

Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos

Convocatoria 2012-01



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2012-01

I. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

En atención a la problemática nacional en la que la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica) tiene especial relevancia, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha identificado un conjunto de demandas y necesidades del Sector para ser atendidas por la comunidad científica, tecnológica y empresarial con el apoyo del “Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos”.

Estas demandas se han clasificado en el área estratégica:

I Temas Estratégicos Transversales

Cada una de las Demandas Específicas es debidamente dimensionada y acotada a través de la siguiente estructura:

Es importante aclarar que se espera apoyar un solo proyecto por demanda específica, ya que el Macro proyecto (multidisciplinario e interinstitucional) propuesto, debe cumplir con todos los productos esperados

I. Demandas por Temas Estratégicos Transversales

Bioenergéticos

Demanda 1.1

Diseño, construcción y evaluación de un reactor a oxihidrógeno para optimizar el uso de hidrocarburos en la mecanización agrícola.

Beneficiarios del proyecto:

La agroindustria y productores rurales que puedan utilizar el gas oxihidrógeno como energético en procesos productivos; ya sea como fuente principal o como complemento.

Antecedentes:

La mayor parte de la energía que se utiliza es suministrada por combustibles fósiles. La quema de dichos combustibles genera residuos, principalmente emisiones a la atmósfera en forma de gases, polvos, cenizas y clinker (Akansu *et al.*, 2004), en contaminación se clasifican como partículas.

Estos materiales tienen efectos peligrosos para el ambiente, algunos de ellos a nivel local, otros incluso de impacto global. No sólo el uso continuo de grandes cantidades de combustibles fósiles es una seria amenaza para el medio. (Akansu *et al.*, 2004)

El hidrógeno es un combustible prometedor para el futuro, como sistema energético y puede ser utilizado, en forma de gas o líquido. El hidrógeno utilizado como portador de energía puede ofrecer una respuesta a la amenaza del cambio climático y evitar reacciones adversas asociadas al uso de combustibles fósiles. Aunque se estima que el hidrógeno es más caro que los combustibles fósiles, este a partir de energía renovable es una fuente casi inagotable (Kato *et al.*, 2003).

Existen tecnologías diversas para la producción de hidrógeno, el cual puede ser generado a partir de agua, biomasa, gas natural o CO₂. (Turner, 2004).

Actualmente cerca del 95 % del hidrógeno que se produce a nivel mundial proviene de la catalización (catálisis) de vapores de hidrocarburos como gas natural y el restante 5 % es producido por electrólisis (Jaén, 2004). Cuando el hidrógeno se produce a partir de gas natural a través de vapor de metano, el cual solo representa una modesta reducción de las emisiones en los vehículos cuando se compara con las emisiones actuales de los vehículos híbridos. Las importaciones de gas natural no son recomendables, ya que implican

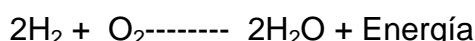
incrementos en el costo de la mezcla. Evidentemente, el gas natural como insumo para obtener hidrógeno no es recomendable (Turner, 2004).

La gasificación del carbón produce considerables cantidades de hidrógeno y electricidad, debido simplemente al gran tamaño y disponibilidad de yacimientos de carbón. Además, su relativo bajo costo, lo hace ser el mejor recurso energético, ya que es económicamente viable para la producción de grandes cantidades de hidrógeno. Sin embargo, la energía necesaria para capturar CO₂, aumenta la demanda de reservas de carbón; la conversión de la flota de vehículos de combustión normal a vehículos eléctricos y la generación de electricidad a partir de "carbón limpio" hacen al hidrógeno un vector energético, que aceleraría el agotamiento de los yacimientos de carbón, dando como resultado que la producción de este insumo para producción de hidrógeno no es absolutamente sostenible. Eso deja a la energía solar, eólica, nuclear y geotérmica como importantes recursos para que la producción de hidrógeno que sea sustentable. Cabe mencionar que las vías de producción de hidrógeno incluye la electrólisis, ciclos térmicos-químicos y el procesamiento de la biomasa (Turner, 2004).

Las cantidades de hidrógeno y oxígeno generado por electrólisis se pueden calcular estequiométricamente mediante la ley Faraday. Bajo condiciones estándar a 298 °K, y 1.013x10⁵ Pa, se produce 0.116 cm³ °C⁻¹ de hidrógeno y 0.0581 cm³ °C⁻¹ de oxígeno. Si la temperatura supera los 4,000 °C, puede ocasionar pirolisis y la cantidad de hidrógeno generado excederá a la cantidad calculada utilizando la ley de Faraday (Mizuno *et al.*, 2005).

El potencial del uso de hidrógeno en motores de combustión interna (H₂MCI) cuando operan como plantas de energía limpia y eficiente en automóviles está bien establecida. En particular, H₂MCI genera emisiones cercanas a cero y su eficiencia está por encima de los motores de combustión interna (CI) convencionales y a gasolina. La capacidad de H₂MCI para operar con emisiones cercanas a cero se debe principalmente al efecto de acoplamiento de dos características únicas del hidrógeno: (i) óxidos de nitrógeno (NOx) en las emisiones del motor son indeseables y se forman por la disociación térmica y oxidación del N₂ atmosférico durante la combustión, por lo que con el uso de hidrógeno se reduce la formación NOx y (ii) el bajo límite de inflamabilidad del hidrógeno permite una combustión estable, en condiciones altamente diluidas (White *et al.*, 2006).

Los motores de combustión a hidrógeno, funcionan como sistemas mixtos: capaces de expresar rendimientos de potencia similares a motores a gasolina. A la atmósfera sólo se expulsa, como resultado de la combustión, vapor de agua, que es consecuencia de una reacción exotérmica (Catalán, 2004).



El inconveniente en cualquier caso es el almacenamiento del hidrógeno, el cual se debe almacenar a -252 °C, por lo que se requieren depósitos especiales de tipo criogénico. Su uso en estado gaseoso permite más opciones y entonces debe mantenerse a alta presión en un depósito normal diseñado y probado

para este propósito, las ventajas de usar hidrógeno son: no requiere almacenarse, el hidrógeno mejora la combustión de los hidrocarburos, se considera energía limpia, libre de emisiones y mejora vida útil del motor.

Problemática:

No sólo el uso continuo de grandes cantidades de combustibles fósiles representa una seria amenaza para el ambiente, sino también que los propios combustibles son finitos. Hay debates entre los expertos acerca de la cantidad extraíble de los combustibles fósiles. La opinión general es que a principios del siglo XXI, casi la mitad de los combustibles fósiles ya habían sido consumidos. Las reservas conocidas de petróleo en todo el mundo se prevé que se consume en unos 40 años o al menos disminuyen en gran cantidad. Otro problema con el petróleo son las emisiones de contaminantes, como el CO₂, NO_x, CO y los hidrocarburos. La cantidad de carbón se sabe que es grande, pero la tecnología convencional de combustión de carbón es mucho más contaminante que el de la mayoría de los otros combustibles, en particular, en términos de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de energía útil liberada. A fin de disminuir estas contaminaciones, combustibles alternativos están siendo considerados como el metano, el hidrógeno y las mezclas de hidrógeno y metano (Akansu *et al.*, 2004).

El fenómeno de ignición según norma UNE-EN ISO 13943 corresponde con el punto de ignición, siendo la temperatura mínima necesaria para que un material inflamable desprenda vapores que, mezclados con el aire, se inflamen en presencia de una fuente ígnea, y continúa ardiendo una vez retirada la fuente de activación.

En los últimos 70 años se han realizado numerosos estudios y experimentos para entender y resolver el problema de la ignición incompleta, recientemente, la Universidad de California, Riverside y Ford Motor Company ha demostrado que el funcionamiento de un motor impulsado por hidrógeno es capaz de desarrollar alta eficiencia, con emisiones bajas de óxido nítrico (NO_x) y sin pre-ignición con un sistema de inyección electrónica de combustible llamado "Lean-burn" -consumo reducido- (Heffel, 2003). Pero aun falta mejorar este sistema, por lo que se requiere seguir estudiando otras alternativas de mejora y obtener un combustible de mayor calidad

Es cuestionable la eficacia en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno, debido a la cantidad de energía requerida para extraer hidrógeno de agua o de la biomasa para utilizarse como combustible, si se opta por un futuro basado en el hidrógeno se tiene que pensar cuidadosamente en dicha energía para su producción (Turner, 2004).

Las ventajas del uso de y hidrógeno su mezcla con hidrocarburos se sustenta en que no produce contaminación ni consume recursos naturales, el hidrógeno se obtiene del agua y luego se oxida mezclándose con agua, en esta reacción no se forman productos secundarios, ni tóxicos.

El hidrógeno bajo este esquema de mezclas presenta un manejo altamente seguro, además de disiparse rápidamente en la atmósfera, por lo que no presenta riesgos, además de no ser tóxico. El proceso de producción de hidrógeno es silencioso, las celdas que lo generan no requieren mantenimiento, permite un crecimiento modular de acuerdo al tamaño requerido en función de la demanda energética. Aumenta la vida útil del motor al disminuir la carbonización de la cámara de combustión, válvulas y bujías, para el caso de motores a gasolina e incrementa la vida de los inyectores en los motores a diesel.

Incrementa la potencia del motor, aumentando el porcentaje de hidrógeno mezclado con hidrocarburos por encima del 5% aumenta el octanaje a 140 en gasolinas por ejemplo, lo que da como resultado un incremento considerable en la potencia del motor, además de no presentar residuos de combustión ya que el hidrocarburo mezclado se quema en su totalidad.

Debido a que se autogenera en celdas no se necesita infraestructura para su suministro como en el caso de los combustibles fósiles. La inversión inicial se recupera en los primeros seis meses, debido al ahorro en combustibles y a la eficiencia en la combustión de los mismos, dichos ahorros pueden llegar a ser hasta de un 40%, lo cual dependerá del estado mecánico del motor y de su manejo. Otro factor a investigar son las impurezas en el agua, las que de manera significativa pueden reducir la vida útil de la celda electrolítica. El agua empleada en el proceso de obtención de hidrógeno debe ser purificada y desionizada, lo cual puede aumentar el costo de este combustible. (Turner, 2004).

Logros y avances:

En 2003, el presidente George Bush de EE.UU propuso que se deberían utilizar "\$12, 000, 000,000.0 para financiar investigación que pudiera conducir al mundo a un desarrollo limpio, impulsando automóviles la creación de motores a hidrógeno". Desde entonces, los artículos tanto a favor y en contra han sacudido el concepto. La economía del hidrógeno no es una idea nueva. En 1874, Jules Verne, menciona ya una oferta limitada de carbón y las posibilidades de que el hidrógeno derivado de la electrólisis del agua, y que sea "el agua será el carbón del futuro". Por otra parte Rudolf Erren en 1930 sugirió el uso de hidrógeno producido a partir de la electrólisis del agua como el combustible para el transporte. Su objetivo era reducir la automoción, las emisiones y las importaciones de petróleo en Inglaterra. Del mismo modo, Francis Bacon creador de la pila de hidrógeno sugirió el uso de hidrógeno como un sistema de almacenamiento de energía. La visión de utilizar la energía de la electricidad y electrólisis para generar hidrógeno del agua en el transporte y almacenamiento de energía para reducir las emisiones al medio ambiente y proporcionar la seguridad energética es convincente, pero sigue siendo aún no realizada o ejecutada esta idea (Turner, 2004).

Uno de los métodos más prometedores para la producción de hidrógeno es la electrólisis utilizando una variedad de fuentes de energía como la solar,

geotérmica, hidroeléctrica, nuclear y la energía de fusión, de tal manera que la electrólisis sea eficiente y económica. (Hu, 2000).

Los electrodos con catalizador níquel tipo Raney (El níquel Raney es un catalizador sólido compuesto por granos muy finos de una aleación de níquel-aluminio). Se ha encontrado que tienen baja tensión al oxígeno y su actividad se mantuvo sin cambios al menos por 13,000 horas. Electrodos con recubrimiento de níquel Raney y aleaciones de níquel-molibdeno han mostrado una baja sobretensión y una buena estabilidad en condiciones de electrolisis. Sin embargo, el principal inconveniente de los dos tipos de electrocatalizadores es que las reacciones para generar hidrógeno se pierden con facilidad después de un funcionamiento intermitente, especialmente después de un largo período. La razón de la degradación es la oxidación de la disolución de los catalizadores tales como Al y Zn por aleaciones de níquel Raney y Mo o bien en aleaciones de níquel-molibdeno (Hu, 2000).

Lo que se busca hoy en día son nuevos electrocatalizadores que muestren una excelente estabilidad en tiempos intermitentes de operación, así como la electrólisis continua. Así como comparar el desarrollo y propiedades electroquímicas de catalizadores manufacturados con diferentes aleaciones.

Entre los fabricantes de automóviles, que llevan tiempo investigando la sustitución de combustibles tradicionales, existen dos marcas que van a la vanguardia en este rubro BMW, Mazda y otros fabricantes han adaptado sus motores convencionales al uso de hidrógeno; GM, Toyota y Ford (Catalán, 2009).

En el mundo agrícola, New Holland desarrolló su tractor prototipo NH2™ ha sido el primer intento, ofrecido, de un fabricante agrícola ensayando con hidrógeno. El prototipo de tractor de hidrógeno NH2™, el primer tractor del mundo alimentado por hidrógeno, tiene una potencia de 79 kW-h^{-1} , está basado en el modelo NH-T6000. Reemplaza su motor de combustión por células de combustible. El H_2 comprimido desde un tanque reacciona en las pilas con O_2 tomado del aire y produciendo H_2O y electricidad (Catalán, 2009).

Demanda:

Diseñar, construir y evaluar un reactor a oxihidrógeno para optimizar el uso de hidrocarburos en la mecanización agrícola.

Objetivo General:

Generar un reactor de oxihidrógeno con una eficiencia electrolítica superior al 70%, susceptible de ser aplicable como fuente de energía en actividades agropecuarias y desarrollar un paquete tecnológico que permita la aplicación de reactores electrolíticos de producción de gas oxihidrógeno como estimuladores de la combustión de hidrocarburos en motores de combustión interna.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar reactores para la producción de gas oxihidrógeno a partir del agua con diseños, material, componentes innovadores y especiales más eficientes para su uso en tracto diesel y moto generador eléctrico a metano.
2. Pruebas de químicos electrolíticos que sean eficientes en conductividad eléctrica.
3. Evaluar la eficiencia y rendimiento de los reactores usando distintas fuentes de agua, con diferentes grados de pureza.
4. Desarrollar balances eléctricos y energéticos para evaluar la rentabilidad de los reactores en estudio.
5. Desarrollar y/o adecuar control electrónico para cada reactor y su correcto ajuste de acuerdo a la aplicación.
6. Llevar a cabo pruebas para evaluar la confiabilidad de los materiales del reactor y de control electrónico.
7. Determinar el punto óptimo de ingreso de gas al motor CI, rangos de ingreso de oxihidrógeno a motores CI y evaluar los resultados de la optimización en la combustión.
8. Experimentar y evaluar el rendimiento y optimización de motores CI llevando a cabo modificaciones de configuración con respecto a sus parámetros originales de funcionamiento con la finalidad de hacer más eficiente el uso del oxihidrógeno.
9. Probar el ingreso de hidrógeno ionizado a la mezcla combustible de motores CI y evaluar las diferencias en la combustión de un gas ionizado y otro sin ionizar.
10. Incrementar el rendimiento de motores CI por encima de un 33 % respecto a su habitual eficiencia, equivalente a 25% de ahorro en el uso de hidrocarburos.
11. Identificar y cuantificar las emisiones de compuestos contaminantes y de efecto invernadero utilizando oxihidrógeno de manera híbrida en el motor; y compararlas con las emisiones regulares del motor con hidrocarburos.
12. Evaluar el desgaste del motor y sus condiciones después de un periodo determinado de funcionamiento utilizando oxihidrógeno con el hidrocarburo de manera híbrida en relación a una operación normal con solamente hidrocarburos.
13. Evaluar la carbonización producida dentro de los motores CI con y sin el uso del oxihidrógeno.
14. Determinar el correcto punto de ignición de la nueva mezcla combustible en relación al tiempo de encendido del motor de acuerdo a sus propiedades físico-químicas y de combustión
15. En equipo móvil (tractores y camiones de carga) evaluar el rendimiento del motor CI utilizando un alternador extra dedicado a la alimentación eléctrica del reactor.
16. Perfeccionar un modelo de alternador capaz de suministrar la energía suficiente a los reactores electrolíticos.

Justificación:

Actualmente hay un fuerte interés en la producción a gran escala de hidrógeno como portador de energía secundaria para el mercado no eléctrico. El hidrógeno es de especial interés como portador de energía secundaria, ya que tiene el potencial de ser almacenado y transportado, y se considera una fuente de energía limpia y respetuosa con el medio ambiente. El hidrógeno se produce hasta ahora principalmente a través de un reformado con vapor de metano. Desde una perspectiva a largo plazo, el reformado de metano no es un proceso viable a gran escala para la producción de hidrógeno como vector energético importante, ya que estos procesos de conversión de combustibles fósiles consumen recursos no renovables y emiten gases de efecto invernadero para el medio ambiente. En consecuencia, existe un alto grado de interés en la producción de hidrógeno a partir de la división de agua a través de procesos termoquímicos o electrolíticos (Stoots *et al.*, 2005).

La división directa de agua es una forma obvia de producir hidrógeno. El agua es abundante, y el hidrógeno del producto es puro y no contiene carbono.

La reacción es endotérmica, y es la forma más sencilla de proporcionar la energía necesaria es mediante una reacción de tipo electroquímico. Si la energía eléctrica se obtiene de una manera sostenible, utilizando, energía eólica, hidráulica y solar, el hidrógeno producido es limpio, no contaminante, por lo que es energía libre de CO₂, que puede ser utilizada en relación con las celdas de combustible para producir energía y para una amplia gama de aplicaciones en las que se usa electrólisis, sin embargo, este proceso se asocia a importantes pérdidas de energía. La mayor parte de la las pérdidas están relacionadas con los procesos electroquímicos.

El hidrógeno es considerado como un combustible prometedor para el transporte, ya que es energía limpia y renovable. Asimismo por la vía electroquímica el hidrógeno reacciona en pilas de combustible se considera ser el más limpio y más eficiente. En la actualidad, la tecnología de las pilas de combustible es cara. En el corto plazo, el uso del hidrógeno en motor de encendido a chispa de combustión interna puede ser factible como una tecnología de bajo costo para reducir las emisiones y el calentamiento global. La investigación en el desarrollo del hidrógeno como combustible de motores ha sido constante y se ha incrementado durante el siglo XX (Heffel, 2003).

Productos esperados:

1. Generar al menos dos reactores a oxihidrógeno instalados y funcionando con diseño y manufactura profesional para usos y aplicaciones agrícolas en:
 - Al menos en un motor a diesel en tractor agrícola.
 - Al menos en un moto-generador de energía eléctrica a metano.
2. Reporte de resultados, análisis y conclusiones sobre la experimentación con químicos electrolíticos más conductivos eléctricamente.

