

UNIDAD MÓVIL Y AUTÓNOMA PARA TRANSFORMAR SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS EN EXTRACTOS DE ALTO VALOR EN ORIGEN

DATOS DE CONTACTO:

Relaciones con la Empresa
Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI
Universidad de Alicante
Tel.: +34 96 590 99 59
Email: areaempresas@ua.es
<http://innoua.ua.es>

RESUMEN

El grupo de investigación "**Química (bio)Analítica y Circular**" (**bioCir**) de la **Universidad de Alicante** ha desarrollado una **unidad móvil, compacta y autónoma** para el **procesado *in situ* de biomasa vegetal fresca y subproductos agrícolas**, que permite obtener extractos bioactivos de alto valor directamente en el lugar de cultivo o de generación del residuo.

La tecnología integra en una única plataforma transportable todas las etapas del proceso —acondicionamiento, extracción asistida, separación, concentración, secado y envasado—, y **está concebida para operar con autonomía energética a partir de fuentes renovables y con un circuito cerrado de recuperación del disolvente**. Su diseño permite, además, una **extracción en cascada**, en la que el residuo sólido se reconduce de forma automática para encadenar sucesivas extracciones y aprovechar al máximo la biomasa. Al procesar la materia recién recolectada en el propio origen, se evita el transporte de grandes cantidades de agua y se frena la degradación de la materia fresca, obteniendo un producto final seco, estable y listo para su uso.

La tecnología, protegida mediante solicitud de patente, se encuentra desarrollada a escala de laboratorio, donde se ha validado el proceso sobre distintos subproductos agroindustriales reales, como hoja de olivo, bagazo de uva y subproductos de piña. Los extractos obtenidos presentan aplicabilidad en los sectores de alimentación funcional, nutracéutica, cosmética, farmacéutica y de bioestimulantes. Se buscan empresas interesadas en su explotación comercial.



INTRODUCCIÓN

La valorización de la biomasa vegetal y los subproductos agrícolas (su transformación en productos de valor) se realiza actualmente, en gran medida, en instalaciones industriales fijas. Este modelo centralizado obliga a transportar la materia prima desde el campo hasta la planta de procesamiento y presenta dos barreras críticas: los elevados costes logísticos y la rápida pérdida de calidad de la biomasa.

La primera barrera está relacionada con el elevado contenido de agua de la biomasa recién recolectada, que habitualmente supera el 60-80% de su peso. Transportar este volumen de agua hasta plantas alejadas del punto de cultivo incrementa notablemente los costes, que pueden representar el 30-70% del coste total del procesado, dependiendo de la distancia.

La segunda barrera es el deterioro de la materia prima. El transporte y almacenamiento previos generan tiempos de espera de varias horas o días durante los cuales la biomasa se degrada rápidamente por oxidación, crecimiento microbiano y actividad enzimática. Esta degradación puede reducir entre un 20% y un 50% el contenido de compuestos bioactivos, que constituyen precisamente las moléculas de mayor valor que se pretende recuperar. Además, la variabilidad natural de la biomasa y su rápida degradación dificultan la estandarización de los procesos industriales y comprometen la reproducibilidad y calidad del producto final.

Existen numerosos métodos de extracción, desde el empleo de disolventes hasta técnicas intensificadas, como ultrasonidos o microondas, que favorecen la liberación de los compuestos de interés. Posteriormente, tecnologías como la liofilización o el secado por atomización permiten estabilizar y conservar los extractos. Sin embargo, estas soluciones están diseñadas principalmente para instalaciones fijas y dependen de infraestructuras energéticas complejas, lo que dificulta su aplicación directa en el campo.

Se han desarrollado también biorrefinerías modulares o descentralizadas, pero las soluciones existentes no responden plenamente a esta necesidad: suelen estar orientadas a entornos urbanos, no son móviles ni autónomas para operar sobre el terreno, y no están concebidas para procesar biomasa agrícola fresca incorporando sistemas avanzados de secado. Los sistemas móviles disponibles se destinan principalmente a la valorización energética. Por otro lado, los equipos móviles de extracción suelen producir únicamente extractos líquidos concentrados que, sin un sistema de secado integrado, continúan siendo inestables y difíciles de conservar. Algunos dependen además de la conexión a la red eléctrica o se limitan a separar fracciones básicas, como fibras o azúcares, sin obtener compuestos bioactivos estabilizados.

