

03-013

TRANSPORTABLE INDUSTRIAL PLANT FOR ESSENCE EXTRACTION

Hernández Rodríguez, Francisco ⁽¹⁾; Azaña García, Aurelio ⁽²⁾; Flores Hinojosa, Andrés ⁽²⁾; Begines, Paloma ⁽²⁾; Gortari López, Ángela ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad de Sevilla, ⁽²⁾ Azcatec Tecnología e Ingeniería SL

Aromatic and medicinal plants are a natural resource of great value in areas such as pharmaceutical, food or perfumery and cosmetics. In Andalusia, one of the species that proliferates is the gum rockrose (*Cistus Ladanifer* L.), from which two main by-products are obtained, labdanum oil and cistus essential oil. It is a product of interest to the industry, mainly cosmetic, but that hardly entails the creation of wealth for the areas where natural resources are found, in this case the rockrose. In order to the added value returns over primary producers and supports rural development, the Department of Agriculture, Fisheries and Rural Development of the Junta de Andalucía has awarded a grant to carry out a pilot project of a transportable process plant for the transformation of vegetable species for obtaining essences and essential oils for the pharmaceutical, cosmetic and natural fragrances sector based on rockrose and other vegetable species. The objective of this work is to describe the main aspects related to the project engineering of this transportable process plant.

Keywords: Cistus Ladanifer L.; labdanum oil; cistus essential oil; transportable process plant; project engineering

PLANTA INDUSTRIAL TRANSPORTABLE PARA EXTRACCIÓN DE ESENCIAS

Las plantas aromáticas y medicinales constituyen un recurso natural de gran valor en ámbitos como el farmacéutico, el de la alimentación o el de la perfumería y la cosmética. En Andalucía, una de las especies que prolifera es la jara pringosa (*Cistus Ladanifer* L.), de la que se obtienen dos subproductos principales, el aceite de ládano y el aceite esencial de cistus. Es un producto de interés para la industria, fundamentalmente cosmética, pero que apenas conlleva la creación de riqueza para las poblaciones donde se encuentra los recursos naturales, en este caso la jara. Con objeto de que dicho valor añadido revierta sobre los productores primarios y favorecer el desarrollo rural, la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía ha concedido una subvención para la realización de un proyecto piloto de una planta de procesos transportable para la transformación de especies vegetales para la obtención de esencias y aceites esenciales destinados al sector farmacéutico, cosmético y fragancias naturales basado en la jara y otras especies vegetales. El objetivo de este trabajo es describir los principales aspectos relacionados con la ingeniería de proyectos de dicha planta de procesos transportable.

Palabras clave: Cistus Ladanifer L.; aceite de ládano; aceite esencial de cistus; planta de procesos transportable; ingeniería de proyectos

Correspondencia: Francisco Hernández Rodríguez fhr@us.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Las plantas aromáticas son las que contienen una mayor cantidad de esencias, por lo que constituyen la materia prima para su obtención, bien sea a partir de toda la planta, o sólo de sus flores, hojas o frutos

En el ámbito de la producción relacionada con estas plantas, destacan, por su valor añadido, dos productos principales: los aceites esenciales, obtenidos por destilación, y los extractos, obtenidos por extracción de los principios activos.

El aceite esencial, denominado también aceite volátil o etéreo, es una secreción metabólica natural de la planta (Sharifi-Rad et al., 2017). Es un líquido con escasa solubilidad en agua, soluble en alcoholes y en disolventes orgánicos. El contenido total de aceite esencial en una planta es igual o menor al 1% (Butnariu y Sarac, 2018). Su composición es generalmente muy compleja, llegando a estar constituida por una mezcla de hasta cien o más constituyentes. Cada una de estas sustancias, en su estado puro, presentan un aroma característico, que en ocasiones recuerda al de determinadas frutas o a olores peculiares, pero es el conjunto de todas ellas, cada una en su correcta proporción, el que determina el aroma y en definitiva las propiedades más valiosas de las esencias y extractos de plantas.

Por otro lado, los extractos resultan del procedimiento de extracción sólido-líquido de la planta, procedimiento consistente en poner en contacto un sólido triturado (material vegetal) con un líquido (extractante).

