

III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

- 15770** *Resolución de 28 de septiembre de 2009, de la Secretaría de Estado de Investigación, por la que se publica el Acuerdo de encomienda de gestión al Instituto Español de Oceanografía para el desarrollo de actividades financiadas con cargo al Fondo Especial del Estado para la Dinamización de la Economía y el Empleo, en lo referido a la producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles.*

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 15 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, la Secretaría de Estado de Investigación y el Instituto Español de Oceanografía han suscrito con fecha 30 de julio de 2009 un acuerdo por el que se encomienda al Instituto Español de Oceanografía la gestión de las medidas referidas a la «Producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles», en el marco del Fondo Especial del Estado para la Dinamización de la Economía y el Empleo (Plan E).

En cumplimiento de lo establecido en el apartado 3, del artículo 15 de la Ley 30/1992 y para general conocimiento, se dispone la publicación en el Boletín Oficial del Estado del referido Acuerdo, que figura como anexo a la presente Resolución.

Madrid, 28 de septiembre de 2009.—El Secretario de Estado de Investigación, Carlos Martínez Alonso.

ANEXO

Acuerdo de encomienda de gestión de la Secretaría de Estado de Investigación al Instituto Español de Oceanografía para el desarrollo de actividades financiadas con cargo al Fondo Especial del Estado para la Dinamización de la Economía y el Empleo (Plan E), en lo referido a producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles

En Madrid, a 30 de julio de 2009.

REUNIDOS

De una parte, la Sra. D.^a Montserrat Torné Escasany, Directora General de Cooperación Internacional y Relaciones Institucionales, en virtud de nombramiento efectuado por Real Decreto 767/2009, de 24 de abril, actuando por delegación de competencias del titular de la Secretaría de Estado de Investigación (en adelante SEI) según el artículo 5.1 de la Orden CIN/1179/2009, de 8 de mayo (BOE de 13 de mayo), y de acuerdo con el artículo 15 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, como entidad encomendante.

De otra parte, el Sr. D. Enrique Tortosa Martorell, en su calidad de Director General del Instituto Español de Oceanografía, cargo que ostenta en virtud de nombramiento efectuado por Real Decreto 1157/2006, de 9 de octubre (BOE núm. 243, de 11 de octubre de 2006), actuando en el ejercicio de la competencia atribuida por el artículo 11.2.d) del Estatuto del Instituto Español de Oceanografía, aprobado por el Real Decreto 1950/2000 de 1 de diciembre, como entidad encomendada.

Ambas partes se reconocen la capacidad jurídica y competencia suficientes para formalizar el presente acuerdo, y a tal efecto,

EXPONEN

Primero.—Que el Ministerio de Ciencia e Innovación, en virtud del Real Decreto 542/2009, de 7 de abril, por el que se reestructuran los departamentos ministeriales, es el Departamento al que corresponde la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en todos los sectores, así como la coordinación de los organismos públicos de investigación de titularidad estatal, siendo una de sus prioridades estratégicas el desarrollo de las medidas en materia de I+D e innovación incluidas en el Plan Español de Estímulo de la Economía y el Empleo (en adelante Plan E I+D).

Corresponde al MICINN, a través de la SEI, la implementación de las medidas referidas a la «Producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles» incluidas en el citado Plan E I+D, según la distribución de competencias realizada por el Real Decreto 1042/2009, de 29 de junio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Segundo.—Que la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, define al Instituto Español de Oceanografía como un Organismo Público de Investigación. Corresponden por ello al IEO el cumplimiento de las funciones previstas en el artículo 14 de la citada Ley y las establecidas en el artículo 3 del Estatuto del IEO, aprobado por Real Decreto 1950/2000, de 1 de diciembre, siendo su finalidad el estudio de la mar y sus recursos, encontrándose entre sus funciones la elaboración, coordinación y gestión de programas de investigación de carácter oceanográfico multidisciplinar, con especial atención a su influencia en los recursos vivos.

De acuerdo con el Real Decreto 246/2009 en su artículo primero, el IEO tiene la condición de medio propio y servicio técnico de la Administración General del Estado, por lo que le es de aplicación lo previsto en el artículo 24.6 de la Ley 33/2007 de Contratos del Sector Público.

Tercero.—Que el artículo 11 del Real Decreto-ley 9/2008, de 28 noviembre, por el que se crea un Fondo Estatal de Inversión Local y un Fondo Especial del Estado para la Dinamización de la Economía y el Empleo y se aprueban créditos extraordinarios para atender a su financiación, dota el Fondo especial del Estado para la dinamización de la economía y el empleo por importe de 3.000.000.000 de euros, a disposición del Gobierno, para la realización de actuaciones de inmediata ejecución y de amplio ámbito geográfico, con objeto de mejorar la situación coyuntural de determinados sectores económicos estratégicos y acometer proyectos con alto impacto en la creación de empleo, que debe destinarse, entre otras finalidades a actuaciones de I+D+i.

La Orden EHA/3566/2008, de 9 de diciembre, por la que se hace público el Acuerdo del Consejo de Ministros de 5 de diciembre de 2008 por el que se aprueba el destino del fondo especial del Estado para el estímulo de la economía y el empleo, dotado por el Real Decreto-ley 9/2008, de 28 de noviembre, y su distribución por departamentos ministeriales, contempla una asignación al Ministerio de Ciencia e Innovación de 490 millones de euros para financiación de actuaciones de I+D+i, que se distribuyen entre los ejes de salud, energía y entornos de excelencia internacional en otros sectores, y señala que las actuaciones se llevarán a cabo a través de los diversos instrumentos jurídicos con los que se están desarrollando las actuaciones del vigente Plan Nacional de I+D+i 2008-2011: convocatorias de ayudas, convenios con las Comunidades Autónomas y encomiendas de gestión a los organismos públicos de investigación; así como a través de los convenios que la «Ley de la Ciencia» 13/1986 permite firmar a los organismos de investigación con entidades sin ánimo de lucro, o con empresas, para el desarrollo de proyectos de I+D.

La mencionada Orden destina 180 millones de euros para el eje de energía, cuyas actuaciones están orientadas a garantizar, mediante la investigación y el desarrollo, el suministro energético, incrementando la contribución de las energías renovables y las tecnologías energéticas emergentes, de forma eficiente y competitiva, y su integración en el sistema energético nacional, de tal manera que su aportación mejore la seguridad de suministro, la diversificación de las fuentes de abasteciendo, mejore la protección del medio

ambiente y todo ello sin que sus costes mermen la competitividad de nuestra economía. Los objetivos a alcanzar son consolidar el liderazgo de la tecnología española y de las empresas que compiten en este ámbito, mejorar la eficiencia energética de nuestra economía y reducir la dependencia económica y geoestratégica del país, impulsar la creación de nuevas empresas de base tecnológica en este ámbito con capacidad de competir internacionalmente, y atraer inversiones extranjeras en proyectos empresariales en el ámbito de la energía.

Por todo ello, ambas partes, al amparo del artículo 15 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, en relación con el artículo 24.6 de la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público, acuerdan suscribir la presente encomienda de gestión, que se regirá por las siguientes

CLAÚSULAS

Primera.—*Objeto.*

El presente acuerdo de encomienda de gestión del MICIIN al IEO tiene por objeto la realización por este Organismo Público de Investigación de la gestión de las medidas referidas a la «Producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles» (en adelante «Proyecto Microalgas») incluidas en el Plan E I+D.

