



**MEMORIA DE DIVULGACIÓN DEL PROYECTO
VALORIZACIÓN DE RESIUDOS AGRÍCOLAS EN BIOCARBONES ACTIVOS
PARA FILTROS EN TRATAMIENTOS DE AGUA**

Orden de 28 de julio de 2016

Nº EXPEDIENTE: GOP2I-SE-16-0038

COMPOSICIÓN DEL GRUPO OPERATIVO, Representado por la entidad ARSINGER S.L.

Miembros de la agrupación (beneficiarios):

- Miembro 1 ARSINGER S.L., NIF: B91354340
- Miembro 2. IRNAS-CSIC, NIF: Q2818002D
- Miembro 3. CAMPEAGRO S.A.T, NIF: F41825241
- Miembro 4. ASOCIACIÓN ABASTECIMIENTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO DE ANDALUCÍA, NIF: G41190349
- Miembro 5: FUNDACIÓN CENTRO LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA, NIF: G91732156

Miembros no incluidos en la agrupación (no beneficiarios)

- Miembro 1: INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGRARIA Y PESQUERA, NIF: Q4100689A
- Miembro 2: SANTA CRUZ INGENIERIA S.L.U, NIF: B91189183





INDICE:

1.	ANTECEDENTES	3
2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO:	6
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO	7
-	Tarea 1.2 Fabricación de carbón activado a escala de laboratorio.	8
-	Tarea 1.3 Caracterización del carbón activado producido a escala de laboratorio	8
-	Tarea 1.4 Validación del carbón activado obtenido	8
-	Tarea 2.1. Puesta a punto de un sistema piloto de filtración basado en carbón activado.	8
	ACTIVIDAD 1- FABRICACION Y VALIDACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A ESCALA DE LABORATORIO	8
	Tarea 1.1 Acondicionamiento de la materia prima:	9
	Tarea 1.2 Fabricación de carbón activado a escala de laboratorio.	11
	Tarea 1.3 Caracterización del carbón activado producido a escala de laboratorio	12
	Tarea 1.4 Validación del carbón activado obtenido	14
	ACTIVIDAD 2- VALIDACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A ESCALA PILOTO	16
	Tarea 2.1. Puesta a punto de un sistema piloto de filtración basado en carbón activado.	17
	Tarea 2.2. Validación del rendimiento del carbón activado granular en sistema piloto de filtración.	17
	ACTIVIDAD 3- EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	18
	Tarea 3.1 Estimación de niveles productivos y calidad de las cáscaras de almendra en Andalucía	18
	Tarea 3.2 Diseño de proyecto básico de planta industrial de fabricación de carbón activado	19
	Tarea 3.3 Análisis de impactos medioambientales	20
4.	DIVULGACIÓN DEL PROYECTO	22
5.	CONCLUSIONES	25
	ANEXO 1. RELACIÓN DE INFORMES EMITIDOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO	28





1. ANTECEDENTES

Este grupo operativo, denominado AGRICARBÓN, surge con la idea de desarrollar el proyecto “Valorización de residuos agrícolas en biocarbón activo para su uso tratamiento de agua”, y persigue conducir el proceso de producción a gran escala de carbón activado a partir de residuos vegetales en Andalucía. El grupo dispone de los actores necesarios para cerrar la cadena de mercado, desde la innovación hasta la comercialización final del producto. Para ello, están implicados un agente del sector administrativo, Instituto de Investigación Agraria y Pesquera (IFAPA), un agente del sector productor agrícola, CAMPEAGRO, dos agentes del sector económico, IRNAS-CISC y Fundación Centro Las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA), una pyme del sector de la industria, ARSIGNER un agente del sector del agua, Asociación Abastecimientos de Agua y Saneamiento de Andalucía (ASA) y un agente del sector de la consultoría en el campo de la investigación y la tecnología, SANTA CRUZ INGENIERIA.

En virtud de la convocatoria de la orden del 11 de agosto de 2016, se publica el 3 de agosto de 2016 la Orden de 28 de julio de 2016, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de subvenciones, en régimen de concurrencia competitiva, dirigidas a la creación y el funcionamiento de grupos operativos de la Asociación Europea de Innovación (AEI) en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas para la realización de proyectos piloto y el desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías en los sectores agrícola, alimentario y forestal, en el marco del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2014-2020 (submedida 16.1, operaciones 16.1.1., 16.1.2. y 16.1.3.).

El grupo operativo AGRICARBÓN, presentó el proyecto, con objeto de obtener una subvención de la línea Ayudas al funcionamiento de los grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola de la Junta de Andalucía.





El 15 de febrero de 2018 se publicó la Resolución de la Dirección general de Industrias y cadena agroalimentaria, por la que se resuelve la concesión de subvenciones al amparo de la orden de 28 de julio de 2016, y se aprueban las bases reguladoras para la creación y funcionamiento de grupos operativos de la Asociación Europea de Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola, en el marco del programa de desarrollo rural de Andalucía 2014-2020, convocadas por la Orden de 11 de agosto de 2016. En dicha Resolución se subvencionó el proyecto del grupo operativo AGRICARBÓN con 252.387,66 euros.

El presupuesto auxiliable aprobado para cada miembro AGRICARBÓN es el siguiente:





	PRESUPUESTO POR MIEMBROS (€)				
	ARSIGNER	IRNAS-CSIC	CAMPEAGRO	ASA	CENTA
1.- Compra o arrendamiento con opción a compra de nueva maquinaria y equipos	1.450,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.- Programas informáticos y plataformas web	4.990,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.- Diseño y producción de prototipos de maquinaria y equipos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.- Adquisiciones de patentes, licencias, derechos de autor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.- Alquiler de maquinaria, equipos e instalaciones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.- Alquiler y/o arrendamiento de tierras	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.- Material fungible	0,00	24.150,27	0,00	0,00	3.471,51
8.- Gastos de personal propio	37.574,00	43.000,00	14.998,00	10.075,00	45.470,50
9.-Gastos de dietas y desplazamientos del personal (máximo 20% del total subvencionable)	3.555,00	3.500,00	0,00	1.056,00	502,00
10.- Contratación de servicios	15.710,56	14.873,11	10.233,64	280,34	15507,73
11.- Formación para la capacitación de los beneficiarios	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12.- Gastos de divulgación	0,00	0,00	0,00	990,00	1.000,00
TOTAL	63.279,56	85.523,38	25.231,64	12.401,34	65.951,74





2. OBJETIVOS DEL PROYECTO:

AGRICARBÓN propone el uso de residuos agrícolas de gran producción y bajo valor añadido en la comunidad Autónoma Andaluza, como son la cáscara de almendras y la cascarilla y paja de arroz, para la fabricación de carbón activado, un producto de elevado valor añadido.

