

## Proyecto HYACINTH. Conclusiones sobre la aceptación pública

### Contexto del estudio

Entre las tecnologías alternativas de baja emisión de carbono para la generación de calor y electricidad y para reemplazar los grupos motopropulsores basados en combustibles fósiles, los microgeneradores residenciales de pila de combustible y los vehículos eléctricos de pila de hidrógeno (FCEV) están recibiendo apoyo en la comercialización. Las pilas de combustible en el hogar ofrecen algunos beneficios importantes frente a otras tecnologías de calefacción de baja emisión de carbono, y las reducciones de costes y mecanismos de financiamiento para la compra o instalación están acercando la tecnología a la comercialización en varios países (Ammermann et al., 2015).

La aceptación de la población y de los consumidores probablemente desempeñará un papel importante en la adopción exitosa de las aplicaciones de hidrógeno y pilas de combustible, tanto en el sector residencial como en el transporte. El futuro es incierto: las aplicaciones de HFC podrían beneficiarse de la disposición del público a adoptar sistemas de calefacción y transporte más eficientes, aunque la población puede preferir otras alternativas o incluso tecnologías tradicionales, combustibles fósiles o combustibles que puedan percibirse como más seguros, más eficaces y más fáciles de controlar (Dodds et al., 2014). A medida que se desarrolle el mercado de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, los ciudadanos reaccionarán de diferentes maneras a las políticas energéticas y a las infraestructuras locales desplegadas en sus países, regiones y ciudades, y los usuarios finales decidirán si las pilas de combustible se adaptan o no a sus circunstancias particulares.



En este contexto, el Proyecto HYACINTH, financiado por la "Joint Undertaking" de Pilas de Combustible y de Hidrógeno (FCH-JU), ha trabajado para mejorar el conocimiento de las diferencias y similitudes entre los distintos países europeos en relación con las aplicaciones de HFC. El principal objetivo de HYACINTH ha sido evaluar los niveles de sensibilización, comprensión y aceptación de las tecnologías FCH en el público en general, en diversos países de la UE con diferentes niveles de penetración en el mercado y apoyo gubernamental. Concretamente, el proyecto se ha propuesto examinar las actitudes del público hacia las unidades de pila de combustible residenciales y los vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno en Bélgica, Francia, Alemania, Noruega, España, Eslovenia y Reino Unido.

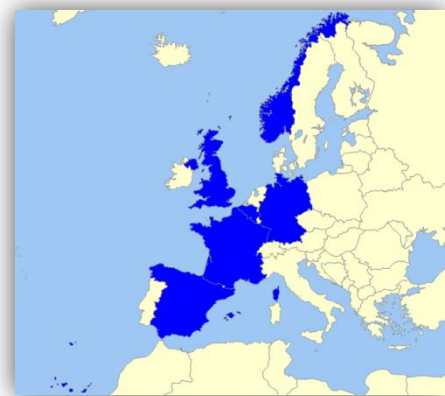


Figura 1. Países en los que se ha realizado el estudio

## El estudio

Durante 2015 y 2016 se diseñó y puso en marcha un cuestionario multi-país específico para evaluar los niveles de sensibilización, comprensión y aceptación del público de las tecnologías y aplicaciones de hidrógeno y pilas de combustible. El diseño del cuestionario también tuvo como objetivo la construcción de un modelo predictivo para la aceptación de tecnologías FCH basadas en respuestas segmentadas a las tecnologías FCH, incluyendo factores que se sabe son relevantes en este contexto. El cuestionario incluyó también elementos desarrollados específicamente por el equipo de trabajo del proyecto y se basó en un modelo de aceptación tecnológica que describe los vínculos causales entre los elementos de actitud que directa e indirectamente afectan la aceptación de la tecnología (Huijts, Molin y Steg, 2012). También incluyó la selección de elementos de estudios previos sobre la aceptación pública de las tecnologías de hidrógeno y de pilas de combustible y otras tecnologías energéticas en diferentes países (Achterberg, Houtman, van Bohemen, & Manevska, 2010; de Best-waldhober and Daamen, 2006; Huijts, De Groot, Molin, and van Wee, 2013; Huijts, Molin, and Steg, 2012; Midden & Huijts, 2009; Truett & Schmoyer, 2008).

