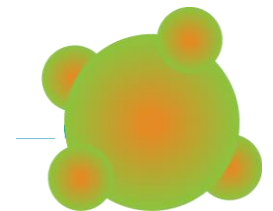


Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía (CEMIE-Bio)



Producción de Biohidrógeno **Germán Buitrón**



La idea



Vector energético, ofrece las siguientes ventajas:

- ✓ **Poder calorífico: 120 kJ/g**
Gasolina: 45 kJ/g
- ✓ Valor energético de 1kg de H₂ = 2.4 kg de CH₄
- ✓ Tiene una alta eficiencia de utilización
- ✓ Es conveniente para el transporte (celdas de hidrógeno)
- ✓ Como subproducto de su combustión sólo se genera agua.



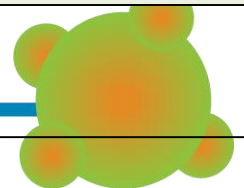
- **Convencional (96%)**
 - Reformado del gas natural
 - Pirolisis
 - Gasificación

} (Biomasa, Carbón)
- **Electrólisis H₂O (4%)**

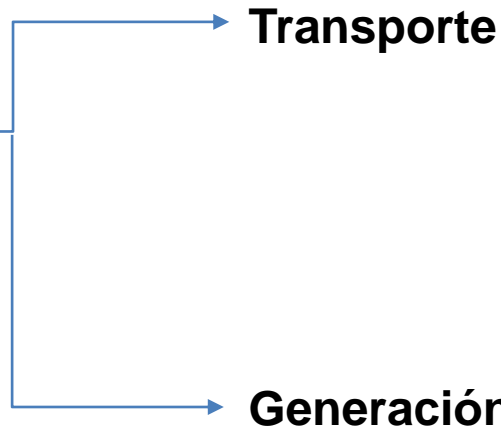
- **Biológica**
 - Fermentation oscura
 - Sistemas Bioelectroquímicos
 - Foto-fermentation
 - Biofotolisis