El mercado mundial de los aceites esenciales y otros extractos (Barbieri y Borsotto, 2018), alcanzó en 2017 una producción de 150000 toneladas, con un valor aproximado de 6000 millones de dólares USA, lo que supuso triplicar el volumen desde el año 1990 (45000 toneladas). Según distintos análisis económicos, el crecimiento continuará y se espera que en 2022 alcance un valor próximo a 11670 millones de dólares USA, para posteriormente sobrepasar los 15800 millones de dólares en 2025. En cuanto a la demanda, ésta proviene principalmente de los siguientes mercados: alimentación y bebidas (35%), fragancias, cosmética y aromaterapia (29%), hogar (16%) y farmacéutico (15%). Globalmente, los fabricantes de sabores y fragancias se encuentran entre los principales compradores de aceites esenciales y otros extractos. Entre 2012 y 2016, las ventas globales de los fabricantes de sabores y fragancias se incrementaron un 7%, alcanzando los 25000 millones de euros.

Son numerosas las plantas aromáticas y medicinales que se utilizan para la elaboración de aceites esenciales y extractos, tanto plantas cultivadas como plantas silvestres. En la Península Ibérica, entre las plantas silvestres existe gran abundancia de jara pingosa (*Cistus Ladanifer*) (Interreg Sudoe ValuePAM-1, 2018), siendo ésta especialmente abundante en el sudoeste de la península y, en particular, en Andalucía (Interreg Sudoe ValuePAM-2, 2018).

Se trata de una mata erecta, de entre 50 y 200 cm de longitud, que vive en suelos ácidos originados por rocas silíceas como granitos, cuarcitas, pizarras y esquistos. Las ramas y las hojas, en general, están impregnadas de una sustancia pegajosa y olorosa (ládano).

Es una planta muy apreciada en el sector de la perfumería, en el que los extractos de ládano se utilizan principalmente como fijador de los aromas del perfume, de manera que éstos perduren más tiempo sobre la piel. Este producto se obtiene por cocción de la jara, sometida posteriormente a un proceso de neutralización y emulsión, al que luego se le extraen los aceites para la producción de perfume.

La cadena de valor (Interreg Sudoe ValuePAM-3, 2018) del *Cistus Ladanifer* L. incluye dos procesos principales: la producción primaria y la producción global. La producción primaria

comprende las operaciones que van desde el cultivo o la recolección de plantas silvestres, hasta la producción de aceite esencial. La producción global engloba las operaciones desarrolladas por las empresas multinacionales que parten del producto final de la producción primaria y finaliza en los productos que consume el cliente final. Es el ámbito de la producción primaria y, en concreto, la producción de oleoderivados de jara el objetivo de esta comunicación.

En Andalucía no se conocen cultivos de esta jara, ya que es una especie picolonizadora que prolifera sobre suelos degradados, dehesas y cultivos abandonados, por lo que no se cultiva al existir enormes superficies de esta planta de forma silvestre.

La recolección se lleva a cabo habitualmente en los meses de julio y agosto, siendo los principales lugares de recolección las provincias de Huelva, Sevilla, Jaén y, en menor medida, Córdoba. La recolección se realiza principalmente por métodos semi-manuales (moto desbrozadoras y hoces). No se autoriza la recolección por medios mecánicos por el elevado riesgo de incendio, ya que el ládano es una materia altamente inflamable y las labores se realizan en la época de mayor calor (julio y agosto). Los recolectores suelen ser personas o grupos de personas que trabajan para una empresa de acopio o de destilación, bien de manera autónoma o, en algunos casos, como mano de obra laboral. Constituye mano de obra no especializada, por lo que sus ingresos suelen ser bajos; se cobra en función de la cantidad recogida. Además, los precios de la planta recogida están sujetos al mercado global de materias primas, por lo que hay que competir con los recolectores de otras partes del mundo (África, Asia y Latinoamérica).

Los acopiadores conforman un grupo de pequeñas empresas que se articulan localmente, cubriendo un territorio específico en el que compran a los recolectores (en numerosas ocasiones, son quienes organizan la recolección, gestionando los permisos).

Los destiladores son el último eslabón en la cadena de valor que mantiene las características locales de la producción, ya que, una vez vendidos sus aceites a la industria global, éstos se homogeneizan y se convierten en estándares. Disponen de una infraestructura más sofisticada que los acopiadores, cuya calidad está ligada a la calidad de los productos finales.

De la descripción anterior, puede concluirse que el proceso primario apenas crea riqueza en las zonas de producción, al encontrarse las plantas productoras alejadas de los lugares de producción de la materia prima.

