



# Combustibles sostenibles para aviación: el impulso de un hub de innovación

19-11-2025

IFEMA MADRID



Moderador: Repsol, Javier Ortiz, Senior Scientist.  
Airbus, Javier Arnaldo, Director de Sostenibilidad.  
Ariema, Enrique Girón, Director General.  
Evoenzyme, Javier Viña, Co-founder and R&D Grants Manager.  
IMDEA Energía, Patricia Pizarro, Investigadora Senior Asociada.  
IMDEA Energía, Pedro Gerber, Investigador Posdoctoral.



## HUB DE INNOVACIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN SOSTENIBLES DE LA COMUNIDAD DE MADRID

EL CONSORCIO



Organismo de Investigación –  
Especialistas en procesos y  
análisis de sostenibilidad,  
ambiental y social



PYME – Especialista en hidrógeno  
renovable



Start up – Especialista en  
desarrollos enzimáticos

Líder – Empresa energética productora  
Technology Lab – Especialistas en  
desarrollos de procesos industriales y  
productos



### ADVISORY BOARD



Empresa líder en aviación, cliente final.



Empresa global de referencia en aeronáutica.



Técnicas Reunidas: Empresa de Ingeniería,  
referente en escalado de procesos.



Referente en desarrollo de procesos,  
particularmente enfocado a desarrollos enzimáticos.



Empresa especialista en soluciones minerales  
funcionales para aplicaciones industriales y  
medioambientales.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

## AYUDAS HUB DE INNOVACIÓN – COOPERACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

- España tiene que avanzar en los niveles de innovación y la Comunidad de Madrid es muy consciente de esta necesidad, por este motivo se pretenden potenciar las inversiones en I+D+i de las **empresas grandes, pymes y startups**, además de **acercar la colaboración entre empresas y organismos públicos de investigación**.
- La Comunidad de Madrid ha venido desarrollando distintos programas de ayudas de fomento empresarial con el objetivo de apoyar la investigación y la innovación como medios para contribuir al desarrollo de las empresas e industrias madrileñas, a la mejora de su productividad y al impulso de la generación de empleo. Entre ello, las ayudas **HUB DE INNOVACIÓN** que cuentan con una alta acción presupuestaria.
- Dentro de la comunidad de Madrid existen una alta concentración de empresas prestadoras de servicios empresariales intensivos en alta tecnología y que, además, cuentan con una importantísima oferta de conocimiento científico y tecnológico (universidades, organismos públicos de investigación...) que convive con otros organismos intermedios (centros de innovación, empresas especializadas en servicios de asesoramiento y apoyo a la **I+D+I**, asociaciones empresariales, aceleradoras de empresas).
- Esto entra dentro de los objetivos de la Estrategia Regional de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente (S3) de la Comunidad de Madrid, donde se da una gran importancia al liderazgo industrial y competitivo de las empresas madrileñas mediante acciones de apoyo y fomento de la investigación y la innovación empresarial y, en concreto, las ayudas destinadas a fomentar la innovación empresarial y las actividades de transferencia de tecnología. Además, se encuentra **apoyado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) del periodo 2021 – 2027** mediante el apoyo a proyecto de innovación tecnológica de efecto tractor.

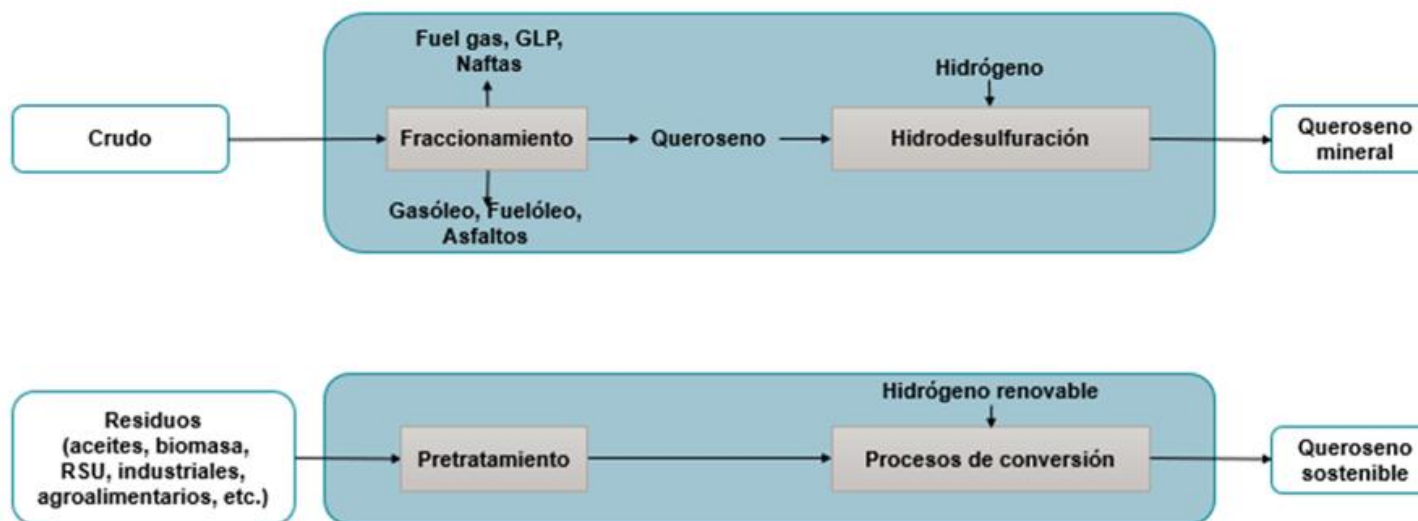


HR EXCELLENCE IN RESEARCH



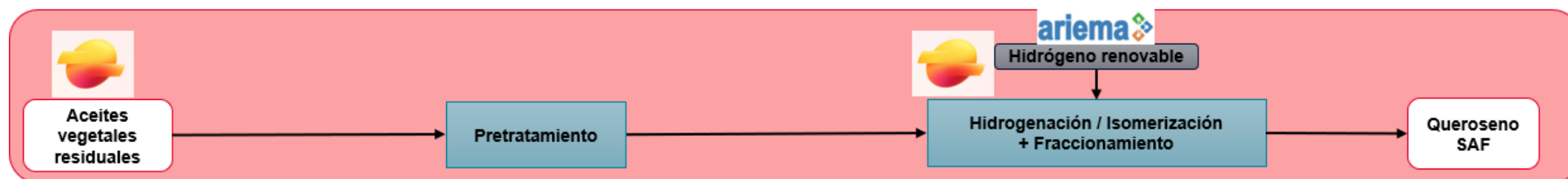
## OBJETIVOS

- Hub de innovación y colaboración. Red de conocimiento y capacidades tecnológicas.
- Desarrollo de rutas de producción de SAF con diferentes líneas tecnológicas
- Transición a un modelo energético más sostenible
- Valorización de residuos

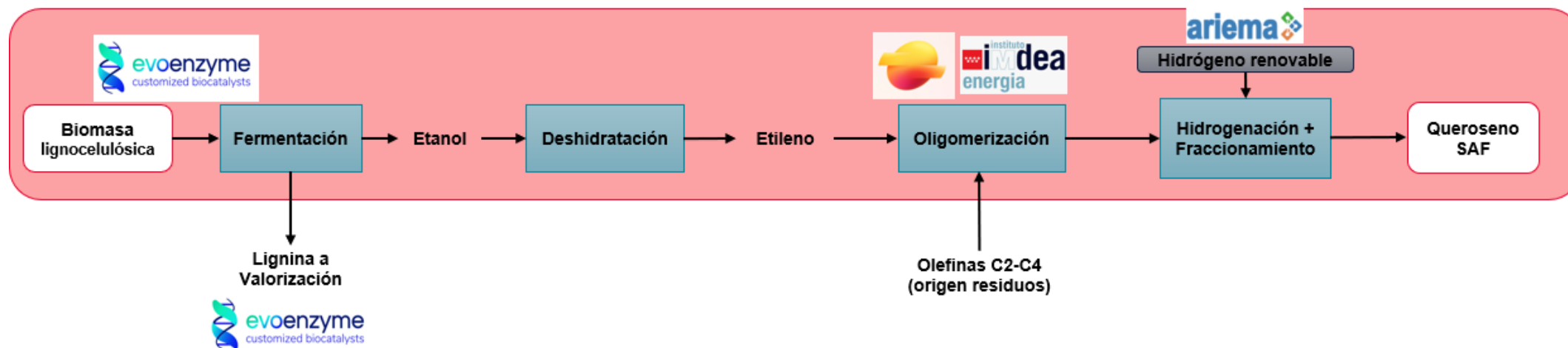


## RUTAS PROPUESTAS

### Ruta HEFA-SPK

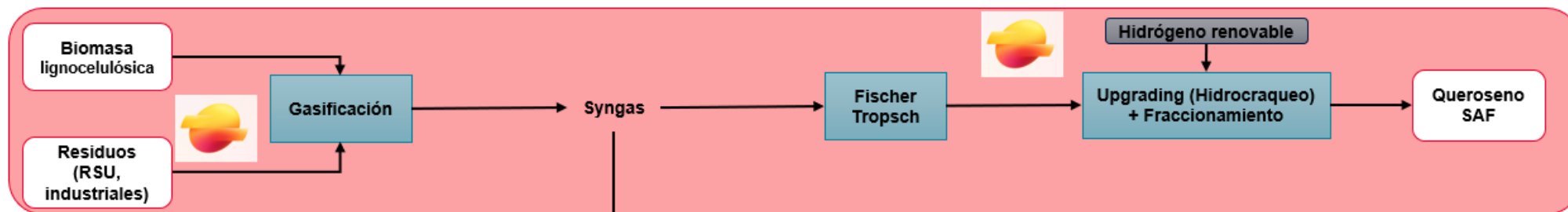


### Ruta ATJ-SPK

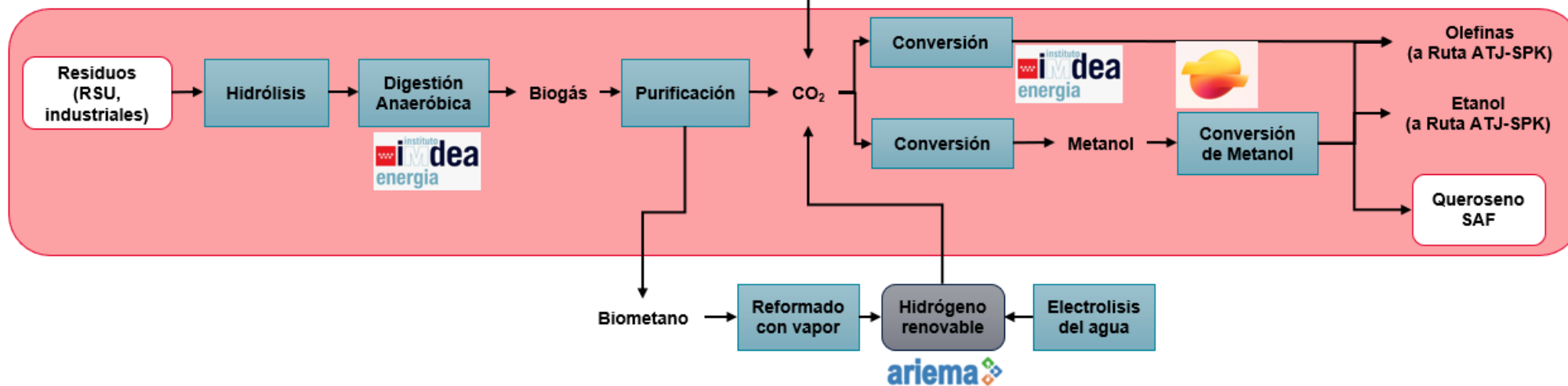


## RUTAS PROPUESTAS

### Ruta FT-SPK



### Ruta ATJ (Metanol)

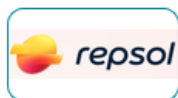


## HUB DE INNOVACIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN SOSTENIBLES DE LA COMUNIDAD DE MADRID

HUB MADRID VUELA SOSTENIBLE

### PT1 Materias primas

- Análisis VO
- Análisis residuos urbanos y agroalimentarios



### PT2 Tecnologías de conversión

- Ruta HEFA
- Ruta Gasificación + FT
- Rutas Alcohol to Jet
- H2 renovable
- Caracterización SAF



### PT3 Análisis de resultados

- Análisis ambiental
- Estudio tecno-económico
- Análisis de sostenibilidad
- Análisis social
- Modelo de integración en UUII



### PT4 Open innovation, difusión y gestión

- Divulgación resultados
- Impulso del Hub de innovación
- Gestión



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Líder del PT en recuadro

## HUB DE INNOVACIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN SOSTENIBLES DE LA COMUNIDAD DE MADRID

### LOGROS ESTRATÉGICOS Y COLABORATIVOS

- ✓ Ecosistema colaborativo y sinergias intersectoriales
- ✓ Impulso al emprendimiento
- ✓ Desarrollo de talento local
- ✓ Impacto social y ambiental
- ✓ Visibilidad y reconocimiento
- ✓ Facilitación de financiación







www.energy.imdea.org

## Tráfico global de pasajeros: 4.400 millones de pasajeros



### Sustaining growth

Projected average annual growth rate for international traffic by region, 2023-2043.



