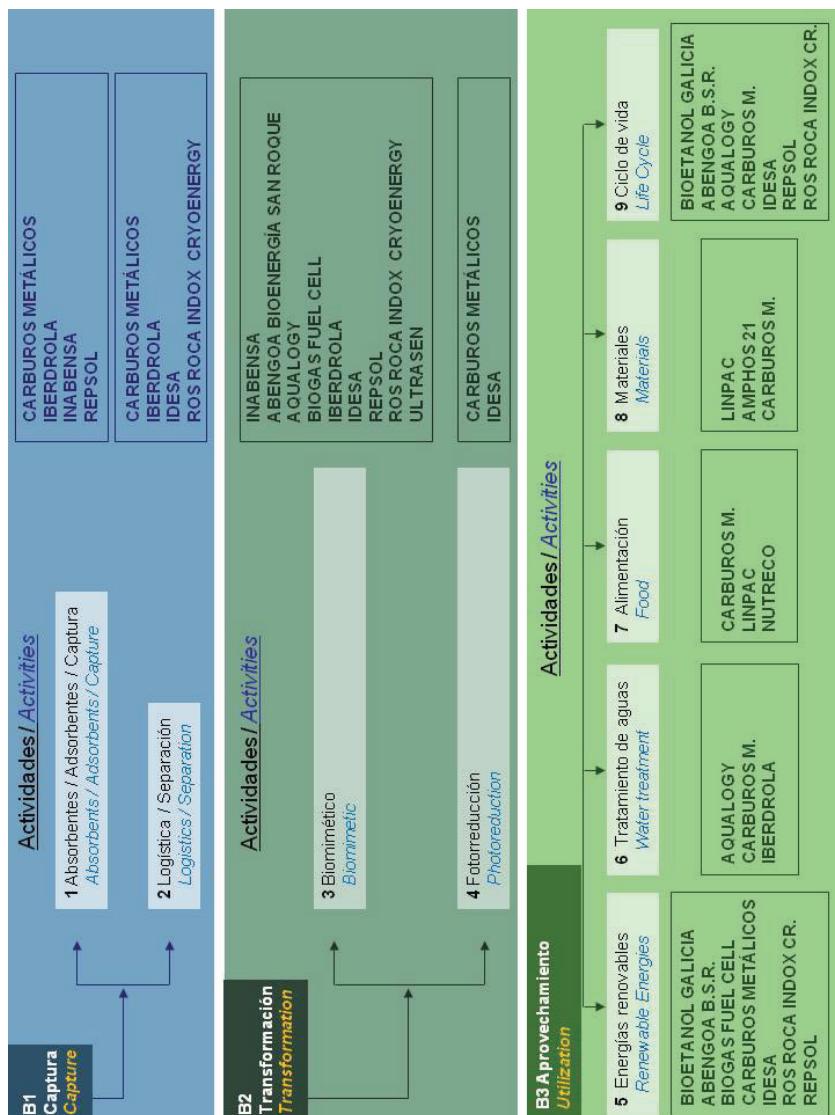
El proyecto tiene una clara vertiente medioambiental ya que, además de evitar emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y de potenciar su uso en distintos sectores industriales considerando el impacto medioambiental, se han desarrollado y aplicado tecnologías para la generación de otras fuentes de energía sostenibles, incluyendo los biocombustibles y el hidrógeno.

El presente proyecto incluye 9 actividades integradas en 3 grandes bloques (B1-B3), todos ellos interrelacionados, abarcando las diferentes etapas: (i) Captura en las fuentes de emisión, (ii) Transformación del CO<sub>2</sub> y (iii) Aprovechamiento para múltiples usos industriales.

*The overall objective of the project is to develop technologies for the use of CO<sub>2</sub> complementing CO<sub>2</sub>-capture technology, as an alternative to geological sequestration, prioritizing the combination capture-transformation-utilization as well as its “widespread use”.*

*The project has a clear environmental dimension since, in addition to avoiding CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere and to enhance CO<sub>2</sub> use in various industries —considering the environmental impact—, technologies for the generation of other sustainable energy sources have been developed and applied, including biofuels and hydrogen.*

*This project includes 9 activities integrated into 3 main blocks (B1-B3), all interconnected, comprising the following stages: (i) Capture in the emission sources, (ii) CO<sub>2</sub> conversion and (iii) Development for multiple industrial uses.*



## *Esquema de los Bloques y Actividades del Proyecto SOST-CO<sub>2</sub>, indicando los socios participantes en cada una.*

## *Scheme of SOST-CO2 project Blocks and Activities, indicating the partners involved in each one.*



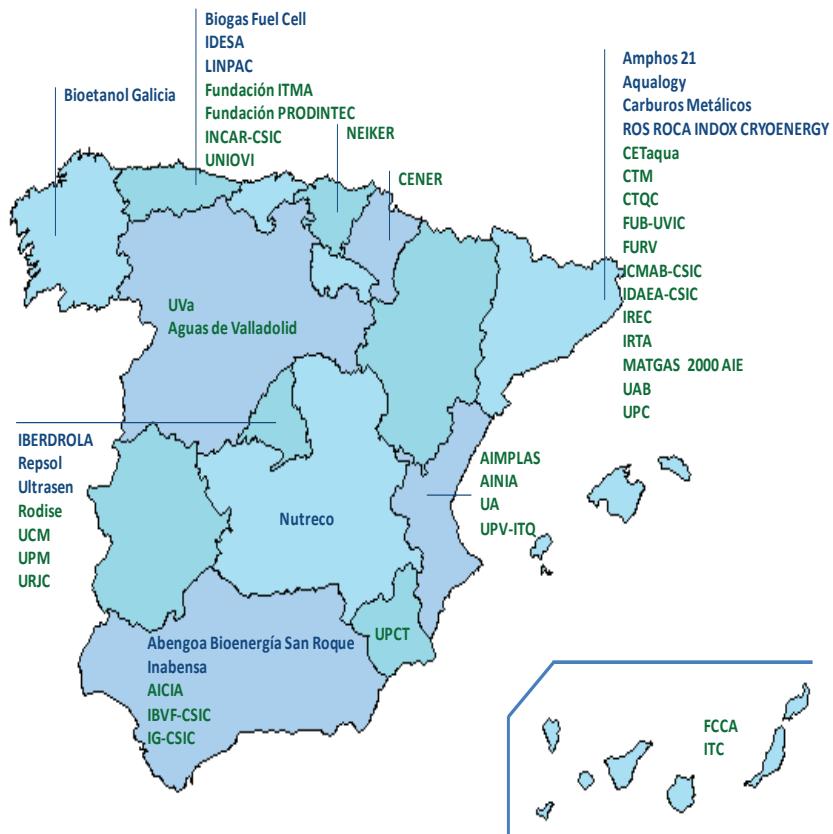
*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*





## El Consorcio



*Distribución de las instituciones participantes en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> en España.  
Distribution of the institutions participating in the SOST-CO<sub>2</sub> project in Spain.*

## The Consortium

## **El Consorcio /The Consortium**

*The composition of the CENIT SOST-CO<sub>2</sub> project consortium was designed ad hoc to ensure the success covering 3 main pillars: complementarity, multidisciplinarity, and the maximum dissemination of the results.*

*The project included the participation of 14 companies led by Carburos Metálicos, covering a wide range of markets from the petrochemical and energy to the food market, through various engineering companies which in turn serve many industry sectors.*

*The consortium also had the support of 31 prestigious institutions like universities, research centers, institutes and foundations, among others.*



La composición del consorcio del proyecto **CENIT SOST-CO<sub>2</sub>** se diseñó ad hoc para asegurar el éxito del mismo cubriendo 3 pilares fundamentales: la complementariedad, la multidisciplinariedad y la máxima difusión de los resultados.

El proyecto contó con la participación de 14 empresas encabezadas por Carburos Metálicos, que abarcan un amplio espectro de mercados desde la petroquímica o la energía a la alimentación, pasando por varias ingenierías que, a su vez, dan servicio a multitud de sectores industriales.

El consorcio, además, contó con el apoyo de 31 instituciones de prestigio, entre las que se encuentran universidades, centros de investigación, institutos del CSIC y fundaciones, entre otras.



*Asamblea General celebrada en  
MATGAS 2000 AIE, Barcelona.  
General Assembly held in  
MATGAS 2000 AIE, Barcelona.*

## **El Consorcio /The Consortium**



*Working for the industry, research, health and society for over 110 years.*

*Carburos Metálicos completed its centennial in 1997. Since its creation on November 19, 1897, it has registered a constant growth which led the company to take the lead in the gas sector for industrial and medicinal uses in Spain. Over this first century, Carburos Metálicos has invested substantially to achieve modern production plants, strategically distributed throughout the Country. It has also dedicated its resources to develop sophisticated distribution and storage systems in order to offer the best service to customers and society in general.*

*Carburos Metálicos, which is part of the multinational company Air Products, is the gas market leader in Spain. The company is focused on the production, distribution and sale of industrial, medical, high-purity gases and gases for food.*

*Carburos Metálicos provides an exceptional range of products, solutions and services to its customers in the research, energy, healthcare and industrial markets; providing the suitable gases to these sectors, as well as materials and equipment for the gas application. The company has 41 centers all over the country with the support of a network of 170 distributors that offer service to our customers in all regions.*

*Carburos Metálicos divisions are based on globally-established business lines in all the Air Products Group's companies: Merchant Gases (manufacturing and marketing of industrial, medical and high-purity gases); Tonnage Gases, Equipment and Energy (hydrogen production and supply, and oxygen to large installations); Electronics and Performance Materials (manufacturing and supplying high-purity gases, both liquefied and compressed, for the electronic market, and advanced chemical solutions for various industries).*

*The lines of research of Carburos Metálicos, developed over the past years, have focused on the following areas: (i) technology, processes and applications of CO<sub>2</sub>, (ii) water acidification for mineralization and / or gasification, (iii) oxygenation for the removal of pollutants in waste water, (iv) hydrogen (production and storage), (v) catalysts and adsorbent materials, (vi) process scaling, (vii) nanoscience and nanotechnology (viii) separation and purification of gases. All these activities are synergistically combined with modeling and Life Cycle Analysis.*

## Más de 110 años trabajando para la industria, la investigación, la sanidad y la sociedad en general.

Carburos Metálicos cumplió en 1997 su Centenario. Desde que se fundó, el 19 de noviembre de 1897, la compañía ha registrado un crecimiento constante que le ha llevado a liderar el sector de gases industriales y de uso medicinal en España. A lo largo de este primer siglo, Carburos Metálicos ha realizado importantes inversiones para conseguir plantas modernas de producción, distribuidas estratégicamente por todo el territorio nacional. Igualmente, ha destinado sus recursos a desarrollar sofisticados sistemas de distribución y almacenamiento con el objetivo de ofrecer el mejor servicio al cliente y a la sociedad en general.

Carburos Metálicos, que forma parte de la multinacional Air Products, es líder del mercado gasista en España. La compañía se dedica a la producción, distribución y venta de gases industriales, gases medicinales, gases de alta pureza y gases para la alimentación.

Carburos Metálicos aporta una incomparable gama de productos, soluciones y servicios a sus clientes en los mercados de investigación, energético, sanitario e industrial, proporcionando los gases adecuados a estos sectores, así como materiales y equipos destinados a las aplicaciones de estos gases. La compañía cuenta con 41 centros distribuidos por todo el territorio nacional con el apoyo de una red de 170 distribuidores que ofrecen servicio a nuestros clientes en todas las comunidades autónomas.

Las divisiones de Carburos Metálicos están basadas en las líneas de negocio establecidas a nivel global en todas las empresas del Grupo Air Products: *Merchant Gases* (fabricación y comercialización de gases industriales, medicinales y de alta pureza); *Tonnage Gases, Equipment and Energy* (producción y suministro de hidrógeno y oxígeno a grandes instalaciones); *Electronics and Performance Materials* (fabricación y suministro de gases de elevada pureza tanto comprimidos como licuados, dirigidos al mercado de la electrónica, y soluciones químicas avanzadas para diversas industrias).

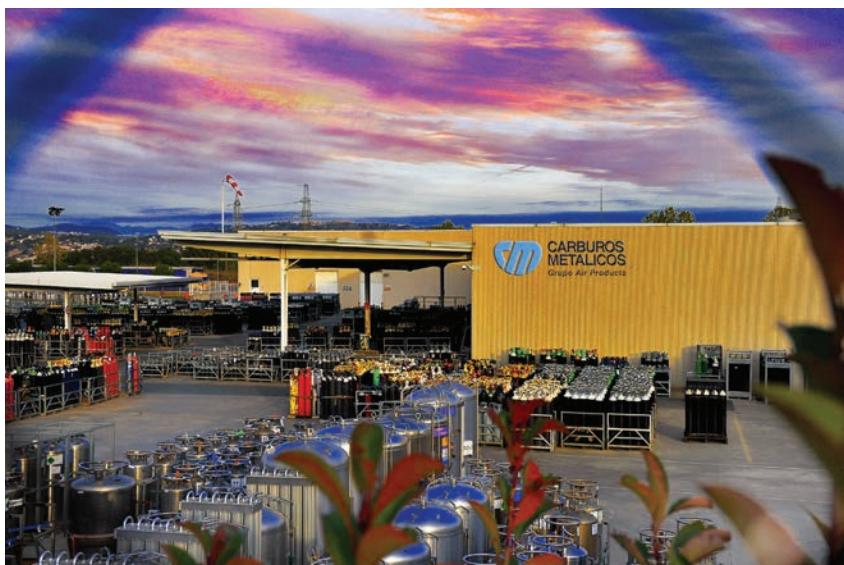
Las líneas de investigación de Carburos Metálicos, desarrolladas durante los últimos años, se han centrado en los siguiente ámbitos: (i) tecnologías, procesos y aplicaciones de CO<sub>2</sub>, (ii) acidificación de aguas para su mineralización y/o gasificación, (iii) oxigenación para la eliminación de contaminantes en aguas residuales, (iv) hidrógeno (producción y almacenamiento), (v) materiales adsorbentes y catalíticos, (vi) escalado de procesos, (vii) nanociencia y nanotecnología (viii) separación y purificación de gases. Todas estas actividades se combinan sinéricamente con la modelización y el Análisis de Ciclo de Vida.

## **El Consorcio /The Consortium**



*Depósito de almacenamiento de CO<sub>2</sub> de Carburos Metálicos en Tarragona.*

*CO<sub>2</sub> storage tank of Carburos Metálicos in Tarragona.*



*Ca N'Estella, Planta de envasado de Carburos Metálicos en San Esteve de Ses Rovires.*

*Ca N'Estella, Packaging plant of Carburos Metálicos in San Esteve de Ses Rovires.*

Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- Centro Tecnológico del Agua, CETqua ([www.cetaqua.com](http://www.cetaqua.com))
- Centro Tecnológico de Manresa, CTM ([www.ctm.com.es](http://www.ctm.com.es))
- Fundació URV, FURV ([www.fundacio.urv.cat](http://www.fundacio.urv.cat))
- Institut de Ciència de Materials de Barcelona, ICMAB-CSIC ([www.icmab.es](http://www.icmab.es))
- Instituto Nacional del Carbón, INCAR-CSIC ([www.incar.csic.es](http://www.incar.csic.es))
- Institut de Recerca en Energia de Catalunya, IREC ([www.irec.cat](http://www.irec.cat))
- MATGAS 2000 AIE ([www.matgas.org](http://www.matgas.org))
- Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, IRTA ([www.irta.cat](http://www.irta.cat))
- Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Física, UAB-FIS (<http://www.uab.es/departament/fisica>)
- Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Química , UAB-QUIM (<http://dept-quimica.uab.cat/>)



*Planta de producción de hidrógeno de Carburos Metálicos en Tarragona.  
Hydrogen production plant of Carburos Metálicos in Tarragona.*



Agbar es un grupo empresarial compuesto por 152 empresas y más de 16.000 profesionales que gestionan todos los procesos relacionados con el ciclo del agua. Todas las actividades relacionadas con Soluciones y Tecnologías están bajo Aqualogy, que ofrece servicios basados en sus conocimientos y experiencia.

Aqualogy se centra en mejorar la eficiencia a través del uso de la tecnología avanzada y fomentando un mayor compromiso con la innovación, gracias a los proyectos de I+D relativos a la gestión del agua. Desarrollamos I+D e innovación a través de nuestra red de centros tecnológicos, con una inversión de 12,7 millones, 161 proyectos desarrollados y 140 profesionales en 6 campos de investigación.

Aqualogy lleva a cabo sus actividades en 4 áreas principales: Medio ambiente, Infraestructuras, Soluciones y Conocimiento.

Aqualogy está presente en: Argelia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España, México, Perú, Reino Unido, Turquía y EEUU.

*Agbar is the standard-bearer of a group composed of 152 businesses and more than 16.000 employees who manage all the processes related with the integral water cycle. All the activities related to Solutions and Technologies are controlled by Aqualogy who offers services based on its knowledge and experience.*

*Aqualogy focuses on improving efficiency through the use of advanced technology and promoting a higher commitment to innovation via R&D projects related to the management of the water cycle. We develop R&D and innovation through our network of technology centers, with an investment of 12,7 million Euros, 161 projects developed and 140 people working on 6 research fields.*

*Aqualogy develops its activities under 4 main areas: Environment and Operations Technologies, Infrastructures, Management Solutions and Knowledge Technologies.*

*Aqualogy develops its work in the following countries: Algeria, Brazil, Chile, Colombia, Cuba, Spain, Mexico, Peru, UK, Turkey, and USA.*

Gestionamos 1.887 instalaciones en todo el mundo / We manage  
**1,887 installations all over the world:**

- 506 depuradoras / *wastewater treatment plants*
- 248 potabilizadoras / *drinking water treatment plants*
- 17 desaladoras / *desalination plants*
- 725 redes de abastecimiento / *supply networks*
- 391 redes de alcantarillado / *sewerage networks*
- 97.376 km de redes de distribución /  
*km of distribution networks*
- 2.707 hm<sup>3</sup> de agua distribuida al año /  
*hm<sup>3</sup> of water distributed per year*
- 6,02 hm<sup>3</sup> de agua tratada al día / *hm<sup>3</sup> of treated water per day*



*Equipo del panel de catadores de aguas remineralizadas con CO<sub>2</sub> de Agbar, Barcelona.*

*Team water tasting panel of remineralized CO<sub>2</sub> of Agbar, Barcelona.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO2 / Collaborations in the SOST-CO2 project:

- Aguas de Valladolid, UVA ([www.aguasdevalladolid.com](http://www.aguasdevalladolid.com))
- Centro Tecnológico del Agua, CETqua([www.cetaqua.com](http://www.cetaqua.com))
- Centro Tecnológico de Manresa, CTM ([www.ctm.com.es](http://www.ctm.com.es))
- Centro Tecnológico de la Química en Catalunya, CTQC ([www.ctqc.org](http://www.ctqc.org))
- Fundación Centro Canario del Agua, FCCA ([www.fcca.es](http://www.fcca.es))
- Fundació URV, FURV ([www.fundacio.urv.cat](http://www.fundacio.urv.cat))
- Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua , IDAEA-CSIC ([www.idaea.csic.es](http://www.idaea.csic.es))
- ITC ([www.itc.es](http://www.itc.es))
- Universidad de Valladolid, UVa ([www.uva.es](http://www.uva.es))
- Universitat Politècnica de Catalunya, UPC ([www.upc.edu](http://www.upc.edu))

## **El Consorcio /The Consortium**



*At IBERDROLA, we have spent more than 150 years moving forward in a single direction. We have created an industrial growth project sustainable in the long term, by focusing on the core business, on stable activities and growth through a balanced business portfolio, on leadership in clean energies, on operating efficiency and on financial soundness. This focus has helped IBERDROLA to become the number one national energy group in hardly a decade, a multinational company present in over 40 countries, one of the world's largest utilities by market capitalisation and the leading player in the global renewable energy sector.*

*IBERDROLA has implemented an innovative management and technology strategy over the last decade, which has led us to become a world leader and benchmark in R&D, thanks to the successful implementation of a common model in all areas, collaboration with its technology providers and the promotion of culture of innovation.*

*IBERDROLA's portfolio of more than 150 R&D projects, distributed in different business units and Group companies, covers all business areas - traditional and renewable generation, distribution, engineering, computing and telecommunications - and extends to other areas less technological and focused on new developments, business models, organization, etc.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, IRTA ([www.irta.cat](http://www.irta.cat))
- MATGAS 2000 AIE ([www.matgas.org](http://www.matgas.org))

IBERDROLA es el primer grupo energético nacional, una compañía multinacional con presencia en más de 40 países, una de las mayores eléctricas globales por capitalización bursátil y el líder mundial del sector de las renovables. En IBERDROLA llevamos más de 150 años avanzando en una misma dirección. Hemos creado un proyecto industrial de crecimiento sostenible a largo plazo, basado en la concentración en el negocio básico, en actividades estables y de crecimiento en una cartera de negocios equilibrada, en el liderazgo en energías limpias, el enfoque en la eficiencia operativa y la solidez financiera.

IBERDROLA ha desplegado en la última década una estrategia innovadora tanto en la gestión como en la tecnología, que le ha llevado a convertirse en el líder mundial y en referente en I+D+i, gracias al éxito de la implantación de una modelo común para todas las áreas, la colaboración con sus proveedores tecnológicos y el impulso de la cultura de la innovación.

La cartera de más 150 proyectos de I+D+i de IBERDROLA distribuidos en las distintas unidades de negocio y compañías del Grupo cubre todas las áreas operativas –generación tradicional y renovable, distribución, ingeniería, informática y telecomunicaciones– y se extiende a otras áreas menos tecnológicas y enfocadas a nuevos desarrollos, modelos de negocio, organización, etc.