Residuos



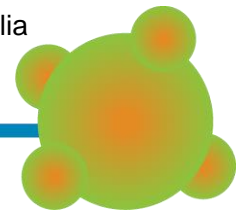
H₂



Hyundai iX35

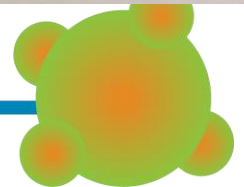


SEFCA, Australia

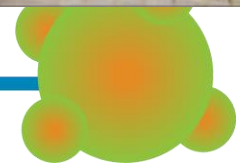


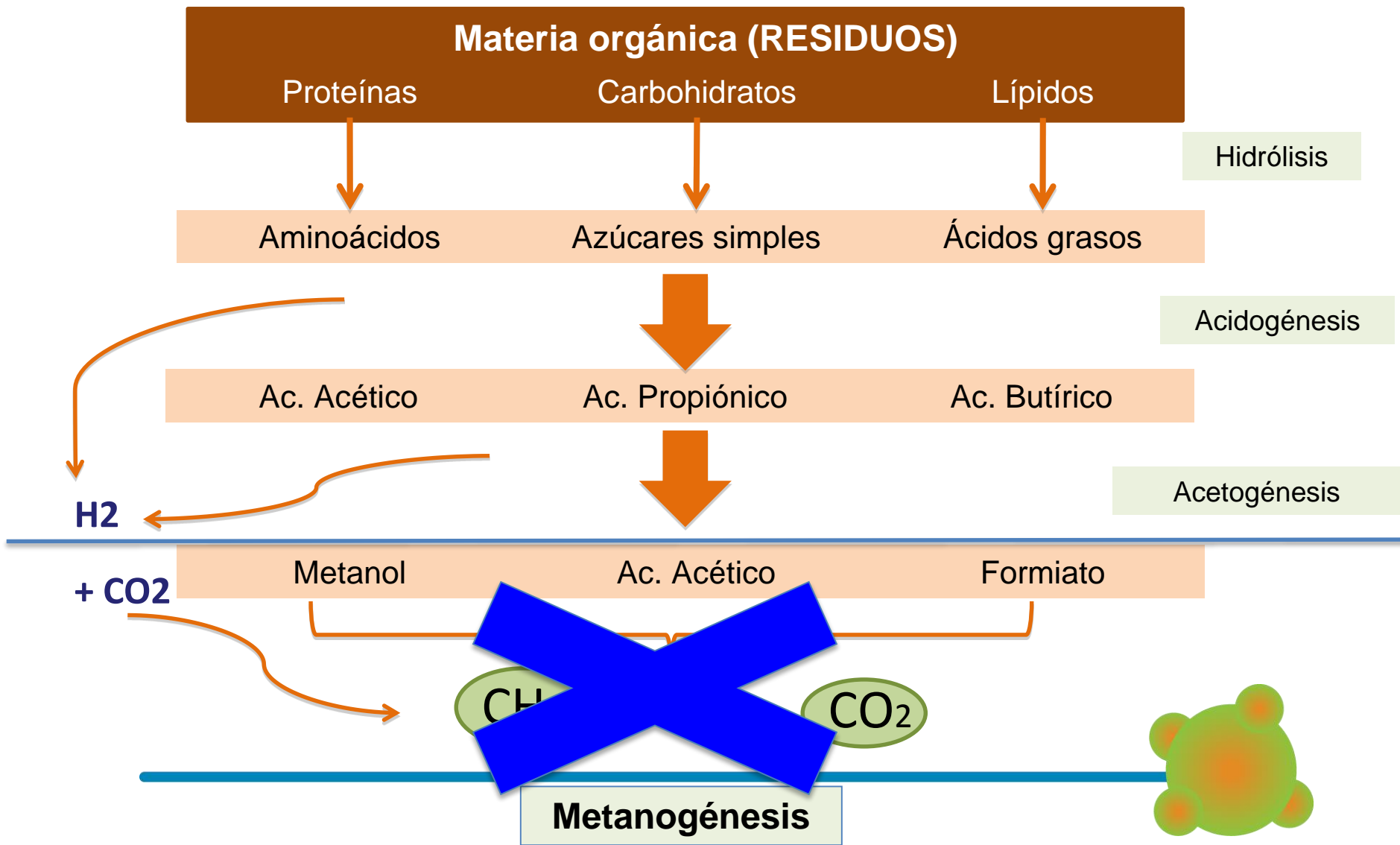


Toyota Mirai

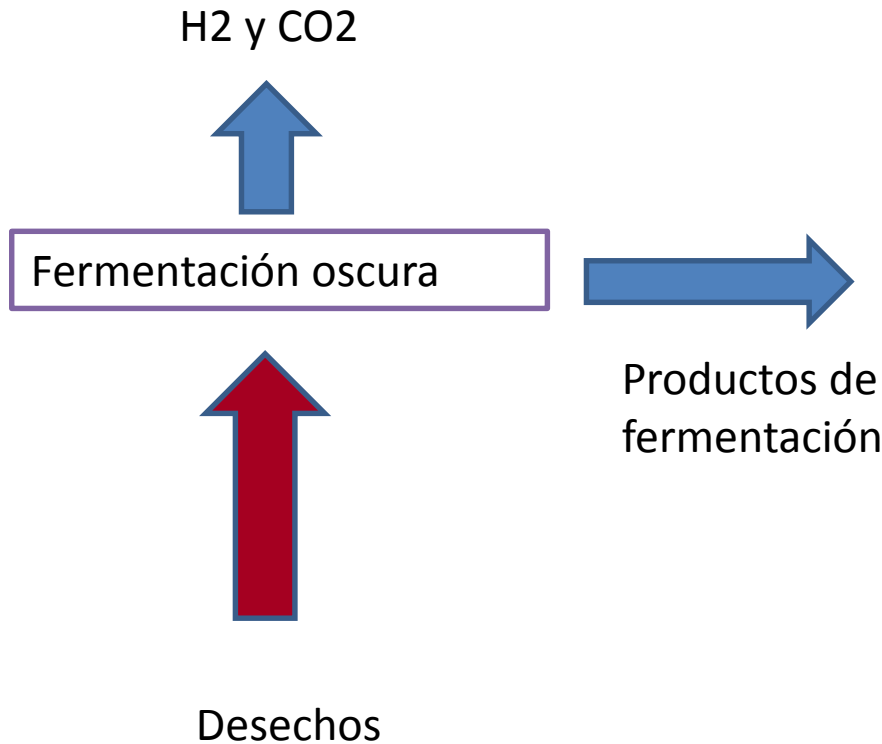


Asia Pacific Fuel Cell y Feng Chia University, Taiwan

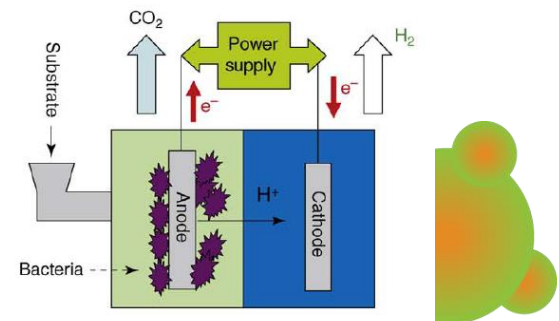
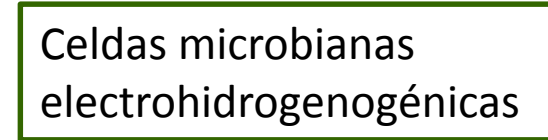