**33%**  
world trade

Air transport carries around 33% of world trade by value and less than 1% by volume.

**61.4** million  
tonnes/freight

Tonnes of freight handled by air, 2023.

**\$8** trillion  
cargo/value

Value of cargo handled by air, 2023.

Fuente: Aviation BBB (Global summary). - ATAG December 2024



## Datos España: Turismo

**INE**

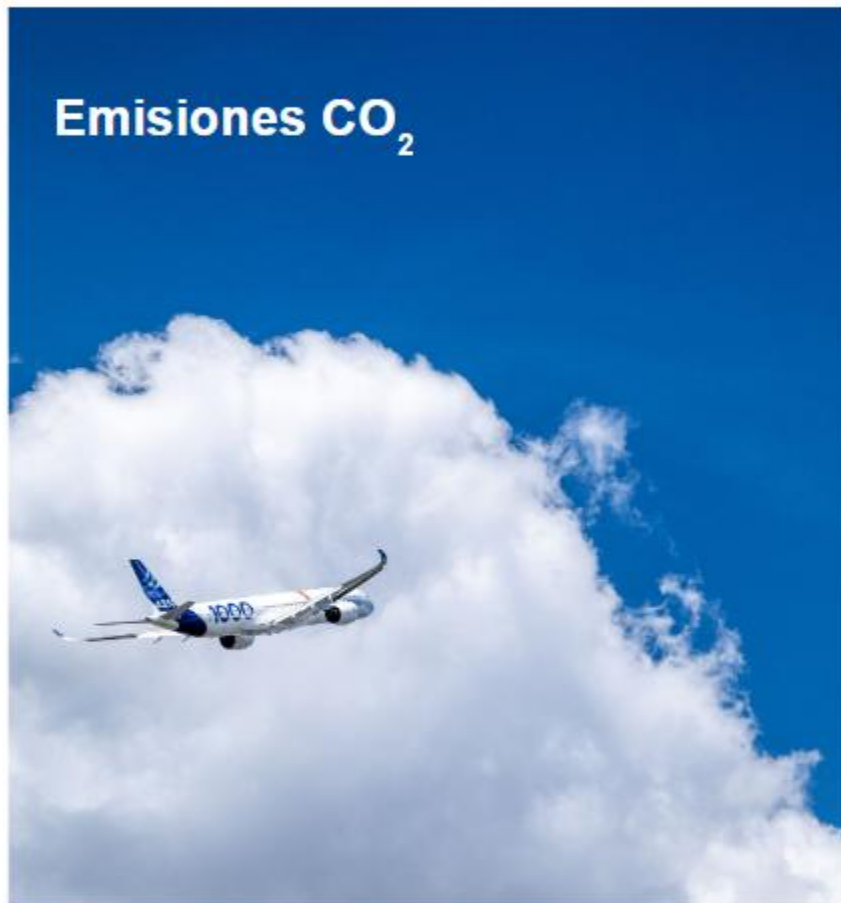
Instituto Nacional de Estadística

Turistas en frontera	2024		2023		2019		2018	
TOTAL	93,799,505		85,056,528		83,701,011		82,773,156	
Aeropuerto	77,013,891	82.10%	69,502,712	74.10%	68,689,460	73.23%	67,531,290	72.00%
Carreteras	14,266,150	15.21%	13,397,164	14.28%	12,757,771	13.60%	12,933,364	13.79%
Puertos	2,249,167	2.40%	1,815,596	1.94%	1,906,761	2.03%	1,970,083	2.10%
Ferrocarril	270,296	0.29%	341,056	0.36%	347,018	0.37%	338,418	0.36%

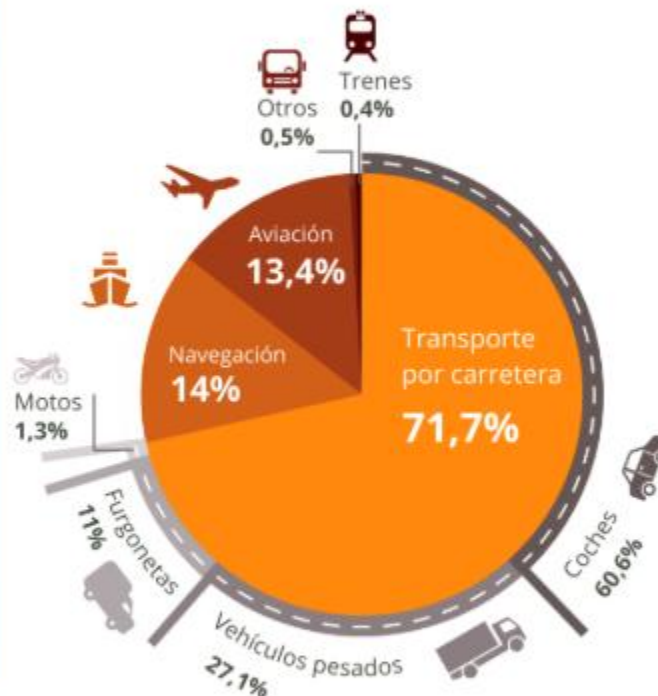




## Emisiones CO<sub>2</sub>

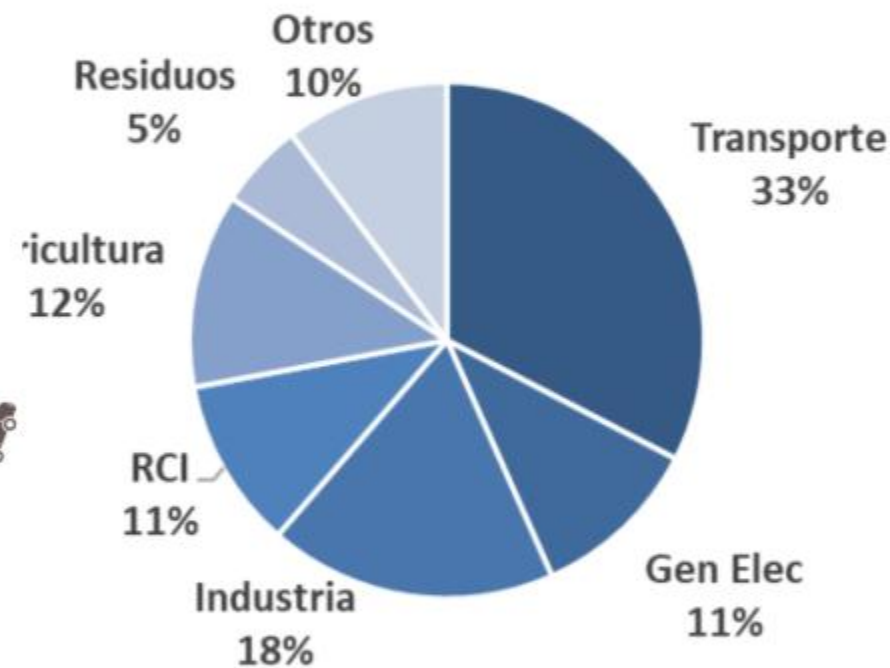


### Emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte en UE en 2022



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente

### Emisiones brutas de GEI en España 2023 por sectores



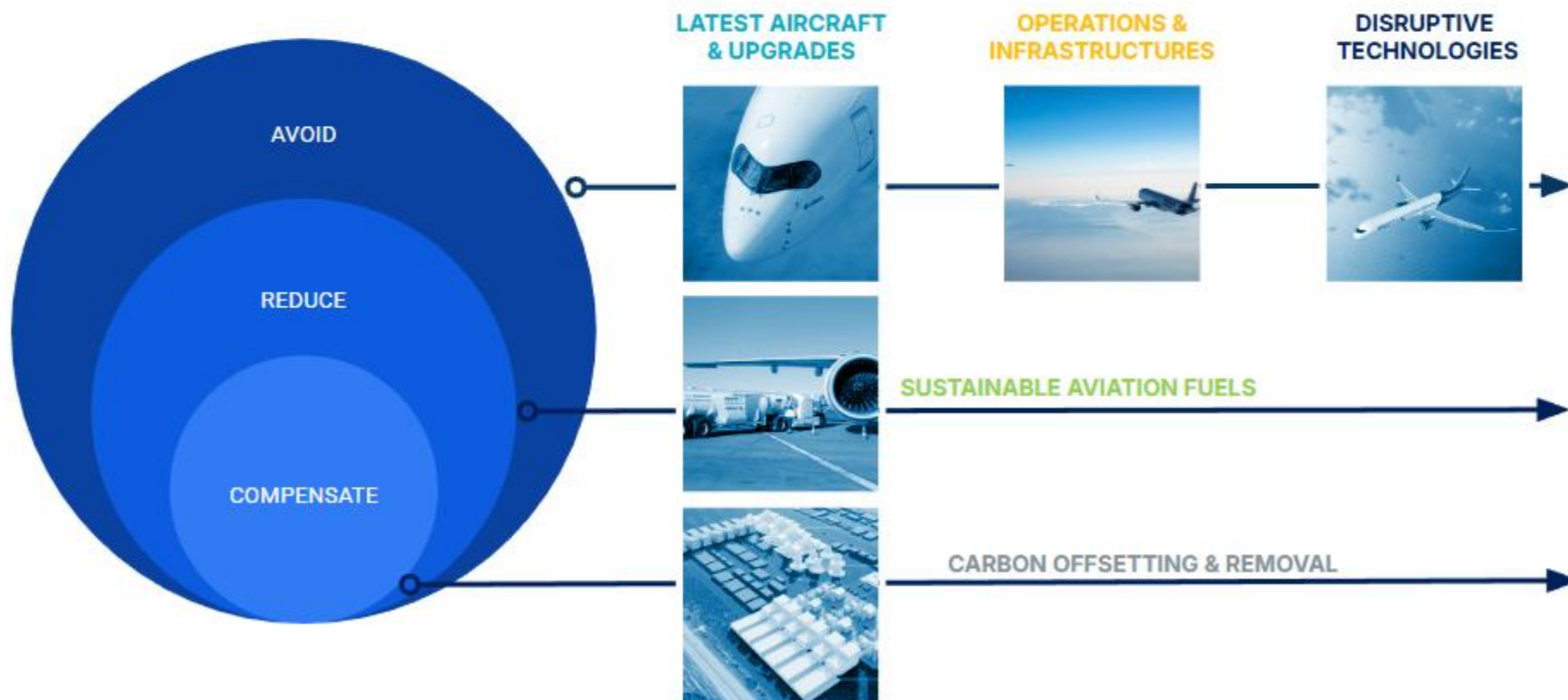
Fuente: MITECO





## Aviation's decarbonisation roadmap

A portfolio of levers and a hierarchy of actions







# Enfoque estratégico de la descarbonización



## Aviones de última generación

Nuestra nueva generación de aviones es aproximadamente un 25% más eficiente que las anteriores