Con objeto de que el valor añadido de los subproductos principales de la jara pringosa (goma de ládano, aceite esencial y otros oleoderivados de jara) revierta sobre las áreas productoras y favorecer el desarrollo rural, la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía ha concedido una subvención a un *proyecto piloto de planta de procesos transportable para la transformación de especies vegetales para la obtención de esencias y aceites esenciales destinados al sector farmacéutico, cosmético y fragancias naturales basado en la jara y otras especies*.

2. Proyecto piloto

2.1 Marco del proyecto

El proyecto se enmarca dentro del focus área del Plan de Desarrollo Rural (PDR) de Andalucía 2014-2020, subvencionado por la Junta de Andalucía a través de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y cofinanciado con Fondo Europeo Agrario de Desarrollo Rural (FEADER) (Figura 1). En concreto, se enmarca en la Medida 16 “Cooperación”, Submedida 16.1.2 “Apoyo para el funcionamiento de grupos operativos de la

AEI en materia de productividad y sostenibilidad agroalimentaria” y se presentó a la convocatoria de 2016.

Figura 1: Organismos subvencionadores del proyecto.



El objetivo del proyecto denominado “PLANTA PILOTO INNOVADORA PARA EXTRACCIÓN DE SUBPRODUCTOS DE ESPECIES VEGETALES” consiste en la mejora de la tecnología actual para el procesamiento de plantas y especies vegetales para la obtención de subproductos vegetales, de forma que se facilite el uso de materia prima no alimentaria para impulsar el desarrollo de la bioeconomía y el periodo de ejecución es de junio de 2018 a junio de 2020.

La agrupación se establece a través de la colaboración de 4 agentes pertenecientes a 3 sectores de actividad distintos:

- AZCATEC TECNOLOGÍA E INGENIERÍA: empresa del sector de servicios industriales especializada en la ejecución de proyectos de diseño y construcción de instalaciones y plantas industriales en sectores tales como el químico, alimentario, gestión de residuos, medio ambiente y energía.
- PAGOS DE SIERRA DE PAYMOGO: empresa del sector agroalimentario localizada en la provincia de Huelva, propietaria de una finca rural cuya explotación actual es la ganadera y cinegética e interesada en explotar comercialmente la finca a través de la recolección y procesamiento de la jara para la obtención de aceites y extractos derivados de la jara.
- LA CUADRATURA PROCESOS Y FORMAS S.L.: empresa del sector de servicios industriales, especializada en la ejecución de proyectos de diseño y construcción de instalaciones y plantas industriales en los sectores químico, medio ambiente y energía.
- ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y COOPERACIÓN INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA (AICIA): Centro de Innovación y Tecnología (CIT nº 93 del registro del Ministerio de Ciencia e Innovación) que pretende exclusivamente el interés público sin ánimo de lucro y cuya finalidad es impulsar, orientar y desarrollar la investigación y la cooperación industrial en Andalucía.

2.2 Objetivos

El objetivo fundamental del proyecto es desarrollar una planta piloto transportable para el procesamiento de plantas y especies vegetales para la obtención de aceites esenciales destinados al sector de fragancias naturales, cosmético y farmacéutico en la zona de Pagos de Sierra de Paymogo basado en la jara y otras especies vegetales.

Como objetivos específicos destacan los siguientes:

- Aumento del rendimiento actual de los procesos de extracción de aceites y extractos a través de la mejora de tecnologías.
- Reducción de los costes de inversión al tratarse de una planta transportable de procesamiento in situ.

- Reducción de los costes logísticos de la materia prima al realizarse la transformación en la misma ubicación donde se encuentran las especies vegetales.
- Aumento de la calidad del producto como consecuencia del procesamiento in situ de la materia prima, evitándose de esta manera degradación de las especies vegetales y posibles contaminaciones de las mismas.

2.3 Resultados esperados

Como consecuencia de la ejecución del proyecto se espera alcanzar los siguientes resultados:

- Construcción de una planta industrial de procesos transportable que permita la explotación de las fincas rurales que estén interesadas en explotar su finca, sin estar sujeta dicha explotación a un área de influencia limitada a la región de Paymogo y permitiendo optimizar la rentabilidad económica de la planta industrial.
- Optimización del proceso para reducción de costes de inversión y reducción de los costes de operación. Adicionalmente reducción de consumo de agua y aumento de la eficiencia energética del proceso.
- Obtención de un producto comercial de interés industrial para el sector de las fragancias naturales, cosmética y farmacéutica.
- Dinamización económica de la región de Paymogo a través de la obtención de un producto de origen vegetal y bio-sostenible de alto valor añadido.
- Creación de nuevos empleos directos e indirectos en una región de elevada tasa de desempleo (24%).
- Creación de una actividad económica de bajo impacto medio ambiental y gestión sostenible de recursos y residuos que permita la sostenibilidad de los bosques debido a su interés comercial.