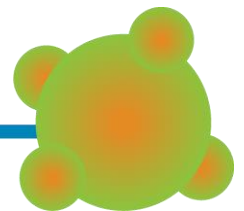
Primera etapa



Segunda etapa

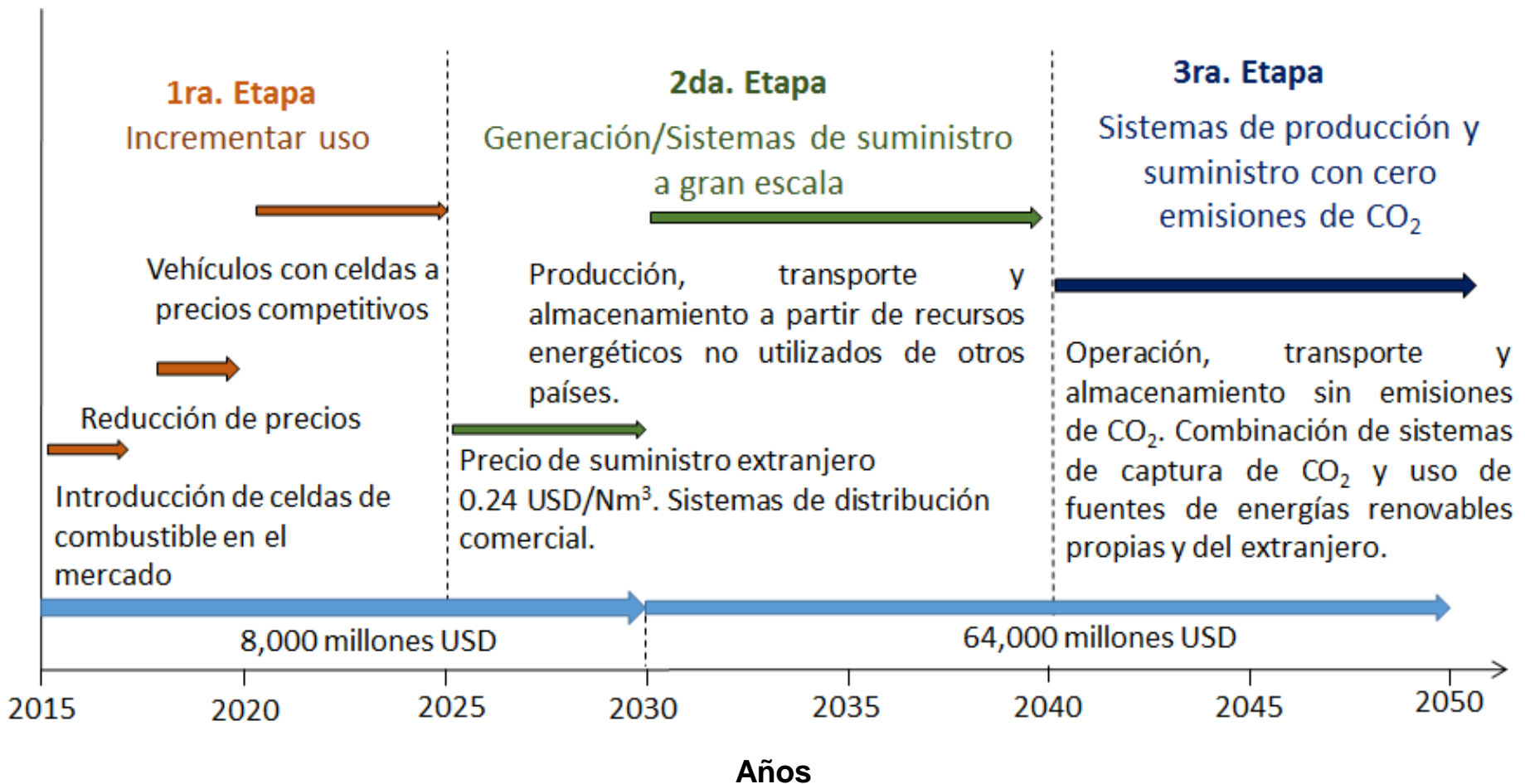


- Actualmente solo el 1% del hidrógeno producido es generado a partir de biomasa, siendo el 88% producido a partir de combustibles fósiles (Hay et al., 2013).
- Diferentes mapas de rutas para el hidrógeno de países como Estados Unidos de América, Japón y la Unión Europea, prevén un mercado establecido de hidrógeno libre de emisiones de carbono en el año 2050, lo que implica una completa transición de los combustibles fósiles, para usos industriales, domésticos y en el transporte (United States Department of Energy, 2006; European Comission, 2008).

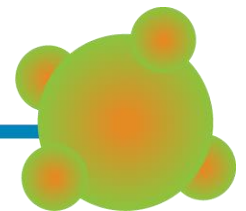
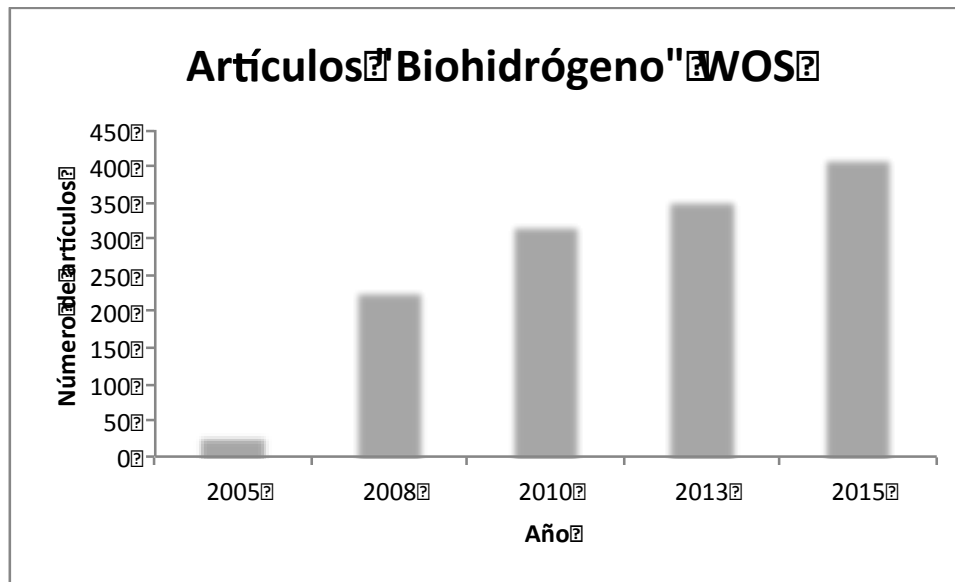




Japón

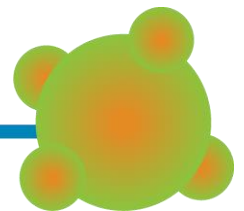


- El estudio sobre la producción de biohidrógeno es uno de los temas de investigación más activo.



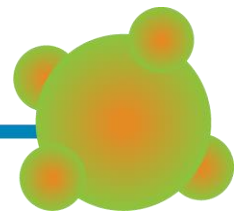
Importancia actual y situación potencial para México