3. Reporte de resultados experimentales de la evaluación de eficiencia y rendimiento en la operación del reactor utilizando distintas aguas con diversos niveles de impurezas.
4. Reporte sobre balance energético y eléctrico de los reactores desarrollados y su respectivo análisis de rentabilidad.
5. Generar al menos dos dispositivos de control electrónico diferenciados según el modelo de reactor y su aplicación específica.
6. Presentar estudios de validación de la operatividad y durabilidad de los diferentes componentes y dispositivos que integran cada uno de los reactores y su control electrónico.
7. Reporte con los resultados de los ensayos de los puntos de ingreso del gas a los diferentes motores CI.
8. Reporte comparativo de la eficiencia de un motor de combustión interna contra un motor híbrido (utilizando oxihidrógeno) considerando el porcentaje de incremento en el rendimiento del motor CI con relación al tamaño, tipo de motor e hidrocarburo consumido.
9. Resultados de la experimentación en motores CI usando como combustible hidrógeno ionizado y no ionizado ingresado de manera híbrida en relación a su combustión y rendimiento del combustible.
10. Reporte del incremento en rendimiento por encima del 33% del motor en términos de potencia y el ahorro en el consumo de combustible.
11. Cuadro comparativo con el tipo y cantidad de emisiones emanadas por un motor CI funcionando con y sin oxihidrógeno.
12. Reporte comparativo de la condición general de desgaste de un motor CI utilizando oxihidrógeno después de un periodo determinado de funcionamiento, en relación a una operación normal con solamente hidrocarburos.
13. Reporte comparativo con la evaluación de la carbonización producida dentro de los motores CI con y sin el uso del oxihidrógeno.
14. Reporte de la eficiencia del motor en los ensayos de la combustión de la nueva mezcla combustible en relación al momento de su ignición
15. Reporte de la evaluación del rendimiento de un motor CI utilizando un alternador extra dedicado a la alimentación eléctrica del reactor.
16. Al menos un modelo de alternador con su correspondiente ficha de datos técnicos y especificaciones capaz de suministrar la energía suficiente al reactor electrolítico con las preparaciones y/o accesorios necesarios para su instalación en las unidades promedio de producción agrícola y de la agroindustria.
17. Folletos digitales e impresos con información de uso, mantenimiento y especificaciones de los reactores.

Bibliografía:

- Akansu S.O., A. Dulger, N. Kahraman. 2004. Int. Internal combustion engines fueled by natural gas—hydrogen mixtures J. Hydrogen Energy 29(14): 1527–1539.
- Catalán H. 2004. Alternativas al motor de combustión convencional en los vehículos automóviles. Agro técnica. 72:80
- Catalán, H. 2009. Es viable el hidrógeno como combustible de maquinaria agrícola. Mundo del agrónomo. 9:1-31
- Heffel JW. 2003. NOx emission and performance data for a hydrogen fueled internal combustion engine at 1500 rpm using exhaust gas recirculation. Int J Hydrogen Energy. 28:901–908.
- Jaén, María. 2004. "Tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible." Jornadas técnicas de ciencias ambientales. ARIEMA Energía y medio ambiente, SL. Madrid, Madrid. 10 Nov. 2004. Reading.
- Kato T, Kubota M, Kobayashi N, Suzuoki Y. 2003. Effective utilization of by-product oxygen from electrolysis hydrogen production. In: International energy workshop. Laxenburg, AUSTRIA: Pergamon-Elsevier Science Ltd.
- Stoots, C. M., O'Brien, J. E., McKellar, M. G., Hawkes, G. L., and Herring, J. S. 2005. "Engineering Process Model for High-Temperature Steam Electrolysis System Performance Evaluation," AIChE. Annual Meeting, Cincinnati, Oct. 30 – Nov. 4, 2005.
- T. Mizuno, T. Akimoto, K. Azumi, T. Ohmori, Y. Aoki, A. Takahashi. 2005. "Hydrogen Evolution by Plasma Electrolysis in Aqueous Solution," Japanese Journal of Applied Physics, 44: 396-401.
- Turner, J. A. 2004. Sustainable hydrogen production. Science. 305: 972-974.
- White CM, Steeper RR, Lutz AE. 2006. The hydrogen-fueled internal combustion engine: a technical review. Int. J. HydrogenEnergy, 31:1292–1305.
- W. Hu. 2004. Electrocatalytic properties of new electro catalysts for hydrogen evolution in alkaline water electrolysis, Int. J. Hydrogen Energy 25: 111–118.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda:

Ing. Jaime Paz Arrezola
Secretario Ejecutivo SNITT
Teléfono (55) 56398981
Correo Electrónico jpaz@snitt.org.mx

Ing. Guillermo del Bosque Macías
Director General Adjunto de Bioeconomía
Teléfono (55) 38711000 ext 40182
Correo Electrónico guillermo.delbosque@sagarpa.gob.mx