El Proyecto Microalgas se estructurará en tres líneas de actuación, constituidas por los siguientes subproyectos:

1. Al menos cuatro subproyectos de construcción de otros tantos foto-bio-reactores semidemostrativos y de tipología diferente, a desarrollar mediante consorcios público-privados con empresas productoras o distribuidoras de energía y el establecimiento de una estructura de funcionamiento en red.
2. Al menos cuatro subproyectos de investigación científico-técnica centrados en el sector académico. Los objetivos prioritarios de estos subproyectos de I+D serán: biodiversidad de microalgas, biología y biotecnología de microalgas clorofílicas, biología y biotecnología de cianobacterias, diseño de foto-bio-reactores, captura de anhídrido carbónico, y obtención de biocombustibles.
3. Un subproyecto de creación y consolidación de un Banco Nacional de Microalgas y sus servicios asociados, como un servicio nacional de estudio, bioprospección, conservación de germoplasma y de promoción de bioindustrias.

Una descripción de estos subproyectos, incluyendo los mecanismos de gestión y seguimiento, se incluye como Anexo a la presente encomienda.

Segunda.—*Obligaciones que asume el IEO.*

1. El IEO gestionará y coordinará el Proyecto Microalgas, objeto de la presente encomienda, para lo cual, para la realización de las distintas actuaciones podrá convenir, establecer acuerdos, contratos de colaboración, o cualquier otra modalidad convencional prevista en la legislación vigente, con instituciones y entidades que dispongan de equipos o materiales de investigación especializados en la materia.
2. La encomienda de gestión no supone cesión de titularidad de la competencia ni de los elementos constitutivos de su ejercicio, siendo responsabilidad de la SEI dictar cuantos actos o resoluciones de carácter jurídico que den soporte o en los que se integre la concreta actividad material objeto de la encomienda, la cual tiene alcance única y exclusivamente en la gestión de actividades y servicios de carácter científico-técnico, para los que el IEO se proveerá de los recursos humanos y materiales necesarios.

Tercera.—*Seguimiento.*

1. Para garantizar la correcta ejecución y el seguimiento de la presente encomienda de gestión se constituirá una comisión de seguimiento, paritaria, compuesta por los

siguientes miembros: El titular de la Dirección General del IEO, un investigador del IEO designado por el titular de su Dirección General, y dos investigadores o expertos designados por el titular de la SEI (uno de los cuales presidirá la Comisión).

2. Corresponde a la Comisión de Seguimiento fijar los criterios adecuados para la regulación de los aspectos no desarrollados en este acuerdo, realizar el seguimiento de las actuaciones, y resolver las dudas y controversias que pudieran surgir en la aplicación e interpretación de las cláusulas del acuerdo.

3. La Comisión de Seguimiento se reunirá cuantas veces lo soliciten al menos dos de sus miembros, y en todo caso dentro de los dos meses siguientes a la firma de este acuerdo.

Los acuerdos de la Comisión se tomarán por mayoría simple de los miembros presentes, en caso de empate decidirá el voto de calidad del Presidente.

La Comisión de Seguimiento se regirá por lo dispuesto en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común sobre órganos colegiados.

Cuarta.—Financiación.

Para la ejecución de la presente encomienda, la SEI aportará al IEO, en un único pago inmediato a la firma de este acuerdo, la cantidad de doce millones de euros (12.000.000,00 euros), con cargo al presupuesto de gastos del año 2009, aplicaciones presupuestarias 21.08.463B.745.03, 21.08.463B.755.03, 21.08.463B.765.03, 21.08.463B.775.03 y 21.08.463B.786.03 o las que las sustituyan, que será transferida a la cuenta corriente del IEO número 900.0001.20.0200005343 en el Banco de España, o la que la pueda sustituir. Esta cuantía tiene el carácter de máxima, por lo que cualquier aportación adicional para el desarrollo de actividades complementarias de las señaladas será objeto de tramitación mediante una adenda al presente acuerdo. Este pago tendrá el carácter de anticipo.

La cantidad señalada es la determinada en la Resolución del Director General del IEO, de 28 de julio de 2009, dictada en virtud de lo dispuesto en el artículo 10.2.a) de la Orden CIN/1179/2009, de 8 de mayo, por la que se delegan competencias y se aprueban las delegaciones de competencia de otros órganos superiores y directivos del Departamento.

Quinta.—Ejecución del proyecto, justificación final y control.

1. A los efectos del presente acuerdo, se considerará gasto realizado el que se haya producido desde el 1 de enero de 2009 hasta el 31 de diciembre de 2010, y que haya sido efectivamente pagado con anterioridad a la finalización del período de justificación el 31 de marzo de 2011. Estas fechas se podrán modificar para ampliar los períodos de gasto y de justificación por moratoria en el cumplimiento de las obligaciones del IEO, a solicitud de éste, si concurriese causa justificada.

2. El IEO presentará a la SEI una memoria económica comprensiva de los costes y gastos efectuados en ejecución de la encomienda, y otra memoria de actuaciones realizadas. La fecha límite para presentar las memorias mencionadas será el 31 de marzo de 2011, o la nueva fecha que se establezca de acuerdo con el apartado 1 de esta cláusula.

La SEI podrá requerir al IEO la documentación justificativa complementaria que considere conveniente. Además, el IEO estará sometido a las actuaciones de comprobación que puedan efectuar la SEI, la Intervención General de la Administración del Estado, el Tribunal de Cuentas, y los organismos que proceda según la normativa pública aplicable, y deberá disponer de los libros contables, registros diligenciados y demás documentos en los términos exigidos por la normativa contable que le resulte aplicable, así como de las facturas y demás justificantes de gasto de valor probatorio equivalente, y los correspondientes justificantes de pago.

Sexta.—Vigencia del acuerdo.

El presente acuerdo entrará en vigor el día siguiente al de su firma y su vigencia concluirá el 31 de marzo de 2011, previa verificación del cumplimiento de la encomienda por parte de la SEI.

Séptima.—Régimen Jurídico y resolución de controversias.

Este acuerdo es de carácter administrativo, de los contemplados en el artículo 15 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, y se regirá por sus propios términos y condiciones.

Las cuestiones litigiosas a que pueda dar lugar la interpretación y ejecución del presente acuerdo, que no puedan ser resueltas por la Comisión de Seguimiento, deberán someterse al conocimiento de los Juzgados y Tribunales del orden jurisdiccional contencioso-administrativo, conforme a lo dispuesto en la Ley 29/1998, de 13 de julio.

Octava.—Extinción de la encomienda de gestión.

La presente encomienda de gestión se extinguirá, además de por el cumplimiento de su periodo de vigencia, por las siguientes causas:

- a) Por acuerdo mutuo de los firmantes del presente acuerdo.
- b) Si se produjesen circunstancias que hicieran imposible o innecesaria la realización de las actuaciones encomendadas.
- c) El incumplimiento de las condiciones establecidas en el presente acuerdo.

Respecto de las actuaciones en curso, en caso de extinción anticipada, el IEO deberá reintegrar a la SEI la totalidad o parte del importe recibido, aplicando la proporción en que se encuentre la actividad realizada respecto de la total siempre que lo ejecutado sirva al fin perseguido. Además, si la extinción anticipada se debiese al incumplimiento por el IEO de las condiciones establecidas en el presente acuerdo, procederá la exigencia del interés de demora correspondiente al período que medie entre la entrega anticipada del precio y su devolución.