- Diversos estudios a nivel laboratorio han demostrado la factibilidad de la producción de biohidrógeno a partir de residuos agroindustriales
- Se han utilizado
Ensilados, paja de avena, vinazas de la industria tequilera, suero de la fabricación de queso y la fracción orgánica de residuos de cafetería (Dávila-Vazquez et al., 2009; Valdez-Vazquez et al., 2009; Buitrón y Carvajal, 2010; Ramos et al., 2012; Arreola-Vargas et al., 2013; Arreola Vargas et al., 2014, Buitrón et al., 2014).

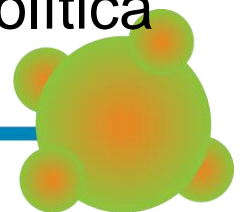


Importancia actual y situación potencial para México

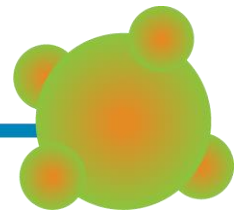
- También se han sugerido procesos para acoplar el proceso productor de hidrógeno a la producción de biogás (Buitrón et al., 2014). Sin embargo, su factibilidad a nivel industrial no ha sido reportada.
- México es el tercer país más grande en Latinoamérica en términos de área de cultivo, generando 75.73 millones de toneladas de materia seca en el 2006, con potencial de ser transformada en biocombustibles, como biohidrógeno por vía fermentativa (Valdez-Vazquez et al., 2010).