2.4 Requisitos de diseño

La principal singularidad de este proyecto estriba en el hecho de que la planta resultante ha de ser transportable. Por esta razón, los principales requisitos de diseño de la planta piloto han sido:

- Ha de ser modular, transportable y autónoma.
- No debe requerir de infraestructuras civiles ni instalaciones auxiliares para su funcionamiento.
- El tamaño y la distribución han de permitir ubicarla en espacios reducidos.
- El proceso ha de ser óptimo para reducir los costes de inversión y de operación, así como el consumo de agua y aumentar la eficiencia energética de la planta.
- Ha de ser escalable.

2.5 Ingeniería del proceso

2.5.1 Proceso de extracción

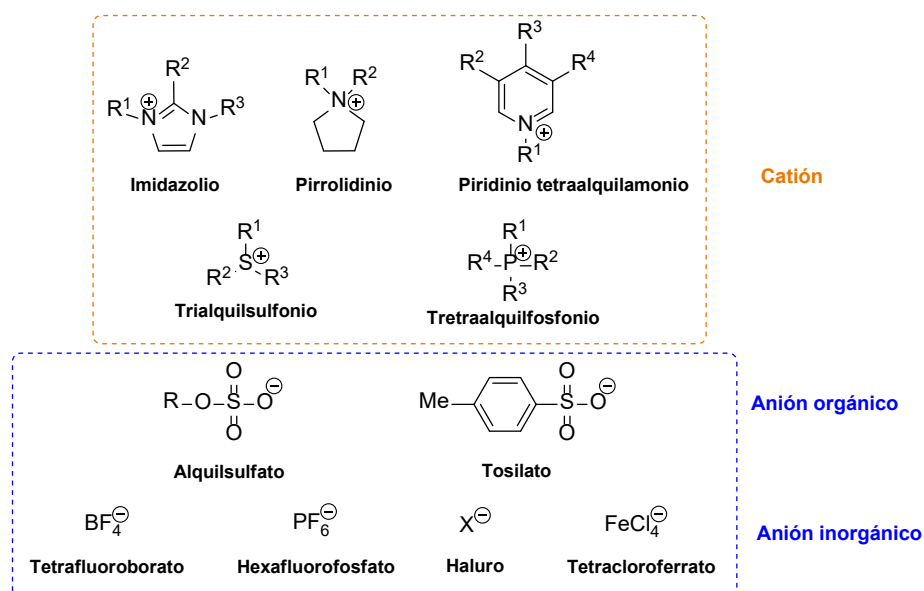
Los métodos convencionales de extracción de productos naturales de plantas, suponen un proceso complejo y tedioso en una serie de pasos, y de alto coste al implicar el uso de grandes volúmenes de disolventes orgánicos. Dichos disolventes no son respetuosos con el medio ambiente, ya que la mayoría se caracterizan por ser volátiles, inflamables y tóxicos.

Por este motivo, el desarrollo industrial de tecnologías alternativas no tóxicas, y sostenibles, eficaces para la extracción y purificación de compuestos bioactivos naturales ha propiciado actualmente una gran cantidad de investigaciones científicas, ya que es vital preservar el medio ambiente y reducir el posible efecto negativo de reactivos y disolventes químicos sobre la salud humana. Una de las ramas de la Química Verde trata de reducir el uso de medios tóxicos, ofreciendo nuevos sistemas, ambientalmente aceptables de solubilización. Son especialmente relevantes la destilación molecular, la extracción asistida por ultrasonido o microondas, hidrodestilación, microextracción, extracción mediada por membrana, extracción asistida por enzimas y extracción por fluido supercrítico, entre otras.

Con estas nuevas tecnologías se ha conseguido aumentar la eficiencia de extracción y purificación, así como reducir los tiempos de trabajo y costes. Sin embargo, la mayoría de estas técnicas requieren el uso de disolventes o suponen un alto coste de equipamiento.