*Central de Ciclo  
Combinado,  
Castejón, Navarra.*

*Combined Cycle Power  
Plant, Castejón, Navarra.*





*Repsol is a global company that seeks the welfare of the people and is a step ahead in building a better future through the development of smart energy. Repsol faces the challenge of responding to a demand for energy increasing and more exigent to maintain a high level of commitment with the environment. Innovation and talent of people are, undoubtedly, the most valuable tools to reach that end, get a new energy model based on an energy secure, sustainable and competitive.*

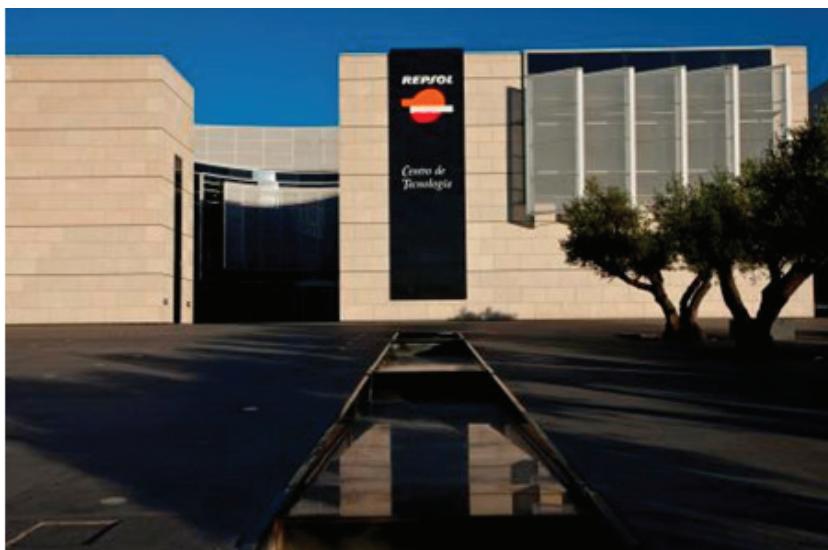
*In this regard, the main asset of the company is the knowledge and technological capacity of about 400 researchers and scientists at the Repsol Technology Centre are responsible for building this new energetic model.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- Instituto de la Grasa-CSIC, IG-CSIC ([www.ig.csic.es](http://www.ig.csic.es))
- Universidad de Alicante, UA ([www.ua.es](http://www.ua.es))
- Universidad Politécnica de Madrid, UPM ([www.upm.es](http://www.upm.es))
- Universidad Rey Juan Carlos, URJC ([www.urjc.es](http://www.urjc.es))

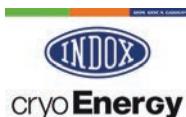
Repsol es una empresa global que busca el bienestar de las personas y se anticipa en la construcción de un futuro mejor a través del desarrollo de energías inteligentes. Repsol afronta el desafío de dar respuesta a una demanda de energía cada vez mayor y más exigente manteniendo un elevado nivel de compromiso con el medio ambiente. La innovación y el talento de las personas son, sin lugar a dudas, las herramientas más valiosas para alcanzar dicho fin, obtener un nuevo modelo energético basado en una energía segura, sostenible y competitiva.

En este sentido, el principal activo de la compañía es el conocimiento y la capacidad tecnológica de los cerca de 400 investigadores y científicos que, en el Centro de Tecnología Repsol, se encargan de construir este nuevo modelo energético.



*Centro de Tecnología Repsol, Móstoles, Madrid.  
Repsol Technology Center, Móstoles, Madrid.*

## **El Consorcio / The Consortium**



*ROS ROCA GROUP, multinational solutions leader in waste's collection, transport and management; Natural Gas (NG) liquefaction, transport and redistribution; liquid and gases depuration processes, etc., with more than 60 years experience and 1,600 world-wide partners, exports their products to 70 countries with its companies focused on environment, logistics and energy companies over the world, even maintaining their original seat in Tàrrega (Lleida).*

*Inside RR-Group, ROS ROCA INDOX CRYOENERGY is the reference company in logistics, NG's transport and storage (liquid/compressed); farming wastes from Biogas specialist; LNG/CNG/LPG service station's and O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Argon, CO<sub>2</sub>, fuels cistern's leader and just now beginning with maritime/fluvial methane tankers.*

### [Colaboraciones en el proyecto SOST-CO2 / Collaborations in the SOST-CO2 project:](#)

- Fundació Universitària Balmes, FUB-UVIC ([www.uvic.es](http://www.uvic.es))
- Universidad de Valladolid, Aguas de Valladolid y Fundación General Universidad de Valladolid ([www.uva.es](http://www.uva.es); [www.aguasdevalladolid.com](http://www.aguasdevalladolid.com); [www.funge.uva.es](http://www.funge.uva.es))

ROS ROCA GROUP, multinacional con soluciones integrales para recogida, transporte, gestión y tratamiento de residuos; licuación, transporte y redistribución de Gas Natural (GN), así como depuración de gases y líquidos, etc., cuenta con más de 60 años de experiencia, 1.600 colaboradores mundiales y exporta a más de 70 países con sus compañías dedicadas al medioambiente, la logística y la energía. Todo ello manteniendo sede central en Tàrrega (Lleida).

Dentro del RR-Group, ROS ROCA INDOX CRYOENERGY es el referente en logística, movimiento y almacenaje de GN (gasificado, licuado o comprimido); especializada en Biogás de residuos agropecuarios; líder en estaciones de servicio (GNL, GNC y GLP), en plantas satélite y en logística (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Argón, CO<sub>2</sub>, carburantes, etc.), se inicia ya en mercados marítimos/fluviales con buques metaneros.



*Fábrica de Ros Roca Indox Cryoenergy, Tàrrega, Lleida.*

*Ros Roca Indox Cryoenergy factory, Tàrrega, Lleida.*

**INABENSA**

**ABENGOA**

*Instalaciones Inabensa, S.A. was established as a society in 1994 within Abengoa's strategy of specialization, being integrated in engineering and industrial construction business group Abengoa is a technology company applying innovative solutions for sustainable development in the infrastructure, environment and energy sectors. Abengoa has its headquarters in Seville (Spain), and it is present, through its subsidiaries, holding companies, facilities and offices, in over 70 countries around the world. It operates through its three lines of activities: engineering and construction, concession-type infrastructure and industrial production.*

*Specifically, the activity sectors of Inabensa are electrical assemblies, mechanical facilities and instrumentation, building of transmission lines, railway electrification, maintenance, thermal and acoustic protection, construction of industrial plants, communications, concessions of service, manufacturing of capital goods and marine energies.*

*Since it was founded, Inabensa has been growing continuously, following a strategy of diversification and in line with Abengoa's policy. As a reflection of Inabensa's commitment to sustainable development and the struggle against climate change, Inabensa and its R&D&i Department lead technological projects and platforms in the areas of research, development and innovation. When it was first created 30 years ago, Inabensa's R&D&I department worked in areas related to power electronics, solar energy, and then moved on to include hydrogen and fuel batteries. Historically, Inabensa has been a platform for creating new companies that are highly technological and committed to sustainable development. Nowadays, Inabensa's R&D&I Department is developing activities along three strategy lines which are: energy efficiency and storage; CO<sub>2</sub> capture and measurement and electromobility.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis de Sevilla, IBVF – CSIC ([www.ibvf.csic.es](http://www.ibvf.csic.es))
- Institut de Ciència de Materials de Barcelona, ICMAB-CSIC ([www.icmab.es](http://www.icmab.es))
- Universidad Rey Juan Carlos, URJC ([www.urjc.es](http://www.urjc.es))

La sociedad Instalaciones Inabensa S.A. se constituyó en el año 1994 siguiendo la estrategia de especialización de Abengoa integrándose dentro del negocio de ingeniería y construcción industrial. Abengoa es una empresa tecnológica que aplica soluciones innovadoras para el desarrollo sostenible en los sectores de infraestructuras, medio ambiente y energía. Actualmente, su sede principal está en Sevilla (España) y está presente, a través de sus sociedades filiales y empresas participadas, instalaciones y oficinas, en más de 70 países de todo el mundo donde desarrolla sus 3 líneas de actividades: Ingeniería y construcción, producción industrial e infraestructura de tipo concesional.

Especificamente, los sectores de actividad de Inabensa son las instalaciones eléctricas, mecánicas y de instrumentación, construcción de líneas de transmisión, electrificación ferroviaria, mantenimientos, protección térmica y acústica, construcción de plantas industriales, comunicaciones, concesiones de servicio, fabricación de bienes de equipo y energías del mar.

Desde sus comienzos, Inabensa ha venido experimentando un crecimiento continuado, y siguiendo la línea de la política de Abengoa y su compromiso con el desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático participa y lidera proyectos y plataformas tecnológicas en el ámbito de la investigación, el desarrollo y la innovación, a través de su Departamento de I+D+i.

En el comienzo de su actividad, hace unos 30 años, el Departamento de I+D+i de Inabensa trabajaba en áreas relacionadas con la electrónica de potencia, la energía solar, y posteriormente el hidrógeno y las pilas de combustible. Históricamente Inabensa ha servido como plataforma para la creación de nuevas empresas altamente tecnológicas y comprometidas con el desarrollo sostenible. En la actualidad, el Departamento de I+D+i desarrolla actividades

en tres líneas estratégicas que son la eficiencia y almacenamiento energético; la captura y valorización de CO<sub>2</sub> y la electromovilidad.



*Atardecer desde la torre.  
Sunset from the tower.*

## **El Consorcio / The Consortium**

**ABENGOA BIOENERGIA  
BIOETANOL GALICIA**

**ABENGOA BIOENERGIA  
ABENGOA BIOENERGIA SAN ROQUE**

*Abengoa Bioenergía is a leader in the development of new technologies for the production of biofuels and chemical bioproducts and the sustainability of raw materials, dedicating a large quantity of resources into research work. In addition, its trading division positions it as a service provider of global solutions, with a large capacity for marketing and commodity management, always relying on its global production capacity and on the supply of raw materials, and effective operations, basic principles that provide reliability and critical mass, key aspects for an optimal development of the activity.*

*The combination of international marketing and cellulosic biological technology capabilities of Abengoa Bioenergía, with agricultural, production and local marketing capacities gives rise to very important synergies that allow us to achieve significant growth in the global bioethanol market and having the technology that will allow us to obtain lower costs per liter of ethanol.*

*Abengoa Bioenergía develops innovative technological solutions through continuous investment in R+D. These solutions will be incorporated into the production processes so that production costs can be matched with those of traditional fossil fuels and diversify into new chemical bioproducts.*

*Abengoa Bioenergía creates new opportunities for sustainable rural development, encouraging energy crops and the creation of agro-industries, thus contributing to maintaining levels of work and income in the rural environment.*



*Bioetanol Galicia, Teixeiro, La Coruña, España.  
Abengoa Bioenergía S.A. © 2012.  
Todos los Derechos Reservados.  
Bioetanol Galicia, Teixeiro, La Coruña, Spain.  
Abengoa Bioenergía S.A. © 2012.  
All Rights Reserved.*

Abengoa Bioenergía se mantiene como un referente en el desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de biocombustibles y bioproductos químicos y la sostenibilidad de las materias primas, dedicando gran cantidad de recursos en investigación para ello. También, el área de trading le posiciona como una empresa de servicios que aporta soluciones globales, con gran capacidad de comercialización y gestión de commodities, siempre apoyada en una capacidad de producción global y en el aprovisionamiento de materia prima, y la eficiencia en las operaciones, pilares básicos que aportan fiabilidad y masa crítica, claves para el óptimo desarrollo de la actividad.



*Abengoa Bioenergía San Roque, San Roque, Cádiz, España. Abengoa Bioenergía S.A.*

© 2012. Todos los Derechos Reservados.

*Abengoa Bioenergía San Roque, San Roque, Cádiz, Spain. Abengoa Bioenergía S.A. © 2012. All Rights Reserved.*

La combinación de las capacidades de comercialización internacional y de tecnología de bioetanol celulósico de Abengoa Bioenergía, con las capacidades agrícolas, productivas y de comercialización local da lugar a sinergias muy importantes que permitirán alcanzar crecimientos importantes en el mercado mundial del bioetanol y disponer de la tecnología que permitirá obtener menores costes por litro de etanol.

Abengoa Bioenergía desarrolla innovadoras soluciones tecnológicas a través de la continua inversión en I+D para ser incorporadas a los procesos de producción que permitan equiparar los costes de producción con los de los carburantes convencionales de origen fósil y diversificar en nuevos bioproductos químicos.

Abengoa Bioenergía crea nuevas oportunidades de desarrollo rural sostenible, incentivando los cultivos energéticos y la creación de agroindustrias, contribuyendo así a mantener niveles de trabajo y renta en el ámbito rural.

**Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:**

- Asociación de Investigación y cooperación Industrial de Andalucía, AICIA ([www.aicia.es](http://www.aicia.es))
- CENER- CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES, CENER ([www.cener.com](http://www.cener.com))
- Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT ([www.upct.es](http://www.upct.es))
- Univ. Politécnica de Valencia – Instituto Tecnología Química, UPV – ITQ ([itq.upv.csic.es](http://itq.upv.csic.es))

## **El Consorcio / The Consortium**



*Created in 1993, IDESA has grown to become one of the most recognized and respected companies in the design, fabrication and supply of static and modular equipment worldwide.*

*The success of IDESA is based on its product. This commitment is adhered to by each and every one of its employees, with the objective of assuring the confidence and satisfaction of our clients. The reputation and good name of IDESA is recognized in its business activities on five continents.*

*As a result of its expansive growth, IDESA is one of the leading suppliers of large manufactured equipment such as Coke Drums, Vacuum Columns, Fractionators, Reactors; as well as all types of Vessels and Drums. Its leadership position in this market is due not only to its human resources and technical capacity, but also to the location of its manufacturing center in Avilés (the north coast of Spain), less than 1 kilometer from the industrial shipping port which allows direct access from plant-to-ship without transportation limits.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- Centro Tecnológico ITMA ([www.itma.es](http://www.itma.es))
- Fundación PRODINTEC ([www.prodintec.es](http://www.prodintec.es))

Creada en el año 1993, IDESA se ha consolidado como una de las empresas más importantes en el diseño y fabricación de bienes de equipo a nivel mundial.

El éxito de IDESA está basado en el fuerte compromiso con la calidad, seguridad y competencia de sus fabricantes. Este compromiso es seguido por todos y cada uno de los empleados de la organización, teniendo por objetivo contar con la confianza de nuestros clientes. La reputación y el buen nombre de IDESA se ve avalado por su actividad y exportación en los cinco continentes.

Debido a su evolución, IDESA es uno de los suministradores líderes en la fabricación de equipos de grandes dimensiones, tales como Coke Drums, Columnas de Vacío, Fraccionadoras, Reactores, etc. La posición en este mercado se debe no sólo a los recursos humanos y técnicos de los que IDESA dispone, sino también a la propia localización de sus principales centros de fabricación, ubicados éstos en Avilés (Costa Norte de España) a menos de 1 Kilómetro de distancia del punto de carga del puerto industrial, lo cual se traduce en un acceso directo de los equipos a Puerto sin limitaciones de transporte.



*Equipo de IDESA en su sede, Gijón, Asturias.  
IDESA team at its headquarters, Gijón, Asturias.*

## **El Consorcio / The Consortium**



*LINPAC Packaging Pravia S.A. is operating in Iberia as part of LINPAC Packaging Division , one of the three core divisions of LINPAC Group Ltd. Formed in the UK in 1959 as Lincolnshire Packaging, LINPAC has driven developments in plastic packaging, container and film technologies worldwide since 1969, and released a stream of innovations.*

*LINPAC today is an international market leader with annual revenues of EUR 1.2 billion (£1 billion). Comprising three core divisions, we offer tailored packaging and supply chain products and services worldwide. Our 6,500 employees are based at 70 locations across 28 countries on four continents.*

*We service a wide variety of market sectors –from retailing to food production. Principal products are EPS, PET and PP trays (both barrier and/or absorbent), bakery containers, bread paper bags, fruit containers, PVC and barrier films, and related products.*

*We also lead the industry in providing sustainable and environmentally sound products. Not only does this help us grow responsibly, but it ensures we continue to raise efficiency of our processes (like in the project SOST-CO2) and develop new ways of recycle, reuse and reduce residues.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO2 / Collaborations in the SOST-CO2 project:

- Aimplas Instituto Tecnológico del Plástico, AIMPLAS ([www.aimplas.es](http://www.aimplas.es))
- MATGAS 2000 AIE ([www.matgas.org](http://www.matgas.org))
- Universidad de Oviedo, UNIOVI ([www.uniovi.es](http://www.uniovi.es))

LINPAC Packaging Pravia, S.A. es la filial española LINPAC Packaging, división de envasado alimentario de la multinacional LINPAC Group Ltd. El grupo LINPAC se fundó en el Reino unido en 1959 como Lincolnshire Packaging. Desde 1969 ha liderado el desarrollo de diferentes tecnologías para la fabricación de envases plásticos, contenedores y films para uso alimentario lanzando al mercado numerosos productos innovadores.

Somos una de las compañías de fabricación de envases más grandes del mundo, con una facturación anual de 1.2 MM de €. Comprende tres divisiones y da empleo a más de 6.500 personas en 70 centros localizados en 28 países de cuatro continentes.

Servimos a una amplia variedad de sectores desde la gran distribución a los envasadores y productores de alimentos. Nuestros principales productos son envases de EPS, PET, PP (todos ellos con barrera y/o absorbente), estuches para pastelería, bolsas de papel para pan, contenedores para fruta, films de PVC y barrera, y productos relacionados.

También lideramos la industria suministrando productos sostenibles y respetuosos con el medioambiente. Lo que nos obliga a mejorar de forma continuada la eficiencia de nuestros procesos (como en el SOST-CO<sub>2</sub>) y a crear nuevas formas de reciclar, reutilizar y reducir residuos.



*Linpac Packaging Pravia Fresh thinking.*

## **El Consorcio / The Consortium**



*Amphos 21 Consulting SL is a scientific and environmental consultancy. Created in 1994, the main services we offer are related to:*

- 1. Management of radioactive and industrial waste.*
- 2. Management of water resources and contaminated sites.*
- 3. Mining, water and environment*
- 4. Sustainability, environmental management and the attenuation of the effects of, and the adaptation to, climate changes.*

*Around 50% of our work is exported outside the Spanish borders, mainly to the EC, Japan and South America and our partition of work between private companies and administration is also 50/50.*

*Amphos 21 is certified ISO 9001, ISO 14001 and EMAS (Regulation (CE) 1221/2009) and appears in the Quality and Environment handbook. Our quality and environmental policy can be found at [www.amphos21.com](http://www.amphos21.com).*

*The high level of technical skills of Amphos 21 personnel allows us to meet the needs of a dynamic and increasingly specialized market.*

*Out of the 50 consultants who were with Amphos 21 by the end of 2009, approximately a 55 percent have a PhD in Sciences and 20 percent are Engineers, part of them with a PhD in Geological or Civil Engineering.*

### **Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:**

- Centro Tecnológico de Manresa, CTM ([www.ctm.com.es](http://www.ctm.com.es))

Amphos 21 Consulting SL es una consultoría científica y medioambiental creada en 1994. Los principales servicios que ofrecemos se encuadran en los siguientes ámbitos:

1. Gestión de residuos radioactivos e industriales
2. Gestión de recursos hídricos y de espacios contaminados
3. Minería, agua y medio ambiente
4. Sostenibilidad, gestión ambiental y cambio climático

Aproximadamente, el 50% de nuestros servicios se exportan fuera de las fronteras españolas, principalmente a la CE, Japón y América del Sur. Un 50% de las actividades las desarrollamos para empresas privadas y un 50% para la administración pública, ya sea local, estatal o europea. El alto nivel de conocimientos técnicos del personal de Amphos 21 nos permite satisfacer las necesidades de un mercado dinámico y cada vez más especializado.

Amphos 21 está certificada según los estándares ISO 9001, ISO 14001 y EMAS (Reglamento (CE) 1221/2009). Nuestra política de calidad y medio ambiente y nuestra declaración ambiental están disponibles a través de nuestra página web.

De los 50 consultores que constituían el equipo de Amphos 21 a finales de 2009, aproximadamente el 55 por ciento poseen un doctorado en Ciencias y el 20% en Ingeniería.



*Sede de AMPHOS 21 Consulting S.L., Barcelona.  
AMPHOS 21 Consulting S.L. headquarters, Barcelona.*

## **El Consorcio / The Consortium**



Ultrasen, es un grupo español de servicios profesionales especializados en el ámbito de la gestión del medio ambiente, la prevención de riesgos y los laboratorios.

Ultrasen proporciona servicios a medida y equipos innovadores en el área de la electrónica profesional, los sensores sobre fibra óptica y los ensayos no destructivos. La principal capacidad de Ultrasen reside en el desarrollo de electrónica profesional, tanto de hardware como de software, ejecutando fundamentalmente proyectos de sistemas con importantes restricciones de operación, en entornos de tiempo real estricto o con requisitos de gran fiabilidad.