- **Disminuir los costos de producción**
 - USA: Llegar al costo **4 USD/gge** (galón gasolina equivalente). Actual en 7.7 -12.9 USD /gge.
- Desarrollar procesos robustos y con altos rendimientos para producir hidrógeno a partir de residuos líquidos y sólidos y de biomasa
- Acoplar diferentes tecnologías para maximizar la producción de hidrógeno (fermentación oscura, foto-fermentación, sistemas bioelectroquímicos microbianos)
- Evaluar nuevas estrategias de pretratamiento como cultivos de microorganismos con capacidad hidrolítica



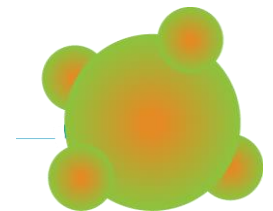
- Escalar la tecnología a plantas piloto y finalmente a plantas demostrativas
- Desarrollar sistemas de almacenamiento de bajo costo, de alta capacidad y con materiales ligeros
- Desarrollar políticas públicas que estimulen la infraestructura y el mercado de este biocombustible



Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía (CEMIE-Bio)

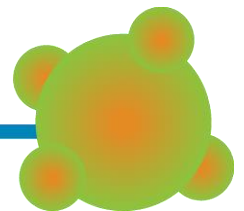


Producción de biohidrógeno



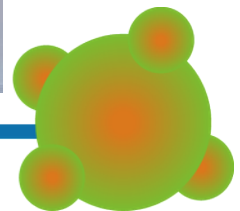
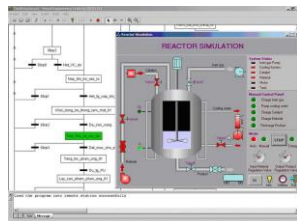
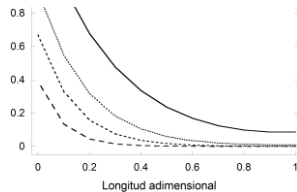
Objetivo

Específicamente, aprovechar diversos desechos y residuos orgánicos como sustrato en el desarrollo de tecnologías para la producción de biohidrógeno, a nivel demostrativo piloto.



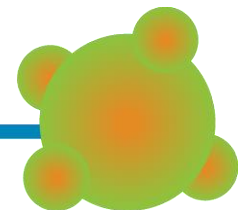
Metas y alcances en la producción de BioH₂

- Para producir el biohidrógeno se estudiarán tres sustratos modelo líquidos (vinazas tequileras y vitivinícolas), semisólidos (FORSU y lodos de purga) y sólidos (residuos de agave) en fermentación oscura
- Se espera obtener procesos estables con elevada productividad
- Se aplicarán estrategias de control automático para lograrlo
- Se imlementará una planta piloto de 100 L con lo que se obtendrán parámetros de escalamiento
- Se emplearán los productos de la fermentación en sistemas bioelectroquímicos microbianos para producir hidrógeno adicional



Instituciones participantes

- **Universidad Nacional Autónoma de México**
- Instituto de Ingeniería, (II-UNAM-Juriquilla)
- **Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, (IPICYT)**
- **Universidad de Guadalajara**
- Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, (CUCEI)
- **Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, (CIATEJ)**
- **Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, (CIDETEQ)**
- **Centro de Investigación Científica de Yucatán, (CICY)**



Acciones estratégicas

Producción de biohidrógeno (BioH₂)

- AE5. Producción de BioH₂ a partir de vinazas
- AE6. Producción de BioH₂ a partir de hidrolizados de agave
- AE7. Producción de BioH₂ a partir de residuos sólidos y semisólidos: FORSU y lodos de purga
- AE8. Producción de BioH₂ a partir de sistemas bioelectroquímicos