El objetivo es la mejora en la gestión de los residuos agrícolas mediante la fabricación de carbón activado a partir de cáscaras de almendra y cascarilla de arroz, residuos generados en gran volumen en nuestra comunidad. El carbón activado es un absorbente universal empleado en múltiples procesos de eliminación de sustancias nocivas, con un mercado muy diverso y en continuo crecimiento. Por lo tanto, el proyecto supone un claro ejemplo de desarrollo de Economía Circular, ya que promueve la reutilización de residuos para la generación de un producto con elevado valor añadido.

En la actualidad, una de las aplicaciones más demandadas del carbón activado es la eliminación de contaminantes presentes en aguas destinadas al consumo humano (procesos de potabilización) y aguas regeneradas para su posterior reutilización. El proyecto tiene como objetivo fundamental la mejora en la gestión del agua así como facilitar el suministro y el uso de subproductos, deshechos y residuos para impulsar el desarrollo de la bioeconomía, a través del desarrollo y optimización del proceso de transformación de dichos residuos en un biocarbon activado de alta calidad y contrastada eficiencia en la eliminación de contaminantes acuáticos, un mercado objetivo será el sector del agua.

Este proyecto pretende generar una nueva actividad económica que contribuirá a la disminución de las emisiones de gas con efecto invernadero, promoverá la creación de empleo, el crecimiento económico y la industrialización sostenible de Andalucía.



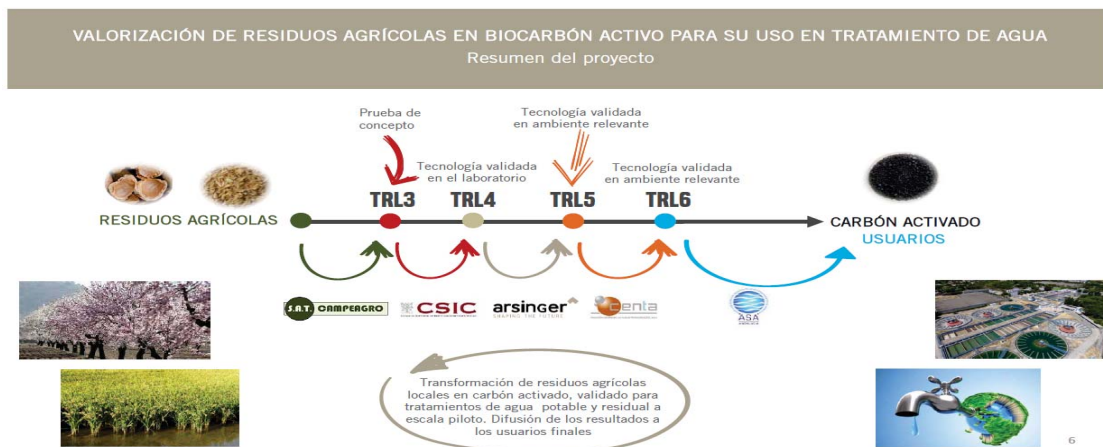


Los **objetivos específicos** del proyecto son:

- A. Desarrollar y validar un proceso de fabricación de biocarbon activado a partir de residuos agrícolas generados en Andalucía (cáscara de almendra y cascarilla y paja de arroz) hasta un nivel de desarrollo tecnológico TRL4.
- B. Demostrar la aplicabilidad comercial de biocarbón activado obtenida a partir de residuos agrícolas generados en Andalucía en el tratamiento de aguas (potabilización y regeneración de aguas depuradas), en un TRL5-6.
- C. Difundir los resultados obtenidos a los usuarios finales a nivel regional para promover la entrada al mercado del carbón activado obtenido a partir de residuos agrícolas y, de esta forma, fomentar la creación de empleo en Andalucía.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se puso en marcha el 24 de febrero de 2018, día en que se publicó la resolución de la subvención. A partir de esa fecha el Grupo Operativo, liderado por ARSIGNER S.L., comenzó a llevar a cabo el reparto de tareas, en una reunión mantenida en Sevilla en las oficinas de Santa Cruz Ingeniería con fecha 23/02/2018 con el objetivo de establecer las líneas a seguir, según el plan presentado a la Consejería y comenzar las acciones diseñadas. Previamente a esta reunión, cada miembro había estado trabajando en la planificación de los trabajos según se había presentado ante la Consejería, y adaptándolo a la Resolución de la convocatoria.





A continuación, se describen las diferentes actividades y acciones desarrolladas en el proyecto "Valorización de residuos agrícolas en biocarbón activo para su uso en el tratamiento del agua":

- Actividad 1- Fabricación y validación del carbón activado a escala de laboratorio
 - Tarea 1.1 Acondicionamiento de la materia prima:
 - Tarea 1.2 Fabricación de carbón activado a escala de laboratorio.
 - Tarea 1.3 Caracterización del carbón activado producido a escala de laboratorio
 - Tarea 1.4 Validación del carbón activado obtenido
- Actividad 2- Validación del carbón activado a escala piloto
 - Tarea 2.1. Puesta a punto de un sistema piloto de filtración basado en carbón activado.
 - Tarea 2.2. Validación del rendimiento del carbón activado granular en el sistema piloto de filtración
- Actividad 3- Evaluación de la viabilidad del proyecto
 - Tarea 3.1. Estimación de niveles productivos y calidad de la cáscara de almendra en Andalucía.
 - Tarea 3.2. Diseño del proyecto de planta industrial de fabricación de carbón activado.
 - Tarea 3.3. Análisis de impactos ambientales.

ACTIVIDAD 1- FABRICACION Y VALIDACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A ESCALA DE LABORATORIO

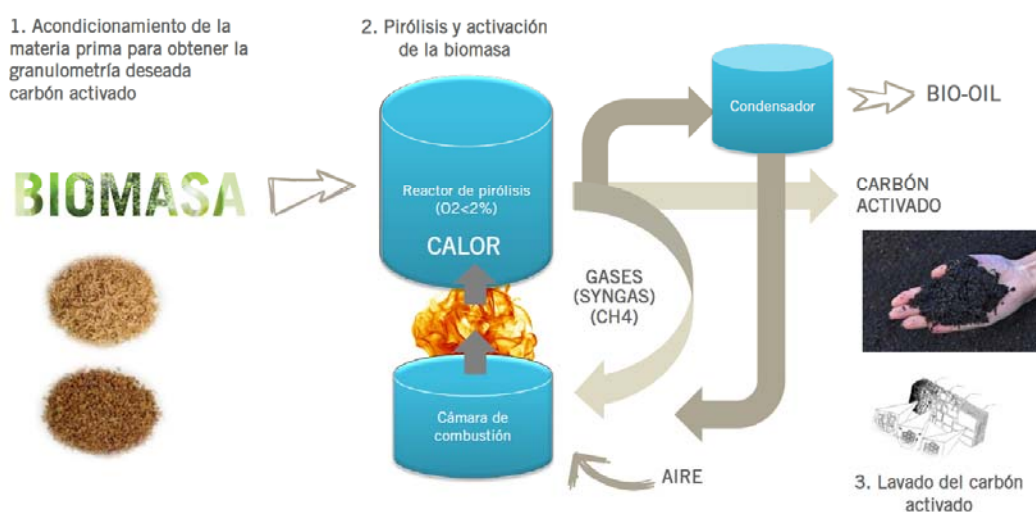
La primera fase del proyecto ha consistido en la realización de una actividad documental que optimizara el desarrollo experimental. Se ha realizado la recopilación y análisis de información de diferente índole para abordar las diferentes actuaciones de las fases posteriores con la mayor eficiencia posible.