Dado que las tecnologías de las células de hidrógeno y las pilas de combustible son generalmente desconocidas para el público en general, se prestó especial atención al tipo de información proporcionada a los encuestados sobre la tecnología antes de responder al cuestionario. Los participantes recibieron información neutral sobre: a) hidrógeno y pilas de combustible en general y; b) pilas de combustible para uso residencial (la mitad de la muestra en cada país) o vehículos con pila de combustible de hidrógeno (la otra mitad de la muestra), dependiendo del tipo de aplicación que el encuestado estaba evaluando. Los participantes también recibieron información sobre las posibles consecuencias de la aplicación de las dos aplicaciones de HFC. Cada una de las consecuencias se relacionó con un posible beneficio / costo de la aplicación. Se pidió posteriormente a los participantes que calificasen cada una de las consecuencias. El objetivo principal de este ejercicio fue permitir una evaluación informada de la aplicación por parte de los participantes. El ejercicio se basó en la información del Choice Questionnaire (Best-Waldhober y Daamen, 2006).

En la encuesta online participaron muestras representativas de aproximadamente 1.000 adultos de cada país. La muestra de participantes consistió en miembros del panel que habían aceptado participar en la investigación online sobre el mercado y contexto social. Las muestras fueron representativas de los grupos de edad y sexo de cada país y tuvieron una distribución aproximada en cuanto a región y educación. Las invitaciones para participar en la encuesta fueron enviadas a los participantes a través del sistema de acceso del panel. Los datos fueron recogidos durante abril y mayo de 2016.

## Principales resultados

### *Tecnologías de Hidrogeno y pilas de combustible*

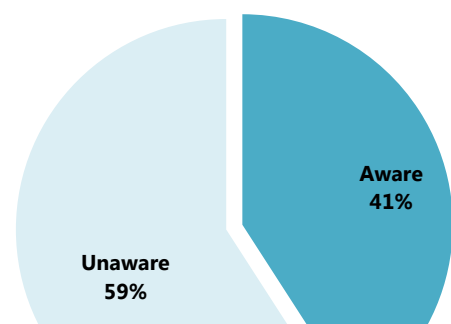
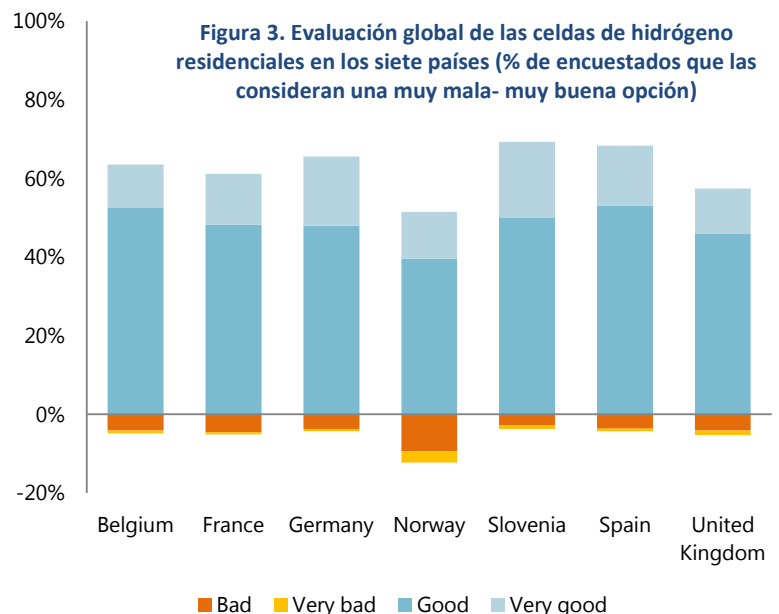


Figura 2. Concienciación de las tecnologías de pila de combustible de hidrógeno (en% de los encuestados, todos los países)

- En primer lugar, los resultados del estudio muestran que los niveles de conciencia pública sobre el hidrógeno y las tecnologías de pilas de combustible en el contexto de la producción de energía varía en los siete países. Más del 40% de los encuestados afirman haber oído hablar de las tecnologías HFC en el contexto de la producción de energía. Los niveles de concienciación pública son más elevados en Alemania y Noruega (50%) y menores en España (29%). Sólo alrededor del 6% de los encuestados se consideran familiarizados con la tecnología.
- A pesar de esto, el público europeo tiende a proporcionar una evaluación inicial neutra a positiva de las tecnologías HFC como una solución potencial a los desafíos energéticos y ambientales. Los datos muestran que casi 6 de cada 10 encuestados (57%) evalúan los HFC como una buena o muy buena solución a los desafíos energéticos. Existen pequeñas pero significativas diferencias en la evaluación inicial de las tecnologías HFC entre los siete países analizados.