*Ultrasen is a Spanish group of professional services specialized in the field of environmental management, risk prevention and laboratories.*

*Ultrasen provides customized services and innovative equipment in the field of professional electronics, sensors on optical fibers and non-destructive testing. The main Ultrasen capacity lies in the development of professional electronics, both hardware and software, primarily running major systems projects with operating constraints in strict real-time environments or with high reliability requirements.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO2 / Collaborations in the SOST-CO2 project:

- RODISE ([www.rodise.com](http://www.rodise.com))
- Universidad Complutense de Madrid ([www.ucm.es](http://www.ucm.es))



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.  
Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

### biogas fuel cell



*Biogas Fuel Cell, S.A. (BFC) is a committed player in the renewable energy sector, in the field of biogas exploitation, whose expertise covers Research, Development and Innovation.*

*BFC's main activities are: Development of R&D projects, Consultancy, Engineering and Exploitation of biogas and Development of energy exploitation projects through the Clean Development Mechanism (CDM). BFC provides advanced engineering services for biogas exploitation projects, including conceptual development, exploitation and feasibility analysis, design and planning, permits and licenses management, construction and commissioning and, as well, process exploitation, management and maintenance.*

*Since its start, BFC has strongly invested in Research, Development and Innovation, working in close cooperation with Universities and Research and Technological Developers, developing R&D projects around the following lines:*

- *Anaerobic digestion: Process optimization of biogas production from waste.*
- *Biogas upgrading: removal of pollutants by biological and cryogenic treatments.*
- *High Value-Added Products: obtaining synthesis gas, biomethane and biomethanol.*
- *Hydrogen and Fuel Cells: renewable Hydrogen generation and energy use in PEM fuel cells.*

*One of the company's major goals has been to design and build a Biogas Research Center (BRC), with the global environmental aim of demonstrating biogas challenges as a renewable source of both energy and high added value products. To this end, BFC is currently developing the project of building this biogas plant in Tineo, Asturias, which main activity will be the anaerobic digestion treatment of agroindustrial organic wastes, using the most innovative technology available.*

#### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- Asociación de Investigación de la Industria Alimentaria, AINIA ([www.ainia.es](http://www.ainia.es))
- Instituto Vasco de Investigacion y Desarrollo Agrario, NEIKER ([www.neiker.net](http://www.neiker.net))
- Universidad de Valladolid, UVa ([www.uva.es](http://www.uva.es))

Biogas Fuel Cell, S.A. (BFC) es una empresa dedicada a la explotación del biogás, con una dedicación importante de recursos a la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica.

Su actividad se desarrolla en torno a cuatro áreas de negocio: Desarrollo de proyectos de I+D+i, Consultoría, Ingeniería y Explotación de biogás y Desarrollo de proyectos a través de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

BFC ofrece soluciones en todas las áreas relacionadas con el negocio del biogás, empezando por el desarrollo del concepto, el análisis de explotación y de viabilidad, el diseño y planificación, la provisión de autorizaciones y licencias, la construcción y puesta en servicio y, por último, la explotación, la gestión y el servicio y mantenimiento.

Desde sus inicios, BFC ha apostado fuertemente por la Investigación, el Desarrollo y la Innovación, trabajando en estrecha colaboración con Universidades y Centros Tecnológicos, desarrollando proyectos de I+D en torno a las siguientes líneas:

- Digestión anaerobia: Optimización del proceso de producción de biogás a partir de residuos.
- Limpieza de biogás: eliminación de los contaminantes por tratamientos biológicos (microalgas) y criogénicos.
- Productos de Alto Valor Añadido: obtención de gas de síntesis, biometano y biometanol.
- Hidrógeno y pilas de combustible: generación de hidrógeno renovable y aprovechamiento energético en pilas PEM.

Con el objetivo final de diseñar y crear un Centro de Investigación del biogás (CIB), BFC está actualmente desarrollando un proyecto consistente en la construcción de una planta en Tineo, Asturias, cuya actividad principal será el tratamiento de residuos agroindustriales mediante su biometanización,

utilizando para ello la tecnología más innovadora del mercado.



*Oficinas centrales de Biogas Fuel Cell, Gijón, Asturias.*

*Biogas Fuel Cell headquarters,  
Gijón, Asturias.*



*Nutreco España, S.A. is Nutreco's holding company in our country and the parent corporation of the Nutreco Group in Spain and Portugal.*

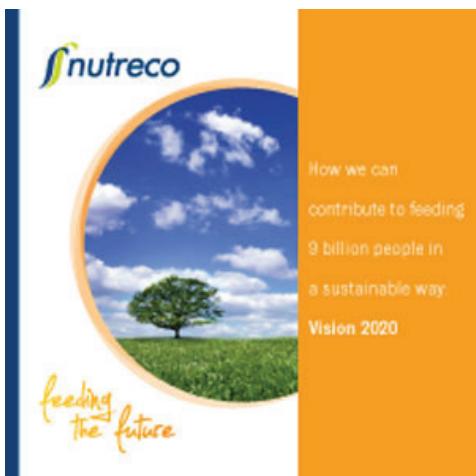
*Its activities are structured around several businesses, managed independently through the companies Nanta, S.A. and Agrovic Alimentación, S.A. (compound feed), Grupo Sada p.a., S.A. (poultry farming and processing), Inga Food, S.A. (pig production), Trouw Nutrition España, S.A. (feed specialities) and Skretting España, S.A. (fish feed).*

*Together, the five different business areas of the Nutreco Group in Spain and Portugal comprise 19 companies, with more than 70 work centres, of which 40 correspond to large production plants, a biochemistry, pathology and immunology laboratory, and two R+D+i centres, one of them for animal nutrition (PRRC) and the other for human food (FRC). With an annual turnover in excess of 1 billion euros, it is present in all the Spanish Autonomous Communities and employs approximately 4,000 people.*

*Nutreco España performs delegated functions for its shareholder, and it manages and provides centralised services for its affiliate companies in matters of legal and tax consultancy, management and consolidation, human resources management, R&D, information technology services, financial and treasury management, safety, health and environmental management, external communications and institutional relations.*

### Colaboraciones en el proyecto SOST-CO<sub>2</sub> / Collaborations in the SOST-CO<sub>2</sub> project:

- MATGAS 2000 AIE ([www.matgas.org](http://www.matgas.org))



*Informe Sostenibilidad 2020,  
emitida por Nutreco.*

*Sustainability Report 2020,  
issued by Nutreco.*

Nutreco España, S.A. es la compañía holding de Nutreco en España y la sociedad matriz del Grupo Nutreco en España y Portugal.

Sus actividades están estructuradas en varias áreas de negocio, gestionadas de forma independiente, a través de las siguientes compañías: Nanta, S.A. y Agrovic Alimentación, S.A. (piensos compuestos), Grupo Sada p.a., S.A. (avicultura y procesamiento avícola); Inga Food, S.A. (integración porcina); Trouw Nutrition España, S.A. (agroespecialidades) y Skretting España, S.A. (alimento para peces).

En total, las cinco distintas áreas de negocio del Grupo Nutreco en España y Portugal agrupan a 19 empresas, con más de 70 centros de trabajo, de los que 40 corresponden a grandes plantas de producción, un laboratorio de bioquímica, patología e inmunología y dos centros de I+D+i, uno dedicado a nutrición animal (PRRC) y otro a alimentación humana (FRC). Con una facturación anual superior a los 1.000 millones de euros, está presente en todas las comunidades autónomas españolas y tiene cerca de 4.000 trabajadores.

Nutreco España desarrolla funciones delegadas por su accionista y gestiona y presta servicios centralizadamente a sus compañías participadas en asuntos de asesoría jurídica y fiscal, administración y consolidación, gestión de recursos humanos, I+D, servicios de tecnología de la información, gestión financiera y de tesorería, seguridad e higiene y gestión medio ambiental, comunicaciones externas y relaciones institucionales.



# Gestión del Proyecto Project Management

La gestión del proyecto ha sido llevada por los organismos contratados por Carburos Metálicos: **MATGAS** y CTM, que llevan la gestión tanto técnica como económica.

*The Project has been managed by agencies contracted by Carburos Metálicos: **MATGAS** and CTM, in charge of the technical and financial management.*



*MATGAS 2000 AIE,  
Bellaterra, Barcelona.*

*Fundació CTM Centre  
Tecnològic, Manresa,  
Barcelona.*



## Gestión del Proyecto / Project Management



**MATGAS** 2000 A.I.E. es un centro de investigación situado en Bellaterra (Barcelona), legalmente registrado como una Agrupación de Interés Económico sin ánimo de lucro, centrado en el campo de los materiales y gases desde una perspectiva amplia. **MATGAS** fomenta las sinergias entre los centros del sector empresarial de investigación y universidades a través de amplio conocimiento del mercado y la capacidad de investigación y docencia de sus tres socios, Carburos Metálicos (grupo Air Products), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Autónoma de Barcelona.

En **MATGAS**, se llevan a cabo proyectos de investigación básica, desarrollo tecnológico y los modelos de gestión empresarial. De acuerdo con su plan estratégico, **MATGAS** se centra en áreas relacionadas con Energía, Sostenibilidad y el Medio Ambiente, desde una perspectiva amplia.

**MATGAS** 2000 A.I.E. is a research center located in Bellaterra (Barcelona), legally registered as a non-profit Economic Interest Group, dedicated to meeting R+D demands in the field of materials and gases from a broad perspective. **MATGAS** fosters synergies between the business sector, research centers and universities through extensive market knowledge and the research and teaching capacity of its three partners, Carburos Metálicos, the Spanish National Research Council and the Universitat Autònoma de Barcelona.

At **MATGAS**, we bring together basic research projects, technological development and business management models. According to its strategic plan MATGAS is focused in areas related to Energy, Sustainability and Environment, from a broad perspective.



*Laboratorios en las instalaciones de MATGAS: Modelado computacional, Reactividad de Gases y Energías Limpias respectivamente. / Laboratories in MATGAS facilities: Computational Modeling, Gas Reactivity and Green Energy respectively.*

**MATGAS** trabaja en las siguientes plataformas de investigación:

Cinco verticales / *Five verticals*:

- Utilización de CO<sub>2</sub> / *CO<sub>2</sub> Utilization*:

Usos industriales del CO<sub>2</sub>, incluyendo tecnología de supercríticos.

*Industrial uses of CO<sub>2</sub>, including supercritical technologies.*

- Bioenergía / *Bioenergy*:

Biomasa como nueva fuente de energía.

*Biomass as new source of energy.*

- Materiales para energía / *Materials for Energy*:

Materiales para aplicaciones en generación y almacenamiento de energía.

*New materials applied to energy production and storage.*

- Preservación de alimentos / *Food Preservation*:

Soluciones integrales para la preservación de alimentos.

*Integrated solutions for food preservation.*

- Tratamiento de Aguas / *Water Treatment*:

Tecnologías de mejora de procesos de tratamiento de aguas.

*Technologies to improve water treatment processes.*

Dos transversales / *Two transversal*:

- Simulación y modelado / *Simulation and Modeling*:

Técnicas computacionales para mejorar el conocimiento, la caracterización y las predicciones de procesos y productos.

*Computational techniques for new insights, characterization and predictions for processes and products.*

- Análisis del Ciclo de Vida / *Life Cycle Analysis*:

Evaluación de la ganancia ambiental neta de nuevos productos y procesos.

*Net environmental benefit of new products & processes.*



*Laboratorios en las instalaciones de MATGAS: Preservación de Alimentos, Nanotecnología y Fluidos Supercríticos respectivamente. / Laboratories in MATGAS facilities: Food Preservation, Nanotechnology, and Supercritical Fluids respectively.*



The Fundació CTM Centre Tecnològic contributes to the increased competitiveness and technological progress of companies through the application of its specialized services and the implementation of R+D+I projects. The CTM team works for companies, authorities and institutions in the following fields:

Materials Technology: R+D related to the materials development, surface technology and research concerning mechanical properties of metallic materials.

Environmental Technology: R+D and technological innovation in activities related to the management of residues, contaminated soils, environmental risk, water quality and the improvement of industrial processes.

Innovation Support: Contributes to the technological improvement of companies with regards to their processes, products and the creation of their products leading them to enter into activities of R+D

Energy: R+D in the technological innovation of the production and use of energy, renewable sources, energy efficiency, the management of demand, micro-networks and electrical equipment and the role of electronics in energy management.

Material Forming Processes: R+D in the interaction of materials with the process of deformation.

Simulation and Innovative Design: Design, analysis and control by means of numerical simulation of processes of material forming. The design of small equipment.

Bioengineering Division: R+D in the health sector in innovation projects and the design of medical devices that imply a substantial improvement in the quality of life of the user and also in the competitiveness of the industry.

*Fundació CTM Centre  
Tecnològic, Manresa,  
Barcelona.*



La Fundació CTM Centre Tecnològic contribuye a la mejora de la competitividad y al progreso tecnológico de la empresa mediante la prestación de servicios especializados y la ejecución de proyectos de I+D+I. El equipo del CTM trabaja para empresas, entidades e instituciones en el ámbito de:

**Tecnología de Materiales:** I+D relacionada con el desarrollo de materiales, tecnología de superficies e investigación en propiedades mecánicas de materiales metálicos.

**Tecnología Ambiental:** I+D e innovación tecnológica en actividades relacionadas con la gestión de residuos, suelos contaminados y riesgo ambiental, calidad del agua y la mejora de los procesos industriales.

**Apoyo a la Innovación:** Ayuda a la mejora tecnológica de las empresas en sus procesos, productos y creación de producto propio, guiándolas hacia actividades de I+D+I.

**Energía:** I+D en innovación tecnológica en producción y consumo de energías, fuentes renovables, optimización energética, gestión de la demanda, microredes y equipos eléctricos y electrónicos de gestión de energías.

**Procesos de Conformado:** I+D en la interacción del material con el propio proceso de deformación.

**Simulación y Diseño Innovador:** Diseño, análisis y control, mediante simulación numérica, de procesos de conformado de materiales. Diseño de pequeños equipamientos.

**División de Bioingeniería :** Apoya a empresas e instituciones dentro del sector de la salud a llevar adelante proyectos de innovación y diseñar dispositivos médicos que impliquen una mejora sustancial en la calidad de vida del usuario y/o en la competitividad de la industria.



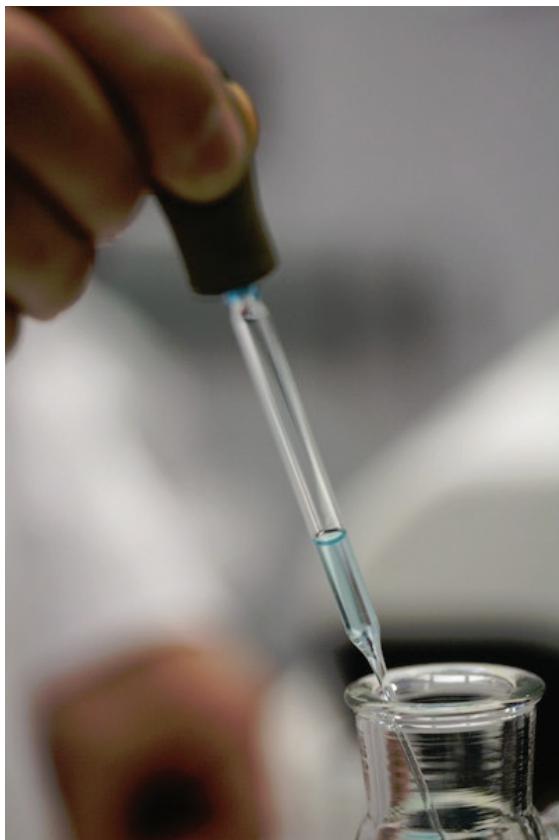
*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*





# Actividades Técnicas Desarrolladas



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

**Developed  
Technical Activities**



## **Actividad 1: Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, mediante captura y optimización de procesos**



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

**Activity 1  
Reducing CO<sub>2</sub> emissions using  
capture and process optimization**

## **Actividad 1 / Activity 1**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

Carburos Metálicos con ICMAB-CSIC, INCAR-CSIC, MATGAS y UAB-FIS

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

IBERDROLA

Inabensa con ICMAB-CSIC y URJC

Repsol con URJC



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

### **Objetivo / Objective:**

El objetivo principal de esta Actividad es la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, procedentes de procesos industriales y de generación como principales emisores, mediante procesos de adsorción y/o absorción.

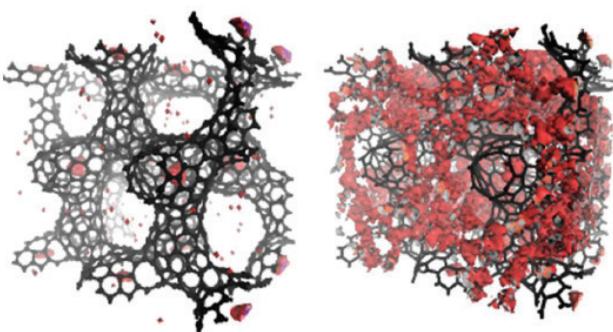
*The main objective of this activity is to reduce CO<sub>2</sub> emissions from industrial processes and generation as major emitters, by adsorption and / or absorption.*

- **Estudio y optimización de sustancias absorbentes y adsorbentes** para su uso en la captura de CO<sub>2</sub> en procesos de combustión.

Para la identificación de nuevos absorbentes y adsorbentes se llevaron a cabo procesos de simulación y modelado molecular. Mediante el empleo de estas técnicas se seleccionaron los materiales óptimos para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, definiendo 3 grandes grupos: (i) líquidos iónicos (ILs), (ii) réplicas de zeolitas basadas en carbono (ZTC) y (iii) aminosilicas. Las simulaciones moleculares enfocadas a la síntesis de estos materiales dieron como resultado una excelente predicción en la captura de CO<sub>2</sub>.

- **Study and optimization of absorbents and adsorbents for its use in the capture of CO<sub>2</sub> in combustion processes.**

For the identification of new absorbents and adsorbents simulation processes and molecular modeling were carried out. By employing these techniques optimum materials for reducing CO<sub>2</sub> emissions were selected defining 3 groups: (i) ionic liquids (ILs), (ii) zeolites based on carbon replicas (ZTC) and (iii) aminosilicas . The molecular simulations focused on the synthesis of these materials resulted in an excellent prediction of CO<sub>2</sub> capture.



Imágenes de simulación correspondientes a la captura de CO<sub>2</sub> en ZTC  
(cortesía de S. Builes y L. F. Vega).

Simulation images corresponding to CO<sub>2</sub> capture in EMT-ZTC  
(courtesy of S. Builes and L.F. Vega).

## Actividad 1 / Activity 1



Líquidos iónicos sintetizados (arriba). Reactor de adsorción de CO<sub>2</sub> (abajo), capaz de realizar ciclos de adsorción-desorción por cambios de presión, temperatura o composición química (cortesía de Carburos Metálicos).

Ionic Liquids synthesized (above). CO<sub>2</sub> adsorption reactor (below), capable of adsorption-desorption cycles by changes in pressure, temperature or chemical composition (courtesy of Carburos Metálicos).

- **Obtención de un catalizador de tipo carbonoso** para su uso en el reformado seco de CH<sub>4</sub> y producción de un gas de síntesis adecuado para la obtención de metanol y otros combustibles sintéticos.

Los experimentos se realizaron en un reactor de cuarzo cargado con catalizador en un soporte de carbón activo calentado por un horno de microondas. Esta tecnología presenta un gran potencial, ya que permite obtener gas de síntesis a partir de dos gases de efecto invernadero: el CH<sub>4</sub> y el CO<sub>2</sub>.

- **Obtaining a carbonaceous type catalyst** for its use in dry reforming of CH<sub>4</sub> and producing a synthesis gas suitable for the production of methanol and other synthetic fuels.

The experiments were conducted in a quartz reactor loaded with catalyst in an active carbon support heated by a microwave oven. This technology has great potential, as it allows synthesis gas from two greenhouse gases: CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>.

- **Búsqueda de un ab/adsorbente** que permita mejorar la recuperación de hidrógeno en procesos de separación de plantas de producción de este gas, con la consiguiente reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

El proceso de producción de H<sub>2</sub> genera elevadas cantidades de CO<sub>2</sub> que habitualmente se emiten a la atmósfera, por lo tanto, cualquier mejora relacionada con la purificación del proceso de producción de H<sub>2</sub> reduciría la cantidad de CO<sub>2</sub> producida y, con ello, el impacto medioambiental asociado.

- **Search for an ab / adsorbent to improve the recovery of hydrogen in separation processes in gas plants production, thereby reducing CO<sub>2</sub> emissions.**

*The H<sub>2</sub> production process produces high quantities of CO<sub>2</sub> that are usually released into the atmosphere, therefore, any improvement related to the purification of H<sub>2</sub> production process would reduce the amount of CO<sub>2</sub> produced and thus, the environmental impact associated .*



*Equipo basado en un microbalanza de Rubotherm para la caracterización de adsorbentes, (cortesía de Carburos Metálicos).*

*Equipment based on a microbalance Rubotherm for characterization of adsorbents (courtesy of Carburos Metálicos).*

## Actividad 1 /Activity 1

- **Síntesis de adsorbentes activos** bajo condiciones reales, y adecuadamente regenerables para la captura eficaz del CO<sub>2</sub> procedente de plantas de combustión.

- *Synthesis of active adsorbents under real conditions, and adequately regenerable effective for capturing CO<sub>2</sub> from combustion plants.*

- **Estudio de viabilidad para separar CO<sub>2</sub> de corrientes de salida.**

El estudio se llevó a cabo en cinco complejos industriales de Repsol con distintas configuraciones de tecnologías (Fluor Daniel, Mitsubishi y ABB Lummus) e integración energética para cada uno de los focos emisores. Además, se ha simulado el proceso para obtener la configuración de mínimo coste para la captura de CO<sub>2</sub>en cada una de las refinerías analizadas para plantas de captura de CO<sub>2</sub>de 500.000 t/a. La conclusión más relevante es que la dispersión de los focos de emisión en las refinerías, su composición y el volumen de CO<sub>2</sub> no favorece la captura total de las emisiones de CO<sub>2</sub> de una refinería con los costes de la tecnología actual.