Para esta fase, la investigación del grupo operativo se ha basado en la recopilación de publicaciones de la comunidad científica a nivel internacional en la investigación sobre el carbón activado y en las evidencias experimentales previas que avalan la idoneidad de la cáscara de almendra y paja de arroz para la fabricación de carbón activado.

FASE 1 FABRICACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A ESCALA DE LABORATORIO



Tarea 1.1 Acondicionamiento de la materia prima:

En primer lugar se llevó a cabo una fase documental que consistió en el análisis de la forma de optimización de la materia prima, estudio de la mejor forma de acondicionamiento de ésta y compra de la maquinaria necesaria para la actuación.

Esta tarea ha sido realizada por el miembro del grupo operativo CAMPEAGRO, esta empresa es productora de residuos de almendra y arroz, ha sido la encargada de la aportación de esta materia prima en condiciones óptimas para las posteriores fases.

A lo largo del año 2018, según los protocolos establecidos, con el asesoramiento técnico en campo del IFAPA se han realizado en las parcelas de las que es titular SAT





CAMPEGRO, los estudios sobre niveles productivos de cáscara para las principales variedades, de igual forma se han separado las cáscaras de las distintas variedades, ordenándolas por la dureza de las mismas y sistemas de cultivo.

Para determinar las posibles diferencias varietales de las propiedades de la cáscara de almendra se han tomado muestras de 10 variedades, existentes en el campo de ensayo sito en la finca situada en la localidad de Villamanrique, las cuales son variedades de floración tardía, de ellas `Guara´ y `Lauranne´ son las variedades más implantadas en España. Dentro de una misma variedad se observa que las procedentes de árboles de temprana edad tienen menor dureza, pero sin ser esto muy significativo.

La metodología seguida para la obtención de la cáscara fue la siguiente: En campo se tomó una muestra de la cosecha tras el derribo mediante vibrador de tronco, dicha muestra se procedió a su limpieza mecánica quitando restos vegetales (hoja, ramas,..etc) y la corteza verde del fruto. La almendra cáscara así obtenida se deshidrató de forma natural extendida al sol durante varios días. Posteriormente esta almendra cáscara se partió de forma manual e individualmente, separando la cáscara y la semilla. La cáscara fue almacenada por variedades en sacos de 25 Kg.

De igual forma se han recibido las muestras elaboradas por el IFAPA, en sacos de 25 Kg, de distintas variedades y cultivadas en distintas condiciones y situaciones de Andalucía, estas muestras además incluyen otras variedades tradicionales de España, como “Marcona” y “Largueta”. Dichas muestras han sido almacenadas en las instalaciones de SAT CAMPEAGRO, para su posterior entrega al IRNAS-CSIC.

La biomasa de cáscara de almendra y cascarilla de arroz fue suministrada al IRNAS-CSIC en sacos precintados para su tratamiento en laboratorio. Posteriormente ambos tipos de biomasa se secaron (40°C), homogeneizaron y dividieron en lotes de 1kg que fueron almacenados en un cuarto a 4°C hasta su uso. Entre el 21 y el 30 de Mayo de 2018 se procedió a la molienda de 40 kg de cáscara de almendra a un tamaño de partícula menor a





0.9 cm ya que se había comprobado previamente que esta era la granulometría más apropiada.

Tarea 1.2 Fabricación de carbón activado a escala de laboratorio.

En primer lugar se ha desarrollado la actividad documental que ha consistido en una revisión bibliográfica de resultados de investigación experimentales sobre diferentes aspectos relacionados con las condiciones de carbonización y activación del carbón activado. ARSIRGNER ha sido el encargado de realizar el informe en el que se recopila el estado del arte sobre la fabricación del carbón activo. En base a lo anterior se elaboró un informe sobre toda la información disponible para establecer una relación directa entre las condiciones de fabricación y el resultado final, estableciendo parámetros de control del proceso de transformación de los residuos agrícolas del biocarbón activado.

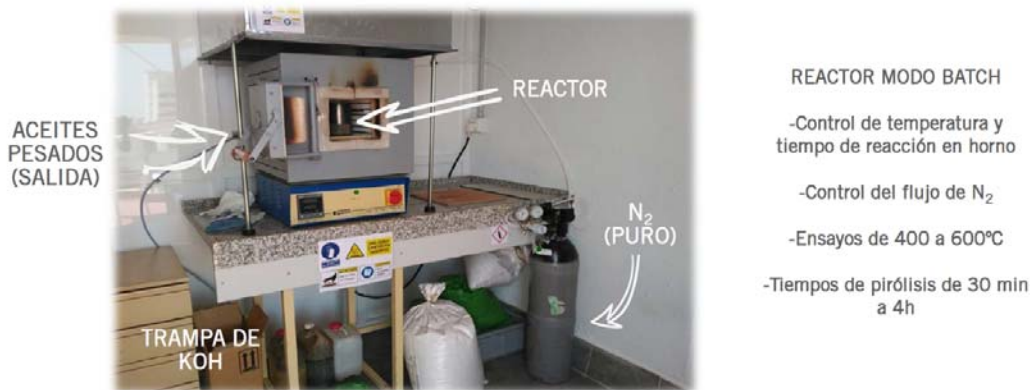
La fase experimental ha sido desarrollada por IRNAS-CSIC, ésta ha consistido en la fabricación a escala de laboratorio de diferentes variedades de carbón activado utilizando como precursor los residuos mencionados en la tarea anterior. En la fase experimental, en las instalaciones de IRNAS-CSIC se ha producido biocarbón activo a partir de cáscara de almendra y cascarilla de arroz seco, homogeneizado y molido utilizando diversas condiciones de pirólisis (calentamiento en ausencia de oxígeno) que se han ajustado para optimizar las propiedades de los biocarbones. Para ello, se han utilizado dos reactores de pirólisis distintos. En los primeros meses del proyecto fue necesario cambiar la ubicación del reactor de pirólisis para incrementar las medidas de seguridad e higiene en el trabajo, y esto requirió de una pequeña obra de acondicionamiento del laboratorio, lo que ocasionó un retraso de aproximadamente un mes y medio respecto al tiempo inicialmente previsto en el cronograma para la producción de lo biocarbones respecto del cronograma previsto.