En este contexto, los líquidos iónicos (ILs, Ionic Liquids) y los disolventes eutécticos profundos (DES, deep eutectic solvents) se han desarrollado para reemplazar disolventes orgánicos actuales. Los ILs son sales líquidas por debajo de 100 °C, formadas por la combinación de un catión orgánico (como imidazolio, pirrolidinio, piridinio tetraalquilamonio, trialquilsulfonio y tetraalquilsulfonio) y un anión orgánico (por ejemplo, alquilsulfato y tosilato) o inorgánico (tetrafluoroborato, hexafluorofosfato, haluro, tetracloroferrato) (Figura 2). Se consideran disolventes alternativos que han recibido especial interés en las últimas décadas.

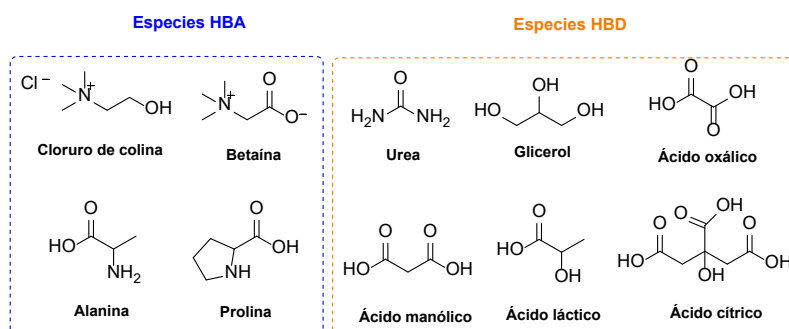
Figura 2: Principales iones para la preparación de ILs.



Los DES son mezclas de dos o más moléculas orgánicas (Figura 3), unidas por numerosos enlaces de hidrógeno intermoleculares, y en menor medida, por interacciones electrostáticas y de van der Waals; confiriéndole sus peculiares propiedades fisicoquímicas (como baja volatilidad, alta densidad, solubilidad, biodegradabilidad y bajo punto de fusión, mucho más

bajo que sus componentes de partida). Mediante mezclas de sales de amonio cuaternario con un abanico de amidas y ácidos carboxílicos, se descubrieron los primeros DES (Abbott et al., 2003; Abbott et al., 2004) para luego extenderse a otras combinaciones como cloruro de colina con alcoholes (Gorke, Srienc y Kazlauskas, 2008). Son no tóxicos, biodegradables y no inflamables. Las características de estos DES hacen que tengan una ventaja sobre los ILs: presentan menor toxicidad y son más fáciles de preparar con alta pureza y bajo costo, por lo que se han convertido en prometedores disolventes para las industrias farmacéuticas y biotecnológicas, al encontrar aplicaciones en campos como la electroquímica, extracción, catálisis y ser biocompatibles con enzimas, ácidos nucleicos y medicamentos.

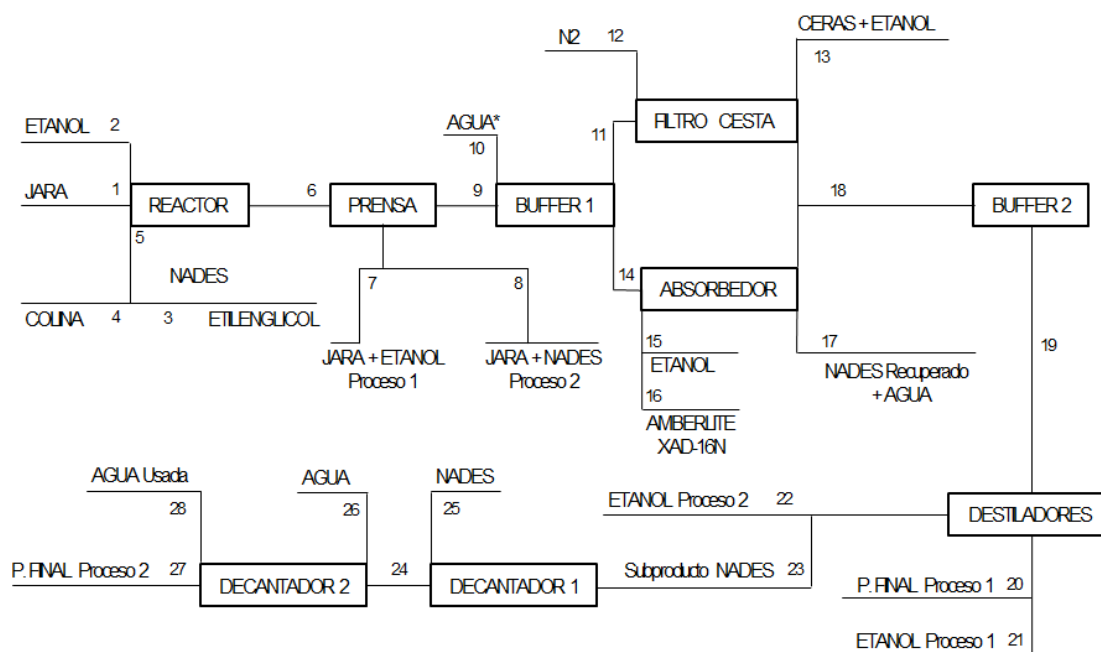
Figura 3: Principales componentes de los Des.