- **Viability study to separate CO<sub>2</sub> output currents.**

*The study was conducted in five Repsol industrial complex configurations with different technologies (Fluor Daniel, Mitsubishi and ABB Lummus) and energy integration for each of the emission sources. In addition, the process of obtaining the minimum cost configuration for the capture of CO<sub>2</sub> was simulated in every refinery plant analyzed to capture CO<sub>2</sub> of 500,000 t/y. The most important conclusion is that the dispersion of the emission points at refineries, composition and volume of CO<sub>2</sub> does not favor the total capture of CO<sub>2</sub> emissions from a refinery with the cost of modern technology.*





## **Actividad 2**

# **Estrategias de integración de las tecnologías de captura y utilización de CO<sub>2</sub>**



*Fotografía cortesía de L.F. Vega\*/ Picture courtesy of L.F. Vega\* (\* L. F. Vega. El CO<sub>2</sub> como recurso: de la captura a los usos industriales. Ed. Fundación Gas Natural, 2010).*

**Activity 2**  
**Integration strategies for the CO<sub>2</sub> capture and utilization technologies**

## **Actividad 2 / Activity 2**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

Carburos Metálicos con MATGAS

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

IBERDROLA

IDESa con ITMA y PRODINTEC

ROS ROCA INDOX CRYOENERGY con UVa

### **Objetivo / Objective:**

El objetivo principal de esta actividad es definir la presentación óptima del CO<sub>2</sub> para facilitar su utilización en las distintas aplicaciones investigadas en el presente proyecto a pequeña, mediana y gran escala. Esta etapa sería equivalente a una operación de logística, donde se define cómo se acondiciona, almacena y transporta el CO<sub>2</sub> desde el punto de captura al punto final de utilización, teniendo en cuenta que el lugar, el estado o las condiciones en que el CO<sub>2</sub> es capturado no tienen por qué coincidir con las condiciones y lugar de aplicación.

*The main objective of this activity is to define the optimal presentation of CO<sub>2</sub> to facilitate its use in different applications investigated in this project at small, medium and large scale. This stage would be equivalent to a logistic operation, which defines how the CO<sub>2</sub> has to be packaged, stored and transported from the point of capture to the final point of use, taking into account that the place, the state or the conditions in which CO<sub>2</sub> is captured might not have to match the conditions and place of application.*

En primer lugar se ha realizado un listado de fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> detectadas, así como un inventario tanto de las tecnologías de captura como de las diferentes aplicaciones agrupadas por familias. Para ello, ha sido necesaria una caracterización del CO<sub>2</sub> capturado y de las necesidades de suministro para cada aplicación desarrollada en el proyecto (considerando el lugar, las cantidades, el estado y la pureza para cada una de las aplicaciones y tecnología, etc.).

Desde un punto de vista logístico, se ha llevado a cabo: (i) la mejora y desarrollo de los nuevos procesos de separación para el CO<sub>2</sub> (analizando la separación de aquellas impurezas que pueden crear problemas), (ii) la definición de las maneras más eficientes y económicamente viables para la separación y purificación del CO<sub>2</sub>, (iii) la obtención de las diferentes estrategias de purificación, almacenaje y distribución, y (iv) el desarrollo experimental asociado a las estrategias de acondicionamiento, purificación, almacenaje y distribución basados en condiciones reales de salida del gas en cuanto a impurezas, composición, presión y temperatura.

*First of all, a list of the detected CO<sub>2</sub> emitting sources, as well as an inventory of both capture technologies and the different applications grouped by families. For that, it was necessary to characterize the captured CO<sub>2</sub> and the supply needs for every application developed in the project (considering the location, quantities, status and purity for every application and technology, etc.).*

*From a logistical perspective, the following procedures were carried out: (i) improving and developing new separation processes for CO<sub>2</sub> (discussing the separation of those impurities that can create problems), (ii) defining the most efficient and economically viable option for the separation and purification of CO<sub>2</sub>, (iii) obtaining the different strategies of purification, storage and distribution, and (iv) experimental development of strategies concerning fitting-out, purification, storage and distribution based on actual conditions of the gas output in terms of impurities, composition, pressure and temperature.*

## **Actividad 2 /Activity 2**

Entre los principales resultados obtenidos, pueden destacarse los siguientes:

- **Detección de oportunidades** para simplificar la logística del CO<sub>2</sub> y obtener una reducción de coste integrando la fuente y la reutilización del CO<sub>2</sub> “in situ”.

Las oportunidades detectadas son las siguientes:

- Utilización del CO<sub>2</sub> contenido en un gas de combustión para la fertirrigación carbónica.
- Aprovechamiento del CO<sub>2</sub> contenido en un gas de gasificación para el crecimiento de algas.
- Aplicación del CO<sub>2</sub> recogido de la fermentación del alcohol para la gasificación de bebidas.
- Control del pH de aguas con el CO<sub>2</sub> contenido en gases de combustión.

*The main results include:*

- ***Detection of opportunities to simplify the logistics of CO<sub>2</sub> and achieve a cost reduction by integrating the source and reuse of CO<sub>2</sub> “in situ”.***

*The opportunities identified are:*

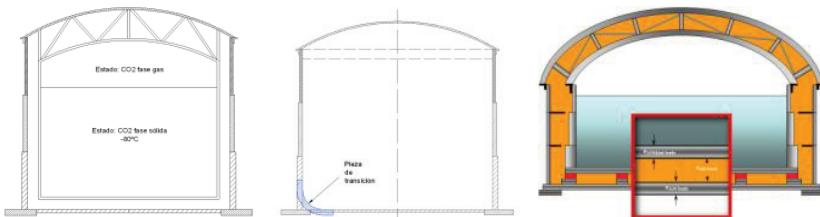
- Using the CO<sub>2</sub> from a flue gas for carbonic fertigation.*
- Use of the CO<sub>2</sub> from a gasification gas for the growth of algae.*
- Implementation of CO<sub>2</sub> collected from the fermentation of alcohol beverages for gasification.*
- Control of water pH with CO<sub>2</sub> from flue gases.*

- **Desarrollo de “tanques a presión atmosférica”, capaces de contener CO<sub>2</sub> en estado sólido a presión ambiente y bajas temperaturas (alrededor de -80°C).**

El tanque consiste en una estructura de pared tipo sándwich con un envolvente interno de un acero adecuado, un envolvente externo en acero al carbono para soportar las cargas ambientales y un relleno aislante, tanto para reducir las pérdidas térmicas como para proteger al acero al carbono de las bajas temperaturas. Las principales ventajas que ofrece respecto a un depósito convencional de CO<sub>2</sub> son la reducción de peso, la reducción de la cantidad de material y su elevada tasa de almacenamiento de CO<sub>2</sub> (relación entre la masa confinada y el volumen ocupado).

- ***Development of “tanks at atmospheric pressure” capable of containing CO<sub>2</sub> in solid form at ambient pressure and low temperature (about -80°C).***

*The tank consists of a sandwich-type wall structure with an inner shell of special steel, an outer shell of carbon steel to withstand the environmental loads, and an insulating filling, to reduce thermal losses and to protect steel carbon from low temperatures. The main advantages with respect to the conventional tank of CO<sub>2</sub> are the weight reduction, the reduction of the amount of material and its high CO<sub>2</sub> storage rate (ratio of mass confined/volume occupied).*



Diseño final del tanque de almacenamiento y detalle de la estructura del suelo del tanque de almacenamiento (cortesía de IDESA).

Final design of the storage tank and the detailed structure of the floor of the storage tank (courtesy of IDESA).

## Actividad 2 / Activity 2

- **Eliminación del H<sub>2</sub>S contenido en un biogás.**

Dicha eliminación se ha conseguido forzando la co-actividad de bacterias aerobias por micro-adiciones de O<sub>2</sub> durante el propio proceso de la biodigestión metanogénica. Todo el azufre presente acaba retenido en forma sólida, obteniéndose un biogás totalmente libre de H<sub>2</sub>S.

- **Removal of H<sub>2</sub>S content in biogas.**

*The elimination was achieved forcing the co-activity of aerobic bacteria by micro-additions of O<sub>2</sub> during the process of methanogenic biodigestion. All the sulfur present is retained in solid form, obtaining a biogas totally free of H<sub>2</sub>S.*



*Deposición de azufre sólido en la cabeza del digestor (cortesía de ROS ROCA INDOX CRYOENERGY).*

*Deposition of solid sulfur in the head of the digester (courtesy of ROS ROCA INDOX CRYOENERGY).*

- **Diseño de un equipo de bajo coste para la separación del CO<sub>2</sub>.**

El diseño consiste en 2 membranas colocadas en cascada destinadas a la separación del CO<sub>2</sub> en gases de combustión, aprovechando la menor velocidad de permeación del N<sub>2</sub> frente al CO<sub>2</sub> y consiguiendo un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> desde un 15 a un 45%.

- **Designing a low-cost equipment for the separation of CO<sub>2</sub>.**

*The design consists of 2 cascaded-positioned membranes for the separation of CO<sub>2</sub> in the exhaust gases, using the permeation rate of less N<sub>2</sub> instead of CO<sub>2</sub>, and achieving an increased CO<sub>2</sub> concentration from 15 to 45%.*

- **Ensayos a escala “bench” de los líquidos iónicos.**

Los ILs desarrollados en la actividad 1 se han utilizado para la captura en continuo de CO<sub>2</sub> en un reactor de 2 columnas: una para absorción y la segunda para la desorción.

- **“Bench” tests of ionic liquids.**

*The ILs developed in an activity 1 were used for the continuous capture of CO<sub>2</sub> in a 2 columns reactor: one for absorption and the second for desorption.*



## **Actividad 3**

# **Transformación biomimética de CO<sub>2</sub>: imitando a la naturaleza**



**Activity 3**  
**Transformation of CO<sub>2</sub>,**  
**biomimetics: imitating nature**

## **Actividad 3 / Activity 3**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

Instalaciones Inabensa con IBFV-CSIC

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

Abengoa Bioenergía San Roque con CENER

AQUALOGY con CETqua, CTQC, UVa y Aguas de Valladolid

Biogas Fuel Cell con UVa

IBERDROLA con IRTA

IDESa con ITMA y PRODINTEC

Repsol con IG-CSIC, UA y UPM

ROS ROCA INDOX CRYOENERGY con FUB-UVIC

Ultrasen con Rodise y UCM

### **Objetivo / Objective:**

El objetivo principal de esta actividad es la valorización del CO<sub>2</sub>, producido en distintos procesos biológicos, químicos y energéticos, mediante la producción de biomasa. En este caso, el CO<sub>2</sub> es capturado mediante el crecimiento de macroplantas o de microorganismos fotosintéticos (algas), de manera similar al proceso de fotosíntesis. Por tanto, esta actividad puede englobarse como un bloque de transformación del CO<sub>2</sub> capturado en fuentes de energías alternativas y renovables.

*The main objective of this activity is the valuation of the CO<sub>2</sub>, produced in various biological, chemical and energetic processes through the production of biomass. In this case, CO<sub>2</sub> is captured by growing macroplants or photosynthetic microorganisms (algae), similarly to the process of photosynthesis. Therefore, this activity may be included as a transformation block of the captured CO<sub>2</sub> into sources of alternative and renewable energies.*

- Desarrollo de una solución integrada que maximice la fijación de CO<sub>2</sub> mediante microalgas.**

La captura de CO<sub>2</sub> con microalgas tiene mucha importancia en esta tarea, especialmente en la selección de especies que maximicen la capacidad de captura de CO<sub>2</sub>, así como la optimización de los parámetros de cultivos para maximizar la biofijación y obtener un mayor rendimiento productivo. Para identificar la mejor especie de las ensayadas se han realizado numerosos estudios en el proceso, evaluando entre otras variables el tipo de reactor empleado, la influencia de los ciclos de luz, la temperatura, la presencia de contaminantes en la corriente gaseosa, la influencia de nutrientes, etc.

- Development of an integrated solution that maximizes CO<sub>2</sub> fixation by microalgae.***

*CO<sub>2</sub> capture with algae is very important in this task, especially in the selection of species that maximize the capacity to capture CO<sub>2</sub>, and the optimization of growth parameters to maximize biofixation and get a higher production yield. To identify the best species of those tested, there have been many studies on the process, evaluating among other variables the type of reactor used, the influence of light cycles, temperature, presence of contaminants in the gas stream, the influence of nutrients, etc.*



*Fotobiorreactor de columna (izquierda). Fotobiorreactor tipo bolsa (derecha). Cortesía de Repsol (izquierda) e Inabensa/IBVF-CSIC (derecha).*

*Column photobioreactor (left). Bag type photobioreactor (right). Courtesy of Repsol (left) and Inabensa/IBVF-CSIC (right).*

## Actividad 3 /Activity 3

- **Generación de biomasa para uso energético.**

Con el objetivo de estudiar la viabilidad del cultivo de microalgas en cauces abiertos (aguas saladas) se han seleccionado diversas especies, las cuales se han mantenido en reactores verticales experimentales para el seguimiento de su crecimiento. Todos los resultados de las investigaciones han sido evaluados y han servido para llevar a cabo el estudio de viabilidad técnica-económica del proceso integrado a escala real. Desde un punto de vista tecnológico, se han diseñado reactores y equipos de medida que aportan mejoras en el desarrollo de la tecnología de cultivo de microalgas.

La biomasa generada en estos cultivos requiere una serie de tratamientos muy específicos para conseguir su completa separación, tarea que se ha llevado a cabo dentro de esta actividad obteniendo como resultado varias opciones viables técnicamente para la obtención de biomasa seca y el diseño conceptual de la mejor opción encontrada.

- **Generation of biomass for energy use.**

*In order to study the feasibility of growing algae in open channels (salt water), several species were selected, and were kept in experimental vertical reactors to monitor their growth. All research results were evaluated and have served to carry out the technical feasibility of the integrated process-economic scale. From a technological standpoint, there were designed reactors and measuring equipment that provide improvements in the development of microalgae culture technology.*

*The biomass produced in these cultures requires a very specific series of treatments to achieve complete separation, a task that has been carried out within this activity which resulted in several technically viable options to obtain dry biomass and the conceptual design of the best option found.*



*Imagen de microscopio correspondiente a un cultivo de microalgas (cortesía de Abengoa Bioenergía San Roque).*

*Microscope image corresponding to a cultivation of microalgae (courtesy of Abengoa Bioenergía San Roque).*

- **Aplicación de microorganismos fotosintéticos para la transformación de CO<sub>2</sub> de fermentación y de biogás, así como en procesos de gasificación y digestión anaerobia.**

Los cultivos de microalgas pueden combinarse con el de bacterias sulfoxidantes para el tratamiento de una corriente de biogás procedente de la digestión de residuos agroalimentarios con el objetivo de eliminar el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S de una corriente de producto que puede denominarse “metano renovable”. Para ello, se han realizado pruebas de larga duración en un fotobioreactor tipo lagunaje de alta carga, obteniéndose altos valores de reducción de CO<sub>2</sub> y para H<sub>2</sub>S en el modelo experimental. En otra línea de trabajo, se han buscado tanto mejorar la riqueza del biogás como aumentar la cantidad absoluta de CH<sub>4</sub> obtenida, por adiciones de H<sub>2</sub> y/o de mezclas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> al digestor aprovechando la recirculación de gases al mismo. Tanto adiciones de H<sub>2</sub> como de mezclas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (80:20% v/v), han permitido doblar la producción de CH<sub>4</sub> y pasar de riquezas en CH<sub>4</sub> del 60-65% a superiores al 85% (en biodigestión de purines porcinos). El principal logro se ha alcanzado adicionando mezclas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (80:20% v/v) a biodigestor sin entrada de materia orgánica residual (autotrófico). En este caso, se han alcanzado y mantenido riquezas estables del biogás siempre por encima del 95% en CH<sub>4</sub>.

- ***Application of photosynthetic microorganisms for CO<sub>2</sub> transformation from fermentation and biogas, as well as in gasification and anaerobic digestion processes.***

Microalgal cultures can be combined with bacteria sulfoxidants cultures for treating a stream of biogas from the agri-food waste digestion in order to remove CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S from a product stream that may be termed “renewable methane.” To do this, long-term tests in a photobioreactor lagooning high load type took place, obtaining high values of reducing CO<sub>2</sub>, and H<sub>2</sub>S in the experimental model. Another line of work has sought not only to improve the richness of biogas, but also to increase the absolute quantity of CH<sub>4</sub>, obtained by additions of H<sub>2</sub> and/or H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> mixtures exploiting the digester gas recirculation. Both additions of H<sub>2</sub>, as H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> mixtures (80:20% v/v), allowed to double the production of CH<sub>4</sub> and move CH<sub>4</sub> content from 60-65% to over 85% (in pig manure biodigestion). The main achievement has been obtained by adding H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> mixtures (80:20% v/v) to digester without residual organic matter input (autotrophic). In this case, stable biogas riches have achieved and maintained always above 95% in CH<sub>4</sub>.

## Actividad 3 / Activity 3

Finalmente, en los últimos años se ha incorporado una alternativa para la producción de energía desarrollando la hidrólisis térmica en continuo para digestión anaeróbica de lodos y obteniendo aprovechamiento energético como resultado. Además, se han desarrollado métodos analíticos de biogás, tanto para compuestos mayoritarios como minoritarios y de ácidos grasos volátiles.

Finally, in recent years an alternative was incorporated for energy production in developing the continuous thermal hydrolysis of sludge to anaerobic digestion and energy recovery obtained as a result. In addition, biogas analytical methods have been developed for both majority and minority compounds, and volatile fatty acids.

- **Crecimiento de plantas de invernadero a partir del CO<sub>2</sub> capturado en centrales térmicas.**

El estudio de la fertilización carbónica de cultivos arbóreos, cultivos energéticos tradicionales y cultivos hortofrutícolas en distintas estaciones del año, ha dado lugar a resultados prometedores: la fertilización carbónica permite una producción precoz de los cultivos además de una mayor cantidad de producto con mejor calidad.

- **Growing plants from CO<sub>2</sub> emissions captured in power plants.**  
*The study of carbon dioxide fertilization of tree crops, energy crops and horticultural crops traditional in different seasons, has led to promising results: the carbon fertilization allows early crop production and a much better quality product.*



*Cultivos hortofrutícolas  
(cortesía de IBERDROLA).  
Horticultural crops (courtesy of  
IBERDROLA).*



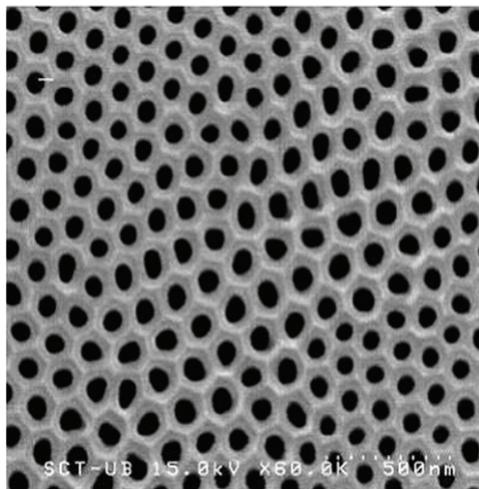
*Fertilización carbónica en cultivos arbóreos (izquierda), cultivos energéticos tradicionales (derecha). Cortesía de Repsol.*

*Carbon fertilization in tree crops (left), traditional energy crops (right).  
Courtesy of Repsol.*



## Actividad 4

# Transformación del CO<sub>2</sub>, capturado mediante reducción fotocatalítica y electroquímica



Fotografía cortesía de Carburos Metálicos e IREC.  
Picture courtesy of Carburos Metálicos and IREC.

**Activity 4**  
**Transformation of captured**  
**CO<sub>2</sub> by photocatalytic and**  
**electrochemical reduction**

## **Actividad 4 / Activity 4**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

Carburos Metálicos con IREC y UAB-QUIM

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

IDESA con ITMA y PRODINTEC

### **Objetivo / Objectives:**

El objetivo global de esta actividad es el desarrollo de un proceso sostenible para la reducción photocatalítica (inspirado en la fotosíntesis) y electroquímica del CO<sub>2</sub>, con el fin de obtener materiales combustibles u otras sustancias de alto valor añadido.

La mejora de estas tecnologías así como su aplicación a nivel industrial permitiría utilizar el CO<sub>2</sub> como materia prima para la síntesis de productos de valor añadido (p.e. combustibles convencionales, productos químicos de interés industrial, etc.).

*The overall objective of this activity is to develop a sustainable process for the photocatalytic (inspired by photosynthesis) and electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> in order to obtain combustible materials or other substances with high added value.*

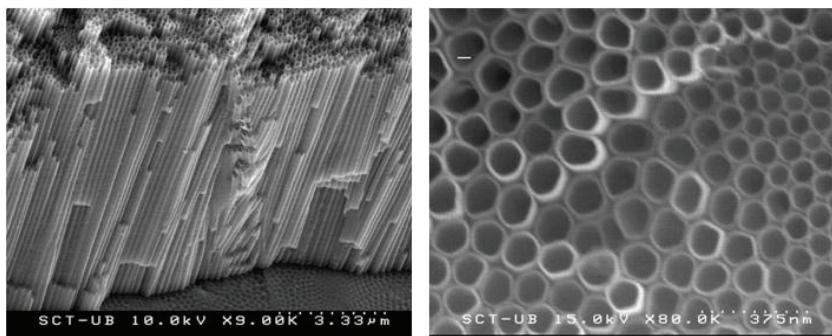
*The improvement of these technologies and their industrial application allow using CO<sub>2</sub> as a raw material for the synthesis of added value products (e.g. conventional fuels, chemicals of industrial interest, etc.).*

- **Desarrollo de nuevos materiales catalíticos** que aumenten la eficacia del proceso de fotorreducción catalítica del CO<sub>2</sub> para la obtención de productos útiles.

Para estudiar la conversión de CO<sub>2</sub> mediante photocatalizadores se han sintetizado distintos materiales nanoestructurados (basados en TiO<sub>2</sub> y otros óxidos metálicos) y se ha evaluado su actividad photocatalítica. Un estudio sistemático ha permitido establecer una referencia sólida en términos de fotoactividad y efectos de cada catalizador sintetizado en la obtención de distintos productos finales como CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO, etc.