Existe, por tanto, una clara carencia tecnológica: se necesita una solución realmente móvil y energéticamente autosuficiente, capaz de desplazarse hasta el lugar de cultivo y procesar la biomasa fresca inmediatamente después de su recolección. Esta tecnología debe integrar de forma coordinada en un único equipo las etapas de extracción, separación, concentración y secado. De este modo, sería posible reducir la degradación de los compuestos de interés, evitar el transporte innecesario de agua y obtener directamente en el campo un producto final seco, estable y listo para su comercialización.

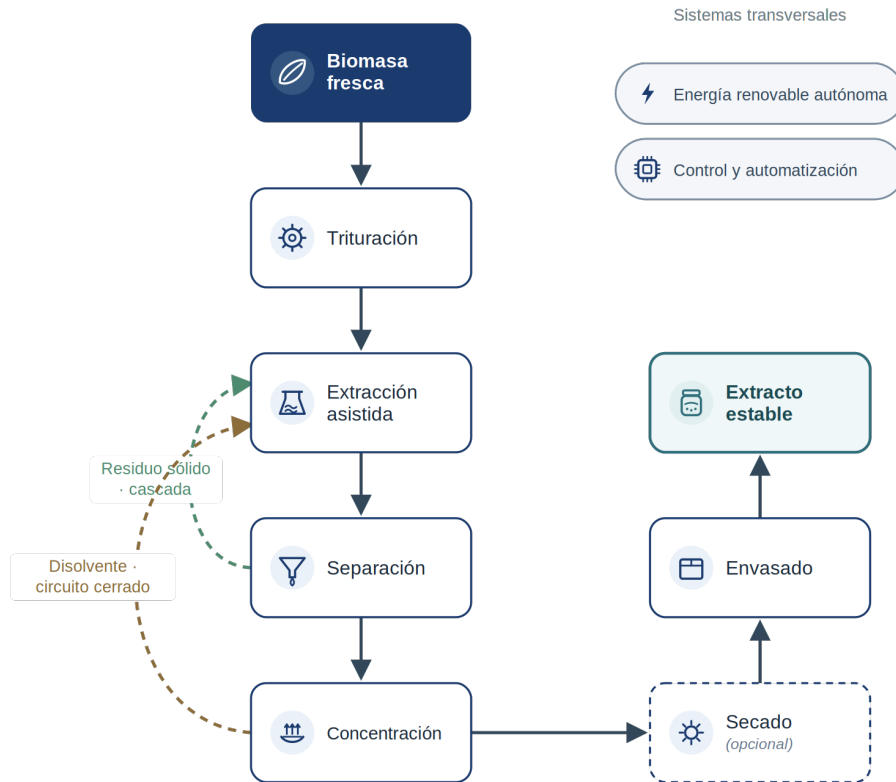
DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El grupo de investigación "**Química (bio)Analítica y Circular**" (bioCir) de la **Universidad de Alicante** ha desarrollado un **sistema compacto, móvil y transportable** para el procesado de **biomasa vegetal fresca y subproductos agrícolas *in situ***, es decir, en el propio lugar donde se generan o se recolectan. En una única plataforma se integran, de forma ordenada, todas las etapas necesarias para transformar la materia prima recién recolectada en un extracto útil: acondicionamiento, extracción de los compuestos de interés, separación, concentración y envasado. El sistema está diseñado para funcionar con autonomía energética propia a partir de energía renovable y para gestionar el disolvente en circuito cerrado, sin depender de conexiones externas.

El conjunto se monta sobre una plataforma transportable —del tipo remolque o contenedor, con dimensiones compatibles con el transporte estándar—. Los distintos módulos se disponen alineados a lo largo de la plataforma, en el mismo orden en que avanza el material durante el proceso, y están conectados físicamente entre sí mediante conducciones, válvulas, bombas y sistemas mecánicos de transferencia de sólidos. De este modo, la materia pasa directamente de una etapa a la siguiente dentro del propio equipo, sin manipulación manual intermedia.