## Operaciones e infraestructuras

Las soluciones de optimización operativa pueden ahorrar hasta un 10% de CO<sub>2</sub>



## Combustibles de aviación sostenibles

El SAF puede reducir las emisiones en un 80% de media durante todo su ciclo de vida



## Tecnologías disruptivas

Nuestro propósito es comercializar un avión propulsado por hidrógeno



## Mecanismos basados en el mercado

Mecanismos regulatorios: EU ETS / CORSIA  
Medidas voluntarias: DACCS



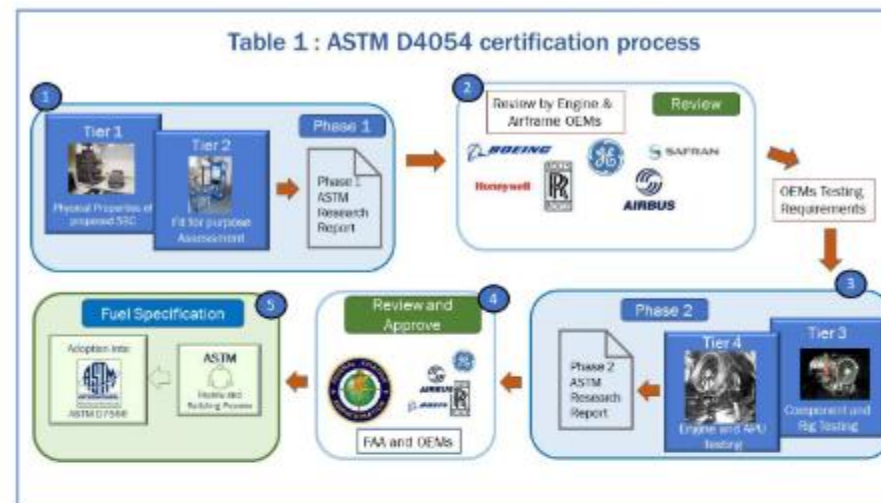


Existen ocho rutas tecnológicas aprobadas y recogidas en la Norma ASTM D7566 para la fabricación de combustibles de aviación sostenibles, y otra adicional a través del coprocesado recogida en la norma ASTM D1655.

**El proceso de aprobación de rutas para producción de SAF, de acuerdo con la Norma ASTM D4054, es muy exigente y riguroso** y en él participan diversas entidades, especialmente fabricantes de motores y fuselajes.

Este proceso puede durar entre 3 y 7 años, y los costes pueden superar los 5 millones de € por ruta productiva, requiriendo cantidades de combustible superiores a los 300.000 litros para garantizar que el combustible sea compatible con la infraestructura y los equipos existentes. Este procedimiento se basa en un proceso escalonado de 4 niveles sucesivos (*Tier*), de creciente complejidad, escala y, por tanto, coste:

- **Tier 1:** Pruebas de especificación estándar básica.
- **Tier 2:** Pruebas de ajuste para el propósito que incluyen principalmente a escala de laboratorio de una gama más amplia de propiedades, composición (a granel y trazas), compatibilidad de materiales y rendimiento, etc.
- **Tier 3:** Pruebas en componentes a escala de plataforma para comportamiento en condiciones simuladas de fuselaje y/o motor; parámetros tales como estabilidad térmica, flujo en frío, condiciones adversas (operabilidad), etc.
- **Tier 4:** Prueba completa del motor para evaluar el impacto en el rendimiento, las emisiones, etc.



ASTM D4054 for Evaluating New SAF Routes  
>100k gal, >\$5M, 3-7 years



Recent "Fast Track" Process  
<1k gal, <\$1M, <2 years



Fuente: Libro Blanco del SAF de la AST

Libro Blanco del SAF de la AST (completo)



Libro Blanco del SAF de la AST (ejecutivo)

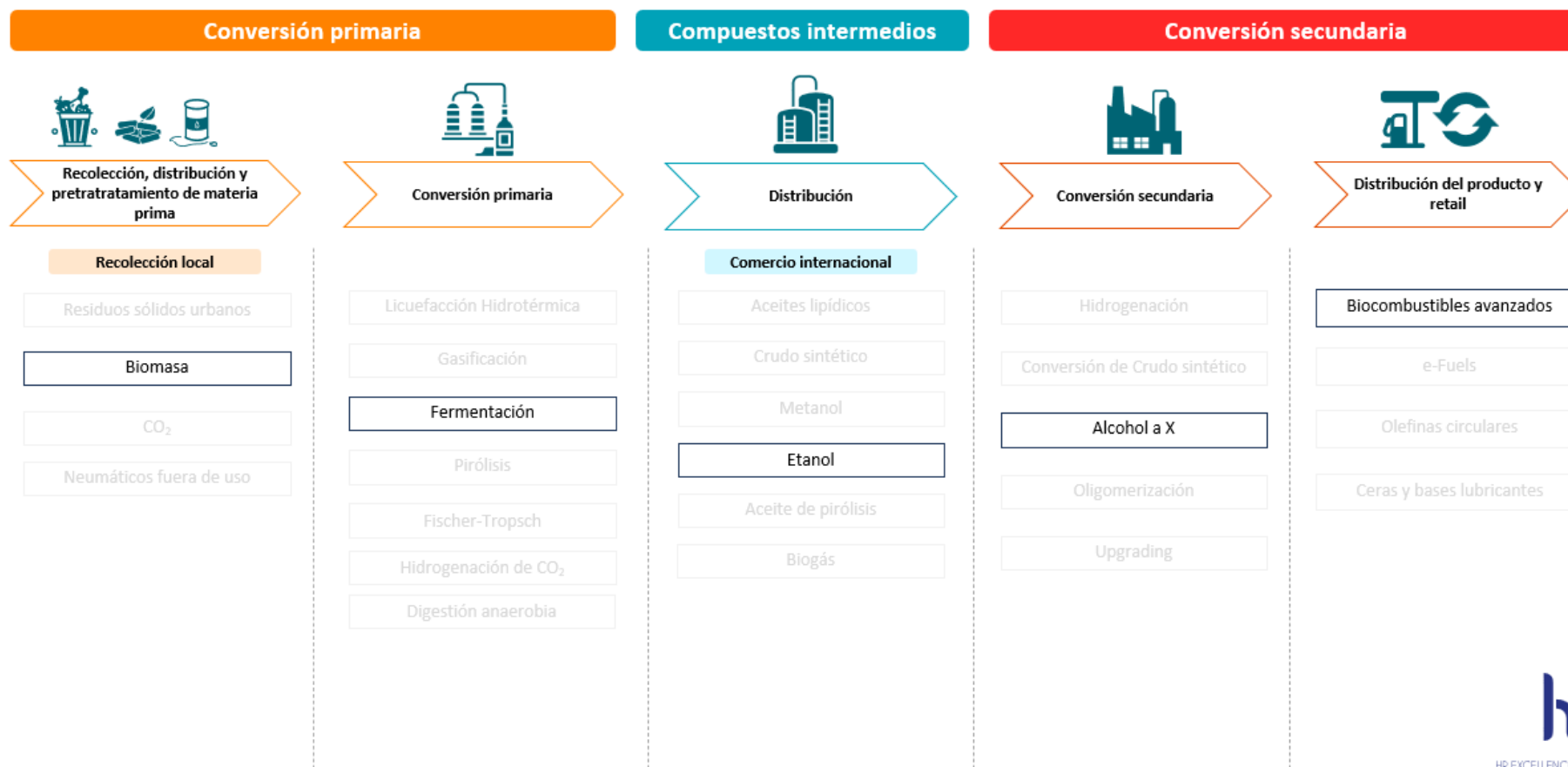




## FERMENTACIÓN

### Cadena de valor

La fermentación convierte azúcares en etanol a través de levaduras.





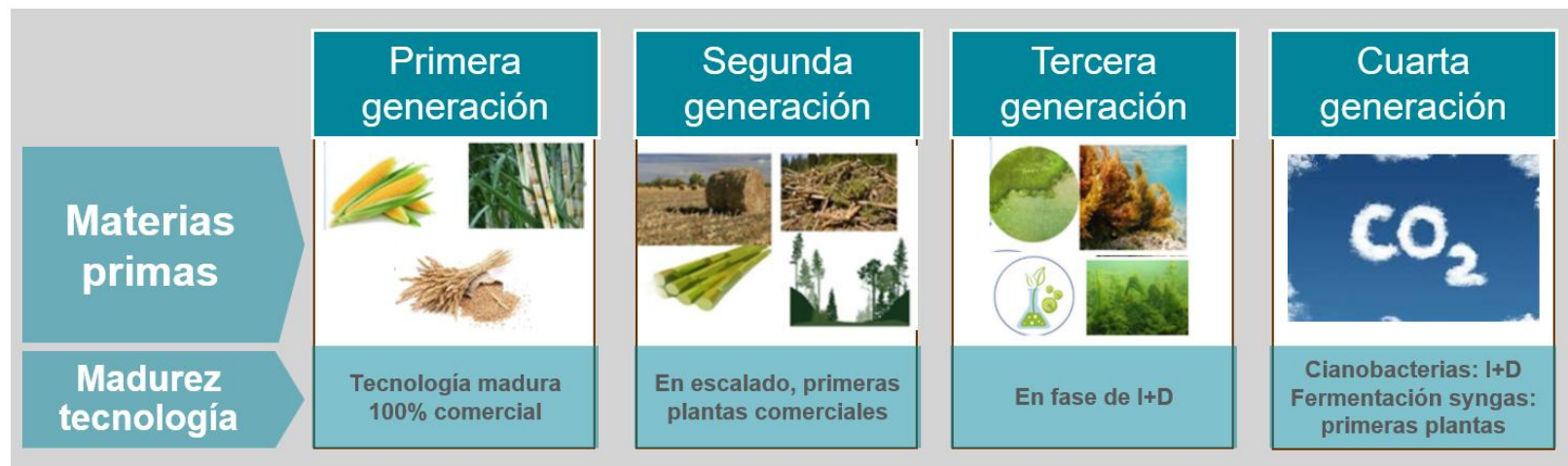
## ESTADO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL

### LAS "CUATRO GENERACIONES" DEL BIOETANOL

#### ¿Cómo se produce el bioetanol?

- La mayor parte del etanol consumido a nivel mundial se obtiene por **FERMENTACIÓN**, a partir de distintos tipos de biomásas. Existe una mínima producción de etanol por vía fósil (hidratación de etileno).
- La mayor parte de la producción actual es de primera generación.

#### ¿En qué estado se encuentran las distintas tecnologías de producción de bioetanol?



- Las plantas de recuperación de **etanol avanzado a partir de residuos vínicos** (destilación + deshidratación) son 100% comerciales, pero es un residuo con limitada disponibilidad y no hay capacidad de crecimiento en la producción por esa vía.
- Las dos grandes promesas son las tecnologías para la producción de **etanol lignocelulósico** y el **etanol por fermentación de syngas**.

## BIOETANOL 1G: MATERIAS PRIMAS

### MATERIAS PRIMAS BASADAS EN AZÚCARES (SUGAR-BASED)

Caña de azúcar

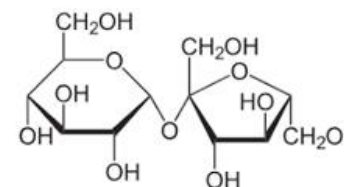


Remolacha



#### Sacarosa

- Disacárido (glucosa + fructosa)
- Azúcar de mesa
- Directamente fermentable por los microorganismos (bacterias, levaduras)



### MATERIAS PRIMAS BASADAS EN ALMIDÓN (STARCH-BASED)

Maíz



Trigo

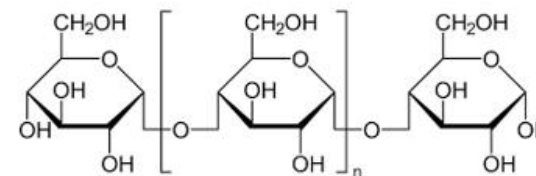


Mandioca



#### Almidón

- Polisacárido (glucosa)
- Estructura compleja, ramificada
- No es directamente fermentable por los microorganismos (bacterias, levaduras)
- Requiere de una **hidrólisis enzimática**.



## BIOETANOL AVANZADO: PROCESOS

### BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS VÍNICOS

#### RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VÍNICA

En España se generan 4,5 Mm3/a de vino por campaña, (aprox. 600.000 m3 de alcohol, del que el 10% acaba en residuos).

Se aprovechan residuos generados durante el proceso de fermentación vínica y excedentes de vinos

❖ **Orujos** (pepitas y pieles):

**3-5% alcohol**

❖ **Lías** (residuo espeso del fondo de los tanques;

**10-14% alcohol**



#### DESTILERÍAS

Generan tres grados de productos

**Aguardiente de orujo**

Destilación de orujos

**30-59%**

**Alcohol bruto**

Destilación de orujos

**92%**

**Alcohol neutro (rectificado)**

Destilación de excedentes y lías

**96%**

Residuos vlnicos

Otros residuos

Alcohol  
3-14%

**Destilación**

Alcohol bruto (92°)

Aguardiente (uso de boca)

Alcohol neutro (96°) (uso industrial)

**Deshidratación**

**Etanol 2G**

#### ESPAÑA

- ❖ Múltiples destilerías (≈20)
- ❖ 4 plantas de deshidratación





## RUTAS DE VALORIZACIÓN DE LA BIOMASA

- **BIOMASA:** materia orgánica, de origen vegetal o animal, y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial.
- **DEFINICIÓN RED-II:** “la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”.



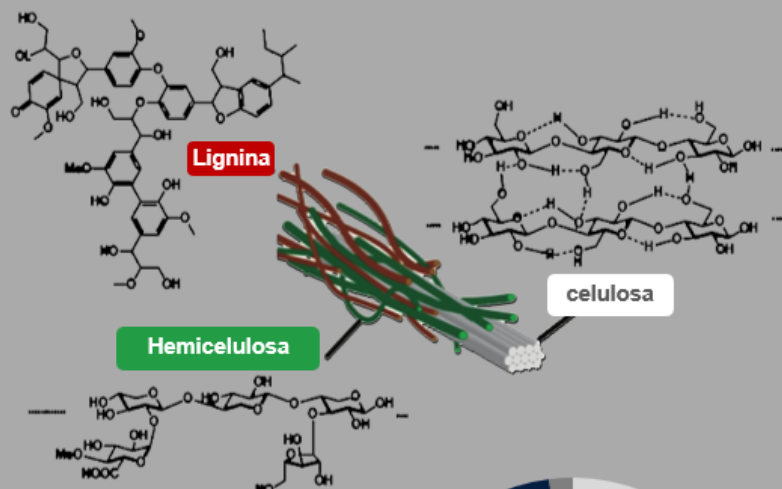
### ▪ CONSIDERACIONES GENERALES:

- Materia prima de carácter residual.
- Elevada dispersión geográfica (requiere desarrollo de cadenas logísticas).
- Heterogeneidad en la calidad de la materia prima.
- Alta disponibilidad (en comparación con otros residuos).
- Competencia con otros usos: generación de energía eléctrica (calderas de biomasa) y térmica.
- Suele requerir pre-tratamiento previo a su procesamiento en tecnologías para producción de combustibles de bajas emisiones (secado, ajuste de tamaño de partícula, eliminación de contaminantes, compactación / densificación, etc).
- Las tecnologías de producción de combustibles de bajo carbono a partir de biomasa tienen un grado de madurez tecnológica inferior, en comparación con tecnologías que usan otro tipo de residuos (ej. lípidos).
- Sostenibilidad: la biomasa utilizada para producción de combustibles de bajas emisiones tiene que cumplir con criterios de sostenibilidad definidos en la legislación.



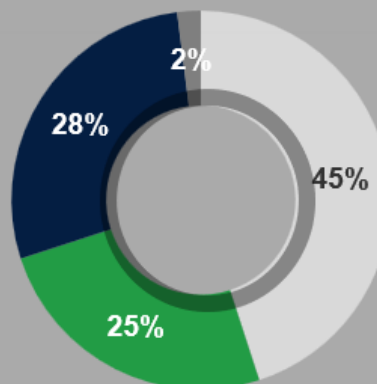
## Estructura Biomasa

### UN POLÍMERO AMORFO NATURAL



### BIOMASA COMPONENTES

- Celulosa
- Hemicelulosa
- Lignina
- Extractivos

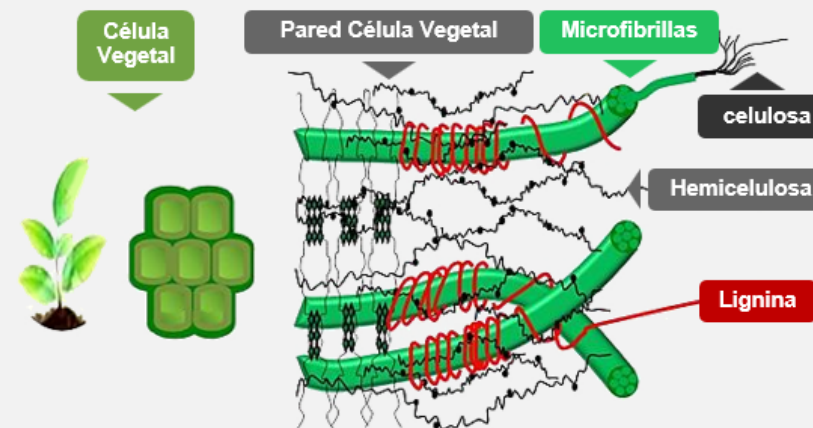


\*figura adaptada Tomme et al, 1995

La **biomasa lignocelulósica** es una mezcla compleja de tres componentes de **naturaleza polimérica**:

- **Lignina**, polímero de estructura compleja, compuesta principalmente por fenoles
- **Celulosa**, homopolímero que está integrado por unidades de glucosa
- **Hemicelulosa** heteropolímero formado por glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa.

### BIOMASA LIGNOCELULÓSICA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA\*



Sources: The current and emerging of Technical lignins and their applications. Society of Chemical Industries 2018

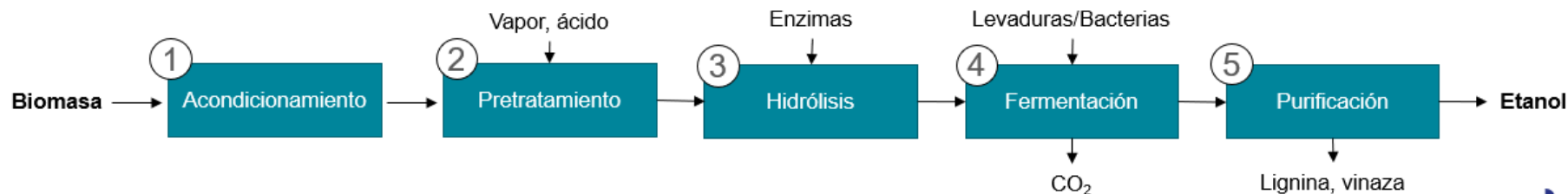
## PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL 2G

La producción de etanol se realiza mediante la fermentación alcohólica por bacterias y levaduras de azúcares. En la producción de bioetanol de primera generación se utilizan cultivos agrícolas con alto contenido en azúcares libres como la remolacha, la caña de azúcar, o en almidón como el maíz. Sin embargo, la producción de bioetanol de segunda generación obtenido a partir de biomasa lignocelulósica resulta más complejo por la estructura de esta.

La **biomasa lignocelulósica** es una mezcla compleja de tres componentes **de naturaleza polimérica**:

- **Lignina**, polímero de estructura compleja, compuesta principalmente por fenoles
- **Celulosa**, homopolímero que está integrado por unidades de glucosa
- **Hemicelulosa** heteropolímero formado por glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa.

Para la producción de bioetanol lignocelulósico es necesario que los azúcares derivados de la celulosa o hemicelulosa estén disponibles para las bacterias o levaduras, por eso es necesario hacer una hidrólisis en la que los azúcares de los polímeros celulosa y hemicelulosa se transforman en azúcares libres, ya disponibles para su posterior fermentación. Generalmente para la etapa de hidrólisis se utilizan enzimas, que son catalizadores biológicos. El esquema general del proceso de producción es el siguiente:



## PT1. Materias primas

### Subtarea 1.1.2. Evaluación de biomasa lignocelulósica

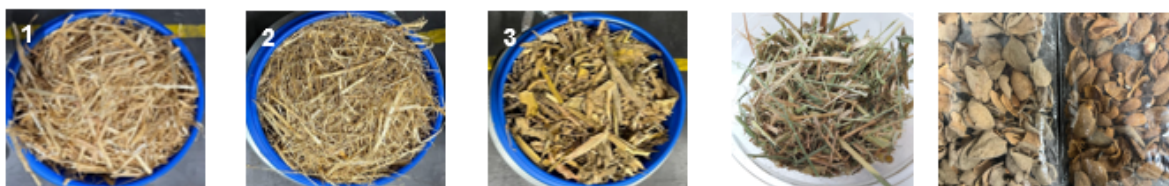
#### - Subtarea 1.1.2. Evaluación de biomasa lignocelulósica

Se han evaluado **6 muestras** de biomasa con distintos orígenes:

(1) paja de trigo, (2) paja de cebada, (3) paja de maíz, (4) paja de arroz

(a) Cáscara de almendra, (b) capota de almendra.

Se ha realizado un cross check inter-laboratorios



#### Parámetros a caracterizar:

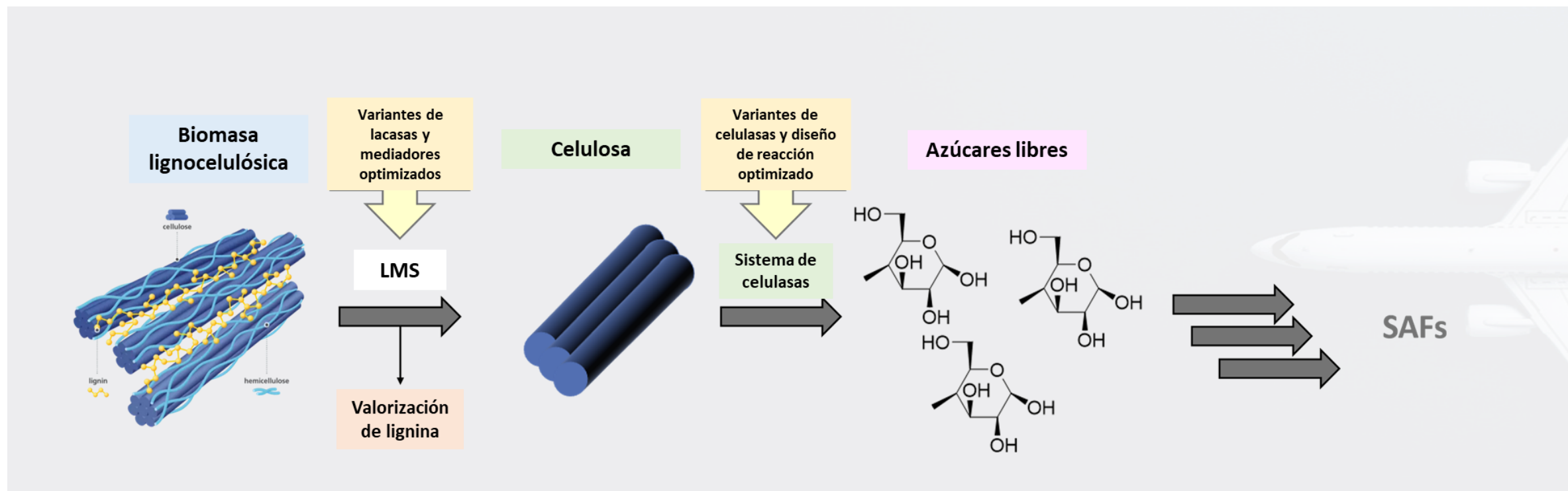
- ✓ Análisis elemental: C,H,N,S,O
- ✓ Análisis inmediato: humedad, sólidos totales, sólidos volátiles, cenizas (550°C/800°C)
- ✓ Proteínas, lípidos y carbohidratos totales.
- ✓ Glucanos totales. Celulosa, xilosa, arabinosa, manosa, galactosa, almidón, etc.
- ✓ Lignina soluble/ insoluble
- ✓ Metales
- ✓ Iones: fosfatos, sulfatos, amonio, nitritos, nitratos, etc.
- ✓ Producción de etanol



Válidas para producción de etanol

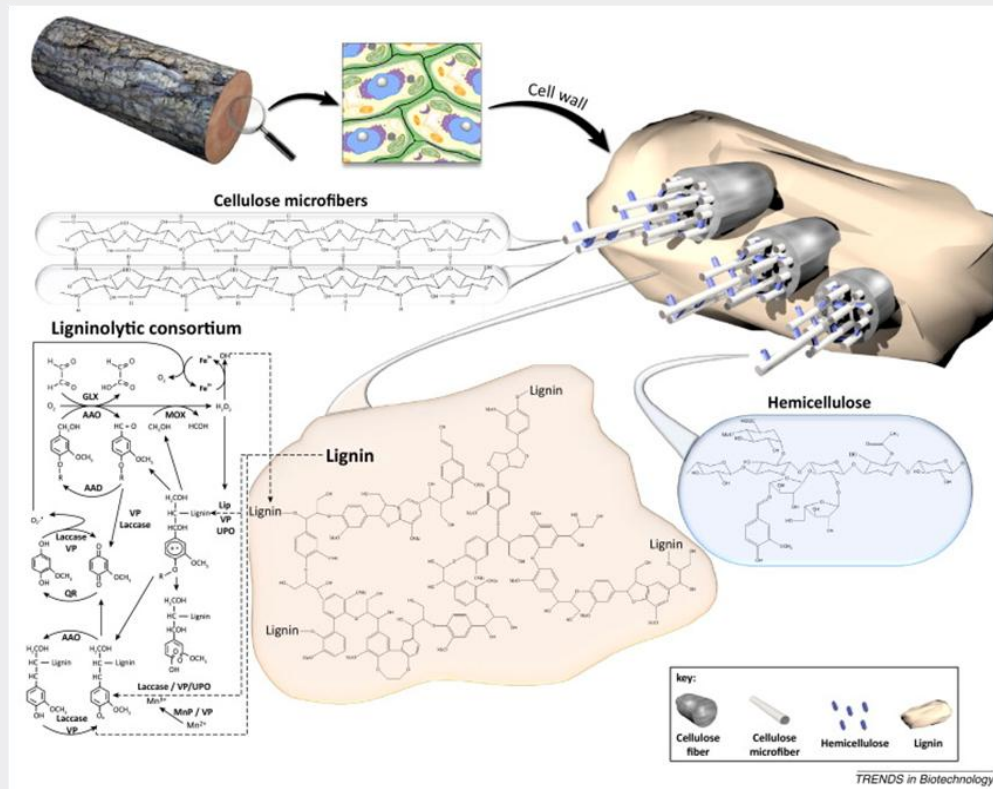
O requieren eliminación de sílice

## EL PAPEL DE LAS ENZIMAS EN PRODUCCIÓN DE SAF





## Ligninolisis: Pre-tratamiento y valorización



Alcalde M. Engineering the ligninolytic enzyme consortium. Trends Biotechnol. 2015 Mar;33(3):155-62.

Sin necesidad de cofactores externos  $O_2$  ni generación de subproductos no deseados ( $H_2O$ )

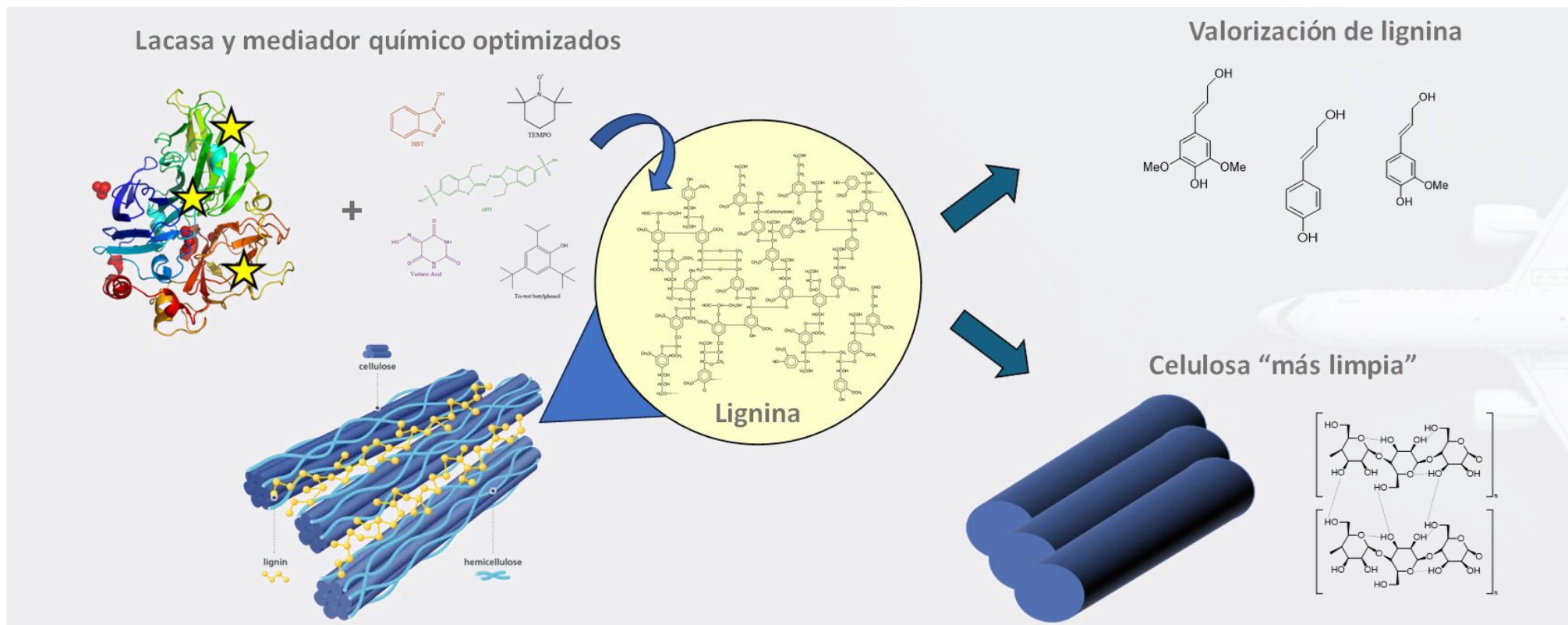
Revalorización de productos de degradación (Siringaldehído y vainillina)

### Estrategias de optimización

Ingeniería de Proteínas

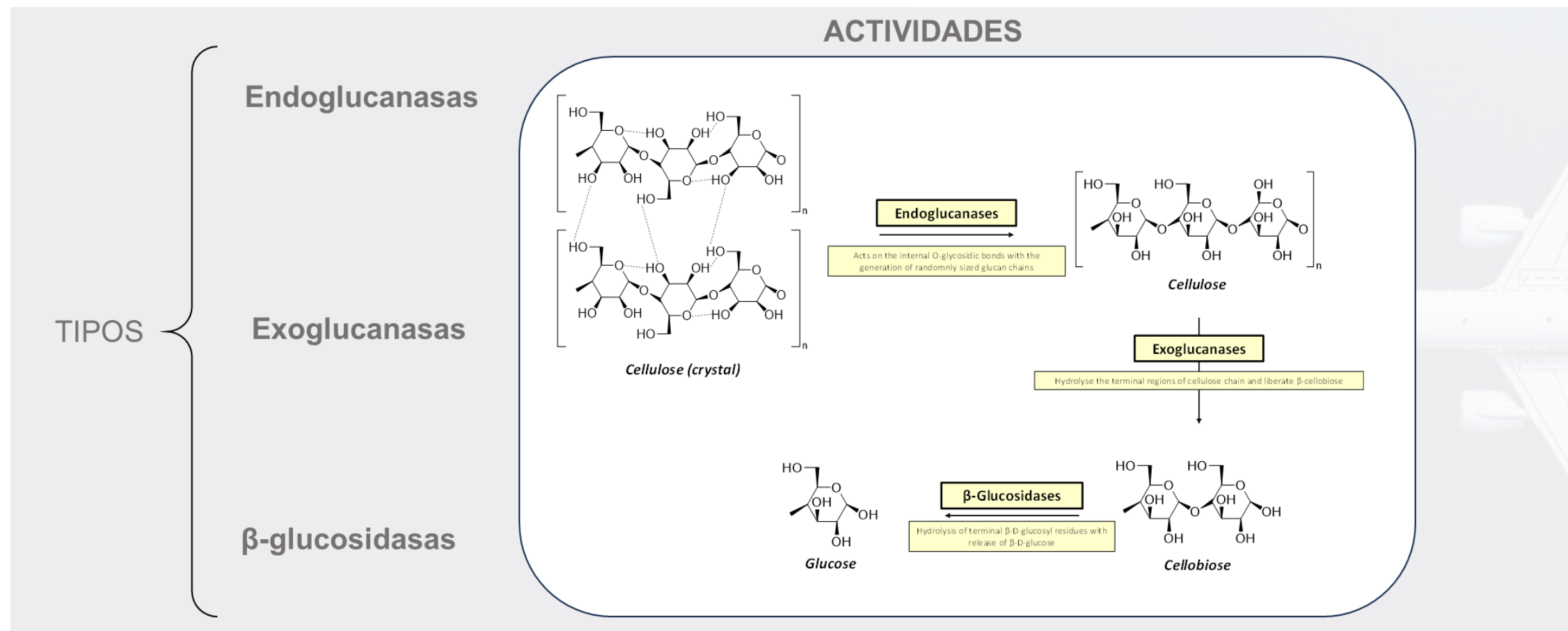
Sistema Lacasa-Mediador

## Ligninolisis: Pre-tratamiento y valorización





## Celulasas: Liberación programada de azúcares





## Retos Enzimáticos:

**La Barrera económica principal:** El alto **coste de producción** de las enzimas celulolíticas sigue siendo la principal barrera económica para la comercialización a gran escala del SAF lignocelulósico.

### Inhibición por producto (retroalimentación negativa):

Los propios productos de la reacción —la **celobiosa** y la **glucosa**— actúan como **potentes inhibidores** de las enzimas que los generan (endo y exoglucanasas).

### Cargas operativas:

Para compensar esta inhibición, las plantas deben usar **cargas enzimáticas iniciales más altas**. Esto **dispara los costes operativos** (OPEX) de la biorrefinería.

### Complejidad del "Cóctel":

La hidrólisis depende de la **acción sinérgica** de múltiples enzimas (endoglucanasas, exoglucanasas, glucosidasas, etc.).



## Ingeniería de Proteínas



## Tarea 1.1: Avances para el tratamiento de biomasa con ligninasas

Objetivo: Desarrollo de herramientas enzimáticas para deslignificación de biomasa

### Subtarea 1.1.1: Avances en la ingeniería y selección de lacasas para deslignificación

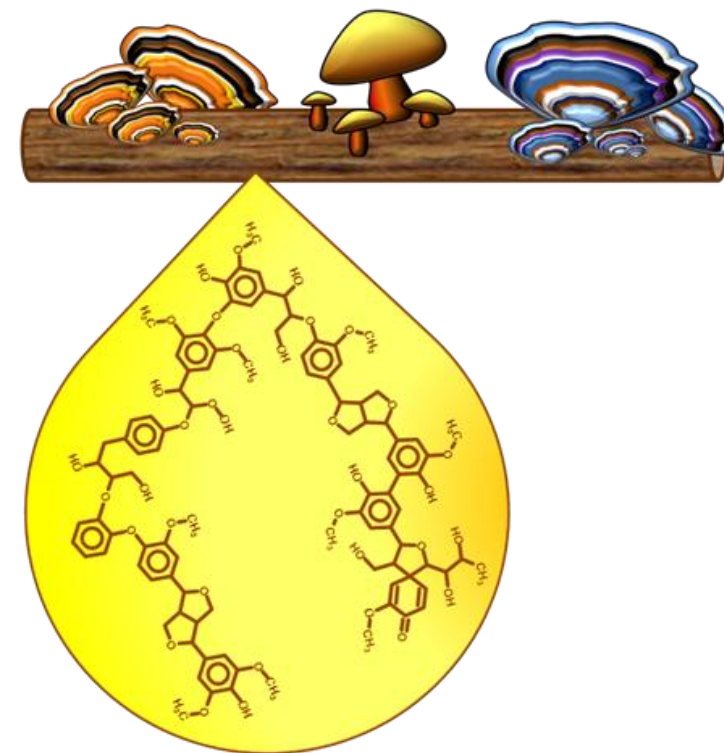
Lacasas computacionales, sistemas FACS, sistemas de secreción.

### Subtarea 1.1.2: Estudio de sistemas lacasa-mediador (LMS) para reacciones de degradación

Mediadores de oxidación naturales y sintéticos.

### Subtarea 1.1.3: Reacciones enzimáticas sobre modelos y sustratos de lignina

Modelos y muestras de lignina: Organosolv, Alkali, Kraft.



## Tarea 1.2: Avances en tratamientos de biomasa con sistemas celulasas

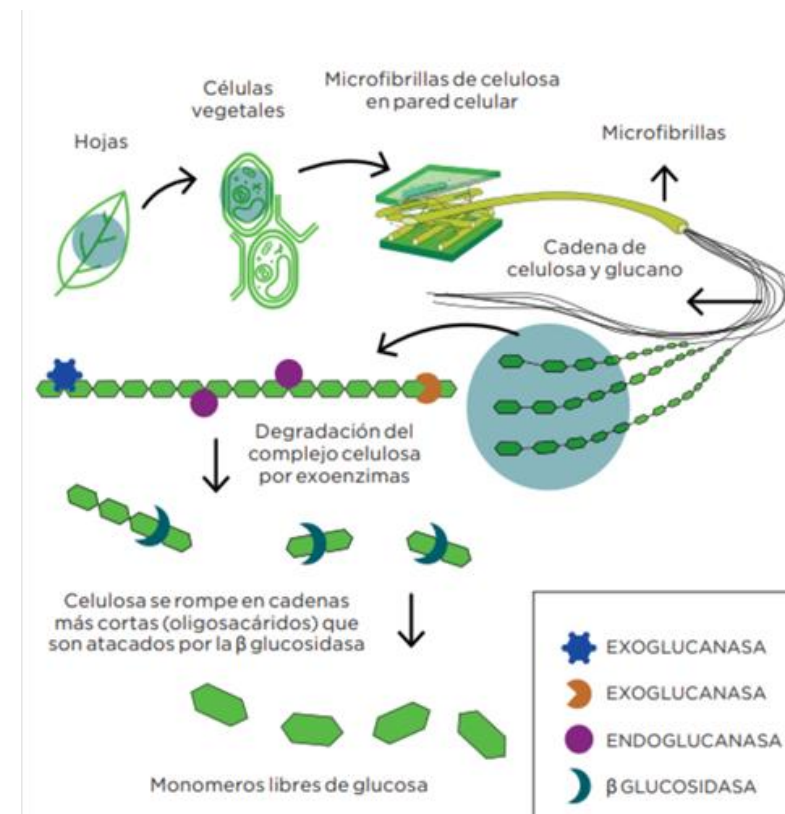
Objetivo: Desarrollo de herramientas enzimáticas para obtener BIOETANOL

### Subtarea 1.2.1: Avances en la ingeniería y selección de celulasas para degradación de celulosa

ENDOGLUCANASAS  
EXOGLUCANASAS  
BETA-GLUCOSIDASAS

### Subtarea 1.2.2: Testado de condiciones de reacción para sistemas de celulasas evolucionadas

Métodos de cribado: Temperatura, pH, salinidad.

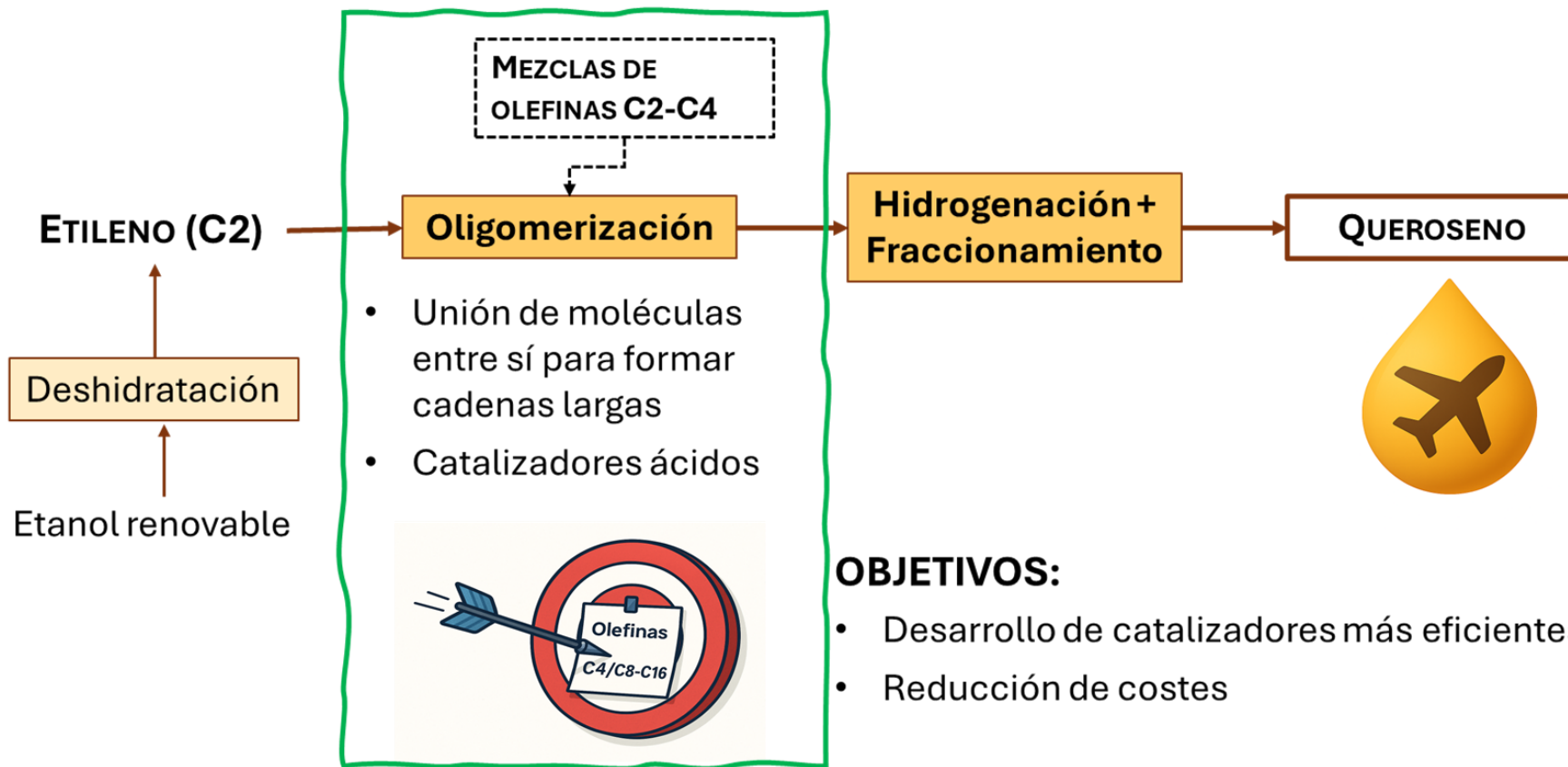




**PT2. TECNOLOGÍAS**  
**TAREA 2.4. ETANOL A JET**



**Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno**





## Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno

### RETOS:

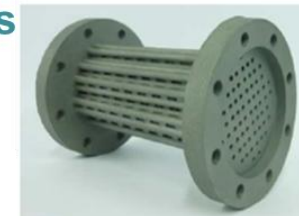
- **Control de la selectividad** hacia olefinas  $C_8-C_{16}$ , evitando la formación excesiva de oligómeros pesados y otros hidrocarburos de menor interés.
- **Estabilidad y reciclado de catalizadores.**
- **Escalabilidad y sostenibilidad del proceso**, buscando operar en condiciones moderadas.

- **Control térmico del proceso**, particularmente al oligomerizar **mezclas de etileno y otras olefinas ligeras.**

### Diseño de catalizadores: Zeolitas y MOFs



### Diseño del reactor: Milicanales



PT2. TECNOLOGÍAS  
TAREA 2.4. ETANOL A JET



Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno

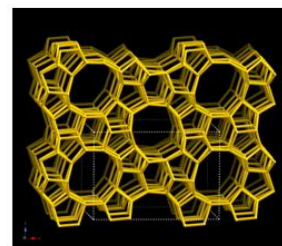
Fase actual: evaluación de catalizadores y condiciones de operación

Diseño de catalizadores

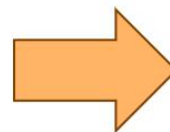
Características principales:

- Elevada área superficial específica
- Porosidad ajustable
- Acidez regulable
- Accesibilidad a los centros activos
- Dispersión de fases metálicas
- Estabilidad térmica
- Regeneración

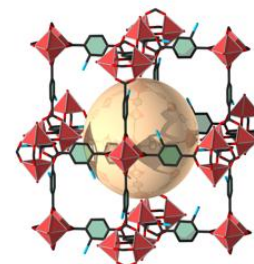
Zeolitas



Aluminosilicato Cristalino Microporoso



MOFs



"Metal Organic Frameworks"

Gráfico de V. Guillerm, en:  
<https://mof-international.org/mof-structures/>



## PT2. TECNOLOGÍAS

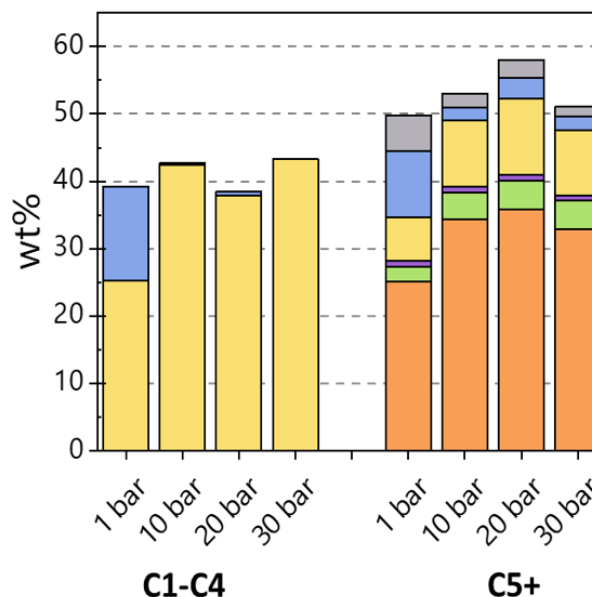
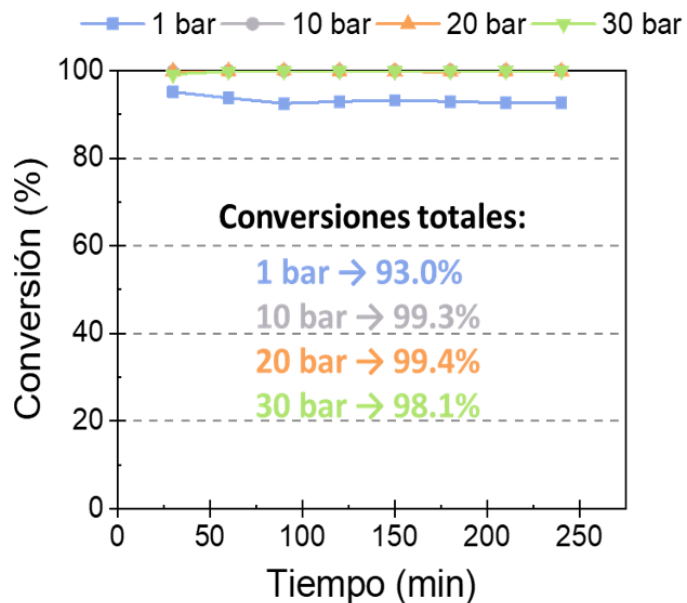
### TAREA 2.4. ETANOL A JET



#### Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno

### Fase actual: evaluación de catalizadores y condiciones de operación

#### Catalizador Metal@zeolita-1



- Parafinas
- Olefinas
- Monoaromáticos
- Poliaromáticos
- Naftenos
- Indenos

P 1-30 bar  
300°C  
WHSV 2h<sup>-1</sup>

↑↑ **Conversión y estabilidad** ✓

↓ **Selectividad a olefinas** ✗

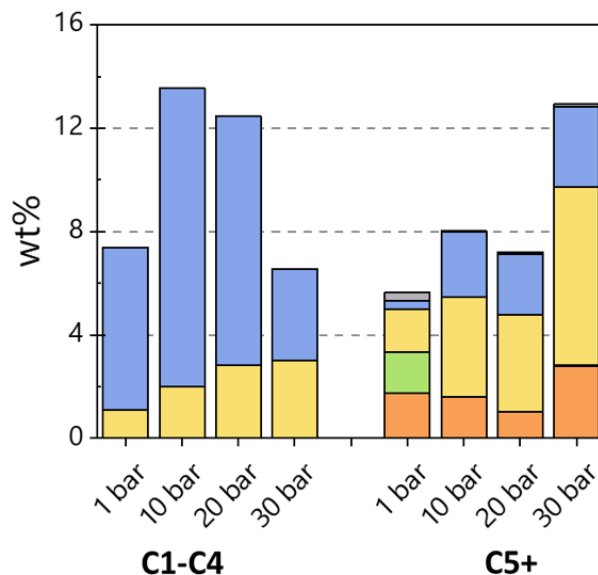
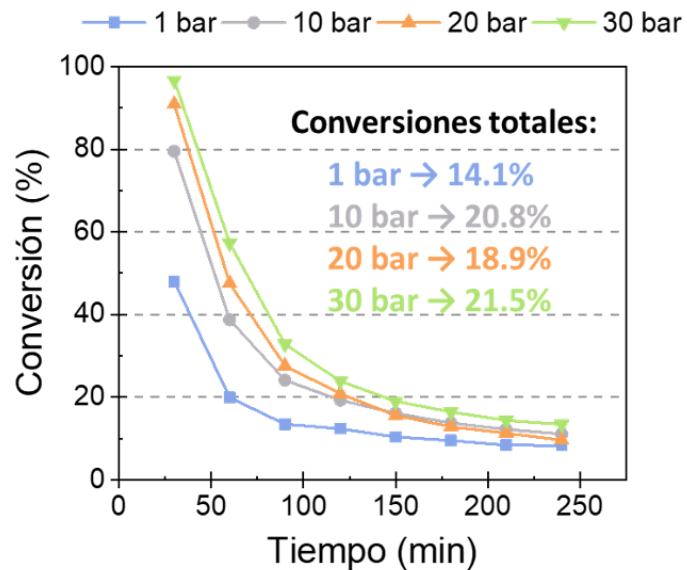
## PT2. TECNOLOGÍAS TAREA 2.4. ETANOL A JET



### Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno

## Fase actual: evaluación de catalizadores y condiciones de operación

Catalizador metal@zeolita-2



- Parafinas
- Olefinas
- Monoaromáticos
- Poliaromáticos
- Naftenos
- Indenos

**P 1-30 bar**  
300°C  
WHSV 2h<sup>-1</sup>

↑↑ Desactivación ❌  
↑ Selectividad a olefinas cortas ✅

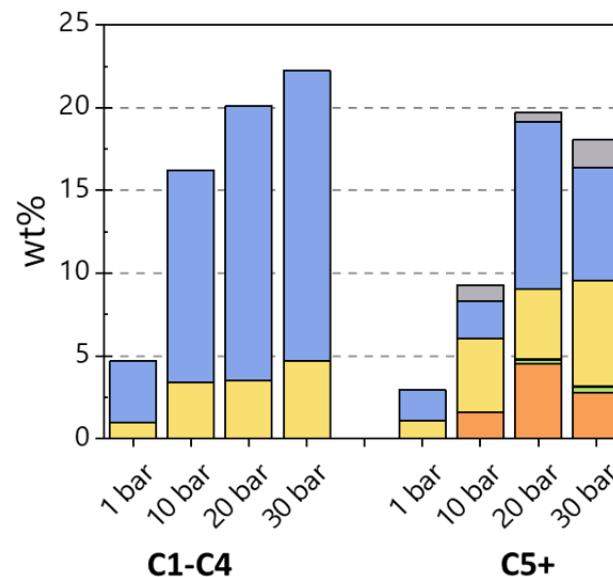
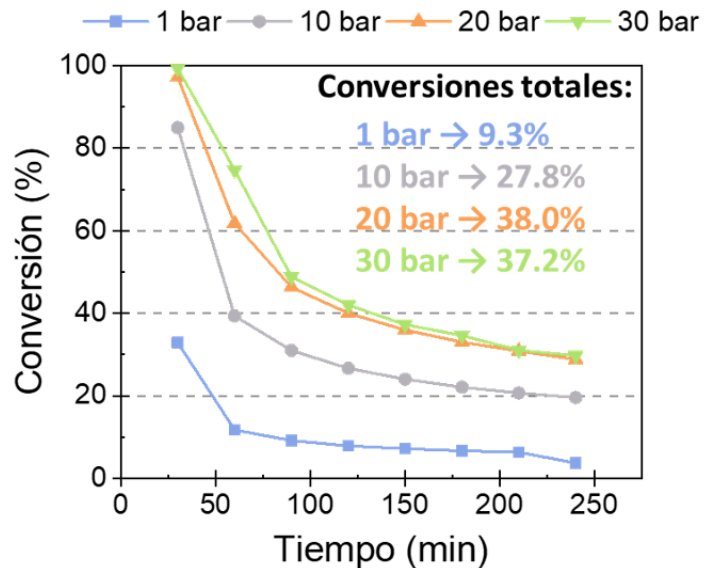
PT2. TECNOLOGÍAS  
TAREA 2.4. ETANOL A JET



Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno

Fase actual: evaluación de catalizadores y condiciones de operación

Catalizador metal@zeolita-3



- Parafinas
- Olefinas
- Monoaromáticos
- Poliaromáticos
- Naftenos
- Indenos

P 1-30 bar  
300°C  
WHSV 2h<sup>-1</sup>

Desactivación

Selectividad a olefinas cortas



## PT2. TECNOLOGÍAS

### TAREA 2.4. ETANOL A JET



#### Subtarea 2.4.4. Oligomerización de etileno

#### Próximos pasos:

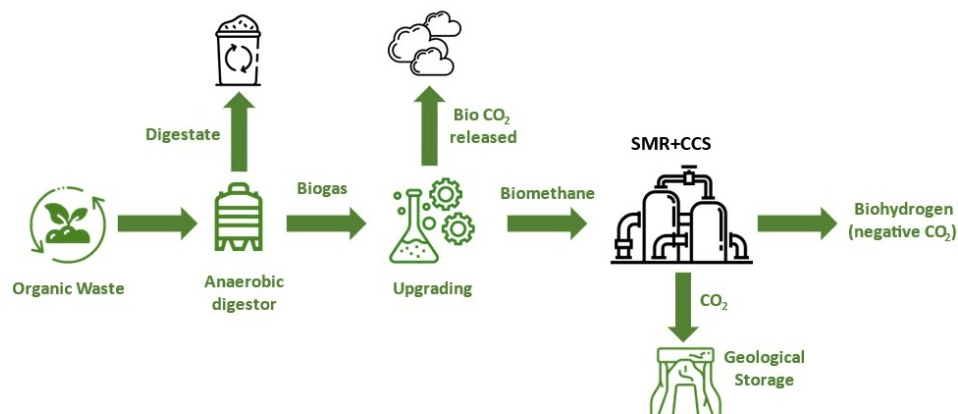


- Continuar con el ajuste de composición y propiedades del catalizador
- Ensayos con mezclas de olefinas ligeras
- Pruebas en reactor multicanal

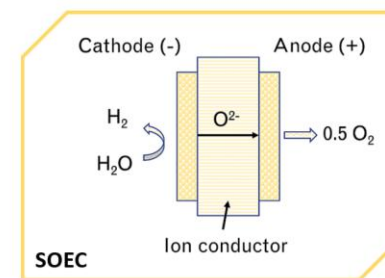
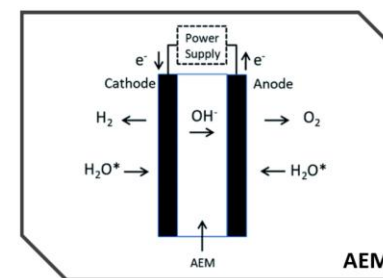
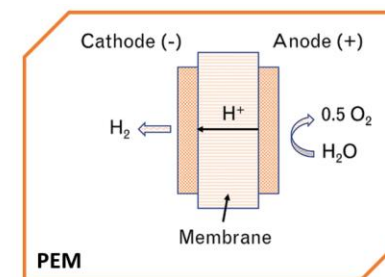
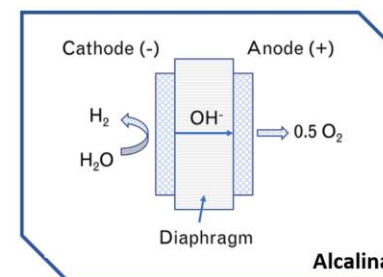