Grupo de trabajo

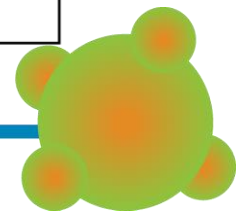
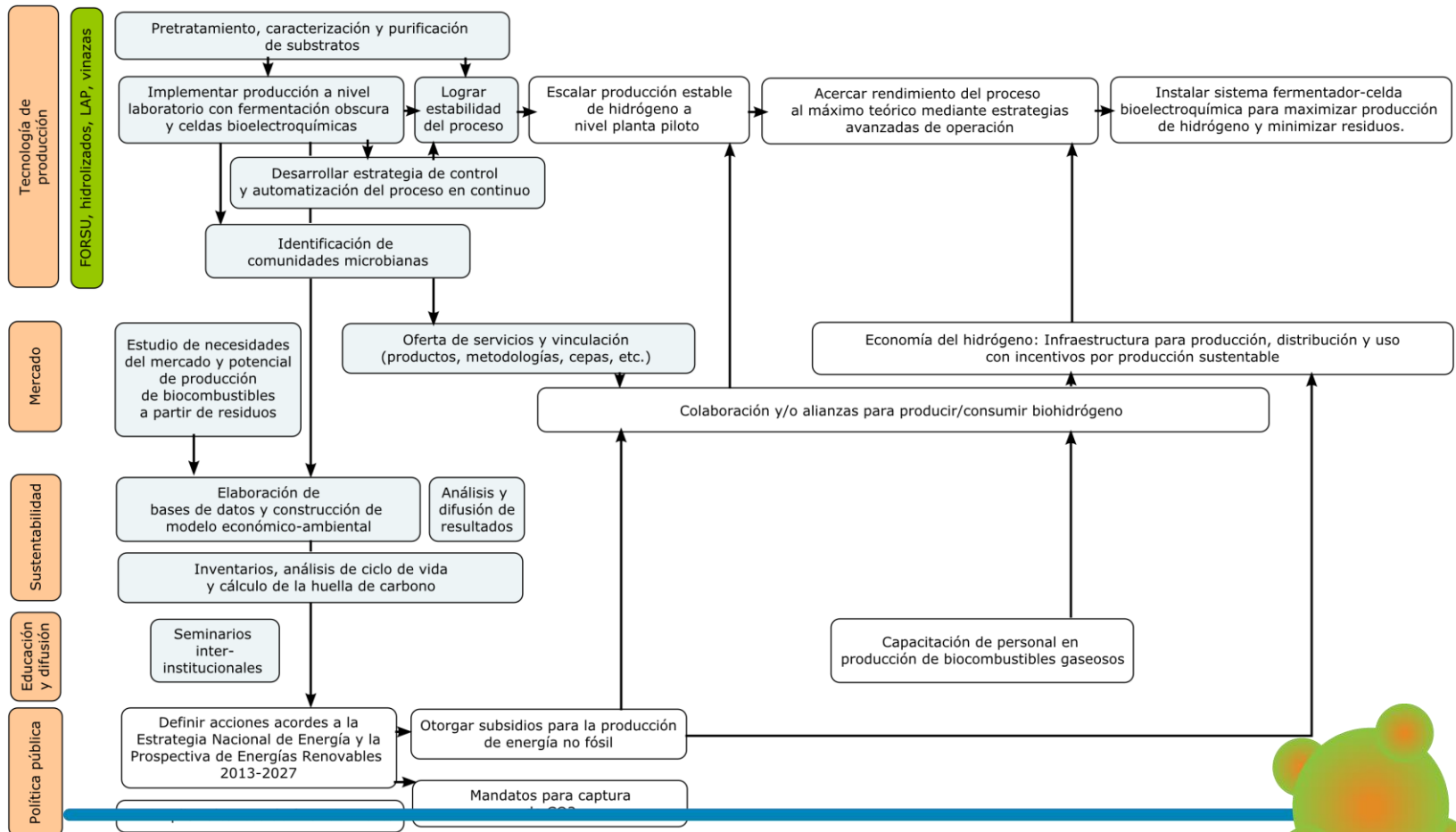
Líder en México y Latinoamérica con amplio reconocimiento Internacional



Mapa de ruta BioH₂

Mapa de ruta tecnológica. Producción de biohidrógeno a partir de efluentes y residuos.

2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030

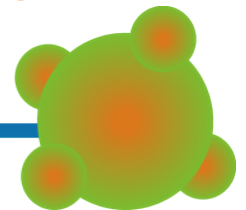


Objetivo general

Desarrollar sistemas estables y con esquemas de control y/o automatización que permitan la producción óptima de biohidrógeno a nivel laboratorio y piloto (100 L) mediante el uso de vinazas (tequileras y vitivinícolas) como sustrato.