La obtención de los extractos de *Cistus* requiere en su producción de un importante conocimiento del proceso, ya que el rendimiento de los procesos habituales de extracción de los compuestos de interés de esta planta es reducido en comparación con los aceites de otras especies aromáticas. Como ilustración de este hecho, cabe mencionar que el coste de este aceite es más del doble de un aceite normal (p.ej., aceite de Lavanda).

Tras dos años de experimentación en laboratorio para la obtención de los productos objetivos, optimización del método y caracterización de los productos, el proceso de extracción es el que se representa en el diagrama de bloques adjunto (Figura 4).

Figura 4: Diagrama de bloques del proceso de extracción



2.5.2 Balance de Materia

- a) Insumos (materia prima, energía, agua para producción de vapor, agua de refrigeración)
 1. Cantidad de materia prima: 100 Kg/batch y 400-500kg/día (5-6h/batch)
 2. Cantidad de reactivos: 500 Kg/batch. Consumo de 400-500kg/día.
 3. Potencia planta piloto: 65,5kW. Alimentación mediante grupo electrógeno.
 4. Consumo energía eléctrica: 100-120 kWh/batch. 400-600kWh/día
- b) Producto
 1. Cantidad de producto obtenido: 10-20 Kg/batch y 40-60kg/día
- c) Residuos
 1. Cantidad de residuos sólidos no peligrosos: 400kg/día
 2. Cantidad de residuos peligrosos: N/A
 3. Emisiones atmosféricas: 60-80 Kg/día
- d) Subproductos recuperados
 1. Reactivos recuperados: 400kg/batch y 1.600kg/día (85% recuperación)

2.6 Descripción de la planta

A partir de los requisitos de diseño y de la ingeniería del proceso mencionados anteriormente, se ha diseñado una planta piloto (Figuras 5 y 6) con las siguientes características principales:

- La planta piloto consta de cuatro módulos: dos módulos de proceso, un módulo de servicios auxiliares y control y un electrogenerador autónomo. El diseño y ensamblaje de la planta piloto se ha realizado para poder transportar los 4 módulos mediante camión grúa y auxiliar el ensamblaje para disponer los módulos en su disposición final. La interconexión de los módulos se realiza mediante conexiones rápidas, para que la operación se pueda realizar en una jornada.
- Ocupa una superficie aproximada de 50m², lo que permite ubicarla prácticamente en cualquier lugar.
- La planta piloto dispone de dos módulos clasificados como zona con riesgo potencial ATEX, por lo que se han incorporado sistemas que aseguran la ventilación de los módulos.
- Dispone de un sistema de control que permite configurar las condiciones de operación, así como la monitorización y registro de las variables que intervienen en el proceso, lo que permite minimizar la intervención del operario debido a la automatización de la mayoría de operaciones.
- Posee dos modos de funcionamiento, lo que permite modificar el proceso de extracción y purificación de los aceites de cistus obtenidos, variando las propiedades y características de los productos resultantes.
- La planta piloto permite el pretratamiento de la jara para homogeneizar y adecuar las características de la materia prima al proceso.
- Funciona mediante un proceso semicontinuo, por el que la obtención del producto no depende de la incorporación de materia prima, debido a que la fase de aislamiento y

purificación se encuentra desacoplada mediante la utilización de buffers para almacenamiento de subproductos intermedios. Esta característica otorga flexibilidad de funcionamiento a la planta piloto.

- Tiene una capacidad de procesamiento de 100 kg de jara por batch y de hasta 400-500 kg de jara al día, con un rendimiento de entre el 8 – 14 %, lo que permite producir entre 40 - 60 kg de absoluto de cistus diario.
- El tamaño de la planta piloto es escalable mediante la adición de módulos de procesamiento, que permitan optimizar la producción, disminuyendo los costes de operación e inversión.

