

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

VALBISOL: Valorización de biomasa residual del cultivo de girasol en un contexto de biorrefinería



CONAMA 2024

TÍTULO

Autor Principal: Encarnación Ruiz Ramos (Universidad de Jaén, UJA-I3B)

Otros autores: Aleta Duque García (CIEMAT); José Miguel Oliva Domínguez (CIEMAT); José Miguel Campos Martín (ICP-CSIC); Silvia Morales de la Rosa (ICP-CSIC); Cristóbal Cara Corpas (Universidad de Jaén, UJA-I3B)

ÍNDICE

1. Resumen
2. Biomasa residual del cultivo de girasol. Resultados preliminares de caracterización de tallos de girasol
3. Propuesta de valorización en un contexto de biorrefinería
4. Agradecimientos
5. Referencias

1. RESUMEN

El proyecto VALBISOL es un proyecto coordinado, en el que participan la Unidad de Biocombustibles Avanzados y Bioproductos del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (coordinador), la Universidad de Jaén (UJA) y el Instituto de Catálisis y Petroquímica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICP-CSIC). El proyecto tiene como objetivo general el desarrollo de un proceso de fraccionamiento y conversión de la biomasa residual del cultivo del girasol en biocombustibles avanzados (etanol, butanol, hidrógeno y derivados de lignina) y bioproductos (furfural, pectinas, antioxidantes, ácido láctico y xilooligosacáridos), en el ámbito de una biorrefinería.

La estrategia experimental se centra, en primer lugar, en el estudio de diversas tecnologías de fraccionamiento integral de la biomasa residual del cultivo del girasol, todas ellas enfocadas a la obtención de distintas corrientes de proceso, enriquecidas en los componentes mayoritarios de la biomasa. Se estudiarán tecnologías emergentes de extracción con fluidos supercríticos y microondas, y de fraccionamiento mediante extrusión y deslignificación con líquidos iónicos, explosión con vapor y deslignificación mediante glicerolisis y tecnología organosolvente bifásica catalizada. De estos pretratamientos se generan diversas fracciones; una fracción de extractivos que contiene antioxidantes y pectinas; una fracción líquida, que contiene mayoritariamente los azúcares derivados de las hemicelulosas; una fracción sólida, enriquecida en celulosa, y una fracción que contiene la lignina solubilizada y recuperada. Por una parte, en las fracciones líquidas resultantes se plantea la obtención de furfural y de oligosacáridos con aplicación potencial como prebióticos. Por otra parte, en los sólidos pretratados se propone la optimización de la producción de azúcares fermentable mediante hidrólisis enzimática, que posteriormente se transformarán en productos de alto valor añadido, como son el etanol, el butanol, el biohidrógeno y el ácido láctico. Finalmente, los sólidos enriquecidos en lignina se someterán a un hidrotatamiento, para la ruptura de la lignina y obtención de hidrocarburos con utilización potencial como biocombustibles avanzados. El proyecto se completa con una evaluación tecno-económica y medioambiental de las rutas seleccionadas, que permitirá estimar la viabilidad de los esquemas de biorrefinería propuestos.

La utilización de una biomasa residual de tipo lignocelulósico para la obtención de productos de alto valor añadido que pueden sustituir a los de origen fósil, se considera una de las vías más prometedoras para promover el desarrollo de una verdadera bioeconomía. De este modo, se pretende contribuir a reducir la dependencia del petróleo, maximizar la utilización de recursos naturales, paliar los efectos del cambio climático, así como favorecer la descarbonización en

sectores muy demandantes de productos de origen fósil, como son la energía, el transporte, o la industria de los plásticos. Por otra parte, el proyecto VALBISOL puede ayudar al desarrollo en zonas rurales, con un impacto favorable en el tejido industrial de la zona y la generación de empleo. Los resultados obtenidos podrían ser un modelo para otras zonas con alta densidad de biomasa agroindustrial, contribuyendo con ello a desarrollar una sociedad basada en la bioeconomía.

2. BIOMASA RESIDUAL DEL CULTIVO DE GIRASOL. RESULTADOS PRELIMINARES DE CARACTERIZACIÓN DE TALLOS DE GIRASOL.

El cultivo del girasol (*Heliantus annuus*) constituye la primera fuente de cultivos oleaginosos en España, con una superficie de 877×10^3 ha en 2022, siendo Castilla León y Andalucía las principales regiones productoras. A nivel mundial, la superficie cultivada de girasol es de 29 millones de ha, con el continente europeo como líder en cuanto a la producción de semillas (70 % de la producción mundial) (FAOSTAT, 2024). En este contexto, el cultivo de girasol es una importante actividad económica a nivel global que genera grandes cantidades de residuos cada año. El objetivo del proyecto VALBISOL es la valorización de esta biomasa residual. Como primera etapa del plan de trabajo, se ha llevado a cabo la recogida de la biomasa, en colaboración con la Unión de Pequeños Agricultores de Andalucía (UPA-Andalucía), entidad colaboradora del proyecto. La parcela seleccionada está situada en Pedro Abad (Córdoba). En la Figura 1 se muestra la biomasa residual de girasol que ha quedado en esta parcela, una vez cosechadas las semillas de girasol.