Esta actividad se ha llevado a cabo mediante dos subtareas: En primer lugar, se ha desarrollado la pirólisis de la materia prima para la producción del biocarbón, esto consiste en el calentamiento en ausencia de oxígeno de la biomasa en condiciones controladas. Para esta subtarea se ha utilizado biomasa seca y homogeneizada utilizando dos tiempos de pirólisis y dos tiempos de reacción.





La segunda subtarea llevada a cabo fue la activación del carbón, este proceso incrementa la capacidad de retención y absorción mediante la incorporación de grupos funcionales oxidantes en la estructura molecular del carbón. Se utilizó la activación química, basado en las ventajas observadas de ésta frente a la activación física.



Durante el primer trimestre de la segunda anualidad, 2019, se produjo el biocarbon activado de cascarilla de arroz que faltaba que fue entregado al personal del proyecto del CENTA.

Para este último lote se realizó la pirólisis a 500°C por resultar la temperatura más adecuada para las características del reactor y la naturaleza de la biomasa.

Tarea 1.3 Caracterización del carbón activado producido a escala de laboratorio

La fase documental de esta tarea consistió en los estudios de las metodologías existentes a nivel internacional para la caracterización del carbón activo. Se analizaron diferentes normativas publicadas a nivel internacional para la validación de un carbón activado. El objetivo de éste era preparar el protocolo necesario para validar comercialmente el carbón activado obtenido en la fase experimental. Existen diferentes normativas publicadas a nivel internacional para la validación de un carbón activado. Las normas más aceptadas son las





publicadas por la ASTM (American Society for Testing and Materials), la AWWA (American Water Works Association) o CEFIC (European Council of Chemical Manufacturers' Federations). Estos organismos han publicado métodos de prueba que permiten determinar las características fundamentales del carbón activado. Se ha llevado a cabo un trabajo documental para recopilar la información necesaria para la identificación y puesta a punto de los protocolos estándares de caracterización del carbón activado que permitan la obtención de la hoja de características o especificaciones técnicas de las variedades obtenidas, en función de la normativa internacional.

En la fase experimental, llevada a cabo por IRNAS-CSIC, se ha puesto a punto el método experimental de medida del índice de yodo de un carbón activado. El índice de yodo es la cantidad de yodo adsorbido (en mg) por 1 g de carbón activado y se considera un indicador relativo de su porosidad, utilizándose como referencia por la mayoría de fabricantes de carbón activado. Se ha llevado a cabo la determinación del índice de yodo de todas las variedades de carbón activado disponibles hasta el momento: las comerciales y las obtenidas en el laboratorio.

Asimismo, en las instalaciones del IRNAS-CSIC, se ha llevado a cabo una completa caracterización fisicoquímica completa de las biomásas, biocarbones producidos y muestras comerciales de carbón activo, en la que se han medido los siguientes parámetros: pH, conductividad, Water Holding Capacity o capacidad de retención hídrica-WHC, análisis elemental, superficie específica, espectros de infrarrojos, índice de yodo, así como el contenido en ceniza y humedad.

En relación con esta tarea y durante la segunda anualidad se ha realizado la caracterización de los biocarbones activados nuevos (fundamentalmente nuevos lotes de cascarilla de arroz) y se han ejecutado nuevos análisis de propiedades físicas y químicas de los carbones y especialmente del índice de yodo y de la superficie específica.





Caracterización de las variedades obtenidas:

Material	Muestra	Tº/Tiempo	Sustancia activante	Rendimiento (%)	pH	Conductividad	WHC
ARROZ	Bc_Ri_500_2h	500°C 2h		37,3	10,59 ± 0,03	567,5 ± 3,5 µS/cm	429
	CA_Bc_Ri_KOH_2	500°C 2h	KOH	66,8	10,29 ± 0,02	6,50 ± 0,1 mS/cm	816
	CA_Ri_H2O	500°C 45min	H2O	36,6	10,44 ± 0,01	447,5 ± 12,0 µS/cm	506
ALMENDRA	Bc_Al_500_2h	500°C 2h		27,1	9,31 ± 0,23	274 ± 2,1 µS/cm	108
	CA_Bc_Al_KOH_2	500°C 2h	KOH	92,5	8,98 ± 0,39	303 ± 45,0 µS/cm	111
	CA_Al_H2O	500°C 45min	H2O	20,8	8,57 ± 0,11	498 ± 31,1 µS/cm	164
B1 (std)	CA_Bc_B1_KOH_2		KOH	74,8	10,23 ± 0,04	8,79 ± 3,2 mS/cm	167

Tarea 1.4 Validación del carbón activado obtenido

La última tarea de la primera actividad tenía como objetivo determinar la capacidad de absorción de al menos 10 contaminantes acuáticos según la normativa. Para ello, previamente se realizó un trabajo documental para la elaboración de una lista de sustancias contaminantes del medio acuático. La fase experimental ha sido llevada a cabo por IRNAS-CSIC.

Posteriormente a la caracterización del carbón activado obtenido en el laboratorio, es necesario validar su aplicabilidad futura. Para ello, se llevó a cabo una comparación con las variedades de referencia que se encuentran actualmente en el mercado. En este sentido, se realizó una búsqueda exhaustiva y específica, mediante la petición de ofertas a diferentes empresas distribuidoras de dicho producto en el ámbito europeo, con la finalidad de seleccionar las variedades comerciales más representativas del mercado comunitario utilizadas en el tratamiento de aguas.

A nivel de laboratorio se ha determinado la capacidad de contaminantes orgánicos frecuentemente encontrados en aguas urbanas en todas las muestras de biocarbones activados producidos y se han comparado con carbones activos comerciales.





La ausencia de laboratorios acreditados para efectuar la cuantificación de los contaminantes orgánicos, previsto en la solicitud a realizar por laboratorios externos, nos llevó a realizar estos ensayos en los laboratorios del IRNAS, lo que implicó una mayor necesidad de recursos humanos destinados al proyecto durante esta segunda anualidad, que se solicitó a la Junta de Andalucía y fue aprobado.

Esta actividad incluye la determinación de la capacidad de adsorción de contaminantes orgánicos frecuentemente encontrados en aguas urbanas en todas las muestras de biocarbonos activados producidos y se han comparado con carbones activos comerciales.