Figura 5: Estructura modular de la planta piloto

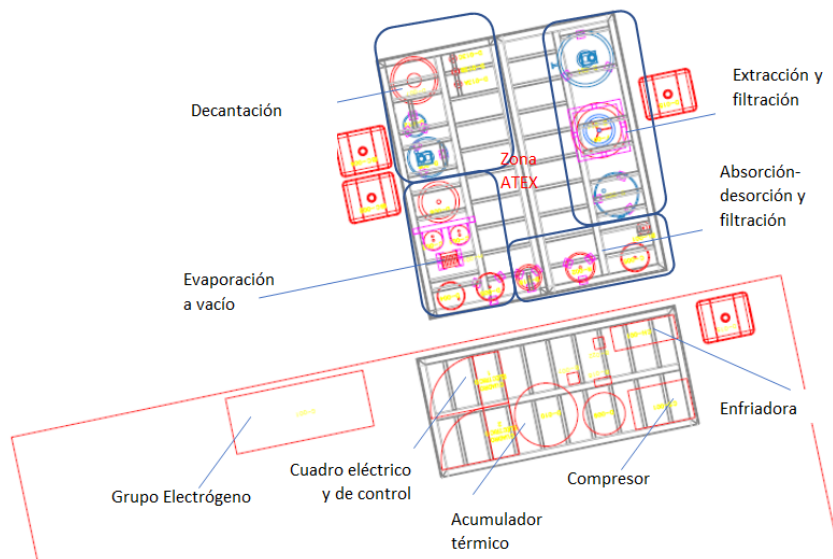


Figura 6: Modelo 3D de la planta piloto



2.6.1 Equipos

La instalación consta de una primera fase de triturado de la materia prima previamente secada y seleccionada, para conseguir una mayor superficie de contacto. El producto obtenido de la trituración pasa a una etapa de molienda mediante un molinillo eléctrico.

El polvo fino de materia prima se incorpora al tanque de reacción en el que se producirá la extracción.

Se rechazan los residuos vegetales mediante una prensa y utilización de filtros. Además se incorporan buffers de almacenamiento de subproducto para desacoplar las diferentes fases del proceso y un sistema de recuperación de subproductos para reducir el consumo de reactivos y mejorar la eficiencia del proceso.

La instalación dispone de un sistema de bombas dosificadoras de producto que permite el trasiego de los fluidos a través de los diferentes reactores. Se han contemplado bombas neumáticas de desplazamiento positivo para dosificación de reactivos y subproductos entre reactores.

El material de los equipos implicados en el proceso es de acero inoxidable AISI 304L. En la planta piloto se ha empleado IBC de polietileno para almacenamiento de reactivos y agua y un decantador de PVC Glass para facilitar la visión del operario. Las tuberías son tubos y/o mangueras flexibles multicapa de polietileno y las conexiones en PVC para reducción de costes y facilitar la interconexión de equipos durante las pruebas de optimización de los equipos, salvo las líneas de presión o a vacío que son de inoxidable AISI 304L.

La planta incorpora dos alternativas de proceso de obtención de los aceites, según el extractante empleado. Es este disolvente el que define el proceso de extracción y aislamiento de los compuestos de interés.

El aislamiento y purificación de los compuestos de interés del producto ECO se consigue mediante varias fases de destilación a vacío en columna de destilación y posterior decantación, obteniendo un aceite absoluto de *cistus* libre de trazas de productos químicos perjudiciales (libre de disolventes orgánicos peligrosos u otras trazas como pueden ser ácidos o bases).

2.6.2 Instrumentación y control

Para el control de la planta se emplea un sistema de control basado en un autómatas PLC con una pantalla HMI táctil que permite registrar, monitorizar y controlar las señales analógicas y digitales procedentes de la instrumentación dispuesta en la planta piloto (detectores de nivel, sondas de temperatura, transmisores de presión y células de pesaje) y controlar los diferentes actuadores (válvulas automáticas) que permiten el funcionamiento normal del proceso.

Entre los parámetros de interés a registrar cabe enumerar los siguientes:

- Temperaturas de extracción mediante sondas de temperatura
- Presión de operación mediante transmisores de presión
- Cantidad de producto obtenido y producto de partida por células de pesaje
- Cálculo de rendimientos de extracción

2.7 Estado actual del proyecto

La fecha de finalización prevista para el proyecto es 24 de junio de 2020, aunque debido a la situación provocada por el COVID-19, se prevé necesario solicitar una ampliación del plazo de ejecución y prorrogar la ejecución hasta Agosto-Septiembre de 2020

La planta piloto se encuentra finalizando la fase de gestión de adquisición y acopio de material y equipos y en paralelo se está desarrollando la ingeniería de detalle, conforme se obtiene la documentación de detalle de los equipos, así como la programación del sistema de control.