Figura 1. Biomasa residual de cultivo de girasol en la parcela seleccionada para el aprovisionamiento del proyecto VALBISOL. Está situada en Pedro Abad (Córdoba)

La maquinaria cosechadora, corta la planta de girasol por la parte superior, recogiendo los capítulos, donde están las semillas, junto una mínima parte del tallo, y dejando el resto de la planta en el suelo. En la Figura 2 puede verse una planta completa de girasol, ya seca, que accidentalmente ha quedado sin cosechar, en la que puede observarse sus distintas partes: la cabeza o capítulo, el tallo y las hojas. Además, hay otra parte subterránea, las raíces.



Figura 2. Planta de girasol seca, en el campo

Las Figuras 3 a 6 son fotografías tomadas ya en el laboratorio de las distintas partes de la planta por separado. La biomasa residual que se genera tras la cosecha de las semillas consiste principalmente en los tallos de girasol, que quedan esparcidos por el suelo, la mayor parte sin triturar. En cambio, los capítulos, que son recogidos por las máquinas cosechadoras, son triturados en el interior de estas para retirar las semillas, y se devuelven esparcidos al suelo, en su gran mayoría, por lo que es difícil recuperarlos en el campo. También es difícil recuperar la fracción de hojas, que es minoritaria, y de muy baja densidad, y que queda en el suelo tras la cosecha. En cuanto a la parte subterránea de la raíz, que es la más leñosa de la planta, una fracción se arranca junto con los tallos cuando pasa la maquinaria cosechadora, mientras que otra parte queda en el suelo, junto con la zona inferior del tallo. La práctica más habitual de eliminación de la biomasa residual de girasol en el campo, consiste en agruparla para quemarla, para realizar posteriormente el arado de la misma con maquinaria agrícola. La dureza de las raíces y tallo que quedan en el suelo son una dificultad añadida para esta operación de arado. El agrupamiento y quemado de los tallos supone también un coste añadido para los agricultores.



Figura 3. Tallos de girasol



Figura 4. Parte inferior de los tallos de girasol, con las raíces



Figura 5. Hojas de la planta de girasol



Figura 6. Capítulos de la planta de girasol

La producción de biomasa residual del cultivo girasol está poco estudiada en la literatura científica. En un estudio sobre caracterización de subproductos del cultivo del girasol, realizado por el Laboratorio de Química Agroindustrial de la Escuela Nacional Superior de Agronomía del Instituto Nacional Politécnico de Toulouse (Francia) (INP-ENSAT) se ha reportado una producción de entre 3 y 7 toneladas de biomasa (en base seca) por cada hectárea de girasol cultivada (Marechal, 1999). Por otra parte, otro estudio de la Asociación de Bioenergía de Ucrania (UABIO) sobre el uso energético de los residuos del girasol, recoge un factor de relación de 1,9 entre la producción de semillas de girasol y la producción de biomasa residual derivada de su cultivo (UABIO, 2020). Los tallos de girasol son la parte principal de la biomasa residual del girasol que queda en el campo de cultivo después del cosechado de las semillas. Como se ha indicado, la práctica más generalizada es quemar estos tallos en el propio campo de cultivo, con el consiguiente perjuicio medioambiental derivado de las emisiones de dióxido de carbono. Alternativamente, la valorización de esta biomasa residual puede ser de gran interés para los agricultores, ya que podría pasarse del escenario actual en que su eliminación les supone un trabajo adicional y por tanto un coste económico, a otro escenario en que esta biomasa pudiera convertirse en una fuente de ingresos.

En la Figura 7, se muestra parte de la biomasa de girasol recolectada para el proyecto VALBISOL en la parcela seleccionada (Figura 1). Se trata principalmente de los tallos de girasol, que se han recogido manualmente del suelo, incorporando también una parte minoritaria de raíces que quedan arrancadas por la maquinaria, de forma que el conjunto es representativo de la biomasa residual real que queda esparcida en el campo tras la cosecha.