Novena.—Publicidad.

En las publicaciones que pudieran surgir como resultado de las actividades propuestas, así como en la divulgación de los resultados, en cualquier forma que ésta fuere, se indicara expresamente su origen así como la propia existencia de la encomienda de gestión entre ambas Administraciones Públicas.

Este acuerdo se publicará en el Boletín Oficial de Estado.

Y en prueba de conformidad se firma el presente acuerdo por triplicado ejemplar en el lugar y fecha al principio indicados.—La Directora General de Cooperación Internacional y Relaciones Institucionales, Montserrat Torné Escasany.—El Director General del Instituto Español de Oceanografía, Enrique Tortosa Martorell.

ANEXO

Producción y desarrollo de cultivo de microalgas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles

Líneas de actuación

I. Introducción.

En un sentido amplio, y desde el punto de vista biotecnológico, el término microalga hace referencia a aquellos microorganismos unicelulares capaces de realizar fotosíntesis oxigénica, que contienen clorofila a y otros pigmentos fotosintéticos. En este contexto, las cianobacterias se consideran, tradicionalmente, dentro del grupo de las microalgas. Por lo tanto, el término microalga tal como se emplea en este proyecto no tienen sentido taxonómico alguno y engloba un grupo muy diverso de microorganismos fotosintéticos que

llevan a cabo la asimilación fotoautotrófica de formas oxidadas de bioelementos, entre los que destacan el anhídrido carbónico, que convierten en materia orgánica o biomasa.

Las microalgas se desarrollan en casi todos los hábitats conocidos, si bien la mayoría son acuáticas. El número de taxones es elevado, representando un recurso prácticamente inexplorado ya que sólo menos de 50 especies (de entre las más de 30.000 descritas) se han estudiado con detalle desde el punto de vista fisiológico y bioquímico. Menos de una decena se aprovechan bajo el punto de vista biotecnológico.

Mediante la manipulación de las condiciones ambientales en los sistemas de cultivo, el metabolismo celular de las microalgas puede dirigirse hacia la biosíntesis de sustancias de interés práctico o económico, cuya producción se persigue. Por ejemplo, sustancias de elevado interés farmacológico, como ácidos grasos, pigmentos, vitaminas, antibióticos o antivirales.

Sin embargo, una de las aplicaciones potenciales más importantes es el cultivo de microalgas para la obtención de productos de alto valor energético, como hidrógeno, hidrocarburos, hidratos de carbono y lípidos, estos últimos materias primas para la obtención, respectivamente, de bioetanol y biodiésel.

Las circunstancias actuales, de coste de los combustibles fósiles, necesidad de sustituirlos por fuentes energéticas sostenibles y no contaminantes, y también la necesidad de eliminar emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera, para paliar el efecto invernadero, ha hecho que la investigación sobre el uso de microalgas como fuente de energía renovable, y también como captadoras de emisiones de anhídrido carbónico, sea una línea prioritaria de trabajo en todo el mundo, tanto por las empresas como por los centros públicos de investigación.

Así, en España pueden localizarse al menos 15 grupos de investigación, pertenecientes a Centros y Universidades muy distintos, que realizan I+D, de carácter diverso, en este campo, destacando, como líneas de trabajo: manejo de cultivos de microalgas a la intemperie en reactores de cierta envergadura, para la producción de compuestos de interés práctico; aproximaciones biotecnológicas, con carácter de aplicación a medio plazo; y líneas de aproximación de genética molecular/ingeniería genética, de carácter eminentemente básico.

Asimismo, se localizan actualmente cerca de 20 iniciativas empresariales que, en mayor o menor grado de desarrollo e implicación, han iniciado proyectos de cultivo y utilización de microalgas como fuente de biodiésel, entre las que se encuentran las principales grandes empresas españolas, multinacionales, en el campo de la energía.

Desafortunadamente, la aplicación masiva e industrial de estas tecnologías no es previsible que se desarrolle a corto plazo. Existen todavía muchos factores que estudiar y conocer, tanto de carácter básico como aplicado, que requieren muchos nuevos conocimientos. A título no exhaustivo, se requiere mayor investigación en la selección e identificación de especies y variedades, que permita conocer y poner a disposición de los grupos investigadores y empresariales nuevas posibilidades; queda mucho por conocer en la optimización del crecimiento de algas y su caracterización molecular, para conseguir mayores rendimientos en la producción de biomasa, contenidos en lípidos o hidrocarburos, y otras características importantes con vistas a la capacidad de secuestro de anhídrido carbónico; se requieren mayores capacidades para el diseño de biorreactores, con las consiguientes metodologías de escalado y de pruebas piloto; y también existe un amplio campo de mejora en las tecnologías de recolección y procesamiento de biomasa de algas.

En definitiva, existen muchos cuellos de botellas que resolver para que estas importantes tecnologías, fundamentales para el futuro, tengan un desarrollo empresarial adecuado y competitivo.

Este proyecto (que se denomina, de forma simplificada, Proyecto Microalgas) va encaminado a intentar abordar algunos de estos problemas, de forma que pueda darse un impulso destacado a la investigación y al desarrollo tecnológicos en esta materia, a través de la potenciación de algunas líneas de trabajo, tanto en el sector público como en el

empresarial, con el consiguiente efecto, además, de creación de empleo cualificado y permanente.

II. Descripción general, objetivos y estructura del proyecto.

La actuación a desarrollar dentro del Proyecto Microalgas tiene como finalidad incrementar tanto el conocimiento científico como el desarrollo y la transferencia tecnológica en los aspectos relacionados con el cultivo de microalgas. En definitiva se persigue potenciar una gran iniciativa para el desarrollo de sistemas de cultivo de algas con fines bioenergéticos.

Se pretende, por tanto, la instrumentalización de estos organismos fotosintéticos tanto para incrementar la captura de CO₂ procedente de la industria contaminante derivada del sector productor de energía como su explotación como fuente de materia prima productora de biocombustibles y bioderivados energéticos afines.

El proyecto, por ello, pretende el desarrollo de conocimientos y tecnologías encaminadas a un mejor entendimiento y optimización de la cadena de valor de la biomasa resultante del cultivo de microalgas e incidir positivamente en aspectos relacionados con el cambio climático y la obtención de biocarburantes.

Se estructura la presente actuación mediante tres ejes temáticos estratégicos y entre los que sobresalen las siguientes actividades o subproyectos:

1. Creación de un Banco Nacional de Algas (BNA), entendiendo dicha iniciativa como un servicio nacional de estudio, conservación de germoplasma y de apoyo a la promoción de bioindustrias basadas en microalgas (eucariotas y procariotas).

El BNA pretende a su vez integrar infraestructuras, material y científicos nacionales e internacionales en el desarrollo del propio banco, mediante la consolidación de las colaboraciones existentes, o mediante convenios institucionales.

En definitiva la misión de dicho BNA será la de ayudar a solventar y promover los complejos arranques iniciales de estas tecnologías, a fin de allanar la tarea a las bioempresas.