En abril de 2020 ha comenzado el ensamblaje de la estructura modular de soporte de la planta piloto, que espera su finalización para mayo de 2020.

La puesta en marcha y las pruebas de campo en la sierra de Huelva se espera realizar entre junio y julio de 2020.

3. Conclusiones

Para concluir, y como resumen, se enumeran las características más relevantes del proyecto:

- Se ha diseñado una planta piloto modular, transportable y autónoma que no requiere de infraestructuras civiles ni instalaciones auxiliares para su funcionamiento.
- Los costes de inversión de la planta son inferiores a 200.000€.
- Los costes de operación son de 335.000€/anuales
- El consumo de agua es de 4000 l/año.
- El consumo de energía es de 180.000 kWh/año
- El consumo de materia prima es de 2.000kg/día.
- El producto comercial obtenido tiene una valoración de mercado de entre 1000-2500 €/kg, en función de la calidad del mismo.
- La planta piloto supone la creación de entre 3 y 5 puestos de trabajo directos.
- La instalación requiere bajas temperaturas de funcionamiento que pueden alimentarse mediante energía termosolar y emplea reactivos de baja toxicidad e impacto para el medio ambiente.
- Tiene bajos niveles de emisiones a la atmosfera y se recuperan los reactivos empleados para su reutilización.
- El consumo de agua es prácticamente nulo.
- Los residuos agroforestales pueden tratarse como residuos no peligrosos y valorizarse energéticamente.

Agradecimientos

Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía

4. Referencias

- Abbott, A.P., Capper, G., Davies, D.L., Rasheed, R.K. & Tambyrajah, V. (2003). Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. *Chem. Commun.*, 1, 70–71.
- Abbott, A.P., Boothby, D., Capper, G., Davies, D.L. & Rasheed, R.K. (2004). Deep eutectic solvents formed between choline chloride and carboxylic acids: versatile alternatives to ionic liquids. *J. Am. Chem. Soc.*, 126, 9142–9147.
- Barbieri, C. & Borsotto, p. (2018). Essential Oils: Market & Legislation. 53-58. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77725>
- Butnariu, M. & Sarac, I. (2018). Essential oils from plants. *J. Biothechnol. Biomed. Sci.*, 1, 35-43.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N. & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines (Basel)*, 3, 25.
- Gorke, J.T., Srien, F. & Kazlauskas, R.J. (2008). Hydrolase-catalyzed biotransformations in deep eutectic solvents. *Chem. Commun.*, 10, 1235-1237.
- Interreg Sudoe ValuePAM-1 (2018). Selección de las especies de plantas aromáticas y medicinales (PAM) de mayor interés en Andalucía y estudio de las seleccionadas. *Proyecto Interreg ValuePAM – Valorización de las plantas aromático.medicinales silvestres: gestión sostenible de la biodiversidad vegetal y desarrollo socioeconómico de las zonas rurales del espacio SUDOE*, p. 14
- Interreg Sudoe ValuePAM-2 (2018). Análisis comparativo de las plantas aromáticas y medicinales en las regiones SUDOE socias del proyecto. *Proyecto Interreg ValuePAM – Valorización de las plantas aromático.medicinales silvestres: gestión sostenible de la biodiversidad vegetal y desarrollo socioeconómico de las zonas rurales del espacio SUDOE*, p. 31
- Interreg Sudoe ValuePAM-3 (2018). Estudio de la cadena de valor de dos especies PAM por región. *Proyecto Interreg ValuePAM – Valorización de las plantas aromático.medicinales silvestres: gestión sostenible de la biodiversidad vegetal y desarrollo socioeconómico de las zonas rurales del espacio SUDOE*, p. 53-58
- Modzelewska, A., Sur, S., Kumar, K.S. & Khan, S.R. (2005). Sesquiterpenes: Natural products that decrease cancer growth. *Curr. Med. Chem. Anti-Cancer Agents*, 54, 477–499.
- Pearce, S. (1997). What are essential oils and how do they work? In: Milchard M. (Ed.). *Essential Oils World*. Editorial Cotswold Publishing Company: Sevilla, p. 212.
- Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G.C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M.R., Ademiluyi, A.O., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S.A. & Iriti, M. (2017). Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. *Molecules*, 22, 70.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