Se determinó la capacidad de adsorción de tres contaminantes, todos ellos fármacos, con distintas propiedades físico-químicas, como sustancias tipo de contaminantes catiónicos (atenolol), aniónicos (sulfametoxazol) y no iónicos (carbamazepina). Durante el segundo año de proyecto se han incorporado otros cuatro contaminantes más, de los cuales uno de ellos es también fármaco, al antiinflamatorio ibuprofeno. Otra de las sustancias analizadas es la estimulante cafeína, frecuentemente encontrado en los estudios de monitorización en aguas superficiales; y los dos restantes son productos fitosanitarios: el herbicida S-metolacoloro y el insecticida pirimicarb. De esta forma se amplía el espectro de sustancias químicas, no limitándose solo a los denominados contaminantes emergentes, cuya presencia en aguas superficiales y subterráneas no está aún regulada. Por el contrario, la concentración máxima permitida de productos fitosanitarios está regulada a través de la directiva europea 98/83/EC que estipula que la concentración de cualquier plaguicida no debe exceder de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ en aguas, y la suma de todos los presentes de $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$. De esta forma se ha podido estudiar también no solo la influencia de la carga que presenten en solución, sino también la influencia de la estructura química.

Los contaminantes usados finalmente son los siguientes: Fármacos, Sulfamethoxazole (SMX), Carbamazepine (CBZ), Atenolol (AT), Ibuprofen (IBPF), Cafeína (CAF), S-metolacoloro (SMET), Pirimicarb (PIR)





ACTIVIDAD 2- VALIDACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A ESCALA PILOTO

La segunda fase del proyecto está encaminada a la realización de pruebas piloto con el carbón activado seleccionados en la primera fase, con objeto de conocer el rendimiento en la eliminación de sustancias contaminantes del agua en un ambiente relevante y cercano al mercado. El carbón activado se utiliza tradicionalmente para adsorber las sustancias orgánicas que afectan directamente a la calidad organoléptica del agua, así como a aquellas sustancias que son perjudiciales para la salud y el medioambiente y que son difíciles de eliminar por los procedimientos convencionales de tratamiento del agua.

Los contaminantes orgánicos presentes en las aguas destinadas a consumo humano se pueden clasificar en tres grupos.

1. Materia orgánica natural, que supone el mayor porcentaje de materia orgánica soluble presente en el agua y proviene del metabolismo de la vegetación y de los procesos de descomposición.
2. Sustancias químicas orgánicas sintéticas, que provienen de las descargas de aguas residuales de origen industrial o municipal y de productos químicos agrícolas y urbanos.
3. Subproductos de la desinfección, formados al desinfectar el agua para consumo humano con cloro.

En el tratamiento del agua existen varios tipos de este producto. El empleo de uno u otro depende del grado de contaminación del agua y de la frecuencia con que se puedan presentar episodios y problemas, tanto de olores y sabores como la necesidad de eliminar otros contaminantes.

Tipos de Carbón Activado:



Extruded or pelletised activated carbons (EAC)

Granular activated carbons (GAC)

Powdered activated carbons (PAC)

Biological activated carbons (BAC)



El PAC se utiliza de manera discontinua, se aplica mediante dosificación durante el pre-tratamiento del agua antes de la sedimentación y filtración.

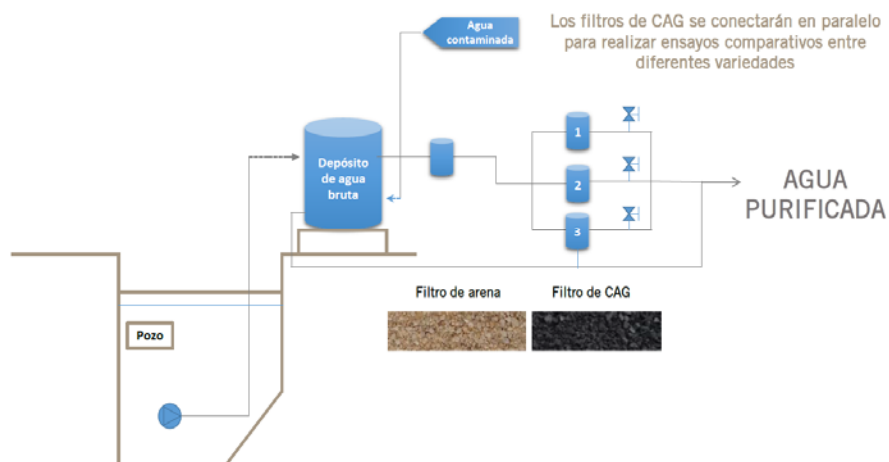
El CAG se emplea en filtros después de la filtración por arena y antes de la desinfección final del agua.

Tareas llevadas a cabo para la validación del CAG a escala piloto:

Tarea 2.1. Puesta a punto de un sistema piloto de filtración basado en carbón activado.

Para la validación del producto en un ambiente relevante, necesitaremos diseñar y poner en funcionamiento una estación experimental de filtros, que se llevará a cabo en las instalaciones del CENTA. Para tal fin, se ha diseñado una planta piloto de filtración que permite realizar ensayos de eliminación de contaminantes acuáticos en condiciones estándar de trabajo, utilizando como material filtrante las variedades de carbón activado óptimas producidas a escala piloto y las comerciales usadas como referencia.

Tarea 2.2. Validación del rendimiento del carbón activado granular en sistema piloto de filtración.





En esta tarea se ha evaluado la eficiencia del carbón obtenido. Se han realizado pruebas piloto con diferentes variedades para así conocer el rendimiento en la eliminación de sustancias contaminantes. Para esta tarea IRNAS-CSIC ha puesto a disposición toda la información referente a las propiedades físicas y al comportamiento del material en columna, así como de los ensayos para determinar el breakpoint o punto a partir del cual la adsorción de sustancias por el carbón empieza a decrecer.

ACTIVIDAD 3- EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Tarea 3.1 Estimación de niveles productivos y calidad de las cáscaras de almendra en Andalucía

Se han realizado los estudios sobre niveles productivos de cáscara para las principales variedades y sistemas de cultivo, así como el asesoramiento técnico en campo a la empresa SAT Campeagro. Las muestras fueron tomadas de un campo experimental de variedades de almendro ubicado en el centro IFAPA “Alameda del Obispo de Córdoba”, con 7 años de edad y se cultiva bajo condiciones de riego deficitario. Así mismo, para establecer la posible influencia del medio de cultivo sobre las propiedades de la cáscara se tomó una muestra de la variedad Guara cultivada en condiciones de secano, procedente de la comarca de los Vélez (Almería).

Se ha realizado por parte de ARSIRGNER un estudio de mercado sobre las tendencias de consumo de carbón activado en Andalucía, utilizando ASA como muestra representativa.