Objetivos particulares

- 1) Estudiar la **diversidad de compuestos presentes en las vinazas** y sus **posibles efectos inhibitorios/tóxicos** y su mitigación
- 2) Estudiar el **desempeño de diferentes configuraciones de reactores** en mesofilia y/o termofilia (CSTR, TBR) y sistemas de retención de biomasa (gránulos, membranas) para la maximización del rendimiento y velocidad de producción de biohidrógeno.
- 3) **Escalamiento** de un proceso piloto a **100 L**.
- 4) Analizar **las comunidades bacterianas**
- 5) Desarrollar **estrategias de control que permitan garantizar la estabilidad operacional**



AE6: Producción de BioH₂ a partir de hidrolizados de agave



- 360 000 ton/año bagazo de agave seco (Caspeta et al., 2014)
- Aprox. 300 kg azúcares/ton bagazo seco
- Fuente de residuo focalizada



Potencial

- 70 m³ H₂/ton agave fermentación continua
- 25 000 000 m³H₂/año
- 3 kWh/m³ H₂



Impacto

- 75 GWh/año a partir de bagazo de agave seco
- Equivalentes a 34 800 ton CO₂ si se produjeran a partir de fuentes fósiles.

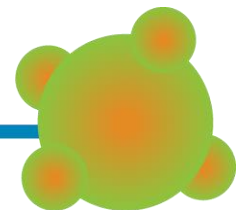
Manejo actual

Compostaje

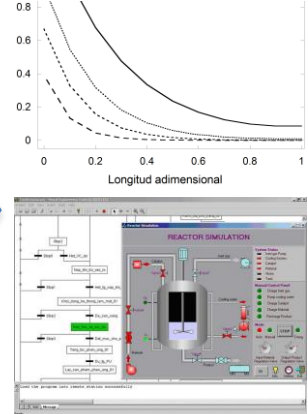
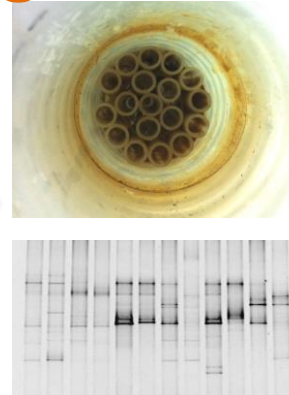


Impacto

- Posible emisión de metano (en caso de mal manejo, que es probable por el volumen de residuos)
- Consumo de energía para proceso de compostaje (maquinaria, riego)
- Gran huella física



AE6: Producción de BioH₂ a partir de hidrolizados de agave



Aprovechamiento de residuos

Caracterización y purificación

Reactores continuos

Mejoras del proceso

Modelamiento y control

Proceso acoplado

Fermentación para producción de hidrógeno

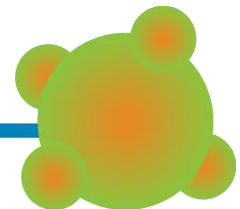


Digestión para producción de metano

80-90% de la biomasa se recupera como energía

Metas:

- Alcanzar desempeño reportado para sustratos modelo
- Elegir tipo de reactor y lograr estabilidad
- Identificar principales microorganismos para aumentar eficiencia

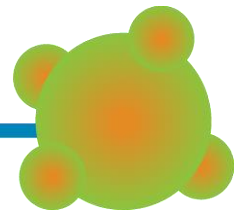


AE7. Producción de BioH₂ a partir residuos sólidos y semisólidos: fracción orgánica de residuos sólidos (FORSU) y lodos de purga