El sistema se compone de los siguientes módulos, integrados de forma secuencial y funcional:

- **Pretratamiento:** tritura la biomasa fresca para reducir su tamaño y acondicionarla de cara a la extracción.
- **Extracción:** un reactor donde la biomasa se pone en contacto con un disolvente con ayuda de una técnica de extracción asistida. Es adaptable a distintos métodos según el tipo de materia vegetal.
- **Separación sólido-líquido:** divide la mezcla que sale del reactor en dos corrientes, una líquida (el extracto) y un residuo sólido (la biomasa agotada), mediante filtración, prensado o centrifugación.
- **Concentración y recuperación de disolvente:** evapora y retira el disolvente del extracto para concentrar el producto de interés.
- **Almacenamiento y recirculación de disolvente:** depósitos que, junto con el módulo anterior, forman un circuito cerrado; el disolvente recuperado se reconduce automáticamente al reactor para volver a emplearse en nuevos ciclos.
- **Estabilización o secado (opcional):** deshidrata el extracto concentrado hasta obtener un sólido seco, preferentemente en polvo.
- **Envasado:** dosifica, almacena de forma temporal y envasa el producto final.
- **Suministro energético autónomo:** conjunto de captación y almacenamiento de energía renovable (paneles fotovoltaicos, baterías e inversores) dimensionado para alimentar todo el equipo sin conexión a la red eléctrica.
- **Control y automatización:** sistema electrónico centralizado que vigila y regula en tiempo real las condiciones de cada módulo y ajusta o detiene selectivamente las etapas en función de la energía disponible.



El funcionamiento comienza con la carga de la biomasa en el módulo de pretratamiento. Una vez triturada, se transfiere de forma automática al reactor, donde se mezcla con el disolvente mediante la extracción asistida; a continuación, la mezcla pasa al separador, que la divide en el extracto líquido —destinado a concentración y envasado— y el residuo sólido.

Una característica central del sistema es su capacidad para realizar la extracción "en cascada" de forma integrada dentro del propio equipo. En esta modalidad, tras una primera extracción con un disolvente inicial (por ejemplo, para recuperar compuestos fenólicos), el residuo sólido que sale del separador se redirige automáticamente de nuevo al reactor, donde entra en contacto con un segundo disolvente distinto para extraer otras familias de compuestos (por ejemplo, pigmentos clorofílicos). El material vuelve a pasar por el separador, y el ciclo se repite hasta aprovechar al máximo la matriz vegetal. Todo ello ocurre de forma interna y coordinada, sin transferencias externas ni manipulación manual.

Por último, el sistema puede operar tanto en continuo como por lotes, adaptándose a las necesidades de cada aplicación.

VENTAJAS Y ASPECTOS INNOVADORES

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA

Frente a la extracción en instalaciones fijas centralizadas y a los equipos portátiles convencionales, esta unidad móvil ofrece las siguientes ventajas:

- **Elimina la dependencia logística y sus costes:** al procesar la biomasa recién recolectada en el propio campo, se evita transportar grandes cantidades de agua (la materia fresca contiene habitualmente un 60-80 % de humedad) y se suprimen los costes de transporte, que en los modelos centralizados pueden suponer entre el 30 % y el 70 % del coste total.
- **Preserva la calidad y la reproducibilidad del extracto:** al reducir al mínimo el tiempo entre recolección y procesado, se frena la degradación (enzimática, microbiológica y oxidativa) que sufre la materia fresca durante el transporte y el almacenamiento —capaz de mermar entre un 20 % y un 50 % los compuestos de interés—, lo que se traduce en un extracto de mayor calidad y más reproducible.
- **Aprovecha al máximo la biomasa (extracción en cascada):** el sistema encadena varias extracciones sobre la misma materia de forma automática; la primera acondiciona la matriz vegetal y mejora el rendimiento de la siguiente, de modo que a partir de una única biomasa se obtienen varias fracciones de valor y aumenta el rendimiento global.
- **Autonomía energética con gestión inteligente:** funciona sin conexión a la red eléctrica gracias a un suministro renovable propio, y su sistema de control ajusta o prioriza las etapas según la energía disponible, lo que permite operar en zonas aisladas o con recursos limitados.
- **Sostenibilidad:** disolvente en circuito cerrado: el disolvente de extracción se recupera y se reutiliza internamente, reduciendo su consumo, las pérdidas y las emisiones al exterior.