### Unidades de pila de combustible residenciales

- El nivel de conciencia pública sobre las unidades residenciales de pilas de combustible es, en general, significativamente menor que el conocimiento de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible en todos los países estudiados. Sólo alrededor del 25% de los encuestados indican haber oído hablar de esta aplicación. El nivel de conocimiento varía entre el 32% en Alemania y el 20% en Noruega. Menos del 5% de los encuestados se consideran bien informados sobre esta aplicación específica.
- Más del 60% de los participantes afirman sentirse un poco o muy interesado en la tecnología, el 54% informan sentirse un poco o muy esperanzados (la esperanza, la ansiedad y la aversión se relacionan con las percepciones de riesgo), 15% sobre la tecnología y un 11% se siente algo o muy reacio. Existen diferencias pequeñas pero significativas entre los países en relación a las aplicaciones de HFC domésticas. El interés medio es ligeramente superior en España y Eslovenia que en Bélgica.
- En general, los encuestados perciben la micro-cogeneración de pilas de combustible en el hogar como sólo ligeramente beneficiosa, es decir, perciben que los beneficios superan los costos percibidos. En general, los encuestados creen que los FCs residenciales tendrán un efecto positivo en el medio ambiente (media= 3,9 en una escala de 1 a 5), serán moderadamente amigables (3,6), convenientes (en términos de ruido, vibración, ubicación específica) 3,5), y seguro (3,4).



Los encuestados tienen creencias menos positivas sobre los costos de la instalación (2,9), el coste de funcionamiento de la instalación (3,2) y el mantenimiento (3,3).

- En cuanto a la evaluación de las consecuencias de las pilas de combustible residenciales, las evaluadas como las más positivas son que las unidades de celda de combustible: "reducirán el costo de producir energía", "reducirían las emisiones de CO<sub>2</sub>" y que "reducirían la comprar electricidad a la compañía eléctrica". Los "requisitos de espacio de la casa" y los "riesgos potenciales" son, en promedio, calificados como consecuencias no importantes. Los "costes de capital iniciales" se califican como una consecuencia negativa-neutral.
- En general, los encuestados proporcionan una evaluación positiva de HFC en el hogar (promedio de 3,7 en una escala de 1 a 5). Alrededor del 60% de los encuestados consideran que la tecnología es buena o muy buena. Hay diferencias pequeñas pero significativas entre los países estudiados. La actitud hacia las pilas de combustible de origen es más positiva en Eslovenia (media 3,84), España (3,79) y Alemania (3,78) y más neutral en Noruega (3,48) y Reino Unido (3,62).
- Los encuestados generalmente expresan una preferencia por los HFC en comparación con las tecnologías más tradicionales como las calderas de gas, pero también una preferencia por los sistemas renovables, específicamente por la energía solar térmica, en relación con los HFC.
- En cuanto a la aceptación y apoyo, la mayoría de los participantes (64%) en las siete poblaciones estudiadas estaría encantado de tener una unidad de pila de combustible de hidrógeno instalada en su casa en el futuro. En Alemania, España y Eslovenia (71% en los tres países) hay un nivel más alto de aceptación, y un nivel más bajo en Francia (55%), Noruega (58%), Bélgica (60%) y Reino Unido (60%). El apoyo a la financiación pública para los HFC es generalmente alto en los siete países estudiados, y superior a la aceptación personal. Más de 7 de cada 10 encuestados están de acuerdo en proporcionar subsidios a los HFC domésticos.
- Por último, sólo alrededor de 2 de cada 10 encuestados consideran probable o muy probable que comprarían un HFC en casa. El precio de la celda de combustible es la razón más relevante para no instalar una celda de combustible en el hogar (73% de los encuestados), seguido por la falta de madurez percibida de la tecnología (45%). Otras cuestiones planteadas incluyen no ser el propietario de la residencia, ya tener otro sistema de electricidad y calefacción instalado, la idoneidad para varios tipos de viviendas, problemas potenciales de instalación, seguridad y falta de información.
- La mayoría de los encuestados en los siete países apoyaría la instalación de una central eléctrica de celda de combustible en su ciudad. En la muestra completa, alrededor de 6 de cada 10 encuestados votarían a favor de la ubicación de la central eléctrica, 3 de cada 10 están indecisos y 1 de cada 10 votaría en contra.