- ***Development of new catalytic materials that increase the efficiency of the process of catalytic photoreduction of CO<sub>2</sub> to obtain useful products.***

*To study the conversion of CO<sub>2</sub> with various photocatalysts, nanostructured materials (based on TiO<sub>2</sub> and other metal oxides) were synthesized and their photocatalytic activity was evaluated. A systematic study allowed to establish a solid reference in terms of photoactivity and effects of every catalyst synthesized in the obtaining of different final products such as CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO, etc.*



Nanotubos de TiO<sub>2</sub> sintetizados como photocatalizadores para la reducción de CO<sub>2</sub> (cortesía de Carburos Metálicos e IREC).

Synthesized TiO<sub>2</sub> nanotubes to be used as photocatalysts for the CO<sub>2</sub> reduction (courtesy of Carburos Metálicos and IREC).

## Actividad 4 / Activity 4

- **Caracterización y cuantificación de los productos formados en la reducción electroquímica de CO<sub>2</sub>.**

Mediante la carboxilación electroquímica de compuestos aromáticos se ha conseguido sintetizar moléculas de alto interés farmacológico. La reacción es selectiva, presenta eficiencias elevadas y es un proceso sostenible que utiliza reactivos de bajo coste y reutilizables. Los estudios realizados en la reducción electroquímica del CO<sub>2</sub> han dado lugar a una patente en este campo.

La conversión electroquímica del CO<sub>2</sub> es un campo de gran potencial ya que: (i) combinado con fuentes de energía renovables podría dar lugar a una considerable revalorización, formando productos de alto valor añadido a partir del CO<sub>2</sub> capturado y (ii) presenta un doble beneficio ambiental: se reutiliza el CO<sub>2</sub> capturado y permite sustituir procesos industriales con impacto ambiental mayor.

Adicionalmente, se ha desarrollado un nuevo método basado en técnicas de espectroscopía óptica de alta sensibilidad que permite hacer una primera evaluación de la actividad fotocatalítica de un material para la reducción de CO<sub>2</sub> y, por tanto, seleccionar aquellos que darán lugar a eficiencias de conversión más elevadas, de una forma rápida y económica.

- ***Characterization and quantification of the products formed in the CO<sub>2</sub> electrochemical reduction.***

*We have successfully synthesized products of pharmacological interest via electrochemical carboxylation of aromatic compounds. The reaction is selective, presents high efficiencies and is a sustainable process that uses low cost and recyclable reactants. The studies on the electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> led to a patent in this field.*

*The electrochemical conversion of CO<sub>2</sub> is a field of great potential because: (i) combined with renewable energy sources could lead to a significant CO<sub>2</sub> revalorization, forming products with high added value from the captured CO<sub>2</sub> and (ii) it has a double environmental benefit: is re-captured CO<sub>2</sub> and can replace industrial processes with greater environmental impact.*

*Additionally, we have developed a new method based on optical spectroscopy techniques of high sensitivity which allows a first evaluation of the photocatalytic activity of a material to reduce CO<sub>2</sub>, allowing a selection of those that will result in higher conversion efficiencies in a fast and cost-efficient way.*

- Diseño y construcción de reactores para la evaluación de la eficacia de materiales catalíticos en la obtención de productos combustibles.**

Diferentes tipologías de fotorreactores se han diseñado y construido para su utilización en la fotorreducción del CO<sub>2</sub>. Para asegurar un proceso eficiente, en el diseño se han considerado las condiciones impuestas por:

- Las características del proceso.
- Las características del catalizador.
- La necesidad de un buen contacto entre el catalizador y los reactantes.

Como resultado, se han aportado soluciones innovadoras al diseño de este tipo de fotorreactores que aportan un referente en el diseño de este tipo de dispositivos.

- Design and construction of reactors for the evaluation of the catalytic materials effectiveness in the production of combustible products.***

*Different types of photoreactors were designed and built for their use in CO<sub>2</sub> photoreduction. To achieve an efficient design the following conditions were considered:*

- The characteristics of the process.*
- The characteristics of the catalyst.*
- The need for a good contact between the catalyst and the reactants.*

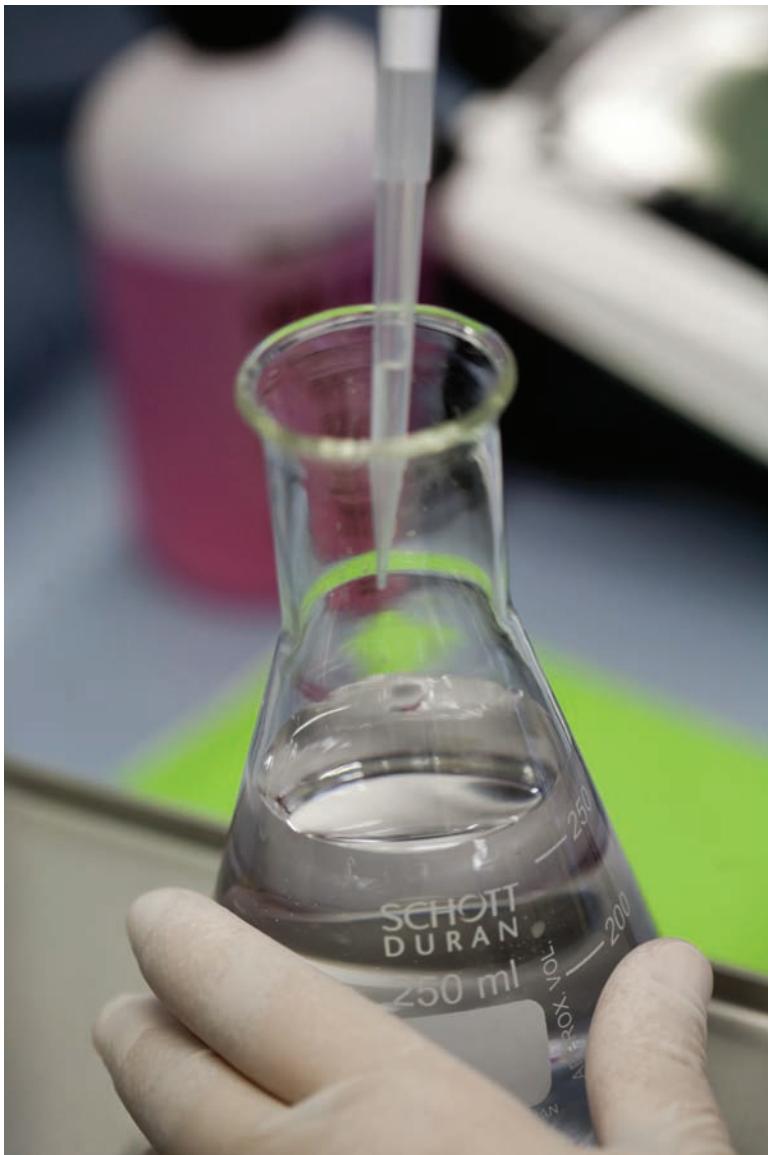
*As a result, many innovative solutions were provided for the design of this type of photoreactors, a reference in the design of these devices.*



*Fotoreactor diseñado y construido para la evaluación de catalizadores en la transformación del CO<sub>2</sub> en productos de alto valor añadido.*

*Photoreactor designed and constructed for the evaluation of catalyst in the transformation of CO<sub>2</sub> into valuable chemicals.*

## Actividad 4 / Activity 4



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.  
Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*





## Actividad 5

# Aprovechamiento del CO<sub>2</sub> para energías renovables



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

## Activity 5

# Using CO<sub>2</sub> for renewable energy

## **Actividad 5 / Activity 5**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

Bioetanol Galicia con AICIA y UPV-ITQ

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

Abengoa Bioenergía San Roque con CENER

Biogas Fuel Cell con NEIKER

Carburos Metálicos con ICMAB-CSIC y MATGAS

IDESA con ITMA y PRODINTEC

ROS ROCA INDOX CRYOENERGY con UVa

Repsol con URJC

### **Objetivo / Objective:**

El objetivo principal de esta actividad es la investigación de nuevas metodologías de obtención de biocombustibles a partir de la biomasa generada por microorganismos fotosintéticos alimentados por CO<sub>2</sub>, así como la valorización del CO<sub>2</sub> producido en los procesos de fermentación y en la producción del biogás. Para ello, (i) se ha llevado a cabo la hidrogenación de CO<sub>2</sub> mediante procesos catalíticos de síntesis, (ii) se ha transformado el CO<sub>2</sub> capturado mediante el uso de microalgas en productos de valor añadido y biogás y (iii) se han desarrollado procesos de extracción y purificación de biocombustibles empleando CO<sub>2</sub> supercrítico (scCO<sub>2</sub>).

*The main objective of this activity is the investigation of new methodologies for obtaining biofuels from biomass produced by photosynthetic microorganisms fed with CO<sub>2</sub>, as well as the valuation and the enhancement of the CO<sub>2</sub> produced in fermentation processes and in the production of biogas. For this purpose, (i) CO<sub>2</sub> hydrogenation was carried out by catalytic processes of synthesis, (ii) the CO<sub>2</sub> captured was transformed by the use of microalgae in value-added products and biogas and (iii) methods of extraction and purification of biofuels were developed using supercritical CO<sub>2</sub> (scCO<sub>2</sub>).*

- **Investigación en sistemas catalíticos de hidrogenación de CO<sub>2</sub>.**  
Se ha demostrado que es factible capturar CO<sub>2</sub> por procesos catalíticos a partir de H<sub>2</sub> producido con energías renovables, transformándolo en un biocombustible líquido fácil de transportar y almacenar. Para ello, se han desarrollado nuevos catalizadores (caracterizados en la reacción de hidrogenación de CO<sub>2</sub>). Posteriormente, se ha llevado a cabo la validación de su comportamiento en un banco de pruebas, siendo el primer escalado de la tecnología necesario para abordar su industrialización. Conjuntamente, se ha hecho la correspondiente evaluación tecno-económica de la tecnología.

*Fotografía cortesía de MATGAS  
2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000  
AIE.*



- **Research in catalyst systems of CO<sub>2</sub> hydrogenation.**  
*Capturing CO<sub>2</sub> by catalytic processes from H<sub>2</sub> produced by renewable energies was proven to be feasible, transforming CO<sub>2</sub> into a liquid biofuel easy to transport and store. To do this, a new catalysts (characterized in the hydrogenation reaction of CO<sub>2</sub>) was developed. Subsequently, the validation of its behavior was carried out in a test bench, give that the first technology scaling was required for the industrialization. Furthermore, the techno-economic evaluation of technology was performed.*

## Actividad 5 / Activity 5

- **Transformación de CO<sub>2</sub> mediante microalgas y conversión en productos.**

El proceso downstream tecnico-económicamente más adecuado, basado en la extrapolación de los resultados obtenidos a escala industrial, se ha obtenido para la producción de biocombustibles a partir del cultivo de microalgas. Con este fin, se ha desarrollado un modelo basado en datos experimentales de los resultados obtenidos tanto en referencia al análisis de las técnicas de separación de los componentes de las microalgas, como a su posterior transformación en biodiésel, bioetanol y piensos.

- **Conversion of CO<sub>2</sub> by microalgae and conversion into products.**

*The downstream process techno-economically more appropriate, based on the extrapolation of the results obtained on an industrial scale, was obtained for the production of biofuels from microalgae cultivation. To this purpose, a model was developed based on experimental data from the results obtained in reference to the analysis of techniques for separating the components from the microalgae, as for further processing into biodiesel, bioethanol and animal feed.*



*Desarrollo del modelo experimental.  
Experimental model development.*

- **Aprovechamiento de la biomasa algal mediante su codigestión para la obtención de biogás.**

El desarrollo de un proceso en continuo de valorización de biomasa algal se ha conseguido mediante su codigestión con purín de cerdo en módulo experimental. Se ha identificado el potencial de metanización y la biodegradabilidad a escala de laboratorio de diferentes residuos procedentes de la industria agroalimentaria y biomasa algal, identificando aquellos con resultados más prometedores para su evaluación, ya en un módulo experimental. Los resultados en el módulo experimental, con las muestras seleccionadas tras 180 días en continuo, han sido prometedores, obteniéndose producciones estables de biogás con una composición de un 65 – 70 % de metano, lo cual garantiza su posterior aplicación.

- **Using algal biomass to obtain biogas through its co-digestion.**  
*The development of a continuous process of valorization of algal biomass was achieved through the co-digestion of algal biomass with pig slurry in experimental module. The methanation at different laboratory scales of waste from the food industry and algal biomass, identifying those with promising results for their evaluation, in an experimental module. The results of the selected samples after 180 days, continuously in the experimental module, were promising, obtaining stable biogas production with a composition of 65 to 70% methane, which guarantees its subsequent implementation.*

## Actividad 5 / Activity 5

- **Estudio de viabilidad de obtención de metanol a partir de biogás.**

De una manera experimental, se han identificado las posibilidades reales de producir metanol a partir de flujos estándar de biogás, comparando su viabilidad y coste frente a la alternativa actuales de extracción de CO<sub>2</sub>. Asimismo, se han determinado las principales barreras tecnológicas en la producción de gas de síntesis y en la síntesis de metanol. La generación de gas de síntesis se ha estudiado en base a simuladores de proceso identificando las condiciones de operación que hacen eficiente el proceso para la posterior síntesis de metanol. Las principales conclusiones, obtenidas a lo largo del programa en la síntesis de metanol, han sido que tanto el CO como el CO<sub>2</sub> pueden ser usados como fuente de carbono. Se ha identificado que, para una aplicación industrial, es necesario (i) llevar a cabo la reacción con dos reactores en serie y (ii) eliminar el agua que acompaña al gas de síntesis generado en la etapa de reformado para aumentar el rendimiento del proceso global.

- ***Viability study of obtaining methanol from biogas.***

*From an experimental basis, the real possibilities of producing methanol from biogas standard flow were identified, comparing their feasibility and cost in relation to the current alternatives for CO<sub>2</sub> extraction. Also the main key technological barriers in the production of synthesis gas and methanol synthesis were determined. The synthesis gas generation has been studied based on identifying process simulators operating conditions which make the process efficient for subsequent synthesis of methanol. The main conclusions, obtained throughout the program in the synthesis of methanol, have been that both the CO and CO<sub>2</sub> can be used as carbon source. It was found that for an industrial application it is necessary (i) carrying out the reaction with two reactors in series and (ii) removing water accompanying the synthesis gas generated in the reforming step to increase the global process yield.*



*Bancada de laboratorio (cortesía de ROS ROCA INDOX CRYOENERGY).*

*Lab bench (courtesy of ROS ROCA INDOX CRYOENERGY).*

*Tanque de almacenamiento de gas de síntesis.*

*Synthesis-gas storage tank.*

- **Desarrollo de los modelos experimentales.**

Los equipos de almacenamiento y proceso a presión y temperatura se han diseñado y desarrollado para las aplicaciones experimentales de hidrogenación de CO<sub>2</sub>, con el fin de obtener equipos que puedan ser fácilmente adaptados para diferentes aplicaciones aportando con ello una doble ventaja: (i) la versatilidad en el uso y (ii) la optimización de los procesos.

Los materiales disponibles para la construcción de equipos que permiten trabajar con mezclas de gas de síntesis corrosivas a alta presión y temperatura, se han evaluado teniendo como objetivo reducir los espesores de pared de los equipos que hagan viable la construcción de los futuros escalados.

- ***Development of experimental models.***

*Storage equipment and process pressure and temperature have been designed and developed for experimental applications of CO<sub>2</sub> hydrogenation in order to obtain equipment that can be easily tailored for different applications thus providing a double advantage: (i) the versatility in use and (ii) optimization of processes*

*The materials available for the construction of equipment for working with synthesis-gas corrosive mixtures at high pressure and temperature were evaluated with the aim of reducing the wall thickness of the equipment that make possible the construction of future scalings.*



## Actividad 5 / Activity 5

- **Desarrollo de la extracción y purificación de biocombustibles con CO<sub>2</sub> supercrítico.**

La aplicación del scCO<sub>2</sub> para la extracción y separación de biocombustibles se ha llevado a cabo definiendo previamente las necesidades de la tecnología en función de la composición de las materias primas y productos a obtener, dando lugar a la posibilidad de obtener biodiésel utilizando el CO<sub>2</sub> como disolvente y medio de reacción, y ofreciendo una buena ventaja competitiva por la integración de todos los procesos.

Posteriormente, se han validado las premisas de partida mediante el estudio de la extracción de biodiésel y etanol en el laboratorio, identificando aquellas condiciones de operación que maximizan la separación, y se ha desarrollado un método para la extracción de lípidos a partir de biomasa húmeda que permite solventar todos los problemas detectados en su manipulación y procesado con scCO<sub>2</sub>.

- *Development of biofuel extraction and purification with supercritical CO<sub>2</sub>.*

The application of scCO<sub>2</sub> for extraction and separation of biofuels has been carried out defining first the technology needs depending on the composition of the raw materials and products to be obtained, leading to the possibility of using CO<sub>2</sub> as biodiesel solvent and reaction medium, and providing a good competitive advantage by integrating all processes.

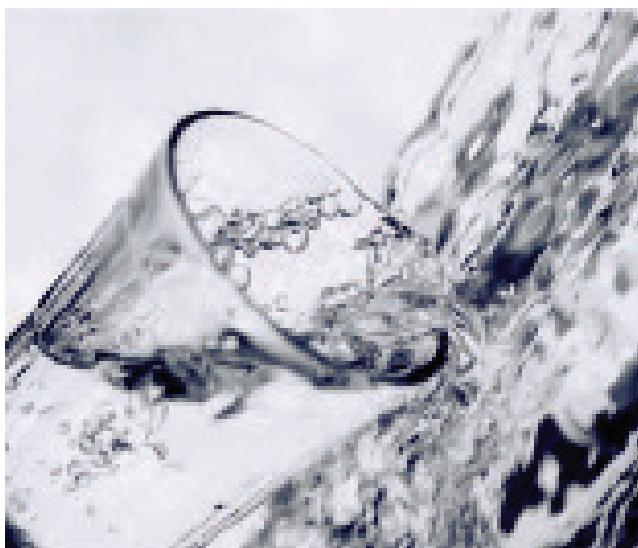
Subsequently, the premises were validated by studying the extraction of biodiesel and ethanol in the laboratory, identifying those operating conditions that maximize the separation, a method for the extraction of lipids from wet biomass was developed and it is capable to solve all the problems encountered in its handling and processing with scCO<sub>2</sub>.





## **Actividad 6**

# **Aprovechamiento del CO<sub>2</sub> para el tratamiento de aguas residuales y de consumo**



*Fotografía cortesía de L.F. Vega\*/ Picture courtesy of L.F. Vega\* (\* L. F. Vega. El CO<sub>2</sub> como recurso: de la captura a los usos industriales. Ed. Fundación Gas Natural, 2010).*

## **Activity 6**

# **Utilization of CO<sub>2</sub> for wastewater and drinking water treatment**

## Actividad 6 / Activity 6

### Socio Líder / Leading Partner:

AQUALOGY con CETqua, CTM, FCCA, FURV, IDAEA-CSIC, ITC y UPC

### Socios Participantes / Participating Partners:

Carburos Metálicos con CETqua y FURV  
IBERDROLA con MATGAS



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

### Objetivo / Objective:

El objetivo principal de esta actividad es estudiar la aplicación de CO<sub>2</sub> tanto en efluentes como en aguas destinadas al consumo, mejorando la eficiencia de su aprovechamiento.

*The main objective is to study the application of CO<sub>2</sub> in both effluents and in water intended for human consumption, improving the efficiency of its reuse.*

- **Estudio de la influencia de la mineralización en aguas de consumo y su remineralización con CO<sub>2</sub> en la valoración del sabor de las mismas.**

Se ha construido un método multivariable capaz de explicar y predecir la satisfacción general del consumidor. Además, se ha determinado el umbral del gusto y olor del dióxido de cloro, utilizando panelistas entrenados y voluntarios. El cálculo del valor de concentración a partir del cual un 50 % de la población del estudio percibiría el sabor del dióxido de cloro ha dado como resultado 0,22 mg/L.

- ***Study of the influence of mineralization in drinking water and CO<sub>2</sub> remineralization in the taste evaluation.***

A multivariate method capable of explaining and predicting consumer overall satisfaction has been made. Moreover, the threshold of taste and chlorine dioxide smell has been also determined, using trained panelists and volunteers. Calculating the value of concentration at which 50% of the studied population perceived the taste has resulted in 0.22 m/L chlorine dioxide.

- **Definición de nuevos diseños para aumentar la eficiencia de aplicación de CO<sub>2</sub> en el agua.**

Diferentes configuraciones de banco de ensayo se han estudiado estableciéndose las condiciones de diseño de un nuevo dosificador de CO<sub>2</sub> (en proceso de patente). Adicionalmente, se ha diseñado un sistema de distribución eficiente del CO<sub>2</sub> en el agua, con capacidad de regulación, consistente en una parrilla y difusores de disco de membrana.