2. Realización de un programa de investigación con el desarrollo de cuatro subproyectos de investigación centrados, principalmente, en el sector académico, pero en consonancia con las necesidades tecnológicas identificadas por parte del sector industrial relacionado con la temática. Con ello se pretende estratégicamente generar una investigación orientada a maximizar el rendimiento productivo del cultivo de microalgas y aproximar posiciones distantes que pudieran detectarse como existentes entre el sector académico y el sector industrial, favoreciendo la transferencia de tecnología y por tanto la generación de valor y aplicación de las investigaciones. Los subproyectos se centrarán en cuatro áreas de trabajo fundamentales, que son la ingeniería de procesos, la biodiversidad, la bioingeniería de las cianobacterias y los aspectos fundamentales relacionados con la aplicación de microalgas eucariotas.

3. Construcción de al menos cuatro Foto-Bio-Reactores (FBR) a escala semi-demostrativa y de tipologías diferentes, a desarrollarse inicialmente en localizaciones geográficas españolas diferenciadas.

Esta iniciativa pretende, además, la constitución de alianzas estratégicas entre centros públicos de investigación y empresas productoras y distribuidoras de energía, con el fin de facilitar el desarrollo del sector y aproximar posiciones entre el mundo académico y el sector industrial. En definitiva se pretende, una vez más, cerrar la brecha existente entre estos dos sectores y favorecer los desarrollos y aplicaciones productivas.

Esta actuación estará organizada mediante la constitución de una estructura de funcionamiento en red a través de la cual se realizará una coordinación científico-tecnológica y se favorecerá el intercambio de resultados y comparación de rendimientos con el fin de abundar en beneficio del sector energético. Se pretende con ello, además, el actuar sectorialmente mediante la emisión de recomendaciones oportunas con el fin de maximizar el rendimiento de dichas instalaciones así como otras que pudieran desarrollarse «a posteriori».

Habida cuenta de que una de las limitaciones, pero al mismo tiempo ventaja, para el desarrollo de este tipo de tecnologías de FBR para el cultivo de microalgas es la disponibilidad de una fuente real de emisión de CO₂, se pretende localizar dichas instalaciones asociadas a fuentes emisoras de CO₂ procedente del sector energético, en particular asociadas a refinerías o plantas de combustión/producción térmica, con el fin de poder captar dichas emisiones como fuente de carbono para el correcto crecimiento y cultivo a gran escala de las microalgas. Por ende se pretende, a través del cultivo a gran escala de microalgas, abatir las emisiones de CO₂ e intervenir en el desarrollo de bioingeniería climática.

Añadido a esta captura del CO₂ emitido por la industria contaminante, se pretende con la presente iniciativa el desarrollo de tecnologías diferentes para maximizar la cantidad y calidad del cultivo de microalgas con fines energéticos.

Por ello, el desarrollo de los FBRs propuestos debe incorporar no solo aspectos relacionados con diseño e ingeniería de los mismos pensado para el mejor crecimiento del alga seleccionada, también debería contemplar otros aspectos entre los que sobresalen los siguientes: a) La mejor y más correcta adaptación y forma de disipación de la fuente de CO₂ (tanto compatible con su transporte desde lugar de generación, su depuración parcial, así como su modo de inyección en el fotobioreactor para un correcto secuestro y conversión en moléculas bioenergéticas). b) La eliminación de potenciales contaminaciones biológicas que pongan en peligro la totalidad del sistema, sobre todo en los de tipología de FBR abiertos. c) Mejoras en aquellos aspectos relacionados con la eliminación de la saturación fotosintética y sombreado de superficies al ser esta una fase limitante para el crecimiento masivo de algas. d) Eliminación de «biofouling» (sobre todo en los sistema cerrados) al representar éste aspecto una de las formas de mayor contaminación de los fotobioreactores. e) Escalabilidad de los mismos y su compatibilidad con el aumento de rendimiento en superficie y en crecimiento volumétrico. f) Mejorar aquellos aspectos relacionados con la integración de aguas residuales como fuente de agua y nutrientes para el crecimiento de algas. g) Estudios de sistemas de recolección, procesamiento y conversión de la biomasa de algas.

Por todo ello resulta de interés el que la construcción de dichos FBRs requiera no solo del interés industrial, sino también y además del conocimiento académico, y de ahí la necesidad de desarrollar alianzas publico-privadas como las planteadas para el mejor desarrollo de dicha iniciativa. También el de actuar en consonancia con el servicio y asesoramiento que pudiera y debiera ofrecer el propio Banco Nacional de Algas (BNA).

III. Descripción de los subproyectos.

III.A Creación del Banco Nacional de Algas (BNA).

Este subproyecto tiene como fin, como se ha indicado anteriormente, la creación y consolidación de un Banco Nacional de Microalgas y sus servicios asociados, con el carácter de servicio nacional de estudio, bioprospección, conservación de germoplasma y como instrumento indispensable para la promoción de bioindustrias.

Los objetivos planteados, son, de manera más concreta:

Consolidar el Banco Nacional de Algas (BNA) actualmente existente en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) como Autoridad Internacional de depósito de microorganismos fotosintéticos a efectos de patentes, conforme al Tratado de Budapest, destinado a la bioprospección, aislamiento, identificación y conservación de microalgas, especialmente de ambientes extremófilos, subtropicales, tropicales, marinos y de la Macaronesia.

Dar soporte a los demás subproyectos del Proyecto Microalgas en cuanto al abastecimiento de especies.

Facilitar el desarrollo de bioindustrias basadas en microalgas, especialmente para biorefinerías, biocombustibles, biofiltración de CO₂ y de efluentes de plantas desalinizadoras y bioregulación climática (bioingeniería ambiental).

El BNA se constituye como un Laboratorio Nacional de Biotecnología de Microalgas, con vocación global, abierto e integrador, que posibilite coordinar, con criterios técnicos y de eficiencia, a científicos, instituciones públicas y empresas en la tarea del aislamiento, conservación y prospección biotecnológica de microalgas con la finalidad de permitir el desarrollo de iniciativas científicas e industriales ligadas al cultivo de microalgas y, en concreto, las relacionadas con la producción de biocombustibles y la captación de CO₂.

El modelo del BNA que se pretende desarrollar se debe inspirar en el «modelo aplicado» que recientemente se ha impuesto en la histórica colección de microalgas UTEX (Banco de Microalgas de la Universidad de Texas, de EEUU). Asimismo, y debido al patrimonio de extremófilos del que se espera disponer, se deben aplicar aspectos del modelo de la CCMEE (Culture Collection of Microorganisms from Extreme Environments) que, basado en el existente en la Universidad de Oregon, financia la NASA.

Con el «modelo UTEX actual» como marco general, y dado que España aun carece de rodaje y de empresas de biotecnología de microalgas y de halofitas, el BNA deberá prestar un especial énfasis a las facetas que recientemente se han incorporado a las tradicionales de un banco de germoplasma convencional (aislamiento, identificación y conservación), e incluir las siguientes actuaciones:

Solventar y promover los complejos arranques iniciales de estas tecnologías, a fin de allanar la tarea a las bio-empresas. Las tareas a realizar no se deberán ceñir exclusivamente a las clásicas de conservación *in vitro*, sino que deberán incluir datos de tecnología de cultivo (al menos a escala laboratorio), pero en condiciones ambientales de cultivo reales (irradiación solar), tales como: tasas de crecimiento, densidades óptimas, densidades de inóculo, etc.

Asesorar en técnicas de cultivo y aplicaciones industriales y reconducir algunas iniciativas empresariales poco realistas que se han suscitado con estas biotecnologías
Formar especialistas en aplicaciones de microalgas.

La gestión del BNA en relación con este subproyecto será ejercida conjuntamente por el Instituto Español de Oceanografía, la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información y la ULPGC por medio de un convenio de colaboración que se firmará a estos efectos.