Los resultados que muestran el estudio son los siguientes:

1. Todas las ETAPs, Estación de tratamiento de agua potable, que abastecen a más de 20.000 habitantes cuentan con tratamientos de carbón activado (18/21).
2. De las 18 ETAPs que incorporan carbón activado en su tratamiento, todas utilizan PAC y 13 de ellas utilizan GAC.
3. El consumo en volumen de PAC es superior al GAC
4. El carbón activado utilizado es de origen mineral





5. El carbón activado se utiliza en las ETAPs andaluzas fundamentalmente para la eliminación de plaguicidas y en segundo lugar para eliminación de materia orgánica y productos de la desinfección (DBPs).
6. Las empresas suministradoras de carbón activado son “Kemira Ibérica” y “Campi y Jove” , con sede en Cataluña
7. El carbón activado NO se utiliza actualmente en ninguna EDAR, Estación depuradora de agua.

Tarea 3.2 Diseño de proyecto básico de planta industrial de fabricación de carbón activado

En las instalaciones de ARSINGER se han iniciado los procesos de cálculo necesarios para la escalabilidad del proceso como son la capacidad del horno pirolítico, los volúmenes de sustancia activante y el agua de lavado. Se ha completado el estudio de la maquinaria existente en el mercado para seleccionar las más idóneas para el proceso de carbonización y activación de sustancias vegetales.

En esta fase también se ha desarrollado por parte de ARSINGER un estudio de mercado, en el que se analiza la situación del mercado del carbón activado en España, Europa y a nivel global, un análisis del precio, identificación del mercado objetivo y un análisis de la competencia.

Como conclusiones del estudio de mercado podemos extraer las siguientes:

- España importa más de 10.000 toneladas anuales de carbón activado desde hace más de una década
- Andalucía representa aproximadamente el 10% de las importaciones
- El Mercado global del carbón activado aumentará en volumen y complejidad
- La demanda de carbón activado para su uso en tratamientos de agua irá en aumento, especialmente el PAC
- El precio medio del carbón activado europeo para su uso en saneamiento de agua potable es de 1,26 euros/kg (PAC) y 1,56 euros/kg (GAC) en Andalucía





- El carbón activado que se comercializa en Europa proviene de cáscara de coco y carbón mineral

La investigación indica que es posible fabricar carbón activado de calidad a partir de una gran variedad de residuos agroforestales.

Por otro lado, ARSIGNER ha elaborado un informe para el desarrollo de esta tarea que consiste en la recopilación de documentación para el correcto diseño de una planta piloto de filtración con carbón activado granular (CAG). Se ha utilizado la bibliografía científica y técnica para seleccionar los parámetros óptimos que se emplearán en los experimentos de validación, basándonos en el sistema propuesto inicialmente.

También se ha elaborado un proyecto básico para planta de producción de carbón activado en Huevar del Aljarafe Sevilla. Dentro de los objetivos del proyecto se encontraba un estudio de viabilidad, que incluyera el diseño de una planta industrial de carbón activado a partir de residuos agroalimentarios a nivel de proyecto básico. La planta industrial proyectada debe satisfacer las necesidades de carbón activado en Andalucía en su totalidad o parcialmente, ya que se ha valorado la implantación de una nueva actividad económica en la cual la cadena de suministro se enmarque a nivel local, desde la materia prima a la comercialización del producto final.

El proyecto básico tiene como objetivo diseñar una planta industrial de producción de carbón activado granular para satisfacer las necesidades del mercado local andaluz a partir de residuos vegetales generados en Andalucía

Tarea 3.3 Análisis de impactos medioambientales

Para el desarrollo de esta tarea, con el objetivo de cumplir con el objetivo de sostenibilidad ambiental, se ha evaluado el impacto ambiental del proceso desarrollado. Para ello se ha realizado un análisis del Ciclo de Vida.





ARSIGNER en colaboración con CENTA han llevado a cabo esta tarea. En primer lugar, el análisis que ha consistido en utilizar la herramienta ACV para evaluar el impacto ambiental de un proceso de fabricación y suministro de carbón activado en Andalucía utilizando residuos agroalimentarios como materia prima. Asimismo, y debido al interés para el sector agrícola, se ha realizado un análisis de ciclo de vida de la producción de almendra en Andalucía.

En el marco de la valorización de residuos agrícolas en biocarbón activo ACV, el proceso se divide en las etapas de extracción, procesado, fabricación, uso, fin de vida y transporte. Las etapas del ciclo de vida del carbón activado a partir de residuos agroalimentarios son las siguientes:

1. Extracción/Explotación: producción agrícola de materia prima: almendras o arroz
2. Procesado: proceso industrial de transformación de la materia prima: descascarado
3. Fabricación: producción industrial de carbón activado a partir de cáscaras de almendra o cascarilla de arroz
4. Uso: purificación de aguas en estaciones potabilizadoras
5. Fin de vida: reactivación o depósito autorizado en vertedero
6. Transporte:
 - Desde el campo a la planta de procesado
 - Desde la planta de procesado a la planta de fabricación
 - Desde la planta de fabricación al usuario final

Posteriormente se ha realizado un Inventario de ciclo de vida: fabricación industrial de carbón activado “de la puerta a la puerta”. El proyecto tiene como objetivo fundamental el desarrollo de la tecnología necesaria para la producción de carbón activado a partir de cáscaras de almendra y/o cascarilla de arroz producidas en Andalucía para su posterior uso en tratamientos de aguas. En este inventario, realizado por ARSIGNER, se han recopilado y analizado los resultados del inventario de ciclo de vida de la fabricación industrial de carbón activado a partir de residuos agrícolas con activación física con vapor de agua en dos etapas.





Por último, se han utilizado los estudios previos para la aplicación del análisis del ciclo de vida para comparar el impacto ambiental de los diferentes sistemas de cultivo del almendro en Andalucía, en un informe realizado por ARSIGNER.

4. DIVULGACIÓN DEL PROYECTO

La fase de divulgación ha sido llevada a cabo por el miembro del grupo operativo ASA Andalucía encargada concretamente del área de comunicación y difusión del proyecto. La Asociación de Abastecimientos de Agua y Saneamientos de Andalucía, ASA Andalucía, se ha encargado de la comunicación del proyecto de Carbón Activo AGRICARBON (acrónimo), difundido en los distintos perfiles de redes sociales con las etiquetas #carbonactivo y #Agricarbon.

En el marco de esta iniciativa, ASA Andalucía ha acometido a lo largo del ejercicio 2019 el diseño de la imagen gráfica del proyecto; la puesta en marcha de la nueva página web; actualmente operativa, la edición de cartelería, folletos y otros formatos divulgativos y material informativo del proyecto; la elaboración y distribución del Boletín Electrónico recopilatorio del contenido esencial de Agricarbon; la emisión de notas de prensa a medios generalistas y sectoriales; la gestión del correo electrónico del proyecto info@carbonactivo.eu; y la difusión y visualización de este proyecto su información relacionada en redes sociales y plataformas de comunicación on line, internas y externas.