- ***Definition of new designs to increase the efficiency the CO<sub>2</sub> application in the water.***

*Different test bench configurations have been studied establishing design conditions of a new CO<sub>2</sub> dispenser (patent pending). Additionally, a system for efficient distribution of CO<sub>2</sub> in water was designed, with capacity control, consisting of a grill and membrane-disc diffusers.*

## Actividad 6 /Activity 6



*Sistema de disolución, de presión regulable, de los gases de combustión en aguas de refrigeración. Imágenes de la torre de refrigeración de la Central Térmica de Ciclo Combinado en Castejón (cortesía de IBERDROLA).*

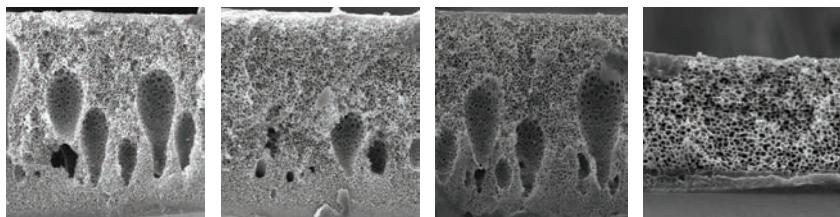
*Dissolution system, with adjustable pressure, of the combustion gases in cooling waters. Images from the cooling tower of the Combined Cycle Power Plant in Castejón (courtesy of IBERDROLA).*

- **Estudio del proceso de ósmosis directa mediante el empleo de CO<sub>2</sub> (y amonio) para la desalinización de aguas de mar u otros efluentes de elevada salinidad.**

El modelizado del proceso de ósmosis directa completo así como el diseño y construcción del sistema experimental se ha llevado a cabo para probar las membranas con distintos tipos de soluciones de alimentación y extractantes. Asimismo, se ha desarrollado una membrana resistente a pH > 8, para poder utilizar disoluciones de NH<sub>3</sub>(g)/CO<sub>2</sub>(g) en una proporción N/C superior a 1, con alta presión osmótica y con una elevada selectividad a los iones presentes en el agua de mar, especialmente Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, con valores superiores al 90% de rechazo. Adicionalmente, se ha realizado el análisis de ciclo de vida asociado a todo el proceso.

Como resultado, se han obtenido diferentes estructuras de membrana en función de los diferentes baños de coagulación utilizados (puros y mezclas), con las que se ha llegado a obtener un flujo de 3,6 LMH, resistencia química y sin rotura en experimentos de 24 h.

Además, se ha llevado a cabo la construcción y ensayo de una planta experimental de destilación por membrana.



*Diferentes estructuras de capa soporte de membrana para ósmosis directa (cortesía de Aqualogy, Carburos Metálicos y FURV).*

*Different structures of membrane support layer for forward osmosis (courtesy of Aqualogy, Carburos Metálicos and FURV).*

- ***Study on the direct osmosis process using of CO<sub>2</sub> (and ammonium) for desalinating of sea water or other effluents with high salinity.***

*The modeling of the entire direct osmosis process and the design and construction of the experimental system was carried out to test the membranes with different types of feed and extractant solutions. It has also been developed a membrane resistant to pH > 8, to use solutions of NH<sub>3</sub> (g) / CO<sub>2</sub> (g) in a ratio N / C greater than 1, with high osmotic pressure and high selectivity to the ions present in sea water, especially Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>, with values higher than 90% rejection. Additionally, the analysis of life cycle associated with the entire process.*

*As a result, different membrane structures were obtained according to the various coagulation baths used (pure and mixtures), with which it has come to obtain a flow of 3.6 LMH, chemical resistance and without break in 24 h experiments.*

*Furthermore, the construction and testing of a pilot plant membrane distillation was carried out.*

## Actividad 6 / Activity 6



*Montaje de la planta de ensayo de destilación por membrana (cortesía de Aqualogy).*

*Mounting of the test plant of membrane distillation (courtesy of Aqualogy).*

- **Evaluación de la viabilidad de la aplicación de CO<sub>2</sub> como remediación de efluentes y para procesos de macrofouling en aguas marinas.**

Con objeto de valorar el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> en los gases de combustión para el control eficaz del pH en efluentes, se ha desarrollado un sistema experimental en diferentes matrices acuosas, y su aplicación en circuitos de refrigeración de agua dulce. Asimismo se ha desarrollado un sistema experimental para el control del macrofouling basado en la tasa de supervivencia de juveniles de dos especies de mejillón (*mytilus galloprovinciales* y *mytilus edulis*), determinando las condiciones para su eficaz control.

- **Assessing the feasibility of the application of CO<sub>2</sub> as effluent remediation and for processes of marine macrofouling.**

*In order to assess the effect of the presence of the different concentrations of CO<sub>2</sub> in the combustion gases for the effective control of pH in effluents, an experimental system has been developed in different aqueous matrices, and their application in cooling circuits freshwater. Furthermore, an experimental system for the control of macrofouling has been developed based on the survival rate of juveniles of two species of mussel (*Mytilus galloprovinciales* and *Mytilus edulis*), determining the conditions for their effective control.*



Vista general del sistema experimental correspondiente a los ensayos realizados para controlar el macrofouling mediante la acidificación del agua con CO<sub>2</sub> (cortesía de MATGAS 2000 AIE e IBERDROLA).

Overview of the experimental system corresponding to experimental tests performed for the control of macrofouling by acidifying water with CO<sub>2</sub> (courtesy of MATGAS 2000 AIE and IBERDROLA).

- **Cálculo de la huella de carbono de los distintos tratamientos del agua de consumo.**

Se ha realizado el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de las instalaciones de potabilización del Área Metropolitana de Barcelona, así como la huella de carbono de posibles escenarios futuros tanto de abundancia como de escasez de recursos hídricos.

- ***Calculating the carbon footprint of different drinking water treatments.***

*The Life Cycle Analysis (LCA) of water treatment facilities of the Metropolitan Area of Barcelona was made as well as the carbon footprint of possible future scenarios both abundance and scarcity of water resources.*



## Actividad 7

# Aprovechamiento del CO<sub>2</sub> para la conservación de alimentos



*Fotografía cortesía de Carburos Metálicos.*

*Picture courtesy of Carburos Metálicos.*

**Activity 7**  
**Utilization of CO<sub>2</sub> for food  
preservation**

## Actividad 7 / Activity 7

### Socio Líder / Leading Partner:

Carburos Metálicos con IRTA

### Socios Participantes / Participating Partners:

LINPAC

Nutreco España con MATGAS



Fotografía cortesía de L.F. Vega\*/ Picture courtesy of L.F. Vega\* (\* L. F. Vega. El CO<sub>2</sub> como recurso: de la captura a los usos industriales. Ed. Fundación Gas Natural, 2010).

### Objetivo / Objective:

El CO<sub>2</sub> ha mostrado ser un compuesto muy eficaz en cuanto a la preservación y envasado de alimentos, alargando la vida media de los mismos. El objetivo principal de esta actividad es investigar y desarrollar el uso del envasado de alimentos en atmósfera modificada empleando mezclas de gases con elevado contenido de CO<sub>2</sub>.

*CO<sub>2</sub> has shown to be a very effective compound in the food preservation and packaging, extending the half-life. The main objective of this activity is to research and develop the use of food packaging in modified atmosphere by using gas mixtures with high CO<sub>2</sub> content.*

- **Adquisición de nuevos conocimientos en el envasado de productos avícolas en atmósfera modificada enriquecida en CO<sub>2</sub>.**

En el envasado de productos avícolas en atmósfera modificada, se ha conseguido sustituir los materiales de envase de poliestireno expandido por materiales de PET (tereftalato de polietileno). Este cambio de material ha permitido introducir mezclas de gases con un elevado porcentaje de CO<sub>2</sub>, al tiempo que se ha podido reducir el volumen de la barqueta, con el consiguiente ahorro en materiales de envase. Además, el hecho de introducir una concentración de CO<sub>2</sub> más elevada permite mejorar la vida útil de los despiecees de pollo, manteniendo su calidad microbiológica y sensorial.

- **Acquisition of new knowledge in the packaging of poultry products in modified atmosphere enriched in CO<sub>2</sub>.**

*In the packaging of poultry products in modified atmosphere, it was achieved to substitute packaging materials of expanded polystyrene with PET materials (polyethylene terephthalate). This change in the material has led to the introduction of gas mixtures with a high percentage of CO<sub>2</sub> while it has been possible to reduce the tray volume, with consequent savings in material packaging. Besides the fact that introducing a higher CO<sub>2</sub> concentration enhances the life of chicken cuts, it also maintains its microbiological and sensory quality.*



*Productos avícolas conservados en atmósfera modificada empleando envases de PET desarrollados por LINPAC (cortesía de MATGAS 2000 AIE y Nutreco).*

*Poultry products preserved in modified atmosphere using PET packages developed by LINPAC (courtesy of MATGAS 2000 AIE and Nutreco).*

## Actividad 7 / Activity 7



*Determinaciones fisicoquímicas en porciones de pollo (cortesía de Carburos Metálicos).  
Chicken portions physicochemical determinations (courtesy of Carburos Metálicos).*

- **Estudio del uso de atmósferas modificadas con elevada concentración de CO<sub>2</sub> para el control de insectos y ácaros plaga de alimentos.**

Las atmósferas modificadas con elevada concentración de CO<sub>2</sub> son un método de control de plagas, para materias primas y alimentos procesados, seguros y respetuosos con el medio ambiente. Con el fin de reducir el tiempo de tratamiento y cumplir con las necesidades de la industria alimentaria, se ha estudiado la combinación de esta tecnología con aditivos alimentarios. La adición de bajos niveles de SO<sub>2</sub> a atmósferas modificadas con elevado contenido de CO<sub>2</sub> ha permitido alcanzar el 100% de mortalidad en tres plagas principales de los alimentos, *Sitophilus oryzae* (gorgojo del arroz), *Plodia interpunctella* (polilla de la harina) y *Tribolium confusum* (gorgojo de la harina), con una reducción del tiempo de tratamiento del 85-95% respecto a las atmósfera modificadas sin el aditivo.

Los resultados de esta investigación han dado lugar al envío de una patente a la Agencia Europea de Patentes: *Process for erradication of insects and/or mites at any stage of their development in an agricultural product (EP 2177117 A1)*.

- **Study of the use of modified atmospheres with high concentration of CO<sub>2</sub> for the control of insect and mite pest in food.** Modified atmospheres with high concentrations of CO<sub>2</sub> are a method of pest control for raw materials and processed foods, safe and environmentally friendly. In order to reduce the treatment time and meet the needs of food industry, the combination of this technology with food additives has been studied. The addition of low levels of SO<sub>2</sub> in modified atmosphere with high content of CO<sub>2</sub> led to reach 100% mortality in three major food pests, *Sitophilus oryzae* (rice weevil), *Plodia interpunctella* (meal moth) and *Tribolium confusum* (flour beetle), with a reduced treatment time of 85-95% compared to modified atmosphere without the additive.

The results of this research led to a patent submitting to the European Patent Organisation: Process for erradication of insects and / or mites at any stage of their development in an agricultural product (EP 2177117 A1).



*Sitophilus oryzae* (arriba), *Plodia interpunctella* (centro), *Tribolium confusum* (abajo). Cortesía de Jordi Riudavets, IRTA.

*Sitophilus oryzae* (above), *Plodia interpunctella* (center), *Tribolium confusum* (below). Courtesy of Jordi Riudavets, IRTA.

## Actividad 7 /Activity 7

- Desarrollo de atmósferas modificadas con elevado nivel de CO<sub>2</sub> para el envasado de productos susceptibles de desarrollo de microorganismos.

Se ha desarrollado una nueva mezcla de gases para el envasado de atún fresco, con inclusión de oxígeno, que permite mantener el color rojo del atún por más tiempo que las mezclas tradicionales, sin O<sub>2</sub>. Se ha estudiado la viabilidad del uso de biopolímeros para el envasado de productos de bollería y carne fresca en atmósfera modificada y, se ha comprobado que el tipo de material empleado podría competir con los materiales de envase tradicionales, asegurando unas condiciones adecuadas para la conservación del producto.

- *Developing of modified atmosphere with high levels of CO<sub>2</sub>, for the packaging of goods suitable for growth of microorganisms.*

A new gas mixture for the packaging of fresh tuna has been developed. This includes oxygen, which keeps tuna's red color for a longer time than traditional mixes without O<sub>2</sub>. The feasibility of using biopolymers for packaging bakery products and fresh meat was also studied in modified atmosphere. It was found that the type of material used could compete with traditional packaging materials, ensuring adequate conditions for the product conservation.



Atún rojo envasado en atmósfera modificada empleando una mezcla de gases sin O<sub>2</sub> (izquierda) y con O<sub>2</sub> (derecha). Cortesía de Carburos Metálicos.

Bluefin tuna packaged in modified atmosphere using a mixture of gases without O<sub>2</sub> (left) and with O<sub>2</sub> (right). Courtesy of Carburos Metálicos.





## **Actividad 8**

# **Aprovechamiento del CO<sub>2</sub> en procesos de valorización de residuos, obtención de materiales avanzados y en procesos industriales de fabricación de polímeros**



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE / Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*

**Activity 8**  
**Utilization of CO<sub>2</sub> in waste recovery processes, obtaining advanced materials and polymer-producing industrial processes**

## **Actividad 8 / Activity 8**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

LINPAC con AIMPLAS, UNIOVI y MATGAS

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

Amphos 21 con CTM

Carburos Metálicos con ICMAB-CSIC y MATGAS

### **Objetivo / Objective:**

El objetivo principal de esta actividad es el uso del CO<sub>2</sub> en el proceso de carbonatación de residuos industriales para su valorización o la captura permanente del CO<sub>2</sub>, la carbonatación de otros materiales para obtener materiales avanzados, así como el uso del scCO<sub>2</sub> en procesos industriales en sustitución de otros gases más peligrosos o nocivos, como son los compuestos orgánicos volátiles. Por tanto, en esta actividad se une de nuevo la captura del CO<sub>2</sub> con su valorización y aprovechamiento.

*The main objective of this activity is the use of CO<sub>2</sub> in the process of carbonation of industrial waste for recovery or permanent capture of CO<sub>2</sub>, the carbonation of other materials to obtain advanced materials and scCO<sub>2</sub> use in industrial processes replacing other more dangerous or harmful gases, such as volatile organic compounds. Therefore, in this activity, the capture of CO<sub>2</sub> rejoins its recovery and utilization.*

- **Proceso de carbonatación acelerada de residuos alcalinos.**  
Dicho proceso es favorable en el caso de las cenizas volantes de incineradora sde residuos urbanos tanto para el alto consumo de CO<sub>2</sub> como para la estabilización geoquímica del residuo. Se ha evaluado su posible valorización como subproducto.

- **Accelerated carbonation of alkaline residues.**  
*This process is favorable in the case of fly ash from urban waste incinerators for both the high consumption of CO<sub>2</sub> and for the geochemistry of waste stabilization. Its possible recovery as a byproduct was evaluated.*



*Agregados centimétricos de ceniza volante de incineradora después del tratamiento de carbonatación acelerada (cortesía de Frederic Clarens, CTM).*

*cm-sized aggregates from incinerator fly ash after accelerated carbonation treatment (courtesy of Frederic Clarens, CTM).*

- **La metodología de inyección de CO<sub>2</sub> en condiciones subcríticas para la disminución de la carga contaminante en suelos por metales pesados ha sido testada en laboratorio.**

Se ha comprobado que la presencia del CO<sub>2</sub> en el agua de inyección favorece la liberación de metales como el Zn, Hg y Co del medio. Para estos metales se han conseguido niveles de desorción muy altos, del 30 al 60% del total del metal en el material contaminado.

- **The methodology of CO<sub>2</sub> injection in sub-critical conditions for reducing the pollution by heavy metals in soils has been tested in the laboratory.**

*It was found that the presence of CO<sub>2</sub> in the injection water favors the release of metals such as Zn, Hg and Co from the medium. For these metals, very high levels of desorption have been achieved, 30 to 60% of the total metal in the contaminated material.*

## Actividad 8 / Activity 8

- Se han mejorado los **procesos de obtención de carbonato cárccico precipitado** para el confinamiento no geológico del CO<sub>2</sub>. El proceso consiste en la carbonatación en scCO<sub>2</sub>, es decir, a presiones superiores a 7,7 MPa, combinados con una agitación por ultrasonidos o la adición controlada de agua para evitar su condensación.
- *The processes for obtaining precipitated calcium carbonate for non-geological confinement of CO<sub>2</sub> were improved. The process consists of scCO<sub>2</sub> carbonation, that is, at pressures above 7.7 MPa, combined with ultrasonic agitation or the controlled addition of water to prevent condensation.*
- Se han desarrollado **nuevos materiales para la captura del CO<sub>2</sub> por inmovilización o impregnación de aminas en sustratos porosos**. El método empleado consiste en el anclaje de las aminas en la superficie a través de enlaces silanos. La reacción de silanización se realiza en condiciones supercríticas y permite una alta carga superficial de aminas sin bloquear los poros.
- *New materials for capturing CO<sub>2</sub> by amines immobilization or impregnation on porous substrates were developed. The method consists in anchoring the amines on the surface via silane links. The silanization reaction is carried out in supercritical conditions and allows a high amine surface charge without blocking the pores.*



Muestra del comportamiento hidrofóbico de la perlita silanizada  
(cortesía de C. Domingo, ICMAB-CSIC).

Sample of the hydrophobic behavior of silanized perlite (cortesía de C. Domingo, ICMAB-CSIC).

- Se ha evaluado la **aplicación del CO<sub>2</sub> para la síntesis de plásticos avanzados** para el envasado activo de alimentos por impregnación de sustancias activas, como repelentes de insectos o antibacterianos naturales.

El proceso consiste en la disolución de la sustancia activa en el CO<sub>2</sub> y su transporte al interior del plástico, donde es depositado.

- *The application of CO<sub>2</sub> for the synthesis of advanced plastics was evaluated for the active food packaging by impregnation of active substances such as insect repellents or natural antibacteria.*

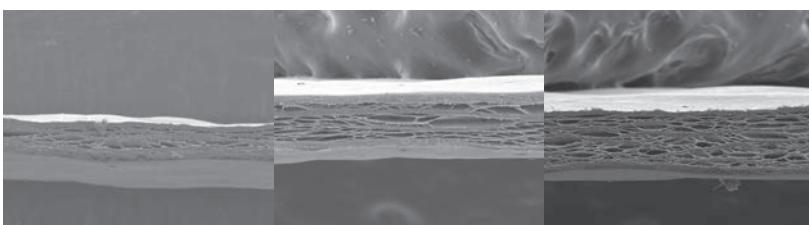
*The process consists of the dissolution of the active substance in CO<sub>2</sub> and transport into the plastic, which is deposited.*

- Se ha desarrollado un **procedimiento de laboratorio para determinar la capacidad de espumado del CO<sub>2</sub> en láminas de plástico**, determinando las condiciones óptimas de presión y temperatura para la formación de microespumas.

El procedimiento ha permitido obtener microespumas de distintas láminas de plásticos, consistentes en un interior con microburbujas estables rodeadas por una piel compacta sin espumar.

- *A laboratory procedure was developed to determine the capacity of the foamed CO<sub>2</sub> in plastic sheets, determining the optimum conditions of pressure and temperature to form microfoams.*

*The procedure allowed to obtain microfoams from different plastics sheets, consisting of an inner part with stable microbubbles surrounded by a compact unfoamed skin.*



*Influencia de la presión de saturación del CO<sub>2</sub> en la expansión del film nº 6, en la densidad, tamaño y forma de la burbuja (cortesía de Carburos Metálicos y MATGAS).*

*Influence of the saturation pressure of CO<sub>2</sub> in the expansion of film No. 6, in the density, size and shape of the bubble (courtesy of Carburos Metálicos and MATGAS).*

## Actividad 8 / Activity 8

- Se han determinado las **condiciones óptimas para la recuperación de materiales elastoméricos** procedentes de la industria del automóvil con CO<sub>2</sub> a alta presión.

La extracción se produce por disolución de los aceites en el CO<sub>2</sub>, que a altas presiones se comporta como un disolvente orgánico, y su eliminación del elastómero.

- *The optimal conditions for the recovery of elastomeric materials from the automotive industry were determined using high pressure CO<sub>2</sub>. The extraction is produced by dissolving the oils in CO<sub>2</sub>, which acts as an organic solvent under high pressure.*

- **Se ha diseñado y desarrollado una unidad experimental para mezclado de gases a alta presión de isobutano / CO<sub>2</sub>.**

Dicho diseño se ha llevado a cabo con distintas composiciones y modificando el diseño del husillo de la extrusora primaria, del cabezal, de los anillos de aire interior y de diversos equipos auxiliares de alimentación, secado de materia prima y control de temperatura.

- *An experimental unit was designed and developed for mixing gases at high pressure of isobutane / CO<sub>2</sub>.*

This design was carried out with different compositions and modifying the design of the primary extruder screw, the head, the internal-air rings and various auxiliary equipments for feeding, feedstock drying and temperature control.

- Se ha desarrollado la **tecnología de espumación de poliestireno** (PS) con un nivel de sustitución de hidrocarburos de hasta el 60% en estructuras de celda abierta y del 40% en estructuras de celda cerrada.

- *The polystyrene (PS) foaming technology was developed with a substitution level of hydrocarbons up to 60% in open-cell structures. n close-cell structures.*



*Nuevo envase-prototipo de PS (cortesía de LINPAC).  
New PS packaging prototype (courtesy of LINPAC).*



*Equipo de suministro de CO<sub>2</sub> a alta presión (300 bar) desarrollado en el proyecto para el espumado de plástico (cortesía de MATGAS 2000 AIE y LINPAC).  
CO<sub>2</sub> supply equipment at high pressure (300 bar) developed in the project for the plastic foaming (courtesy of MATGAS 2000 AIE and LINPAC).*



## Actividad 9

### Análisis de ciclo de vida



Fotografía cortesía de L.F. Vega\*/ Picture courtesy of L.F. Vega\* (\* L. F. Vega. El CO<sub>2</sub> como recurso: de la captura a los usos industriales. Ed. Fundación Gas Natural, 2010).