La gestión del subproyecto se efectuará a través de una Comité Directivo, constituido por las instituciones implicadas, y se creará un Comité Científico constituido por investigadores de reconocido prestigio de todas las instituciones españolas.

III.B Programa de investigación de características fundamentalmente académicas.

Como se ha indicado anteriormente, este programa trata de incidir consistentemente, desde el punto de vista fundamentalmente de instituciones académicas, en aspectos clave del conocimiento sobre esta materia, que permitan avances significativos y saltos tecnológicos a medio y largo plazos. Consta de al menos cuatro subproyectos, que abordan cuestiones complementarias, con metodologías diferentes. La ejecución de estos subproyectos se conveniará con instituciones públicas (CSIC y Universidades), creándose la figura de un coordinador, y de una comisión constituida por el organismo gestor y los jefes de proyecto, de forma que se potencie una estructura en red que pueda perdurar una vez finalizado el Programa general.

Los subproyectos que se ponen en marcha inicialmente son los siguientes:

1. Desarrollo y mejora de procesos semi-industriales de producción de biocombustibles y valorización de la biomasa residual, a partir de microalgas.

La reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero representa uno de los mayores retos tecnológicos con los que se enfrenta actualmente la industria, y especialmente el sector energético. La respuesta a este reto pasa obligatoriamente por incrementar los esfuerzos en investigación y desarrollo, tanto en tecnologías de mejora de eficiencia como en tecnologías de captura y almacenamiento.

Proyectos recientes han permitido identificar los aspectos clave que son necesarios resolver para hacer el proceso viable económica y tecnológicamente, algunos de los cuales son la necesidad de utilizar aguas de baja calidad y en circuito cerrado, minimizar los consumos energéticos, maximizar el rendimiento de los fotobiorreactores y desarrollar procesos que permitan un aprovechamiento integral de la materia orgánica producida. En este sentido, el objetivo general del presente subproyecto es desarrollar los procesos y tecnologías necesarios para una aplicación industrial de los cultivos de microalgas como sistemas de depuración biológica de efluentes industriales, tanto acuosos como gaseosos, que permitan transformar dichos efluentes en productos de interés industrial como biofertilizantes, biocombustibles, etc.

La meta es alcanzar capacidades de depuración de 3,0 Tm CO₂/Ha día a un coste lo suficientemente reducido para que estos procesos puedan resultar económicamente viables, para lo cual la utilización de aguas residuales o agua de mar, y la valorización de los bioproductos obtenidos resulta fundamental, convirtiéndose así el CO₂ no en un residuo sino en una materia prima valorizable. La consecución de este objetivo permitirá disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, a la vez que se producen productos de valor industrial como «commodities» que incrementen el beneficio económico del sector energético.

El desarrollo de procesos de reducción de emisiones de gases de combustión es una prioridad de la Unión Europea, en su lucha contra el cambio climático. Así mismo, también lo es el desarrollo de fuentes de energía renovables o biocombustibles, y la gestión eficiente de los recursos hídricos. La utilización de microalgas permite combinar estos fines en un mismo proceso, si bien su aplicación industrial, aunque inicialmente desarrollada, necesita aún ser optimizada y verificada en condiciones reales. El desarrollo de esta tecnología se encuentra aún en una fase de investigación básica y de desarrollo.

Sobre la base de estos antecedentes, este subproyecto pretende cubrir los siguientes objetivos:

Mantener una colección de microorganismos fotosintéticos, especialmente elegidos por su capacidad de fijación de CO₂ y tolerancia al cultivo en externo, cuyos comportamientos se tengan caracterizados en cuanto a su respuesta a la luz tanto continua como discontinua.

Desarrollar un proceso de tratamiento y recirculación del agua que permita minimizar su consumo, incluso siendo esta de baja calidad.

Desarrollar un método de diseño y operación de reactores que integre la captación de energía solar con la distribución de la misma, la fluidodinámica dentro del reactor y la respuesta de las células a su frecuencia de exposición a la luz, que permita incrementar la eficiencia fotosintética de los cultivos lo más cerca posible del límite teórico del 10% de la radiación global.

Desarrollar un diseño de reactor optimizado que permita mantener altas velocidades de crecimiento y eficiencia solar con el mínimo consumo de energía, permitiendo la operación estable y prolongada de los cultivos.

Desarrollar estrategias de control MPC para reactores operados con microorganismos fotosintéticos, que permitan un uso eficiente del CO₂ contenido en los gases de combustión y que no supongan una reemisión del mismo a la atmósfera.

Desarrollar un método escalable de separación y procesado de la biomasa que permita el procesado de grandes volúmenes con bajo coste y consumo energético.

Desarrollar un proceso integrado de valorización de la materia orgánica producida que permita aumentar la viabilidad económica del proceso y, así, su aplicación industrial.

2. Optimización de la captación de CO₂ y fotoproducción de hidrógeno en algas eucariotas.

Entre las diversas microalgas eucariotas, en este subproyecto se toma como modelo el sistema de «Chlamydomonas reinhardtii», que es particularmente atractivo para la manipulación genética y molecular por una serie de razones. Entre ellas cabe destacar que se trata de un alga cloroficea capaz de crecer mixotróficamente con un tiempo de

generación corto (unas 6 h), con una extraordinaria versatilidad metabólica, una genética bien conocida, un genoma secuenciado, que es capaz de ser transformada en cualquiera de sus genomas (nuclear, cloroplástico, y mitocondrial), y cuenta con un importante desarrollo de estrategias y metodologías moleculares.

Se trata, además de un alga que puede cultivada en condiciones controladas en biorreactores, necesitando poco mantenimiento y, por ello, se trata de un organismo GRAS. Por todo ello, esta microalga puede ser manipulada convenientemente para el desarrollo de estrategias biotecnológicas entre las que tiene un especial interés la fotoproducción de hidrógeno. Desde hace unos 70 años cuando se descubrió la producción de hidrógeno por microalgas unicelulares, se han realizado múltiples estudios sobre el tema llegándose a resultados importantes que han determinado las condiciones de la producción de este combustible, si bien aún dichas condiciones son particularmente selectivas para un uso eficiente. Así se ha establecido que la producción fotosintética de H_2 tiene lugar con una eficiencia de conversión de protones superior al 80%, que el proceso es anaeróbico y donde la producción de oxígeno fotosintético apaga la producción de H_2 . Se ha encontrado que por eliminación de la fuente de azufre las células son capaces de producir H_2 en la luz por desbalance de la fotosíntesis y la respiración que lleva a anaerobiosis en las células, y ello permite la expresión de la hidrogenasa. Bajo estas condiciones, la fotoproducción dura varios días debido a una disminución drástica de la producción fotosintética de O_2 por el PSII al disminuir la cantidad proteína D2 y eliminarse este O_2 por respiración. Además, el catabolismo de sustratos endógenos como almidón, entre otros, genera el sustrato adecuado para la fosforilación oxidativa mitocondrial y posiblemente para el transporte dependiente de NAD(P)H en el cloroplasto que contribuye a la generación del ATP necesario para la viabilidad celular. Este estrés nutricional hace que el proceso no pueda ser continuo. Recientemente se han aislado mutantes de *Chlamydomonas* que producen H_2 y muestran respiración y fotosíntesis compensadas sin el impacto ambiental de la deficiencia de azufre. Datos recientes están revelando la regulación transcriptómica para la producción de hidrógeno y pueden ayudar a entender las rutas fermentativas en el alga. La generación de mutantes es una estrategia que se consideraría muy valiosa en la caracterización y optimización de estos procesos.

Se dispone de una colección ordenada de unos 22.000 mutantes etiquetados virtualmente en la mayoría de los genes no esenciales del alga «*Chlamydomonas*». La etiqueta corresponde a un cassette del gen AphVIII que confiere resistencia al antibiótico paramomicina. Esta mutoteca ha permitido identificar genes importantes para la señalización positiva y negativa del metabolismo del nitrógeno, así como genes estructurales del metabolismo del molibdeno críticos para la asimilación de nitrato. Con este subproyecto esta mutoteca puede ser útil para aislar mutantes sobreproductores de H_2 .

La asimilación de nitrógeno/nitrato está íntimamente ligada a la asimilación del carbono. «*Chlamydomonas*» tiene una familia de proteínas NAR1.1-6 que relacionan el metabolismo del N y C y que parecen tener un papel en el metabolismo fermentativo. NAR1.1 es un transportador de nitrito al cloroplasto cuya regulación y actividad está íntimamente ligada al suministro adecuado de carbono como CO_2 bajo control del gen regulador del N. NAR1.2 es un transportador de alta afinidad de nitrito y baja afinidad de bicarbonato bajo control del gen regulador del C, y también en el cloroplasto, que es el orgánulo fundamental para la asimilación de N y C. La manipulación de estos genes permitiría optimizar la asimilación de CO_2 en relación a la disponibilidad de N, y la repercusión de la acumulación de reservas carbonadas para la producción de H_2 .

En concreto, los objetivos de este subproyecto son:

1. Aislar mutantes de la colección de «*Chlamydomonas*» con una elevada capacidad de captación de CO_2 medida a través de una biosíntesis de almidón aumentada.
2. Identificar mediante RESDA PCR las regiones afectadas por la inserción del marcador y determinar el efecto de dicha inserción en estos mutantes.
3. Aislar mutantes de la colección capaces de sobreproducir H_2 .
4. Identificar mediante RESDA PCR las regiones afectadas por la inserción del marcador y determinar el efecto de dicha inserción en estos mutantes.

5. Obtener estirpes dobles mutantes con ambos tipos de inserción, las que tienen unas reservas de almidón aumentadas y a su vez son capaces de sobreproducción de H₂.

3. Estudio de las cianobacterias (microalgas procariotas) para la producción de compuestos carbonados (polisacáridos y ácidos grasos) para la producción de biodiesel.

En el actual contexto de la búsqueda y utilización de organismos fotosintéticos para la producción de compuestos carbonados es de vital importancia el analizar el potencial de las cianobacterias para producir compuestos carbonados reducidos, especialmente polisacáridos. Así como analizar los procesos metabólicos que permitan incrementar la producción de los mismos. Esto pasaría por un incremento en la producción de carbohidratos (polisacáridos) y, además, en la de ácidos grasos susceptibles para la producción de biodiesel, como una forma de aumentar la capacidad de fijación de CO₂.

Las cianobacterias son las únicas bacterias capaces de realizar el proceso fotosintético de modo similar a las plantas superiores y las algas. Por tanto, tienen la habilidad de poder convertir la energía solar en energía química y ésta ser posteriormente utilizada para la reducción de compuestos oxidados presentes en la atmósfera o en el medio acuático donde viven. Las cianobacterias son organismos sencillos en su organización, ya que no presentan compartimentos a excepción de las membranas tilacoidales, lugar donde se desarrolla el proceso fotosintético, y desde el punto de vista ecológico presentan una amplia diversidad que le ha hecho estar presentes en ecosistemas acuáticos, tanto de agua salada como dulce, como en ecosistemas terrestres. Además son capaces de establecer procesos simbióticos, con helechos, musgos y hongos, aportando en la mayoría de los casos la fuente de nitrógeno necesaria para el crecimiento.

En la actualidad existen unos 40 genomas de cianobacterias totalmente secuenciado; no obstante, de algunas especies que presentan una alta capacidad para fijar carbono no se tiene la secuencia de su genoma, por lo que sería de gran utilidad su conocimiento con objeto de poder determinar las vías de síntesis de polisacáridos en estas especies con alta capacidad de fijación de CO₂, y poder determinar los procesos metabólicos que determinan dicha producción.

Por otro lado existen cianobacterias en las que el conocimiento tanto a nivel genético, como fisiológico son modelos para el estudio de dichos procesos en orden a poder determinar en detalle los elementos que controlan tanto la capacidad de fijación de carbono, como las rutas y puntos de control que determinan su almacenamiento, ya como polisacáridos (en el caso de cianobacterias suele ser glucógeno, o excreción de polisacáridos complejos), o bien como TGA (triacilglicerolos), con potencial uso en la producción de biocombustibles. Un estudio integrado de dichos procesos en una cianobacteria modelo permitirá determinar los elementos claves de dichos procesos.

En consecuencia, los objetivos perseguidos en el presente subproyecto son los siguientes:

Secuenciación y análisis de las cianobacterias «Anabaena» ATCC 33047 y «Anabaena azollae». Ambas cianobacterias presentan una alta capacidad de fijación de carbono, que generalmente excretan al medio como polisacáridos complejos. El estudio de las secuencias de sus genomas comparadas con las existentes de otras especies de «Anabaena», como son los de la especie PCC 7120 y «Anabaena variabilis», permitirá establecer los grupos de genes implicados en la biosíntesis de los polisacáridos excretados.

Estudios mediante análisis transcripcional de los genes implicados en la biosíntesis de los polisacáridos y su regulación por las condiciones nutricionales/ambientales. Se analizarán en función de la relación carbono/nitrógeno, disponibilidad de carbono, y condiciones fotosintéticas, especialmente la intensidad de luz.

Estudios en la cianobacteria modelo «Synechocystis sp.» PCC 6803 de los mecanismos de almacenamiento de carbono y su regulación. Se utilizarán mutantes disponibles tanto en el metabolismo del nitrógeno, como en genes claves del almacenamiento de carbono, especialmente glucógenosintasa para determinar el flujo metabólico de carbono en relación a las condiciones nutricionales.

Determinación de la capacidad de producción de TGA en «*Synechocystis sp.*» PCC 6803. Se estudiará la capacidad de almacenamiento en TGAs de los mutantes afectados en la capacidad de acumular glucógeno, mediante análisis transcripcional y medidas de lípidos totales con objeto de determinar los elementos claves de regulación para acumular carbohidratos o lípidos.

4. Bioprospección, valoración del potencial de cultivo con gases de combustión y evaluación del potencial de bioprecipitación de CO₂ de microalgas marinas productoras de polisacáridos.

La producción de biomasa microalgal rica en polisacáridos puede ser una estrategia más eficiente para la producción de biocombustibles que la producción de microalgas con alto contenido en lípidos. Resulta por tanto de interés evaluar la variabilidad de genomas/cepas/especies capaces de crecer y admitir ambientes hipercarbonatados–hipertermófilos–ácidos, que son los que se generan en un foto-bio-reactor (FBR) alimentado con gases de combustión.