En las instalaciones de ASA Andalucía se procedió, en primer lugar, al diseño y creación de la identidad gráfica general del proyecto y la puesta a punto de la página web del proyecto. Así mismo se ha promocionado, durante todo el periodo de ejecución, el proyecto en perfiles y canales propios en redes sociales y se han creado las plantillas para la elaboración y difusión de boletines electrónicos, correo electrónico.

Esta fase final ha tenido como objetivo la divulgación científica de los resultados más significativos de la fase experimental relativos a las propiedades y la eficacia de los carbones activados producidos para filtros de aguas. El proyecto y los resultados han sido divulgados de dos formas, una primera mediante la publicación internacional de artículos e





informes divulgativos y por otro lado de forma directa mediante su presentación en la jornada divulgativa final del proyecto. Esta jornada se realizó en las instalaciones del miembro del grupo operativo IRNAS el 10 de febrero de 2020 y contó con la participación de diferentes grupos de interés de la comunidad universitaria y de la comunidad empresarial del saneamiento de aguas en Andalucía.

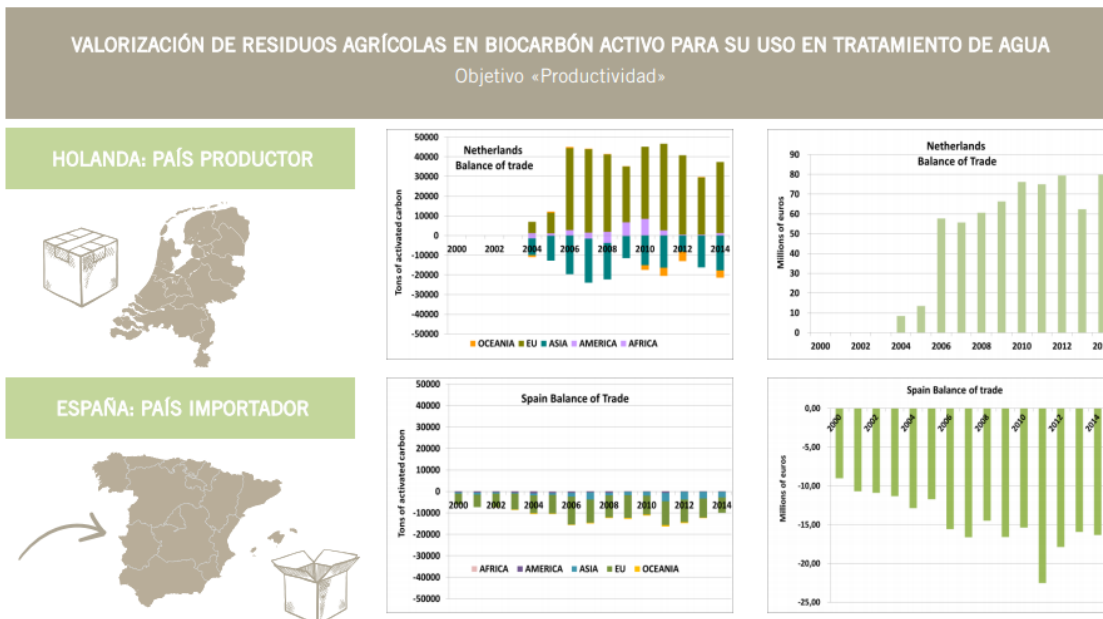
La celebración de la Jornada Técnica final del proyecto de «Valorización de Residuos Agrícolas en Biocarbón Activo para Uso en Tratamiento de Agua» – AGRICARBON, ha consistido en un foro de trabajo en la que han participado los distintos socios participantes, exponiendo sus principales líneas de actividad y resultados obtenidos.

Los contenidos de la sesión divulgativa han girado principalmente en torno a la importancia de la aplicación de la innovación en áreas como la agricultura o el agua, así como la creciente necesidad de una apuesta y transición real hacia una economía real.





Asimismo, desde ARSINGER, uno de los principales generadores de contenido en el marco de Agricarbon como impulsor y promotor del proyecto, se ha realizado un recorrido y mapa de análisis sobre el mercado actual de carbón activo en España y a nivel internacional.



El objetivo es la mejora en la gestión de los residuos agrícolas mediante la fabricación de carbón activado a partir de cáscaras de almendra y cascarilla de arroz, residuos generados en gran volumen en nuestra comunidad. El carbón activado es un absorbente universal empleado en múltiples procesos de eliminación de sustancias nocivas, con un mercado muy diverso y en continuo crecimiento. Por lo tanto, el proyecto supone un claro ejemplo de desarrollo de Economía Circular, ya que promueve la reutilización de residuos para la generación de un producto con elevado valor añadido.

ASA, también ha participado en la elaboración y difusión de una encuesta a las ETAPS andaluzas acerca del uso del carbón activo, cual se usa más frecuentemente y la cantidad del mismo.





CONTRIBUCIÓN DE ASA AL PROYECTO



ENCUESTA

¿Qué necesitamos saber?

1. ¿Qué tipo de carbón activado de usa con más frecuencia en ETAPs andaluzas?
2. Estimación de la cantidad utilizada anualmente en Andalucía para tratamientos de agua
3. ¿Qué compuestos se eliminan actualmente y/o se prevé que deberán ser eliminados en el futuro?

¿Utiliza carbón activado en sus ETAPs?	SI	SI
¿Utiliza carbón activado en sus EDARs?	NO	NO
En caso afirmativo, ¿Qué tipo de carbón activado utiliza: PAC, GAC o ambos?	ambos	CARBÓN ACTIVO EN POLVO
¿Qué cantidad utiliza anualmente de cada uno de ellos?	50 Tm/año CAG y 110 Tm/año CAP	37.000 KG aprox.
¿Qué cantidad tiene previsto utilizar este año?	50 Tm/año CAG	idem
¿Cuánto tiempo lleva empleando carbón activado en sus instalaciones?		02/02/2004
¿Qué tipo de contaminantes elimina con el carbón activado?	materia orgánica y subproductos de la desinfección	PLAGUICIDAS
¿Qué empresa o empresas le suministran el carbón activado?	Kemira, Campi y Jove	KEMIRA
¿Cómo almacena el carbón activado?	Silo para CAP, Big bag para CAG	TOLVA
¿Cuánto tiempo permanece almacenado el carbón activado en sus instalaciones?	CAP 1 mes cuando está en uso, CAG depende de la reposición por pérdidas	DOS MESES DE MEDIA
¿Qué método utiliza para verificar la calidad del carbón activado y/ o su capacidad de absorción?	Índice de Yodo, superficie específica, porosidad (microporos, mesoporos, macroporos), contenido en cenizas	NINGUNO
¿Reactiva el carbón usado?	NO	NO
¿Qué empresa le ofrece el servicio de reactivación?		18

Igualmente el proyecto cuenta con una página web: <http://carbonactivo.eu> que fue presentada en junio de 2019 donde se han ido publicando los avances y noticias del proyecto. Esta web ha servido como principal medio de comunicación y convocatoria del proyecto.