Figura 7. Tallos de girasol recolectados para el proyecto VALBISOL

Una vez en el laboratorio, esta biomasa se ha triturado en un Molino de cuchillas, RETSCH model SM 100 (*Haan, Germany*), con un tamaño de rejilla de 1 cm. La Figura 8 corresponde a la biomasa de tallos de girasol triturada. Se ha preparado un lote de biomasa de más de 100 kilogramos, que se ha homogeneizado para el aprovisionamiento del trabajo experimental de los tres grupos de investigación participantes en el proyecto. Como puede observarse en la Figura 8, esta biomasa es bastante heterogénea, distinguiéndose una parte blanquecina y poco densa correspondiente a la parte interior del tallo (médula) y una parte más leñosa correspondiente a la cubierta exterior del tallo.



Figura 8. Biomasa de tallos de girasol triturada en molino de cuchillas (tamaño menor de 1 cm)

Los resultados preliminares de la caracterización química de los tallos de girasol se muestran en la Tabla 1. Se han seguido las metodologías analíticas desarrolladas por el National Renewable Energy Laboratory (NREL, USA) (Sluiter, 2012). Se trata de una biomasa de naturaleza lignocelulósica, es decir, formada mayoritariamente por celulosa, hemicelulosa y lignina. El azúcar mayoritario dentro de la hemicelulosa es la xilosa, con cantidades menores de galactosa, manosa y arabinosa. También presenta un contenido elevado de extractos (principalmente extraíbles en agua) y de cenizas.

Tabla 1. Resultados de la caracterización química de tallos de girasol

Componente	Composición (%)*
Celulosa	24,5 ± 0,8
Hemicelulosa	14,0 ± 0,4
Lignina	16,7 ± 0,2
Extractos	19,9 ± 0.3
Cenizas	10,3 ± 0.2
Grupos acetilo	2,2 ± 0.2
Proteína	4,1 ± 0.6

*g/100 g materia seca ± desviación estándar

3. PROPUESTA DE VALORIZACIÓN EN UN CONTEXTO DE BIORREFINERÍA

En el proyecto VALBISOL, se pretende la valorización de la biomasa residual del cultivo del girasol, en el contexto de lo que se denominan biorrefinerías basadas en biomasa lignocelulósica. Una biorrefinería puede definirse como una instalación en la que se procesa la biomasa para obtener energía y diferentes bioproductos de valor añadido, que de forma sinérgica puedan contribuir a la viabilidad del proceso. Las biorrefinerías pueden enmarcarse en los conceptos de economía circular y de bioeconomía. En este sentido, las biorrefinerías se consideran un pilar estratégico en el que la biomasa se transforme en diferentes productos a través de una serie de procesos termoquímicos o bioquímicos, de forma integrada. Un importante esfuerzo de investigación se ha llevado a cabo en las últimas décadas para avanzar

en el aprovechamiento de las distintas fracciones de la biomasa lignocelulósica, de forma efectiva y sostenible, con la consideración de nuevas materias primas, tecnologías más novedosas y variedad de productos finales (Periyasamy, 2022). El trabajo que se va a desarrollar en el proyecto coordinado VALBISOL, se enmarca claramente en esta línea de investigación, encaminándose a la valorización de la biomasa residual del cultivo del girasol, con tecnologías que puedan resultar en un eficiente fraccionamiento de sus principales componentes (extractivos, celulosa, hemicelulosa y lignina), que posteriormente puedan transformarse en bioproductos de valor añadido. La Figura 9 recoge de forma resumida la propuesta de valorización que se va a abordar en el proyecto VALBISOL.