Otro aspecto relacionado con la producción de biomasa algal para la producción de biocombustibles radica en el «tipo» de biocombustible a producir: lípidos para biodiésel/biokeroseno, o bien carbohidratos para biogas/bioetanol. No obstante, los recientes avances generados en la tecnología BtL (Fisher-Trops), ha permitido la consistente emergencia del concepto de «biorefinerías de carbohidratos», capaces de generar, a partir de polisacáridos, combustibles líquidos de alta energía. Aunque la selección de microalgas que combinen alta tasa de crecimiento con alto contenido en lípidos de interés para biodiésel podría realizarse mediante explotación de variabilidad natural por técnicas de citometría de flujo- sorter 5, no deja de ser más cierto que resulta fotosintéticamente más eficiente (productivo) convertir el CO₂ en carbohidratos que en lípidos. Y, también, es mucho más eficiente la conversión de estos carbohidratos en lípidos via BtL, que los arduos y energéticamente costosos procesos de extracción de lípidos de la biomasa algal, su posterior transesterificación, destilación, etc.

Por lo tanto, la producción de biomasa algal rica en carbohidratos puede ser un proceso que, en un breve espacio de tiempo, genere un sistema de producción de biocombustibles que puede llegar a ser varios órdenes de magnitud superior al de la caña de azúcar.

Otro aspecto relacionado con la producción de microalgas con fines de abatimiento de las emisiones de CO₂, radica en la denominada «hipótesis agramar». Esta hipótesis consiste en una aplicación (del metabolismo de ciertas microalgas) diametralmente opuesta a la considerado habitualmente (secuestro fotosintético), y consiste en hiper-intensificar el proceso de biocarbonatación y bioprecipitación nofotosintética del CO₂. Este procedimiento posibilitaría una hiperintensificación del proceso secuestrante de CO₂ (y de metales pesados y de SH₂) y, además, efectuarlo directamente en el foco de emisión (la propia chimenea). Si esta hipótesis es correcta, el efecto de las microalgas como secuestradores fotosintéticos de CO₂ sería equivalente a la «guinda del pastel», en comparación al efecto secuestrador como bioprecipitadores catalíticos que propone la «hipótesis agramar».

Considerando estos antecedentes, los objetivos de este subproyecto son:

Aislar y catalogar nuevas especies de microalgas (eucariotas y procariotas, unicelulares y, sobre todo, filamentosas), de ambiente marino (salobre e hipersalino), termófilo y, a ser posible, acidófilo, y que sean productoras de polisacáridos (y mucopolisacáridos), tanto en cápsula como excretados.

Evaluar su potencial de cultivo intensivo en fotobiorreactores tubulares, a escala de laboratorio (1,5 L), pero en condiciones reales de cultivo (irradiación solar y sin limitación de nutrientes) de tal forma que posibilite la extrapolación de datos básicos: Tasa de crecimiento, densidad máxima, densidad óptima.

Evaluar la metodología de cultivo a escala piloto de las cepas seleccionadas, con sistemas de carbonatación basados en la inyección de gases de combustión industriales.

Validación de la «hipótesis agramar», la cual postula la posibilidad de generar una significativa reducción de la emisión del CO₂ de gases de combustión industriales, mediante

procesos de secuestro no-fotosintético, inducidos por inyección de microalgas en chimenea, especialmente las productoras de mucopolisacáridos.

III.C Construcción de fotobioreactores a escala semidemostrativa y de tipologías diferentes.

Como se ha indicado en el apartado anterior, se trata de al menos cuatro modelos diferentes de birreactores, en proyectos liderados por empresas en consorcio con entidades públicas y estructura en red. Para ello, el Organismo gestor concertará su realización con las empresas más idóneas capaces de liderar y cofinanciar estos proyectos demostrativos.

Se describen, a continuación, las líneas generales de cuatro subproyectos:

1. Captura, fijación y valorización de CO₂ por medio de planta piloto ubicada en una central térmica del litoral.

El objetivo general del subproyecto es la optimización de las tecnologías desarrolladas que permitan el desarrollo científico de una planta piloto y de demostración, ubicada en una instalación industrial real, con objeto de demostrar la viabilidad de un sistema de captura, fijación y valorización de CO₂ mediante microalgas. Se desarrollará mediante el siguiente plan, fases y metodología:

Selección de microalgas. Se contempla el desarrollo de un programa de pruebas, considerando los diferentes productos que se desean obtener (biofertilizantes, biocombustibles y otros) para seleccionar diferentes cepas que serán ensayadas en externo en una planta piloto ubicada en el contexto de una central térmica litoral. En función de los resultados obtenidos se escalarán los resultados de la planta piloto en la central térmica, con el objetivo de verificar los resultados en condiciones reales.

Diseño y optimización de foto-bio-reactores. Durante el proyecto CENIT C02 se han desarrollado diversos diseños de foto-bio-reactores adecuados para el proceso planteado. Dichos diseños deben ser optimizados en cuanto a la mejora de la distribución de luz y operatividad, pero especialmente en dos aspectos determinantes: el coste (suponen la mayor partida económica de la instalación) y el consumo de energía. Por ello, es necesario acometer una nueva fase de desarrollo, con un alcance técnicamente más ambicioso, donde además de mantener una relación de coste por unidad de volumen competitiva se incremente de forma notable el rendimiento volumétrico del cultivo. El diseño del foto-bio-reactor debe permitir, además, la adecuada circulación de agua y nutrientes alrededor de las microalgas así como un suministro suficiente de la luz solar, lo que exige una alta relación entre superficie y volumen.

Ampliación de la capacidad de ensayo de la planta piloto: instrumentación, control y monitorización y operaciones en esta unidad. Se plantea dentro del presente subproyecto dotar a referida planta piloto del suministro de agua de mar, y agua depurada de tratamiento secundario, como alternativas al agua dulce contemplada hasta la fecha. Esta planta piloto será el centro de investigación final y en la misma, además de optimizarse los sistemas y la operatividad global del proceso, se estudiarán variables que no son posibles de evaluar en otras instalaciones. Para ello, se realizará el diseño del sistema de monitoreo de la planta piloto, en base a las necesidades de control de cada una de las fases que forman parte de la misma (parámetros climáticos, condiciones del medio de cultivo, refrigeración, acondicionamiento de la biomasa, valorización).

Programa de bio-refinería. Acondicionamiento y valorización. Las operaciones de cosechado y acondicionamiento de la biomasa suponen más del 20% de los costes de producción y deben ser minimizados. Se pretende desarrollar metodologías de concentración de la biomasa que permitan pasar de la concentración inicial, 1-3 g/L, a concentraciones finales comerciales, 150-300 g/L, mediante tecnologías de bajo coste aplicables a grandes volúmenes de cultivo: floculación, centrifugación, etc.

Diseño de una planta de demostración (1-3 Ha). En base a los resultados obtenidos en las fases anteriores del subproyecto, así como los datos de que se disponga en cuanto al

funcionamiento de los equipos y reactores, comportamiento de las diferentes cepas estudiadas, rendimientos del módulo de bio-refinería.

2. Construcción y puesta en operación de planta piloto demostrativa para producción de microalgas para la obtención de biodiésel.