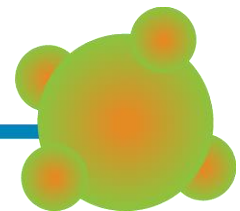
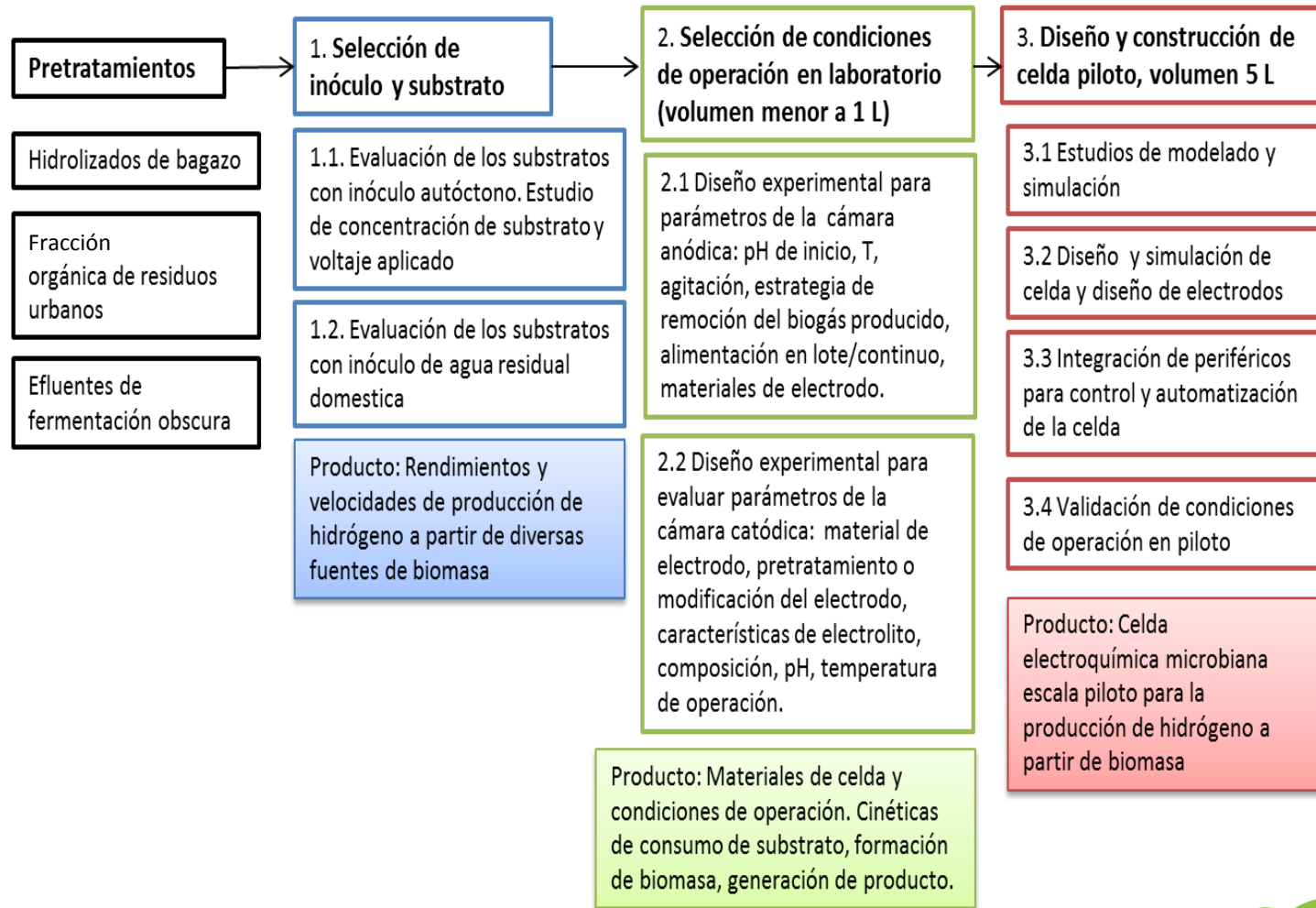
Objetivo: Desarrollar un sistema eficiente productor de hidrógeno a partir de residuos sólidos orgánicos



- 1) Optimizar la producción de hidrógeno (evaluación de parámetros operacionales como TRH y carga organica).
- 2) Desarrollar estrategias de control automático para incrementar la producción de hidrógeno y determinación automática de el final de la etapa de reacción
- 3) Acoplar sistemas optimizados de producción de biohidrógeno con una etapa posterior de producción de metano

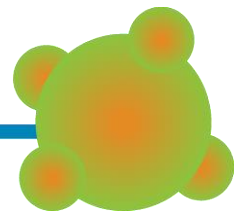


AE8. Producción de BioH₂ a partir de sistemas bioelectroquímicos



Línea Transversal. Control automático de bioprocesos

- El control automático en bioprocesos permite
 - Asegurar estabilidad y robustez del proceso
 - Optimizar condiciones de operación, p.ej. maximizar la producción de biogás, reducir costos de producción
- UNAM, UdG e IPICIT en control de bioprocesos
 - Únicos grupos en México que han logrado implementaciones exitosas de controladores para bioprocesos de tratamiento de residuos
 - Líderes en Latinoamérica en investigación
 - Reconocidos a nivel mundial



Gracias



Unidad Académica Juriquilla

LIPATA

Laboratorio de Investigación en
Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas