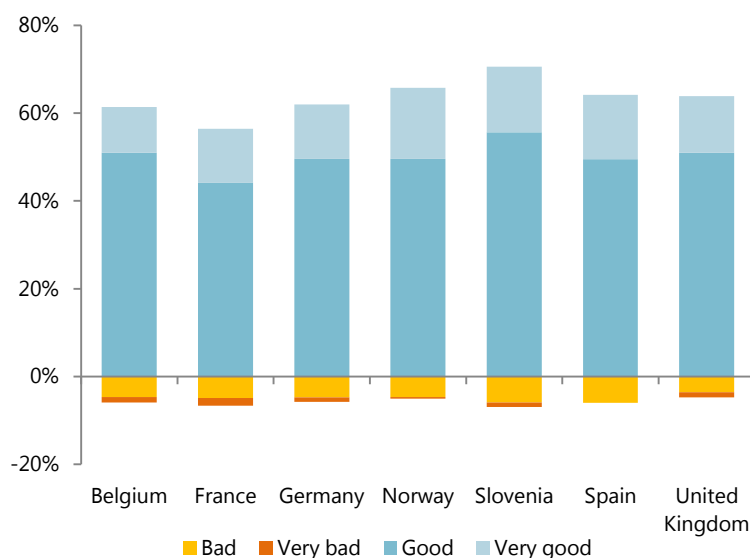
### *Vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrogeno (HFCEV)*

- La conciencia pública de los vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno (HFCEV) es mayor que la de las celdas de combustible residenciales. Alrededor del 45% de los encuestados han escuchado un poco acerca de HFCEV y el 15% comunica saber un poco sobre los coches de pila de combustible. Hay diferencias significativas entre los países. Noruega y Alemania son los países con mayor nivel de conocimiento de los HFCEVs. La

experiencia de los encuestados con los vehículos eléctricos HFC es baja en los países estudiados. Menos del 10% de los encuestados han tenido alguna experiencia con HFCEVs (automóviles de pasajeros o autobuses).

- La mayoría de los encuestados en los siete países reportan sentimientos de interés y esperanza con respecto a los HFCEVs. Específicamente, el 60% de los encuestados en el informe de la muestra total sienten interés y esperanza y el 56% "algo" o "mucho". Sólo alrededor del 13% reportan sentirse "algo" o "muy" preocupados, y el 9% reportan sentir aversión. En general, los encuestados perciben que los vehículos con hidrógeno son ligeramente beneficiosos, es decir, los beneficios percibidos compensan ligeramente los costes. Sin embargo, los encuestados parecen estar algo inseguros acerca de los beneficios potenciales de los HFCEV. Hay diferencias débiles, pero significativas, entre los países.
- En cuanto a la evaluación de las consecuencias de los HFCEV, las tres consecuencias evaluadas como las más positivas dentro de la muestra total son las siguientes: "reducirán la necesidad de petróleo", "producirían menos emisiones de CO<sub>2</sub> que los convencionales" y "el precio del hidrógeno" (79%, M = 4,06). La "gama" y "las cuestiones de seguridad" fueron, en promedio, calificadas como consecuencias sin importancia. La "necesidad de nueva infraestructura" y el "precio del material de la pila de combustible" se clasificaron como consecuencias negativas.
- En general, los encuestados en los siete países ofrecen una evaluación positiva de los HFCEV (promedio de 3,7 en una escala de 1 a 5). Alrededor de 6 de cada 10 encuestados consideran que la tecnología es una buena o muy buena opción. Hay diferencias pequeñas pero significativas entre los países estudiados.
- En general, los encuestados expresan su preferencia por los HFCs en comparación con los vehículos convencionales y los de gas natural comprimido o licuado. Sin embargo, los coches eléctricos de la batería y los coches híbridos (batería y combustible fósil combinados) son las opciones preferidas comparadas a los coches eléctricos de la célula de combustible del hidrógeno. Hay diferencias significativas entre los países en cuanto a su preferencia por los automóviles alternativos. Alemania es el único país donde el porcentaje de encuestados que consideran los coches eléctricos una opción peor que los coches HFCE es mayor que el porcentaje que considera los coches eléctricos una mejor opción.

**Figura 4. Evaluación global de los HFCEVs en los siete países (% de encuestados que los consideran una muy mala-muy buena opción)**



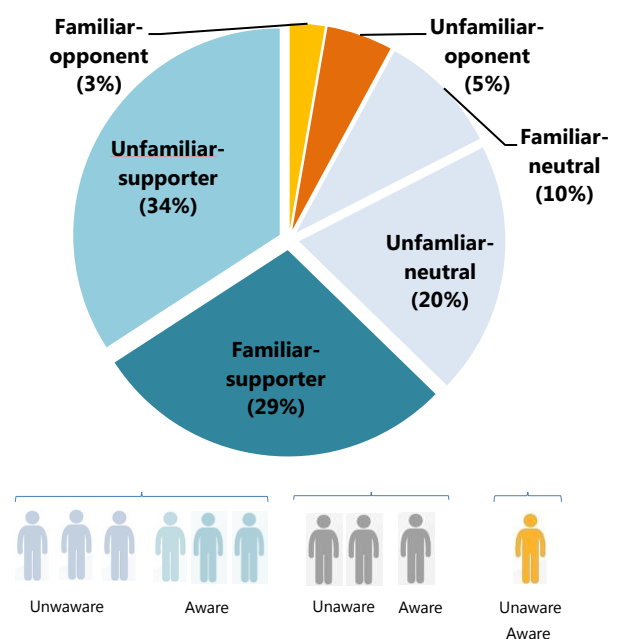
- En cuanto a la aceptación y el apoyo a los HFCEV, la mayoría de los participantes en los siete países estaría encantado de tener un coche de pila de combustible de hidrógeno en el futuro (suponiendo que todos los factores fuesen iguales, incluyendo la equivalencia de precios con los coches contemporáneos y la disponibilidad de combustible). Específicamente, más del 60% de la muestra completa desearía comprar un coche eléctrico HFC en el futuro, de nuevo bajo condiciones de equivalencia.
- Casi el 80% de los encuestados está a favor de la sustitución de autobuses convencionales por autobuses de pila de combustible de hidrógeno, aunque con diferencias significativas entre países.
- Sin la condición de equivalencia, sólo una minoría de los encuestados considera probable o muy probable que comprarían un HFCEV en el supuesto de necesitar comprar un automóvil. El precio es reportado como el factor más relevante para no comprar un HFCEV, seguido por la falta de madurez de la tecnología. Otras razones para no comprar un HFCEV incluyen la falta de estaciones de reabastecimiento de combustible, tener otras necesidades o no querer tener un coche, la seguridad y otras desventajas percibidas.
- Por último, menos del 5% de los encuestados son conscientes de la existencia de una instalación de reabastecimiento de hidrógeno en su ciudad. Generalmente, con relación a las estaciones de reabastecimiento de hidrógeno, el encuestado medio considera que tiene más beneficios que costes. Los encuestados generalmente apoyan la ubicación de estaciones de reabastecimiento de hidrógeno. Alrededor de 7 de cada 10 encuestados votarían a favor de la ubicación de la estación de reabastecimiento de hidrógeno. Las diferencias entre países no son significativas.

### Partidarios y opositores

En general, según el nivel de aceptación y apoyo para las dos aplicaciones de HFC estudiadas, los encuestados pueden clasificarse en tres grupos: partidarios, neutrales y opositores. En la muestra completa, 6 de cada 10 encuestados pueden ser considerados partidarios de las aplicaciones de HFC, 3 de cada 10 como neutros y menos de 1 de cada 10 encuestados como opositores a las aplicaciones de HFC. Hay diferencias significativas entre los siete países. Los porcentajes mayores de simpatizantes se encuentran en Eslovenia, España y Alemania, y los más bajos se encuentran en Reino Unido, Francia y Bélgica.

Los partidarios y los opositores difieren perceptiblemente en sus afectos, creencias y

**Figura 5. Clasificación de los encuestados según su nivel de concienciación y su actitud respecto a las aplicaciones de HFC (% todos los países)**



reacciones hacia HFCs y HFCEVs residenciales. Ambas categorías de encuestados evalúan ambas aplicaciones de células de combustible de hidrógeno de maneras significativamente diferentes.

### *Correlaciones sociodemográficas de las actitudes de la población hacia las aplicaciones de HFC*

Los datos muestran la existencia de pequeñas pero significativas diferencias sociodemográficas en las actitudes de la población hacia las aplicaciones de HFC. El género y la edad fueron las variables sociodemográficas con mayor impacto en las variables dependientes. Los encuestados varones informaron, en promedio, niveles más altos de conciencia, interés, aceptación y apoyo en relación con las mujeres encuestadas. El patrón de asociación no estaba claro para la edad. Los participantes más jóvenes tendieron a reportar valores más altos en algunas de las variables, mientras que los participantes mayores reportaron valores más altos para otras variables. El nivel educativo, el tamaño de la residencia y el ingreso se asociaron positivamente a casi la mitad de las variables estudiadas. En resumen, los encuestados con grados universitarios que viven en ciudades con más de un millón de habitantes y que viven cómodamente con ingresos actuales tienen, en promedio, el perfil más favorable de aceptabilidad.

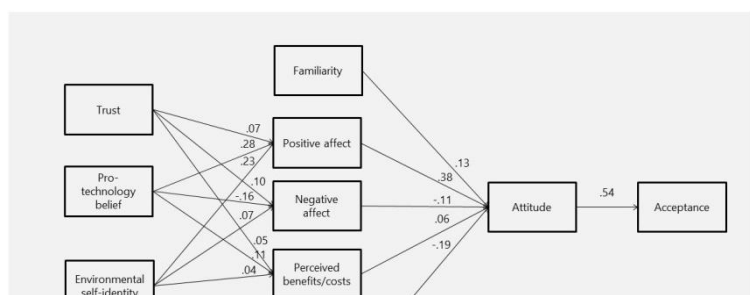
### *Efecto de la información y orientaciones actitudinales previas*

En cuanto al efecto de proporcionar información sobre HFCEV a los encuestados para la evaluación, los datos muestran un aumento medio no significativo de la actitud favorable (después de comparar las diferencias entre la evaluación desinformada de los HFC y la evaluación informada de HFC y HFCEV). Curiosamente, el efecto parece diferir entre oponentes y partidarios: a medida que los oponentes se informan más acerca de las aplicaciones de HFC, su evaluación de la tecnología empeora, y esta variación es significativamente mayor que para los partidarios o neutrales.

Teniendo en cuenta las orientaciones actitudinales previas de los encuestados, encontramos que aquellos que reportan una orientación positiva hacia el medio ambiente y hacia la tecnología tienden a reportar una evaluación más positiva de ambas aplicaciones, un mayor nivel de interés y una mayor probabilidad de auto-informarse para instalar HFC en el hogar o la compra de un HFCEV. Por el contrario, aquellos que no tienen una orientación hacia la tecnología y el medio ambiente reportan una actitud más negativa hacia ambas aplicaciones, un menor nivel de interés y una menor probabilidad de auto-informarse sobre la instalación de un HFC doméstico o la compra de un HFCEV. Aquellos con una orientación positiva hacia el medio ambiente o la tecnología informan una actitud intermedia respecto a ambas aplicaciones.

### *Modelo de aceptación pública de las aplicaciones de HFC*

Por último, una serie de variables independientes tienen un efecto indirecto sobre la aceptación de HFC residencial y HFCEV. La aceptación de ambas aplicaciones está influenciada por la actitud global hacia las aplicaciones, que a su vez está influenciada por la familiaridad, el efecto positivo, el efecto negativo, el beneficio percibido/costo, la confianza, la creencia pro-tecnología y la identidad ambiental.



**Figura 6. Resumen del análisis de trayectoria en la aceptación de HFCEVs (coeficientes estandarizados  $\beta$ ). Todos los caminos son estadísticamente significativos en  $p < 0,01$**



afecto negativo, la percepción de los beneficios y costes y la preferencia por las tecnologías alternativas. El efecto positivo es la variable más fuertemente asociada con la aceptación, tanto para la aceptación de unidades de celda de combustible doméstica como para la aceptación de HFCEVs. Los beneficios percibidos desempeñan un papel más relevante en la aceptación de las pilas de combustible residencial, mientras que la preferencia por las tecnologías alternativas (coches convencionales) desempeña un papel más relevante (aunque negativo) en la aceptación de los vehículos de pila de combustible de hidrógeno. La confianza, tener confianza en las tecnologías y la auto-identidad ambiental, tienen un efecto positivo pero pequeño en la aceptación de las unidades HFC residenciales y HFCEVs.

## Conclusiones

Esta parte del proyecto HYACINTH ofrece una visión general de las actitudes de la población con relación a las pilas de combustible residenciales y los vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno en siete países europeos. Los resultados ayudan a mejorar la comprensión de la aceptación pública de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible, a través de la investigación transnacional. A medida que se desarrollan los mercados para el hidrógeno y las tecnologías de pilas de combustible, la aceptación del público y de los consumidores probablemente desempeñará un importante papel en el éxito de las pilas de combustible de hidrógeno, tanto en el sector residencial como en el transporte. La investigación futura proporcionará la evidencia necesaria para examinar las tendencias de la aceptación pública de los HFC e intentar documentar y explicar algunas de las observaciones en este estudio.

## References

Achterberg, P., Houtman, D., van Bohemen, S., & Manevska, K. (2010). Unknowing but supportive? Predispositions, knowledge, and support for hydrogen technology in the Netherlands. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(12), 6075–6083. <http://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.03.091>.

Air Resources Board, California Environmental Protection Agency. (2015). Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment and Hydrogen Fuel Station Network Development. [https://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/ab8/ab8\\_report\\_2015.pdf](https://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/ab8/ab8_report_2015.pdf)

Ammermann, H., Hoff, P., Atanasiu, M., Aylor, J, Kaufmann, M. and Tisler, O. (2015). Advancing Europe's energy systems: Stationary fuel cells in distributed generation. A study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Luxemburg: Publications Office of the European Union.

De Best-waldhober, M. De, & Daamen, D. (2006). Public perceptions and preferences regarding large scale implementation of six CO<sub>2</sub> capture and storage. NWO/SenterNovem Project: "Transition to sustainable use of fossil fuels"

Dodds, P. E., Staffell, I., Hawkes, A. D., Li, F., Grünewald, P., McDowall, W., & Ekins, P. (2015). Hydrogen and fuel cell technologies for heating: A review. *International journal of hydrogen energy*, 40(5), 2065-2083.

Eberle, U., Müller, B., & von Helmolt, R. (2012). Fuel cell electric vehicles and hydrogen infrastructure: status 2012. *Energy & Environmental Science*, 5(10), 8780-8798.

Huijts, N. M. A., De Groot, J. I. M., Molin, E. J. E., & van Wee, B. (2013). Intention to act towards a local hydrogen refueling facility: Moral considerations versus self-interest. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 48, 63–74. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2012.10.006>





Huijts, N. M. a., Molin, E. J. E., & Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 525–531. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>

Midden, C. J. H., & Huijts, N. M. a. (2009). The role of trust in the affective evaluation of novel risks: the case of CO2 storage. *Risk Analysis*, 29(5), 743–51. <http://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01201.x>

Truett, T., & Schmoyer, R. (2008). Compendium: Surveys Evaluating Knowledge and Opinions of Hydrogen and Fuel Cell Technologies. [http://cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/ORNL\\_TM\\_2008\\_151.pdf](http://cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/ORNL_TM_2008_151.pdf)



**Este proyecto ha recibido financiación del Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCH-JU) en virtud del acuerdo de colaboración N° 621228**



\* Para encontrar más información sobre los resultados de este estudio, por favor descargue el informe completo en la página Web del proyecto <http://hyacinthproject.eu/>