El objetivo principal del subproyecto es el disponer de una instalación completa e independiente para evaluar si es posible la producción continua, masiva y económicamente competitiva de biomasa de microalgas para la obtención de aceite útil para la producción de biodiésel. Para la obtención del producto final se requiere una instalación completa en la que se desarrolle tanto el cultivo como la transformación de la biomasa obtenida. Esta instalación permitirá la obtención de la biomasa, su recolección, su procesamiento para la extracción de aceite, refinado o pretratamiento de este aceite, y la transesterificación de sus ácidos grasos. Asimismo se estudiará el aprovechamiento tanto de la biomasa residual tras la extracción como el reciclaje de todas las materias primas del proceso. El coste de operación de la producción semiindustrial es un aspecto básico que será necesario determinar. Se valorará su viabilidad económica así como la sostenibilidad del proceso global.

Este objetivo general se desglosa en los siguientes subobjetivos:

Determinar las especies de microalgas más adecuadas para la producción de lípidos aptos para la producción de biodiésel y las condiciones de cultivo idóneas para dichos microorganismos.

Determinar y diseñar los PBRs más eficientes para el crecimiento de las especies de microalgas seleccionadas.

Estudiar y determinar el sistema de cosechado más eficiente para la separación de las microalgas de su medio de cultivo.

Establecer métodos de extracción del aceite de microalgas, refinado (purificación y/o hidrogenación) y proceso óptimo de transesterificación.

Desarrollar métodos de aprovechamiento de la biomasa residual obtenida y sistemas de reciclaje de todas las materias primas utilizadas en las distintas fases del proceso para un aprovechamiento integral del mismo.

Instalar una planta piloto con el objetivo de conocer, desarrollar y optimizar el cultivo de microalgas y su rendimiento de producción como primer paso hacia la escalabilidad a nivel industrial.

Evaluar el rendimiento de obtención de biomasa y aceite útil por hectárea y el coste final del biodiésel obtenido.

3. Desarrollo y operación de una planta de demostración flexible para la producción de microorganismos fotosintéticos para la captura de CO₂ y su valoración para la producción de biocombustibles.

El objetivo de este subproyecto es evaluar en condiciones reales la tecnología de cultivo de microalgas y cianobacterias como materia prima para la producción de biocombustibles y para la alimentación animal, así como para la fijación del CO₂ procedente de la fermentación en la producción de bioetanol. Tanto el suministro de materia prima como la reducción de emisiones de CO₂ durante los procesos de fermentación para producir bioetanol, son puntos claves y estratégicos para el desarrollo de las tecnologías de producción de los biocombustibles de segunda generación. Más allá del avance individual de las dos iniciativas, se plantea trabajar en las sinergias entre ambas. Para ello se hace necesario definir, diseñar, construir y ensayar en instalaciones experimentales flexibles, adecuadas en escala y ubicación, y dónde se consideren sólo las tecnologías con potencial interés y los microorganismos fotosintéticos seleccionados para la producción de biocarburantes. El uso de CO₂ de fermentación en la producción incrementa los beneficios ambientales y, además, todo el esquema productivo se cierra, ya que los productos obtenidos de las algas se aprovechan de nuevo como materia prima para producción de bioetanol y biodiésel.

Este objetivo general se concreta en los siguientes subobjetivos:

Desarrollar una planta flexible que permita ensayar diferentes combinaciones de microalgas, tecnologías de producción, de concentración de la biomasa y de extracción y separación de sus componentes. Puesto que en la producción de estas especies afecta considerablemente las condiciones del entorno, es decir condiciones medioambientales, características de agua, fuente de CO₂, etc., se plantea la ubicación en el Sureste de España junto a una planta de producción de bioetanol, en la que se disponga de CO₂ generado en procesos de fermentación de cereal.

Desarrollar y ejecutar un plan de pruebas en planta piloto que permita evaluar tecno-económicamente el concepto industrial.

Evaluación tecno-económica del concepto industrial basada en las pruebas en la planta.

Caracterización de especies de microalgas/cianobacterias con capacidad óptima de biofijación del CO₂ de fermentación en la zona de estudio.

Evaluación y optimización de los diversos sistemas de cultivo en foto-bio-reactores.

Desarrollo a nivel de laboratorio de un proceso de tratamiento y aprovechamiento de biomasa como apoyo a escalados de demostración e industriales de dichos procesos, incluyendo: diseño, adquisición y puesta en marcha de una instalación de laboratorio de tratamiento de biomasa de microalgas; evaluación, mediante ensayos de laboratorio, de las diferentes etapas y configuraciones del proceso desde la producción de microalgas hasta la obtención de biocombustibles, es decir, fermentación alcohólica a etanol y transesterificación a biodiésel; evaluación de las diferentes alternativas de aprovechamiento bajo estudio, mediante análisis tecno-económico basado en los ensayos de laboratorio; evaluación del uso de la biomasa algal en alimentación animal.

4. Demostración del cultivo y procesado de microalgas en sistemas semicerrados con fertilización carbónica en el entorno de una refinería.

Los objetivos básicos de este subproyecto son:

Estudiar los diferentes sistemas de recolección y secado (decantación, floculación, filtración, centrifugación y sus combinaciones) de microalgas («Phaeodactylum», «Tetraselmis», «Dunaliella», «Nannochloropsis») y realizar un balance energético y económico del proceso con datos experimentales de una planta piloto de producción con un sistema de cultivo semicerrado tipo raceway bajo cubierta plástica.

Estudiar la productividad del sistema de cultivo con fertilización carbónica procedente de una corriente directa de refinería con impurezas, comparada con una fertilización análoga con CO₂ sin impurezas.

Las instalaciones se ubicarán dentro de los terrenos de una refinería, con adecuada disponibilidad de terreno, agua marina y diversas corrientes de CO₂, así como con climatología apropiada para este tipo de cultivo.

Estas instalaciones estarán compuestas por:

Zona de cultivos: 6 raceways de 200 m² cada uno (20x10m) excavados en el terreno, impermeabilizados con geomembrana de polietileno y cubiertos por un túnel de material plástico transparente de 10 m de ancho, con sus correspondientes sistemas de agitación, bombeo, inyección de CO₂, etc.

Zona de preparación de los cultivos: varios raceways de tamaños menores construidos en poliéster / fibra de vidrio, también bajo un túnel de plástico.

Zona de recolección y secado: instalaciones cubiertas en material prefabricado en las que se ubicarían la centrífuga, la tamizadora, los tanques de decantación y floculación y los sistemas auxiliares del cultivo.

Instalaciones para fertilización carbónica, incluyendo la fuente de CO₂ libre de impurezas y la conducción de la corriente de CO₂ de refinería.

Para cumplir los objetivos marcados, se seguirán las siguientes fases:

Construcción de las instalaciones.

Puesta en marcha. Se realizaría con un alga de fácil cultivo, como pueda ser «Spirulina».

Producción con CO₂ sin impurezas. Determinación de la productividad (biomasa seca por unidad de tiempo y superficie) de cuatro especies de algas en distintas condiciones de cultivo, incluyendo composición de nutrientes, agitación y, principalmente, niveles de fertilización carbónica con CO₂ sin impurezas.

Producción con CO₂ de refinería. El mismo esquema que el del apartado anterior, pero utilizando CO₂ procedente de una corriente de refinería sin purificar.

Estudio del sistema de recolección y secado. Optimización del sistema de recolección y secado de las cuatro especies de algas, estudiando la decantación, floculación, filtración, centrifugación y sus combinaciones. Determinación de las necesidades energéticas de cada una de las etapas.

Análisis energético y económico. Balance de las necesidades energéticas y de los costes de producción por unidad de biomasa seca producida para las cuatro especies de algas estudiadas, producidas en un sistema semicerrado, incluyendo el proceso de cultivo, recolección y secado.