## Tarea 2.5 Análisis vías de producción H<sub>2</sub> renovable

### Reformado con vapor de Biometano



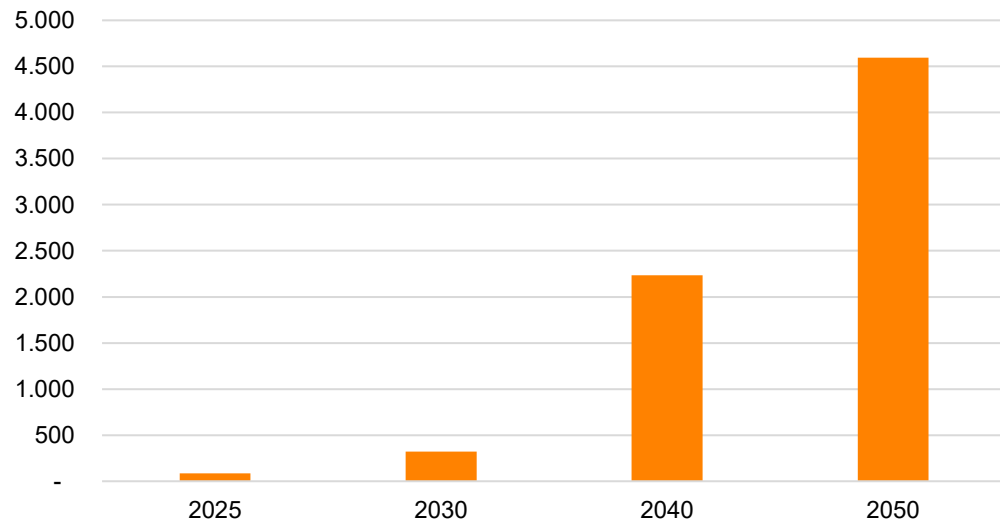
### Electrólisis





### Tarea 3.1.3 Estudio tecno-económico

**Demanda de SAF (Ruta ATJ) [t/a]**



Fuente: IMDEA - Market Research, Carbon Direct, Simulation Data, Spain SAF Dataset

	LCOH [\$/kg]	MFSP [\$/GAL]	Δ MFSP [%]
H2 gris	1	3,00	-
H2 renovable	4,5-6,25	3,18-3,29	5,7-8,81

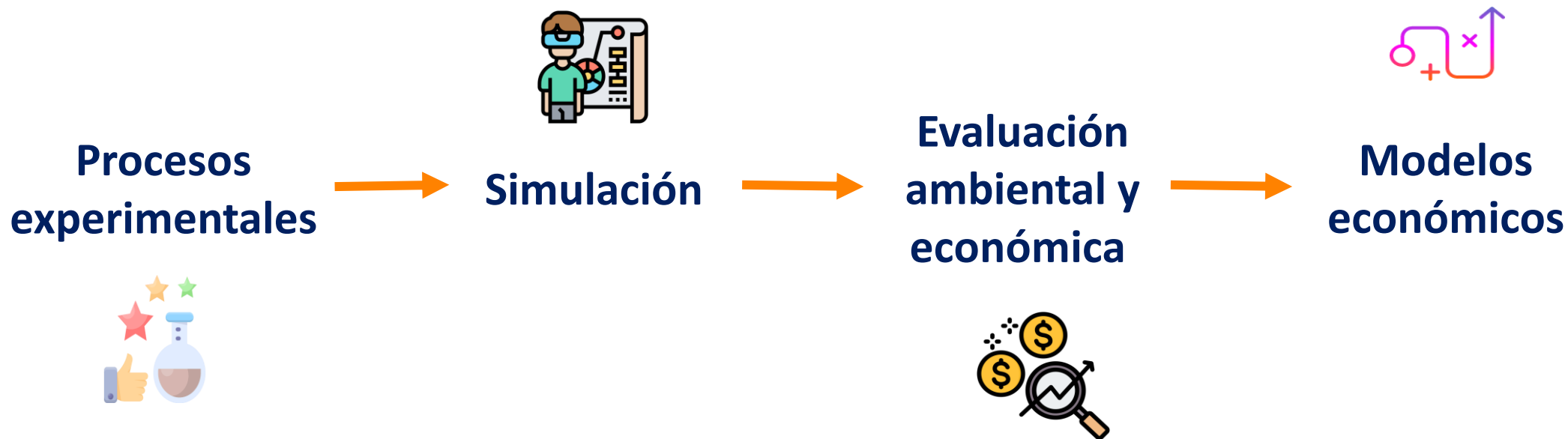
Fuente: M.M. Uddin et al, "Sustainable aviation fuel from ethanol: Techno-economic analysis and life cycle analysis", Applied Energy 398 (2025) 126373



## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

# Modelización, integración y evaluación del impacto del SAF en el sistema energético



## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

#### Herramientas y metodología técnica



##### Simulación

**A<sup>+</sup>** Aspen Plus para simular las rutas de conversión.



##### Evaluación ambiental y económica



**ecoinvent**

Base de datos para los análisis ambientales.



##### Cadena de suministro



Optimización de la cadena de suministro



##### Modelos económicos



Integración a la economía española

## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

#### Fase actual: simulación de referencia



#### Simulación -Proceso tradicional

En esta primera fase, estamos modelando las rutas tradicionales, sin incluir todavía las mejoras tecnológicas desarrolladas en el proyecto. Esto nos permite establecer una línea de base, para comparar después los avances logrados a nivel experimental.



#### Ruta ATJ-SPK



## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

#### Fase actual: Evaluación ambiental y económica



**Flujos del modelo**



**Costes, CO<sub>2</sub>eq,  
energía**

De los modelos de proceso extraemos los inventarios necesarios para el **análisis de ciclo de vida (ACV)** y la **evaluación tecnoeconómica**. Con ello, podemos estimar las emisiones, los costes de producción y las necesidades de inversión asociadas a cada configuración de planta.

Estos resultados constituyen la base para evaluar los beneficios de las innovaciones que se están desarrollando en el proyecto.



## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

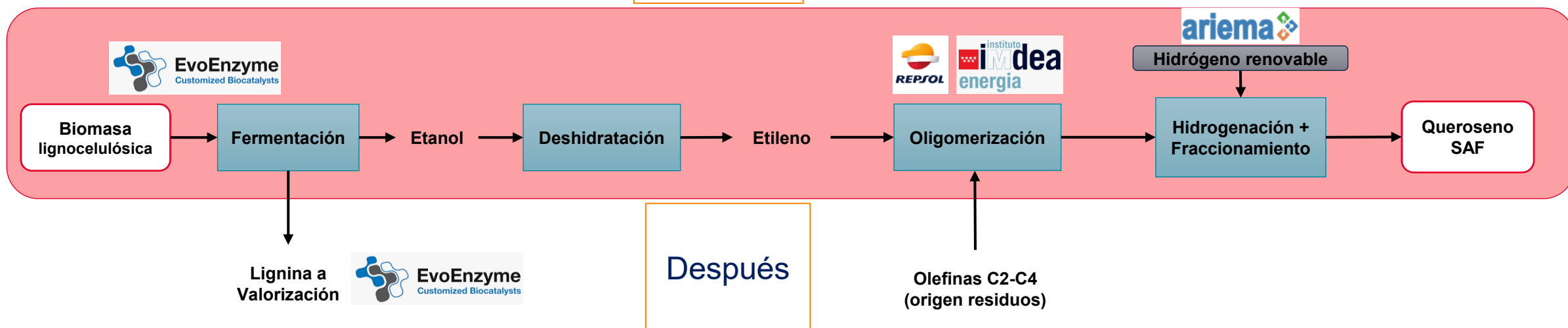
### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

**Próximos pasos** En los próximos meses incorporaremos al modelo las innovaciones desarrolladas por las otras unidades del proyecto, simulando escenarios integrados que nos permitirán cuantificar los beneficios reales en términos de coste, energía y emisiones



Antes

### Ruta ATJ-SPK

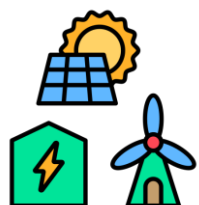


Después

## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

**Antes/Después: De la planta a la cadena de suministro y al sistema energético nacional**



Planta



Cadena de  
suministro



Sistema energético  
nacional



Optimización  
“**location-  
allocation**”: ubicación  
óptima de plantas y  
rutas de suministro.

Integración de la  
**logística** de  
biomasa

Análisis de **costes,**  
**emisiones e**  
**inversión** bajo  
distintos  
escenarios



## PT30. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### TAREA 3.1. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

**De nuestro  
proyecto:  
Tecnologías  
actuales**



52% de reducción de  
emisiones de CO<sub>2</sub> -  
Presencia de residuos  
urbanos con  
componente fósil.

Máxima demanda:  
34% - Faltan residuos.

Número de plantas:  
123 (HEFA y  
Gasificación).

Costes de producción:  
13 x más altos. - Baja  
eficiencia



## Oportunidades de la industria SAF

El desarrollo de los SAF en España puede convertirse en un proyecto de país vinculando transición energética, una nueva industria con gran impacto local y una economía más sostenible

Estudio sobre los impactos ligados a la transición ecológica en el sector de la aviación<sup>1</sup>

La oportunidad de la industria SAF para España

-  **80% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>** en todo el ciclo de vida de los combustibles SAF
-  **5,9 Mt de demanda de SAF** acumulada a 2050 en España, que equivale a una reducción del **60% de las emisiones de CO<sub>2</sub>**
-  **32 plantas<sup>2</sup> de producción de SAF** para el año 2050 repartidas según las diferentes tecnologías disponibles
-  **22.362 M€** de inversión acumulada a 2050 para la construcción de las plantas con unos costes de **50.129 M€** para su operación
-  **56.000 M€ de impacto en PIB** por la construcción y operación de las plantas a 2050
-  **270.000 puestos de trabajo creados** en 2050<sup>3</sup> gracias a la industria SAF

1

Certidumbre en la demanda de SAF

2

Potencial de producción real

3

Oportunidad de nueva industria

4

Impactos económicos y sociales

Cómo hacer de España el líder europeo de SAF

<sup>1</sup> Informe elaborado por PwC en Junio 2023  
<sup>2</sup> La estimación del número de plantas depende en gran medida de la capacidad media por tipo de planta empleado en el estudio  
<sup>3</sup> Los puestos de trabajo corresponden al total estimado en la fase de construcción y de operación, y además, teniendo en cuenta puestos directos, indirectos e inducidos  
Septiembre 2024

Fuente: Informe Cómo hacer de España el líder europeo de SAF (BioCir)

[https://biocirc.es/wp-content/uploads/2024/09/Informe\\_Como-hacer-de-Espana-lider-SAF.pdf](https://biocirc.es/wp-content/uploads/2024/09/Informe_Como-hacer-de-Espana-lider-SAF.pdf)



# Combustibles sostenibles para aviación: el impulso de un hub de innovación

19-11-2025

IFEMA MADRID



Moderador: Repsol, Javier Ortiz, Senior Scientist.  
Airbus, Javier Arnaldo, Director de Sostenibilidad.  
Ariema, Enrique Girón, Director General.  
Evoenzyme, Javier Viña, Co-founder and R&D Grants Manager.  
IMDEA Energía, Patricia Pizarro, Investigadora Senior Asociada.  
IMDEA Energía, Pedro Gerber, Investigador Posdoctoral.