## Activity 9

### Life cycle analysis

## **Actividad 9 / Activity 9**

### **Socio Líder / Leading Partner:**

Bioetanol Galicia

### **Socios Participantes / Participating Partners:**

Abengoa Bioenergía San Roque

Aqualogy con CETqua y UPC

Carburos Metálicos con CTM

IDESa con PRODINTEC

Repsol con UA

ROS ROCA INDOX CRYOENERGY

### **Objetivo / Objective:**

El objetivo principal de esta actividad es determinar la ganancia ambiental neta de los nuevos procesos generados en el proyecto, defender las ventajas frente a los procesos convencionales e identificar las etapas a mejorar y refinar (identificar las oportunidades de reducción de impactos ambientales). Para establecer el impacto ambiental de los diferentes procesos, se ha empleado la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que es una metodología dinámica e interactiva que permite conocer y valorar las cargas ambientales asociadas al ciclo de vida de productos, procesos o actividades, en el marco de un sistema de límites definidos.

*The main objective of this activity is to determine the net environmental gain of the new processes created in the project, to defend the advantages over conventional processes and identify the stages to improve and refine (identify opportunities for reducing environmental impacts). To set the environmental impact of different processes, the methodology of Life Cycle Assessment (LCA) was used, which is an environmental dynamic and interactive approach to evaluate and be aware of the environmental burdens associated with the life cycle of products, processes or activities, as part of a system with defined limits.*

La implementación de los ACV implica una gran complejidad tecnológica asociada a la gran variedad de procesos, la necesidad de datos no recopilados en las bases de datos disponibles y los nuevos procesos derivados del proyecto no se desarrollan a escala industrial.

Para llevar a cabo esta actividad, se plantean los siguientes objetivos: (i) determinar el balance de la energía y de emisiones de gases de efecto invernadero, (ii) describir de cada etapa que forma parte de los procesos convencionales y los desarrollados por el proyecto, (iii) determinar la huella de carbono de los diferentes procesos, (iv) determinar las ventajas e inconvenientes de los nuevos procesos en relación a los convencionales y (v) contribuir al mantenimiento y mejora del bienestar de la sociedad reduciendo el impacto ambiental.

*The implementation of LCA tools involves great technological complexity associated with the wide variety of processes, the need for data not collected in the available databases and the new processes resulting from the project are not develop at industrial scale.*

*To carry out this activity, the following objectives were set: (i) to determine the energy balance and emissions of greenhouse gases, (ii) describe each step that is part of the conventional processes and the processes developed by the project, (iii) determine the carbon footprint of different processes, (iv) determine the advantages and disadvantages of the new processes in relation to the conventional processes and (v) assist in maintaining and improving the welfare of society by reducing the environmental impact.*

## Actividad 9 / Activity 9

- **Implementación del Análisis de Ciclo de Vida para:**
  1. Una planta de carbón sin unidad de captura, con unidad de captura convencional por MEA (Ensamblaje membrana-electrodo) y con unidad de captura por *Advance amine*. Asimismo, se ha llevado a cabo el ACV de sistemas de captura basados en materiales sólidos (derivados de óxido de calcio -CaO- y ortosilicato de litio).  
2. Una planta de producción de hidrógeno como caso base para una planta de captura de CO<sub>2</sub> en precombustión.  
3. Procesos de producción convencionales de bioetanol, biodiésel, y de los nuevos procesos basados en la hidrogenación catalítica del CO<sub>2</sub> y fotosintéticos. Mejora en los resultados de gases de efecto invernadero en los modelos integrados de los procesos innovadores con las planta de bioetanol y biodiésel. Como resultado, los procesos basados en algas se presentan como los más viables para la captura y transformación del CO<sub>2</sub>.
- *Implementation of Life Cycle Analysis for:*
  1. *A coal plant without capture unit, with conventional capture unit by MEA (Membrane Electrode Assembly) and capture unit by Advance amine. Furthermore, the LCA of the capture systems based on solid materials (derivatives of calcium oxide —CaO— and lithium orthosilicate) was also carried out.*
  2. *A hydrogen production plant as a base case for a plant of pre-combustion CO<sub>2</sub> capture.*
  3. *Conventional production processes of bioethanol, biodiesel, and new processes based on catalytic hydrogenation of CO<sub>2</sub> and photosynthetics. Improved results of greenhouse gases in integrated models of the innovation processes in the bioethanol and biodiesel plant. As a result, algae-based processes are presented as the most viable for CO<sub>2</sub> capture and processing.*

- **Análisis de la sensibilidad a la inversión del sistema de cultivo de microalgas.**
- *Sensitivity analysis of investment microalgae culture system.*

- **Cálculo de la huella de carbono de los distintos tratamientos del agua de consumo.**

Se ha realizado el ACV de las instalaciones de potabilización del Área Metropolitana de Barcelona, así como la huella de carbono de posibles escenarios futuros tanto de abundancia como de escasez de recursos hídricos.

- ***Calculating the carbon footprint of different drinking water treatments.***

*The LCA of water treatment facilities of the Metropolitan Area of Barcelona was made as well as the carbon footprint of possible future scenarios both abundance and scarcity of water resources.*



*ETAP de Sant Joan Despí, Barcelona (cortesía de Aqualogy).  
Sant Joan Despí DWTP, Barcelona (courtesy of Aqualogy).*

## Actividad 9 / Activity 9

- **Evaluación del impacto ambiental de:**
  - Tres sistemas de envasado con atmósferas modificadas empleando diferentes tipos de material de envase: (i) poliestireno expandido (EPS), (ii) ácido poliláctico (PLA) y (iii) ptereftalato de polietileno (PET).
  - La fabricación de equipos destinados a los nuevos procesos de conversión y uso del CO<sub>2</sub>.
- **Environmental impact assessment:**
  - *Three sets of modified atmosphere packaging using different types of packaging material: (i) expanded polystyrene (EPS), (ii) polylactic acid (PLA) and (iii) polyethylene tereftalate (PET).*
  - *The manufacture of equipment for the new processes conversion and use of CO<sub>2</sub>.*

Corte y curvado de chapa para la producción de equipos, instalaciones de Idesa (cortesía de Rubén González Hidalgo, IDESA).

*Cutting and bending sheet metal for the equipment production, Idesa facilities (courtesy of Rubén González Hidalgo, IDESA).*







# **Impacto del Proyecto CENIT SOST-CO<sub>2</sub>**

# **Impact of the CENIT SOST-CO<sub>2</sub> Project**

## **Impacto /Impact**

En sus 4 años de duración, el proyecto CENIT **SOST-CO2** ha tenido un gran impacto social y mediático. Dicho impacto se demuestra a través de las diferentes actividades de divulgación que se derivan del mismo como apariciones en prensa, presentación de patentes y modelos de utilidad ,publicaciones científicas o presentaciones en congresos y jornadas.

Además, el proyecto ha dado la oportunidad a diferentes estudiantes para la realización de tesis doctorales y estancias postdoctorales, así como la colaboración de estudiantes en el marco del programa ERASMUS, de Máster y otros tipos de colaboraciones. Asimismo, se han generado un gran número de puestos de trabajo con motivo de la participación de las diferentes instituciones y empresas en este proyecto, además de la concesión de otras becas de investigación.

Finalmente, el proyecto ha dado lugar a la preparación de propuestas de nuevos proyectos (europeos, nacionales y autonómicos) por parte de las empresas e instituciones participantes, al desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios, así como la participación de las empresas del consorcio en plataformas tecnológicas.

*Over the 4-year period it lasted, the CENIT **SOST-CO2** project has had a great social and media impact. This impact is proven by various disseminating activities derived from the project itself, such as media appearances, submission of patents and utility models, publications or presentations at scientific conferences and seminars.*

*In addition, the project has provided the opportunity for different students to undertake PhD and post-PhD studies as well as the collaboration of ERASMUS students, Master students and other collaborations. A large number of jobs were also generated as a result of the participation of different institutions and companies on this project, in addition to other research granting.*

*Finally, the project has resulted in the preparation of proposals for new projects (European, national and regional) by the companies and institutions involved, the development of new products, processes and services as well as the participation of consortium companies in the technology platforms.*

La siguiente tabla muestra los números más relevantes relativos a divulgación:  
*The following table shows the most relevant issues relating to dissemination:*

Generación de empleo / Employment generation	87
Productos comercializables significantes <i>Significant commercial products</i>	25
Patentes / Patents	9
Publicaciones Científicas / Scientific Publications	84
Participaciones en congresos / Participations in congress	214
Tesis doctorales / PhD Thesis	13
Contratos postdoctorales / Postdoctoral Thesis	6
Propuestas de nuevos proyectos <i>Proposals for new projects</i>	40
Apariciones en prensa / Appearances in press	182*
Visitas en la página web ( <a href="http://www.cenit-sostco2.es">www.cenit-sostco2.es</a> ) <i>Views on the website (<a href="http://www.cenit-sostco2.es">www.cenit-sostco2.es</a>)</i>	6. 127**
Colaboración de estudiantes / Students collaborations	22

\*datos hasta el 31 de diciembre de 2011 / data up to December 31, 2011.

\*\* datos hasta el 7 de junio de 2012 / data up to June 7, 2012.

*La mayor parte de las visitas proceden de España, aunque también se ha consultado la web a nivel mundial, destacando países como México, Estados Unidos, Alemania, Francia, Chile, Brasil, Reino Unido, Perú y Colombia.*

*Most visitors come from Spain, although it also the web is consulted worldwide, highlighting countries like Mexico, United States, Germany, France, Chile, Brazil, UK, Peru and Colombia.*



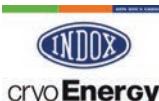
## Patentes / Patents



1. J. Riudavets, R. Cabarra, C. Castañé, O. Alomar, S. Guri, J. Sánchez. Process for eradication of pests in an agricultural product. Eur. Pat. Appl.(2010), EP 2165613 A1 20100324.
- 2.J.O.Ossó,L.F.Vega,I.Gallardo,G.Guirado,A.B.Gómez,F.I.Reche.Electrocarboxylation synthesis for obtaining intermediates useful for the synthesis of span derivatives. Solicitud Patente Europea nº 11382396.
3. J. O. Ossó, L.F. Vega, C. Roscini, J. Hernando, J.L. Bourdelande. Method for predicting the efficiency of a TiO<sub>2</sub> photocatalyst. Solicitud Patente Europea, EP 12382289.2.



4. A.Marcilla Gomis, A.N. García, J.C. García, M. López Pastor. Sistema integral de aprovechamiento energético. Primera presentación P201030210.
5. A.Marcilla Gomis, A.N. García, J.C. García, L. Catalá, A. Gómez, M.I. Beltrán. Sistema de reactor abierto para el cultivo de microalgas. Primera presentación P201030394.



6. F. Fernández Polanco Fernández de Moreda, M. Fernández-Polanco Íñiguez de la Torre, I. Diaz Villalobos, I. Ramos Castaño, S. I. Pérez Elvira. Sistema microaerobio para controlar la concentración de sulfuro de hidrógeno en reactores de biometanización. P201200708.

## Patentes /Patents



7. A. Castro de Benito, R. González Hidalgo, J. Villarica Viñes, P. Coca Valdés. Diseño de Biorreactor específico para cultivo de algas. P201200271.



8. LINPAC PACKAGING LIMITED (UK). MAP tray. Modelo de utilidad (Community design) nº 001155816-001.

biogas fuel cell



9. M. Bahr, R. Muñoz Otero, M. Díaz Prado, A. Domínguez Padilla, J. I. Díaz Menéndez. Sistema de depuración simultánea de biogás y efluentes residuales industriales mediante microalgas y bacterias. P2372509 A1





## Publicaciones / Publications



### Libros y Capítulos de libro / Book and Book Chapters

1. L. F. Vega. El CO<sub>2</sub> como recurso: de la captura a los usos industriales. Ed. Fundación Gas Natural, 2010. ISBN: 978-84-614-1195-5. 2<sup>a</sup> edición 2011).
2. L.F. Vega, O. Vilaseca, E. Valente, J.S. Andreu, F. Llorell, R.M. Marcos. Using molecular modeling tools to understand the thermodynamic behavior of ionic liquids. Ionic Liquids, Theory and Applications, Ed. Intech, 2011. ISBN: 978-953-307-349-1.
3. L.F. Vega, L. F. Chapter 10: "Sustainability and efficiency of the new technologies for the CO<sub>2</sub> capture, transformation and utilization: advantages and challenges" , 219-245, 2010 (In Spanish: "Sostenibilidad y eficiencia de las nuevas tecnologías para la captura, transformación y el aprovechamiento del CO<sub>2</sub>; ventajas y retos actuales").  
Book: "The energetic sector in a new scenario" Biblioteca Civitas de Economía y Empresa. Editorial: Civitas, Thomson Reuters (Legal) Limited. ISBN: 978-84-470-3428-4.



## **Publicaciones/Publications**

### **Artículos publicados en revistas incluídas en el ISI/ SCR**

### **Papers published in journals included in the ISI/SCR**

4. J. S. Andreu, L. F. Vega. Modeling the Solubility Behavior of CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, and Xe in [Cn-mim][Tf<sub>2</sub>N] Ionic Liquids. *The Journal of Physical Chemistry B*, 112 (48), 15398-15406 (2008).
5. S. Guri. Envasado de alimentos en atmósfera protectora. *Alimentaria*. 62 – 65 (2008).
6. J. Riudavets. Carbon dioxide modified atmospheres as a commercial alternative for the control of pests in rice. En: Contribution for Integrated Management of Stored Rice Pests. Ed. Mancini, R., Carvalho, M.O., Timlick, B., Adler, C. IICT Instituto de Investigaçao Científica Tropical. Lisboa. Portugal. 241 – 248 (2008).
7. J. Riudavets, R. Gabarra M.J. Pons, C. Castañé, C. Alomar, S. Guri. Toxicity Effects of High Carbon Dioxide Modified Atmospheres in Combination with Sulphur Dioxide on the Rice Weevil *Sitophilus oryzae*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products. Chengdu. China, Sep. 21 - 26. Ed. Daolin, D., Navarro, S., Jian, Y., Cheng, T., Zuxum, J., Yue, L., Yang, L., Haipeng, W. Sichuan Publishing Group, China, 21 – 26 (2008).
8. J. Riudavets. Carbon dioxide modified atmospheres as a commercial alternative for the control of pests in rice. En: Contribution for Integrated Management of Stored Rice Pests. Ed. Mancini, R., Carvalho, M.O., Timlick, B., Adler, C. IICT Instituto de Investigaçao Científica Tropical. Lisboa. Portugal. 241 – 248 (2008).
9. J. Riudavets, C. Castañé, C. Alomar, M.J. Pons, R. Gabarra, S. Guri. Atmósferas modificadas para el control de plagas en productos alimentarios. *Alimentaria*. 40 - 45 (2008).
10. A.M.A Dias, F. Llorell, J.A.P. Coutinho, I.M. Marrucho, L.F. Vega. Thermodynamic characterization of pure perfluoroalkanes, including interfacial and second order derivative properties, using the crossover soft-SAFT EoS. *Fluid Phase Equilibria*, 286 (2), 134-143 (2009).
11. L.F. Vega, F. Llorell, F.J. Blas. Capturing the solubility minima of n-Alkanes in water by Soft-SAFT. *Journal of Physical Chemistry B*, 113 (21), 7621-7630 (2009).

12. B. Fidalgo, A. Arenillas, J.A. Menéndez. Activated carbons as catalysts in the microwaveassisted CO<sub>2</sub> reforming of CH<sub>4</sub>. Abstracts of the Carbon'09, p.75, P1-67 Biarritz, Francia (2009).
13. C. García-González, J. Fraile, A.M. López-Periago, C. Domingo. Preparation of silane-coated TiO<sub>2</sub> nanoparticles in supercritical CO<sub>2</sub>, Journal of Colloid and Interface Science, 338, 491-499 (2009).
14. C. García-González, J. Saurina, J.A. Ayllón, C. Domingo. Preparation and characterization of surface silanized TiO<sub>2</sub> nanoparticles under compressed CO<sub>2</sub>: reaction kinetics, Journal of Physical Chemistry C, 113, 13780-13786 (2009).
15. J. Riudavets, C. Castañé, O. Alomar, M.J. Pons, R. Gabarra. Modified atmosphere packaging (MAP) as an alternative measure for controlling ten pests that attack processed food products. Journal of Stored Products Research, 45 (2), 91-96 (2009).
16. L. F. Vega. Sostenibilidad y eficiencia de las nuevas tecnologías para la captura, transformación y el aprovechamiento del CO<sub>2</sub>: ventajas y retos actuales. Capítulo 10 del libro: "El sector energético ante un nuevo escenario". (2010) Civitas, Thomson Reuters (Legal) Limited. ISBN: 978-84-470-3428-4. Biblioteca Civitas de Economía y Empresa. Comisión Nacional de Energía. Editores: José Luis García Delgado, Juan Carlos Jiménez.
17. B. Fidalgo, L. Zubizarreta, J.M. Bermúdez, A. Arenillas, J.A. Menéndez. Synthesis of carbon-supported nickel catalysts for the dry reforming of CH<sub>4</sub>. Fuel Processing Technology, 91, 765-769 (2010).
18. B. Fidalgo, A. Arenillas, J.A. Menéndez. Influence of porosity and surface groups on the catalytic activity of carbon materials for the microwave-assisted CO<sub>2</sub> reforming of CH<sub>4</sub>. Fuel, 89(12), 4002-4007 (2010).
19. B. Fidalgo, A. Arenillas, J.A. Menéndez. Materiales carbonosos para el reformado seco del metano asistido con microondas. Actas de la X Reunión del Grupo Español del Carbón, 279-280, Girona. ISBN 978-84-8458-308-0 (2010).
20. B Fidalgo, A Arenillas, J A Menéndez. Synergetic effect of a mixture of activated carbon + Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> used as catalysts for the CO<sub>2</sub> reforming of CH<sub>4</sub>. Applied Catalysis A: General, 390, 78-83 (2010).

## **Publicaciones/Publications**

21. O. Vilaseca, F. Llovel, J. Yustos, R.M. Marcos, L.F. Vega. Phase equilibria, surface tensions and heat capacities of hydrofluorocarbons and their mixtures including the critical region. *The Journal of Supercritical Fluids*, 55 (2), 755-768 (2010).
22. L. F. Vega, O. Vilaseca, F. Llovel J. S. Andreu. Modeling ionic liquids and the solubility of gases in them: Recent advances and perspectives. *Fluid Phase Equilibria* 294, (1-2), 15-30, Review by invitation. *Ionic Liquids Special Issue* (2010).
23. A. Al-Nehlawi, S. Guri. Efecto sinérgico del envasado en atmósfera protectora y de la utilización de aditivos en la vida útil de bizcocho elaborado artesanalmente. *Info Innopan*, Nº 4, Enero 2010.
24. S.Guri, G. Coelho. Feasibility of some commercial biodegradables films for modified atmosphere packaging of red meat. Book of full papers. ISBN: 978-80-89088-89-E. 5<sup>th</sup> Central European Congress on Food. Bratislava (Slovakia), 19-22 Mayo 2010.
25. J. Riudavets, C. Castañé, O. Alomar, M.J. Pons, R. Gabarra. The use of carbon dioxide at high pressure to control nine stored-product pests. *Journal of Stored Products Research*, 45, 228-233 (2010).
26. M.J. Pons, A.G. Cámara, S. Guri, J. Riudavets. The use of carbon dioxide in big bags and containers for the control of pest in food products. *Julius Kühn Archiv*, 425, 414-418 (2010).
27. J. Riudavets. Stored Product Protection Perspectives in Spain. *Julius Kühn Archiv*. 429, 77-80 (2010).
28. J. Riudavets, C. Castañé. Efecto del proceso de molienda del trigo y elaboración de pasta alimentaria sobre la supervivencia del gorgojo *Sitophilus oryzae*. *ALIMENTARIA*, 78-83 (Mayo 2010).
29. A.M. López-Periago, R. Pacciani, C. García-González, L. F. Vega, C. Domingo. A breakthrough technique for the preparation of high-yield precipitated calcium carbonate, *The Journal of Supercritical Fluids* 52, 298–305 (2010).
30. C.A. García-González, A. Argemí, A.R. Sampaio de Sousa, C.M.M. Duarte, J. Saurina, C. Domingo. Encapsulation efficiency of solid lipid hybrid particles prepared using the PGSS® technique and loaded with different polarity active agents, *The Journal of Supercritical Fluids* 54 342–347 (2010).

31. C. Fàbrega, T. Andreu, A. Cabot, J.R. Morante. Location and catalytic role of iron species in TiO<sub>2</sub>:Fe photocatalysts: An EPR Study. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 211, 170–175 (2010).
32. M.J. Pons, C. Castañé, J. Riudavets. Evaluation of carbon dioxide treatments at high pressure and at different temperatures against *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). IOBC/wprs Bulletin Vol. (en prensa). Nº 4. January 2010.
33. C. Fàbrega, F. Hernandez-Ramirez, J.D. Prades, R. Jiménez-Díaz, T. Andreu, J.R. Morante. On the photoconduction properties of low resistivity TiO<sub>2</sub> nanotubes study. *Nanotechnology*, 21, 445703 (6pp) (2010) 31. R. Domènech-Ferrer, J. Rodriguez-Viejo, G. García. Infrared imaging tool for screening catalyst effect on hydrogen storing thin film libraries. *Catalysis Today*, 159, 144-149 (2011).
34. C.M. Ionica-Bousquet, D. Muñoz-Rojas, W.J. Casteel Jr., R.M. Pearlstein, G. Girish Kumar, G.P. Pez, M.R. Palacin. Polyfluorinated boron cluster based salts: A new electrolyte for application in nonaqueous asymmetric AC/Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 196, 1626–1631 (2011).
35. F. Llorell, E. Valente, O. Vilaseca, L.F Vega. Modeling Complex Associating Mixtures with [C-n-mim][Tf<sub>2</sub>N] Ionic Liquids: Predictions from the Soft -SAFT Equation. *Journal of Physical Chemistry*, 115, 4387-4398 (2011).thin single-crystalline germanium-on-insulator structures. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54, 1959-1962 (2011).
36. J. Álvarez-Quintana, J. Rodriguez-Viejo, F.X. Álvarez, D. Jou. Thermal conductivity of thin single-crystalline germanium-on-insulator structures. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54, 1959-1962 (2011).
37. S. Builes, T. Roussel, L.F. Vega. Optimization of the Separation of Sulfur Hexafluoride and Nitrogen by Selective Adsorption Using Monte Carlo Simulations. *AIChE Journal*, 57, 962-974 (2011).
38. M. Molina-Ruiz, A.F. Lopeandia, F. Pi, D. Givord, O. Bourgeois, J. Rodriguez-Viejo. Evidence of finite-size effect on the Neel temperature in ultrathin layers of CoO nanograins. *Physical Review B*, 83 (14), 140407/1- 140407/14 (2011).