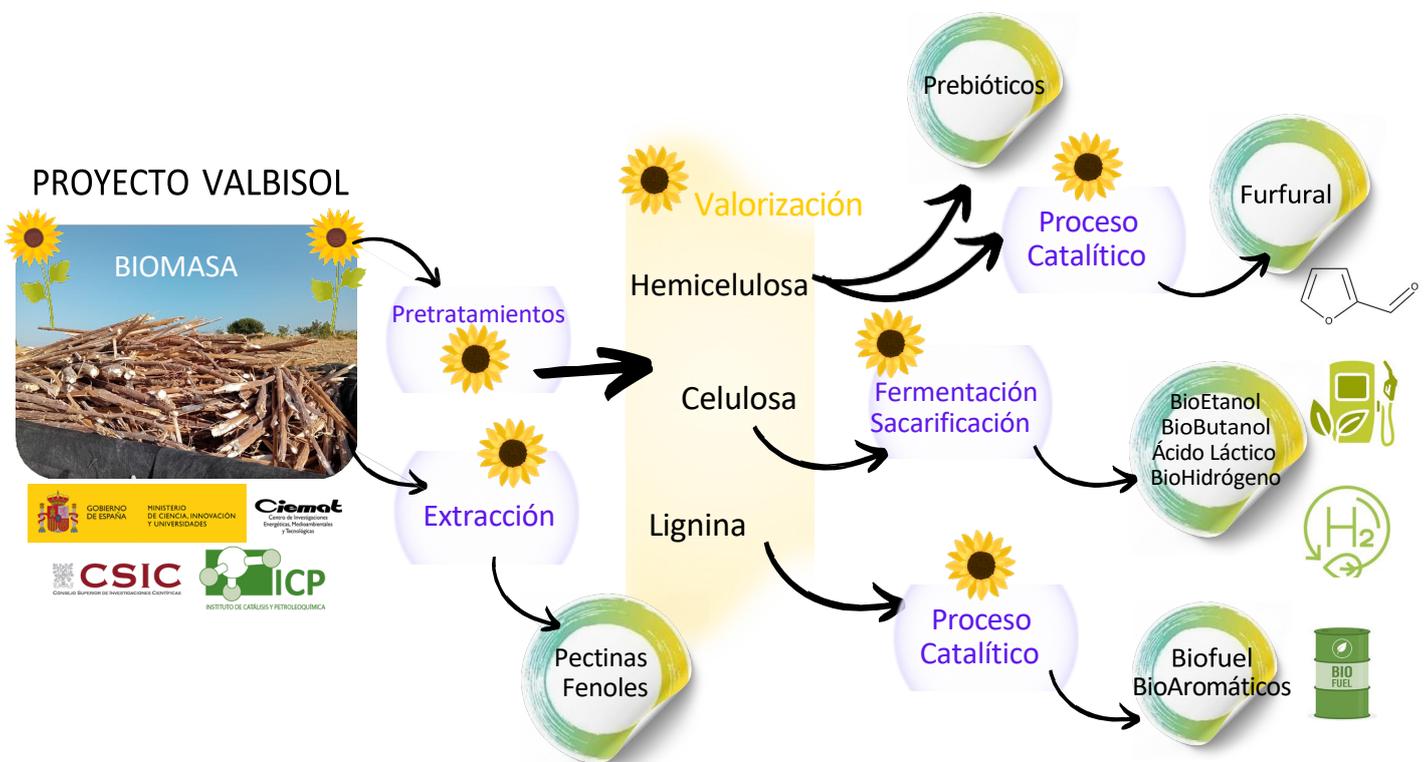


Figura 9. Esquema de la propuesta de valorización de la biomasa residual de girasol planteada en el proyecto VALBISOL

El planteamiento principal del proyecto, se basa en la aplicación de procesos de pretratamiento industrialmente consolidados para generar fracciones sólidas y líquidas que contienen los principales componentes de la biomasa (celulosa, hemicelulosa y lignina). Adicionalmente, se plantea el estudio de la separación de compuestos de interés de la fracción de extractivos. El objetivo es la valorización de esta biomasa para la obtención de biocombustibles y bioproductos como etanol, furfural, butanol, hidrógeno, ácido láctico, prebióticos, antioxidantes, pectinas y productos derivados de la lignina. Todo ello bajo la perspectiva de una biorrefinería integrada, en la que se puedan identificar las estrategias de conversión más sostenibles, entre las opciones técnicamente viables, con la ayuda de metodologías de análisis tecno-económico y de análisis de ciclo de vida.

4. AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2023-147594OB-C32, financiado por:



Entidad colaboradora: Unión de Pequeños Agricultores (UPA-Andalucía)

5. REFERENCIAS

FAO STAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. (7 de octubre de 2024). Base de datos de Producción/Cultivos y productos de ganadería. Recuperado el 20 de octubre de 2024. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Marechal, V. y Rigal, L. (1999). Characterization of by-products of sunflower culture - commercial applications for stalks and heads. *Industrial Crops and Products*, 10 (3): 185-200. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(99)00023-0)

Periyasamy, S., Karthik, V., Senthil Kumar, P., Beula Isabel, J., Temesgen, T., Hunegnaw, B. M., Melese, B. B., Mohamed, B. A. y Nguyen Vo, D.V. (2022). Chemical, physical and biological methods to convert lignocellulosic waste into value-added products. A review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 1129–1152. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01374-w>

Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D. y Crocker, D. (2012). Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. *National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado*. (Revisado en agosto de 2012). <https://www.nrel.gov/docs/gen/fy13/42618.pdf>

UABIO, Ukraine Association of Bioenergy (2020). (5 de octubre de 2020). Prospects of sunflower residues use for energy. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/10/uabio-position-paper-25-en-1.pdf>