- **Producto final seco, estable y listo para comercializar:** frente a los equipos móviles que solo obtienen extractos líquidos (inestables y perecederos), esta unidad puede incorporar un secado que transforma el extracto en un sólido —preferentemente en polvo— de mayor estabilidad y vida útil, apto para su distribución directa desde el origen.
- **Reduce de forma notable los tiempos de extracción:** el uso de técnicas de extracción asistida permite obtener el extracto en una fracción del tiempo que requieren los métodos sólido-líquido tradicionales (habitualmente de 30-60 minutos).
- **Flexibilidad de operación y escalado:** posibilidad de trabajar en continuo o por lotes y de dimensionar el equipo a escala piloto o semi-industrial.
- **Versatilidad de aplicación:** al ser adaptable a distintos tipos de biomasa y compuestos objetivo, una misma plataforma podría dar servicio a varios cultivos y productos.
- **Menor huella de carbono:** evitar el transporte de biomasa húmeda y usar energía renovable apunta a una reducción de la huella de carbono del proceso.
- **Revalorización de subproductos en origen:** transforma un residuo agrícola —cuya gestión suele ser un coste— en un producto de valor obtenido en el propio campo, abriendo una posible nueva fuente de ingresos.

ASPECTOS INNOVADORES DE LA TECNOLOGÍA

Los principales aspectos innovadores de esta tecnología son dos: por un lado, la integración de toda la línea de procesado —desde la biomasa fresca hasta el producto seco— en una única plataforma móvil y energéticamente autónoma; y, por otro, un mecanismo de retorno automático del residuo sólido que hace posible la extracción en cascada de forma integrada, sin intervención manual.

El primer aspecto es la **integración completa del proceso en un equipo móvil y autónomo**. Lo técnicamente nuevo no es cada etapa por separado —extraer, separar, concentrar o secar son operaciones conocidas—, sino que todas ellas queden físicamente enlazadas y coordinadas dentro de una misma unidad capaz de operar en el propio campo, sin conexión a la red. Es esta integración la que permite obtener un producto final estable directamente en el origen, algo que los sistemas móviles anteriores no lograban, al limitarse a operaciones parciales o a extractos líquidos. Además, al procesarse la biomasa en el propio lugar de generación, se evita transportar grandes cantidades de materia húmeda y se transforma el subproducto en un producto de mayor valor en el origen.

El segundo aspecto es el **retorno automático del residuo sólido al reactor para encadenar extracciones**. En los métodos habituales, la materia vegetal se descarta o se trata aparte tras una primera extracción; aquí, en cambio, se reconduce de forma automática para someterla a un segundo disolvente dentro del mismo ciclo. La clave está en que la primera extracción modifica la estructura de la matriz vegetal y facilita la siguiente, de modo que este encadenamiento no solo automatiza el proceso, sino que aumenta el rendimiento global de recuperación.

ESTADO ACTUAL

Actualmente, el proceso está validado a **escala de laboratorio**, mientras que el **prototipo móvil integrado** está **pendiente de ensamblaje a escala piloto**. En esta validación se han procesado distintos subproductos agroindustriales reales, de alta humedad y rápido deterioro, obteniendo extractos de composición estable y reproducible, aptos como ingredientes de alto valor para los sectores alimentario, farmacéutico, cosmético y de bioestimulantes.

Matrices con las que se ha validado el proceso:

- **Subproductos de piña** (industria de procesado alimentario), como residuo de muy alta humedad: se obtuvieron extractos antioxidantes ricos en polifenoles, con buena reproducibilidad.
- **Hoja de olivo** (restos de poda): permitió validar la **extracción en cascada integrada**, recuperando de una misma biomasa varias familias de compuestos de forma secuencial.
- **Bagazo de uva** (subproducto de vinificación): su procesado inmediato tras la generación evitó la oxidación y la fermentación de la materia fresca, permitiendo obtener extractos polifenólicos estables.

El **siguiente paso** previsto es el ensamblaje del **prototipo integrado a escala piloto** y su posterior escalado semi-industrial, etapa para la que se busca colaboración industrial.