## Publicaciones/Publications

39. A. Sepulveda, E. Leon-Gutierrez, M. Gonzalez-Silveira, C. Rodriguez-Tinoco, M. T. Clavaguera-Mora, J. Rodriguez-Viejo. Accelerated Aging in Ultrathin Films of a Molecular Glass Former. *Physical review Letters*, 107, 025901/1-025901/4 (2011).
40. R. Pacciani, J. Torres, P. Solsona, C. Coe, R. Quinn, J. Hufton, T. Golden, L.F. Vega. Influence of the Concentration of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> on the Absorption of CO<sub>2</sub> by a Lithium Orthosilicate-Based Absorbent. *Environmental Science & Technology*, 45, 7083-7088 (2011).
41. L.F. Vega, O. Vilaseca, E. Valente, J.S. Andreu, F. Llorell, R.M. Marcos. Chapter 13. Using molecular modeling tools to understand the thermodynamic behavior of ionic liquids. *Ionic Liquids, Theory and Applications*, 2011 (p.303-328). Intech. ISBN: 978-953-307-349-1.
42. O. Vilaseca, L. F. Vega. Direct calculation of interfacial properties of fluids close to the critical region by a molecular-based equation of state. *Fluid Phase Equilibria* 306, 4–14 (2011).
43. J.A. Menéndez, E.J. Juárez-Pérez, E. Ruisánchez, J.M. Bermúdez, A. Arenillas. Ball lightning plasma and plasma arc formation during the microwave heating of carbons. *CARBON* 49 (2011) 339–351.
44. A.M. López-Periago, R. Pacciani, L.F. Vega, C. Domingo. Monitoring the effect of mineral precursor, fluid phase CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O composition and stirring on CaCO<sub>3</sub> precipitation yield and particle size in a supercritical carbonation process. *Crystal Growth and Design*, 11(12), 5324-5322 (2011).
45. A. Argemí, C. Domingo, A.R. Sampaio de Sousa, C. M.M. Duarte, C.A. García-González, J. Saurina. Characterization of new topical ketoprofen formulations prepared by drug entrapment in solid lipid matrices. *Journal of Pharmaceutical Science*, 100 (11), 4783-4789 (2011).
46. E. Forte, F. Llorell, L.F. Vega, J.P. Martin-Trusler, A. Galindo. Applications of a renormalization-group for potentials of variable range (SAFT-VR). *The Journal of Chemical Physics*, 134, 154102/1-154102/15 (2011).
47. S. Builes, T. Roussel, C. Ghimbeu, J. Parmentier, R. Gadiou, C. Vix-Guterl, L.F. Vega. Microporous carbon adsorbents with high CO<sub>2</sub> capacities for industrial applications. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 13, 16063- 16070 (2011).

48. R. Domènech-Ferrer, J. Rodriguez-Viejo, M. Gonzalez-Silveira, G. Garcia. In situ infrared thermographic screening of compositional spread Mg-Ti thin film libraries. *The Journal of Alloys and Compounds*, 509, 6497-6501 (2011).
49. C. Fàbrega, T. Andreu, F. Güell, J.D. Prades, S. Estradé, J.M. Rebled, F. Peiró, J.R. Morante. Effectiveness of nitrogen incorporation to enhance the photoelectrochemical activity of nanostructured TiO<sub>2</sub>:NH<sub>3</sub> versus H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> annealing. *Nanotechnology*, 22 (23), art. no. 235403/1-235403/7 (2011).
50. P. López-Aranguren, J. Saurina, L.F. Vega, C. Domingo. Sorption of tryalkoxysilane in low-cost porous silicates using a supercritical CO<sub>2</sub> method. *Microporous and Mesoporous Materials*, 148, 15–24 (2012).
51. F. Llovell, O. Vilaseca, L.F. Vega. Thermodynamic modeling of imidazolium-based Ionic Liquids with the [PF<sub>6</sub>] anion by means of the soft-SAFT EoS. *Separation Science and Technology*, 47(2), 399-410 (2012).
52. S. Builes, L.F. Vega. Understanding CO<sub>2</sub> capture in Amine Functionalized MCM-41 by Molecular Simulation. *Journal of Physical Chemistry*, 116, 3017–3024 (2012).
53. S. Builes, P. López-Aranguren, J. Fraile, L.F. Vega, C. Domingo. Alkylsilane functionalized meso and microporous materials: molecular simulation and experimental analysis of gas adsorption. *Journal of Physical Chemistry C*, 116, 10150-10161 (2012).
54. M.B. Oliveira, F. Llovell, J.A. Coutinho, L.F. Vega. Modeling the [NTf (2)] Pyridinium Ionic Liquids Family and Their Mixtures with the Soft Statistical Associating Fluid Theory Equation of State. *Journal of Physical Chemistry B* (2012), 116(30), 9089-100
55. F. Llovell, R.M. Marcos, N. MacDowell; L. F. Vega. Modelling the Absorption of Weak Electrolytes and Acid Gases with Ionic Liquids Using the soft-SAFT Approach. *Journal of Physical Chemistry B* (2012), 116(26), 7709-7718.
56. M.J. Pons, C. Castañé, S. Guri, J. Riudavets. Combination of modified atmospheres with high CO<sub>2</sub> content and volatile bioactives for the control of the rice weevil. IOBC/wprs Bulletin (in press).
57. P. López-Aranguren, L.F. Vega, C. Domingo, E.H. Chimowitz An Equation of State for Pore-Confining Fluids. *AIChE J.*, DOI 10.1002/aic.13873, (in press).

## **Publicaciones/Publications**

58. M. Oliveira, M. Domínguez-Pérez, M. Freire, F. Llorell, O. Cabeza, J. Lopes da Silva, L.F. Vega, J.A.P Coutinho. Surface Tension of Binary Mixtures of 1-Alkyl-3-Methylimidazolium Bis(trifluoromethylsulfonyl)imide Ionic Liquids: Experimental Measurements and Soft-SAFT Modeling. *The Journal of Physical Chemistry* (accepted).
59. F. Llorell, M. Oliveira, O. Vilaseca, R. M. Marcos, J.A.P. Coutinho, L. F. Vega. Modelling of ionic liquids: a simple and accurate approach for the prediction of thermophysical properties. Conference Proceedings EQUIFASE 2012, Puerto Varas (Chile).
60. F. Llorell, L. F. Vega. Simultaneous modeling of phase equilibrium and transport properties of fluids: Free-Volume-Theory coupled to the soft-SAFT equation of state. Conference Proceedings EQUIFASE 2012, Puerto Varas (Chile).

### **Tesis doctorales / PhD Thesis**

61. Beatriz Fidalgo (Directors: J.J. Pis Martínez, A. Menéndez Díaz). Reformado de metano con CO<sub>2</sub> asistido con microondas. Universitat de Oviedo, 2010.
62. Cristian Fábrega Gallego (Directors: Morante i Lleonart, Joan Ramon; Andreu Arbella, Teresa). Síntesi i caracterització d'òxid de titani nanoestructurat per aplicacions energètiques. Universitat de Barcelona, 2011.
63. S. Builes (Director: L.F. Vega). Understanding the behavior of materials for caputre of greenhouse gases by molecular simulations. Universitat Autònoma de Barcelona, 2012. ISBN: 9788469400000.
64. O. Vilaseca (Directors: L.F. Vega, F. Llorell). Molecular Modeling of Interfacial Properties of Industrial Relevant Fluids. Universitat Autònoma de Barcelona, 2012.



65. M. Fdz-Polanco, S.I. Pérez y I. Díaz, De anaerobio a microaerobio: biogás libre de H<sub>2</sub>S en la digestión de lodos. InfoENviro 56, 101-103 (2010).

**Artículos publicados en revistas incluidas en el ISI/SCR**

**Papers published in journals included in the ISI/SCR**

66. M. Fdz.-Polanco, I. Díaz, S.I. Pérez, A. C. Lopes, F. Fdz.-Polanco. Hydrogen sulphide removal in the anaerobic digestion of sludge by micro-aerophilic processes: pilot plant experience. Water Science and Technology, 60 (12), 3045-3050 (2009).

67. I. Díaz, A.C. Lopes, S.I. Pérez, M. Fdz-Polanco. Performance evaluation of oxygen, air and nitrate for the microaerobic removal of hydrogen sulphide in biogas from sludge digestion. Bioresource Technology, 101 (20), 7724-7730 (2010). ISSN 0960-8524.

68. M. Fdz-Polanco, S.I. Pérez y I. Díaz, De anaerobio a microaerobio: biogás libre de H<sub>2</sub>S en la digestión de lodos. InfoENviro 56, 101-103 (2010).

69. I. Díaz, S.I. Pérez, E.M. Ferrero, M. Fdz-Polanco. Effect of oxygen dosing point and mixing on the microaerobic removal of hydrogen sulphide in sludge digesters. Bioresource Technology, 102, 3768-3775. ISSN 0960-8524 (2011).

70. I. Díaz, A.C. Lopes, S.I. Pérez, M. Fdz-Polanco Determination of the optimal rate for the microaerobic treatment of several H<sub>2</sub>S concentrations in biogas from sludge digesters. Water Science and Technology, 64 (1), 233-238 (2011).

71. I. Díaz, M. Fdz-Polanco.Robustness of the microaerobic removal of hydrogen sulphide from biogas. Water Science and Technology 65 (8), 1368-1374. ISSN 0273-1223 (2012).

**Tesis doctorales / PhD Thesis**

72. Israel Díaz Villalobos. H<sub>2</sub>S free biogas. From anaerobic to microaerobic. Universidad de Valladolid, 2011.

73. Iris Ramos Castaño. Estudio de procesos microaerobios para el control de sulfuros. Universidad de Valladolid, Marzo 2011.

## Publicaciones/Publications



74. Agbar. Eficiencia en la aplicación de CO<sub>2</sub>. BOLETÍN DE LA FUNDACIÓN CENTRO CANARIO DEL AGUA - AÑO IX - EL MANANTIAL (Diciembre 2008), Santa Cruz de Tenerife (España) (Prensa escrita).
75. M. Hernández. Guía para la Remineralización de las Aguas Desaladas/Guide for the Remineralization of Desalinated Water 2<sup>a</sup> Edición. 2010. Editado por Acuamed y la Fundación Centro Canario del agua.
76. A. Bello, R.G. Raluy, V. Subiela, B. Peñate, I. Fonseca. Destilación por membranas: situación actual y potencialidades. Tecnología del agua 328, 42-51 (2011).
77. S. Mariné, M. Pedrouzo, R.M. Marcé, I. Fonseca, F. Borrull. Comparison between sampling and analytical methods in characterization of pollutants in biogas. Talanta 100, 145-152 (2012).



78. Manual del aplicador de CO<sub>2</sub> en cultivos hortícolas. A. Antón, X. Aranda, C. Biel, F. de Herralde, J. Montero, J.I. Montero, C. Morales, P. Muñoz, R. Savé. IRTA Diciembre 2011.
79. Maite Astiz, Juan Del Castillo (INTIA), Pere Muñoz, Robert Savé, Xabier Aranda (IRTA). Fertilización carbónica. Cultivo de tomate en Hidroponía. Navarra Agraria nº 191: página 23-29 (2012).



80. F. Clarens, F. Grandia, S. Meca, J. de Pablo, L. Duro. Determination of CO<sub>2</sub> sequestration capacity and stabilisation of MSWI Fly Ash through Accelerated Carbonation. Proceedings, Third International Conference on Accelerated Carbonation for environmental and Materials Engineering. ACEME10 , Abo Akademi University page 205-214, 2010. ISBN: 978-852-12-2505-5.
81. F. Grandia, F. Clarens, S. Meca, J. de Pablo, L. Duro. Stabilization of Cement Kiln Dust through Accelerated Carbonation. Proceedings, Third International Conference on Accelerated Carbonation for environmental and Materials Engineering. ACEME10, Abo Akademi University page 329-332, 2010. ISBN: 978-852-12-2505-5.
82. F. Grandia, F. Clarens, S. Meca, J. de Pablo, L. Duro. Carbonatación acelerada de cenizas de incineradora para su valorización y captura de CO<sub>2</sub>. XXXIII Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía, 2011.



**Artículos publicados en revistas incluídas en el ISI/ SCR**

**Papers published in journals included in the ISI/SCR**

83. C. Cano-Raya, D. Haigh, M. C. Moreno-Bondi, M. Bedoya, G. Orellana. Robust luminescent sensors for carbon dioxide monitoring in microalgae cultures for biofuel production. Analytical Chemistry (in revision).
84. D. Haigh, C. Cano-Raya, M. C. Moreno-Bondi, J. Delgado, M. Bedoya, G. Orellana. A biofouling-resistant optical analyzer for CO<sub>2</sub> monitoring in algacultures for biofuel production, Energy & Fuels (in revision).



*Fotografía cortesía de MATGAS 2000 AIE.*

*Picture courtesy of MATGAS 2000 AIE.*





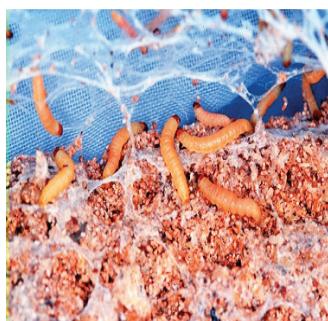
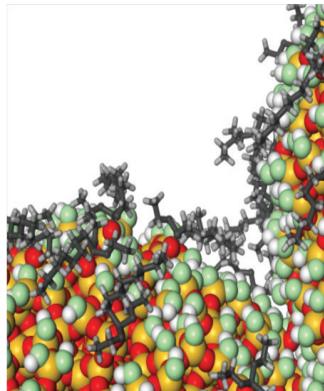
## Productos comercializables significativos Significant commercial products



**CARBUROS  
METALICOS**  
Grupo Air Products

1. Desarrollo de un código de simulación destinado al estudio y optimización de nuevos materiales más eficientes para la captura de CO<sub>2</sub>.

*Development of a simulation code for the study and optimization of new materials for a more efficient CO<sub>2</sub> capture.*



2. Proceso para la erradicación de plagas de insectos en productos agro-alimentarios.

*Process for eradication of insect pests in agri-food products.*



3. Optimización del tratamiento de aguas de recreo (piscinas) mediante el uso de CO<sub>2</sub>.

*Recreational water (pools) treatment using CO<sub>2</sub>.*

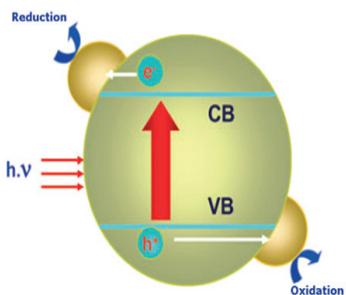
## Productos Comercializables/Marketable Products



4. Conservación de productos sin gluten en atmósfera modificada.

*Conservation of gluten-free products in modified atmosphere.*

5. Síntesis de productos farmacéuticos a partir de CO<sub>2</sub>  
*Synthesis of pharmaceuticals from CO<sub>2</sub>.*



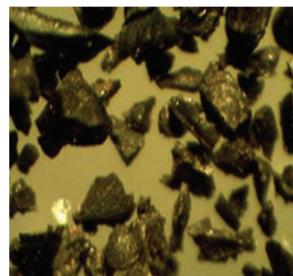
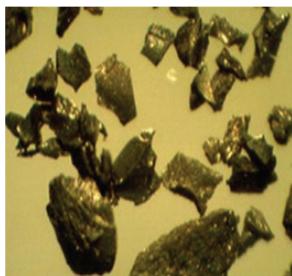
6. Método para la evaluación de photocatalizadores.

*Method for evaluation of photocatalysts.*

7. Síntesis y funcionalización de sílicas para captura y utilización de CO<sub>2</sub>.  
*Synthesis and functionalization of silicas for CO<sub>2</sub> capture and utilization.*

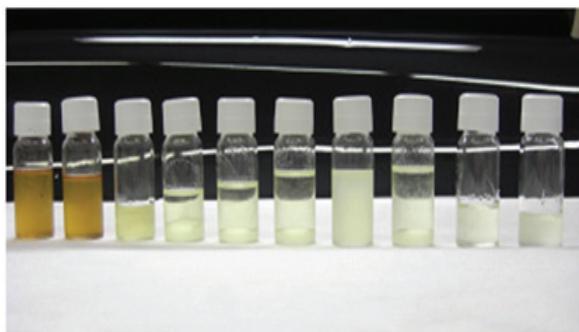
8. Reciclado de goma de neumatico por eliminación de los aceites residuales por extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico.

*Recycling pneumatic rubber by removing residual oils by extraction with supercritical CO<sub>2</sub>.*



9. Purificación de aceites de fritura residuales con CO<sub>2</sub> supercrítico para la síntesis de biocombustibles

*Purification of waste frying oils with supercritical CO<sub>2</sub> for the synthesis of biofuels.*



## Productos Comercializables/Marketable Products



10. Desarrollo de un nuevo equipo dosificador de CO<sub>2</sub> en agua con un mayor rendimiento que los equipos existentes en la actualidad.

*Development of a new equipment of in-water CO<sub>2</sub> dosification with higher yields than the current equipment.*

11. Solicitud de patente del proceso de Hidrólisis Térmica en Continuo.

Desarrollo de método analítico para analizar la afectación de los PPCPs por el proceso de HTC en el fango biológico.

*Continuous thermal hydrolysis. Development of the analytical method for testing the effects on PPCPs by the process of HTC in biological sludge.*



12. Sistema de control del pH mediante gases de combustión en circuitos de refrigeración de centrales térmicas con torre de refrigeración.

*pH control system using combustion gases in cooling circuits of power plants with cooling tower.*



13. Eliminación de H<sub>2</sub>S en biogás por simples micro adiciones de O<sub>2</sub> en la interface líquido-gas del digestor y algunos logros parciales incipientes en la transformación de mezclas triples (CO/CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>) a metanol.

*Removal of H<sub>2</sub>S in biogas micro simple additions of O<sub>2</sub> in the gas-liquid interface of the digester and some partially successful in transforming incipient triple mixtures (CO/CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>) to methanol.*

# INABENSA

14. Fotobiorreactor específico para fijación de CO<sub>2</sub> de gases de combustión mediante iluminación natural y uso de energía solar para tratamiento de biomasa.

*Specific photobioreactor CO<sub>2</sub> fixation flue gas by means of natural lighting and solar energy to biomass processing.*

15. Síntesis y funcionalización de nuevos carbones mesoestructurados con alta capacidad de adsorción de CO<sub>2</sub>.

*Synthesis and functionalization of new mesostructured carbons with high CO<sub>2</sub> adsorption capacity.*

16. Microorganismo fotosintético y su cultivo optimizado para elevar su capacidad de fijación de CO<sub>2</sub>.

*Photosynthetic microorganism and its optimized cultivation to increase its CO<sub>2</sub> fixation capacity.*



17. Diseño y desarrollo de configuración de un tanque de almacenaje de bajo coste, basado en el almacenamiento temporal de CO<sub>2</sub> en estado sólido. Consiguiendo un ahorro de materiales y coste por reducción peso del acero requerido.

*Design and development of a low-cost storage tank configuration, based on the temporary storage of CO<sub>2</sub> in the solid state. Achieving a saving in the material cost reduction and a weight reduction of the steel required.*

18. Selección de una especie de microalga con alta capacidad de captura y producción de biomasa.

*Selection of a certain kind of microalgal species with high ability to capture and to produce biomass.*

## Productos Comercializables/Marketable Products



19. Registro de una nueva bandeja de PET.

*Registration of a new PET tray.*

20. Uso de CO<sub>2</sub> en mezclas con isobutano para el proceso de extrusión para obtener espumas de densidad media y bajo espesor para la fabricación de envases para la industria alimentaria.

*CO<sub>2</sub> use in isobutane mixtures for the extrusion process to obtain foams of medium density and low thickness for the manufacture of food-industry packaging.*



21. Carbonatación de cenizas de incineradoras de residuos urbanos para la encapsulación de metales y reducción de alcalinidad mediante carbonatación (para reducir la toxicidad de las cenizas de incineradoras).

*Carbonation of ash from municipal waste incinerators for encapsulation of metals and reducing alkalinity by carbonation (to reduce the toxicity of incineration ashes).*



22. Envasado de productos avícolas en atmósfera modificada con elevado porcentaje de CO<sub>2</sub> empleando materiales de PET.

*Packaging of poultry products in modified atmosphere with a high percentage of CO<sub>2</sub> using PET materials.*

### biogas fuel cell



23. Proceso de captura de H<sub>2</sub>S en fotobioreactor con bacterias sulfoxidantes.

*H<sub>2</sub>S capture process in photobioreactor with sulfoxidant bacteria.*

24. Consecución de un proceso en continuo de valorización de biomasa algal mediante su co-digestión con purín de cerdo en módulo experimental.

*Achieving continuous process of algal biomass recovery by co-digestion of pig manure in experimental module.*



25. Desarrollo de nuevos sensores ópticos para la determinación de CO<sub>2</sub> en cultivos de microalgas y otras matrices.

*Development of new optical sensors for the detection of CO<sub>2</sub> in microalgae cultures and other matrices.*