5. CONCLUSIONES

AGRICARBON entiende que este proyecto puede impactar positivamente en el sector agrario, mejorando la sostenibilidad medioambiental y la economía de los residuos vegetales, en el sector de la gestión del agua a través del producto que se ha desarrollado, que tiene un enorme potencial en el sector y en el sector de la bioeconomía gracias a la diversificación de nuevos productos a partir de los residuos agrícolas.

En relación a las tareas realizadas durante el proyecto “Valorización de residuos agrícolas en biocarbón activo para su uso en el tratamiento de agua”, indicar que el proyecto ha avanzado con un mínimo retraso sobre el cronograma establecido durante la primera





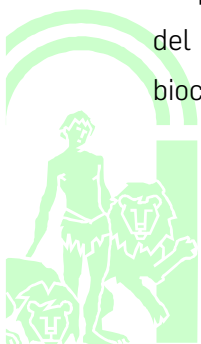
anualidad, siendo asumible este retraso en la siguiente anualidad con un incremento en la dedicación de recursos humanos.

Los resultados técnicos obtenidos son, en general, satisfactorios. La producción de biocarbones para la caracterización y los ensayos de adsorción se han concluido con éxito. Se han producido biocarbones activados optimizados a escala piloto para su uso en el sistema piloto de filtración basado en carbón activado.

En el apartado de las analíticas se han obtenido resultados que difieren con lo esperado en el sentido que resulta mejor el carbón procedente de cascarilla de arroz que el de cáscara de almendra. Los resultados muestran que es viable el aprovechamiento de una biomasa residual de escaso valor comercial como es la cascarilla de arroz, pudiendo ser transformada mediante carbonización y activación en un sustituto del carbón activo (GAC), teniendo en cuenta considerable coste económico de este último (estimado > 1.2-2€/kg).

El tiempo de vida útil del biocarbón procedente de cascarilla de arroz carbonizada y activada para su uso como filtro de contaminantes orgánicos es ligeramente inferior al del GAC comercial, debido a su menor capacidad de retención de contaminantes orgánicos. Por ello, el proceso todavía debe ser mejorado para resolver esta cuestión. También debemos tener en cuenta la posibilidad de regeneración del material mediante una activación posterior a su uso.

Como conclusión final destacar que este proyecto representa un ejemplo de economía circular, en consonancia con la "Hoja de ruta sobre el uso eficiente de los recursos" que tiene como objetivo dirigir a la economía europea hacia este sentido. Este proyecto trae a la luz una alternativa económicamente atractiva, dado su elevado valor añadido, y sostenible para la región Andaluza. El objetivo fundamental conseguido ha sido el sentar las bases para mejora en la gestión del agua en Andalucía así, como facilitar el suministro y el uso de subproductos, desechos y residuos para impulsar el desarrollo de la bioeconomía, a través del desarrollo y optimización del proceso de transformación de los residuos en un biocarbón activado de alta calidad.



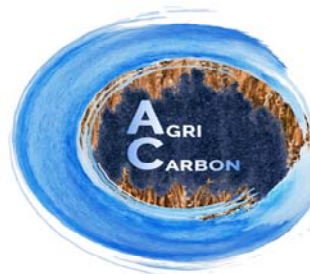
JUNTA DE ANDALUCIA

**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

Dirección General de Industrias y Cadena Agroalimentaria



Tabladilla s/n 41071 – SEVILLA
Tel: 955 032 093 Fax: 955 032 594
e-mail: svindustrias.ssc.capder@juntadeandalucia.es



ANEXO 1. RELACIÓN DE INFORMES EMITIDOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación, se detallan todos los informes realizados para el desarrollo de este proyecto y los responsables de su redacción:

Tarea	Nº	Informes fase de redacción	Responsable
Acondicionamiento de la materia prima	1	Preparación de materias primas para la fabricación de biocarbón, detallando las variedades usadas, granulometrías testadas, caracterización físico-química inicial, balance económico de la provisión de cada biomasa	CAMPEAGRO CAMPEAGRO
Fabricación de carbón activado a escala de laboratorio	2	Lista de parámetros de fabricación de carbón activado a partir de los diferentes materiales de partida utilizados, incluyendo el tipo y granulometría de la biomasa, las condiciones de pirólisis (tiempo y temperatura) y las condiciones de activación (sustancia activante, tiempo y temperatura). Se realizará un informe analizando el efecto de dichos parámetros sobre la producción de carbón activado, en términos de rendimiento (pérdida de peso en base seca) y/o cantidad de sustancia activante que permanece en el producto	IRNAS
Caracterización del carbón activado	3	Listado de variedades de carbón activado obtenidas en laboratorio y comerciales. Indicación de sus características técnicas más relevantes.	IRNAS
	4	Comparación de los resultados obtenidos para cada uno de los restos vegetales utilizados como materia prima y las variedades comerciales seleccionadas	IRNAS
Validación del carbón activado	5	Selección de variedades de carbón activado óptimas con indicación de su capacidad de adsorción de contaminantes orgánicos e inorgánicos	IRNAS
Producción a escala piloto de carbón activado	6	Manual para la producción de carbón activado a escala piloto	IRNAS
Diseño, instalación y puesta en funcionamiento de un sistema piloto de filtración	7	Manual de uso y mantenimiento de la planta piloto de filtración, en donde se indican recomendaciones de uso de la misma y los límites de tratamiento de aguas	ARSINGER
	8	Ingeniería de detalle de la planta piloto	ARSINGER
Validación del rendimiento del carbón activado granular en sistema piloto de filtración	9	Informe detallando los parámetros de operación utilizados en el sistema piloto de filtración.	CENTA
	10	Informe con la comparación de rendimientos de eliminación de contaminantes acuáticos con respecto a variedades comerciales	CENTA
Estimación de niveles productivos y calidad de la cáscara de almendra en Andalucía	11	Informe de resultados con estimación de capacidad productiva de cáscara de almendra en Andalucía	IFAPA
Diseño del proyecto básico de planta industrial de fabricación de carbón activado	12	Planta de producción de carbón activado: layout de las diferentes etapas del proceso productivo, tabla con indicación de equipos, tareas y parámetros fundamentales del proceso	ARSINGER
	13	Redacción de un proyecto básico que contendrá: memoria descriptiva de la instalación documentación gráfica y presupuesto	ARSINGER
	14	Informe sobre la viabilidad económica del proyecto	ARSINGER
Análisis de impactos ambientales	15	Informe con las conclusiones de los diferentes análisis ACV que realicemos, donde se analizarán las limitaciones encontradas, así como las futuras recomendaciones para optimización del proceso	ARSINGER