APLICACIONES DE LA OFERTA

Esta tecnología se enmarca en la ingeniería química aplicada y la valorización de biomasa vegetal, en concreto en los sistemas móviles para el procesado in situ de subproductos agrícolas y la obtención de extractos bioactivos. Por su carácter transversal, resulta de interés tanto para los sectores que generan la biomasa —potenciales usuarios del equipo— como para los mercados de destino de los extractos obtenidos.

Sectores generadores de biomasa:

- Sector oleícola y almazaras: restos de poda y subproductos del olivar.
- Industria vitivinícola y bodegas: bagazo y subproductos de la vinificación.
- Industria de procesado de frutas y hortalizas: subproductos de alta humedad, como los derivados de la piña.

- Explotaciones agrícolas, cooperativas y gestores de subproductos agroindustriales: valorización de residuos vegetales en el propio lugar de generación.

Mercados de destino de los extractos:

- Alimentación funcional y nutracéutica: ingredientes antioxidantes de origen natural.
- Cosmética y dermofarmacia: activos de origen vegetal.
- Industria farmacéutica: compuestos bioactivos de interés.
- Bioestimulantes y protección de cultivos: formulaciones agrícolas de base vegetal.
- Productos de limpieza y cuidado del hogar: ingredientes de origen natural.

Usos potenciales adicionales:

- Pigmentos y colorantes naturales: la operación en cascada permitiría recuperar, además de los antioxidantes, fracciones de pigmentos (p. ej. clorofílicos) con interés como colorantes naturales.
- Otros subproductos agroindustriales de alta humedad: posible extensión a matrices como cítricos, tomate, poso de café o bagazo cervecero, entre otras.
- Envasado activo y conservantes naturales: uso de los extractos antioxidantes como aditivos para prolongar la conservación de alimentos.

COLABORACIÓN BUSCADA

El grupo de investigación bioCir de la Universidad de Alicante busca empresas interesadas en incorporar esta tecnología a sus procesos o en participar en las siguientes etapas de desarrollo y validación, mediante alguna de las siguientes modalidades:

- **Licencia de la patente:** cesión de los derechos de uso de la tecnología a empresas con capacidad para su implementación y explotación comercial.
- **Transferencia de tecnología:** transmisión del conocimiento técnico asociado (*know-how*) y del soporte necesario para su correcta implantación en el entorno productivo del socio.
- **Investigación conjunta y prueba de concepto:** colaboración para el ensamblaje y la validación del prototipo integrado a escala piloto y su posterior escalado, así como para la adaptación de la unidad a las necesidades concretas de la empresa. Dado que la tecnología se encuentra a escala de laboratorio, esta es la vía prioritaria a corto plazo.

Principales áreas de colaboración:

- Ensamblaje y validación del prototipo integrado a escala piloto.
- Escalado semi-industrial de la unidad móvil.
- Adaptación del sistema a los subproductos y matrices vegetales de interés para el socio.
- Optimización de la línea de procesamiento (extracción asistida, extracción en cascada y secado) para productos concretos.
- Desarrollo de ingredientes y formulaciones a partir de los extractos obtenidos.

Perfiles de empresa buscados:

- Sector oleícola y almazaras, bodegas e industria vitivinícola e industria de procesamiento de frutas y hortalizas, como generadoras de biomasa y usuarias potenciales del equipo.
- Cooperativas agrícolas y gestores de subproductos agroindustriales interesados en valorizar sus residuos en origen.
- Empresas de ingeniería y fabricantes de equipos de proceso o maquinaria agrícola, para el desarrollo y la producción de la unidad.
- Empresas de alimentación funcional, nutracéutica, cosmética y farmacéutica, así como de bioestimulantes, protección de cultivos y productos de limpieza de base natural, como mercados de destino de los extractos.

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Esta tecnología se encuentra protegida mediante **solicitud de patente**.

- **Título de la patente:** “Sistema compacto para valorización in situ de biomasa vegetal y obtención de extractos bioactivos”.
- **Número de solicitud:** P202631056.
- **Fecha de solicitud:** 21 de julio de 2026.

SECTORES DE APLICACIÓN (1)

Agroalimentación y Pesca