



Guía para Profesores: Celda de combustible de etanol para mitigación del Cambio Climático

LEER ANTES DE REALIZAR NINGUNA OTRA ACCIÓN

¡ESTA ES LA VERSIÓN 1 (abril 2024) DE LA GUÍA PARA PROFESORES! Esta versión es la versión completa para el conjunto de niveles (4ºESO, 1º y 2º Bachillerato). Durante la actividad se especificarán los detalles de lo que se debe hacer en cada grupo según su nivel (4ºESO, 1º y 2º Bachillerato).

LEER EL APARTADO CONFIGURACIÓN DEL LABORATORIO Y SEGURIDAD



Cuestiones básicas de seguridad en laboratorios

**¡ANTES DE REALIZAR NINGUNA ACCIÓN SOBRE LA QUE SE PUEDA TENER DUDA,
CONSULTAR A UN PROFESOR IMPLICADO!**

- Antes de comenzar el primer experimento de referencia, es imprescindible seguir las indicaciones de seguridad. Cada grupo de alumnos podrá realizar el montaje junto al profesorado. **Lo primero de todo es acceder a los laboratorios utilizando los equipos de protección individual existentes: gafas, guantes y bata. No es posible acceder a los laboratorios sin estos equipos de protección individual.**
- **Como norma básica los alumnos deben seguir las indicaciones del profesorado todo el tiempo y no tocar ningún objeto del resto del laboratorio.**
- Aunque será el profesorado el que se encargará de realizar las disoluciones de etanol/agua, no se deben usar nunca mezclas de etanol mayores al 15% en la celda de combustible o se dañará irreparablemente.
- Por seguridad, dado que el etanol es volátil, sus soluciones nunca deben calentarse a más de 60 °C. Así mismo, el etanol y sus disoluciones siempre deben estar alejadas de cualquier clase de llamas abiertas o fuente de calor. El recipiente que actúa como contenedor de disolución de etanol debe estar también siempre cerrado, salvo evidentemente cuando se procede a la extracción de la cantidad oportuna. Durante la manipulación de las disoluciones siempre se deben usar gafas de seguridad para evitar cualquier clase de proyección.
- El montaje incluye pequeñas piezas que se pueden perder fácilmente. Por eso es una buena idea un área de recursos para cada mesa de laboratorio o para toda la clase, de forma que se minimicen las piezas perdidas.
- Si hubiera que utilizar un dispositivo de calentamiento (secador de pelo o placa calefactora), habría que hacerlo en un ajuste bajo. Para garantizar que la temperatura no sube demasiado, se puede usar el termómetro para asegurarse de que el aire no se calienta más allá de esa temperatura antes de comenzar.



Misión: mitigación del Cambio Climático

Objetivo

El objetivo de esta MISIÓN es que los estudiantes puedan conocer cómo se puede generar electricidad a partir de una celda de combustible empleando etanol, analizando porqué sucede esto, qué variables influyen y cuales serían las mejores condiciones técnicas y ambientales asociadas al proceso.

La MISIÓN consiste en un conjunto de 5 experimentos a temperatura ambiente, lo cual incluye un primer experimento de referencia (experimento 1), la repetición de esos 5 experimentos empleando un elemento calefactor (con aire caliente), y un experimento 6 relativo al cálculo de la resistencia y la potencia de la celda, cuyas condiciones dependen del resultado obtenido.

Contexto

Una molécula orgánica con un grupo $-OH$ unido a un átomo de carbono genera un alcohol. El término común "*alcohol*", que es la sustancia encontrada evidentemente en las bebidas alcohólicas, se refiere al alqueno con el nombre químico etanol (C_2H_5OH o CH_3CH_2OH). En la figura 1 se puede observar el grupo $-OH$ (el color rojo se corresponde al átomo de oxígeno, el color negro al átomo de carbono y el color blanco al átomo de hidrógeno).

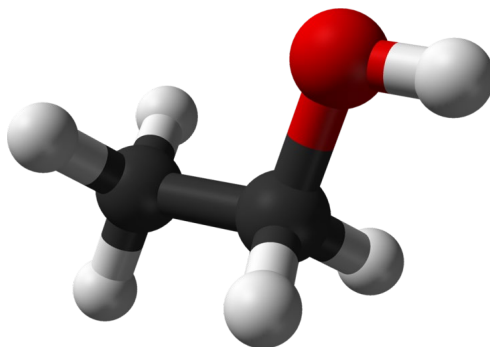


Figura 1. Molécula de etanol (C_2H_5OH o CH_3CH_2OH).

Desde <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ethanol-CRC-MW-trans-3D-balls.png>

El etanol es un producto natural de reacciones de fermentación biológica, una de las muchas maneras en que los microorganismos son capaces de descomponer la materia orgánica. Desde la antigüedad, este proceso natural era ampliamente empleado y se utilizaba para fermentar diferentes tipos de granos y frutas. En realidad, el procedimiento no es muy diferente de los que actualmente se emplean para producir los diferentes tipos



de bebidas alcohólicas que tenemos hoy en día: cerveza, vino, etc., lo que sucede es que el nivel de seguridad alimentaria y la calidad asociada a los productos de hoy en día es exponencialmente superior.

Como es evidente, hoy en día, el etanol tiene un uso principal que no se corresponde con el propio de las bebidas alcohólicas. Además de emplearse en la industria química por ejemplo como disolvente, es un combustible que se puede emplear tanto para calentar hogares como para rellenar el depósito de vehículos y camiones con motor de combustión interna. La mayoría de las gasolineras hoy en día en el mundo pueden tener hasta un 10% de etanol mezclado con la gasolina que distribuyen en el surtidor. Esto no sólo reduce la cantidad de petróleo necesaria para abastecer de combustible a los coches convencionales basados en motor de combustión, sino que también disminuye potencialmente las emisiones de sustancias contaminantes, ya que el etanol se puede generar a partir de biomasa, la cual absorbe dióxido de carbono (CO_2) desde la atmósfera. Mientras que el etanol que se encuentra presente en la gasolina se quema en el interior de los motores de combustión, es posible también extraer la energía contenida en la molécula de etanol a través de su oxidación en las denominadas celda de combustible.

Reacciones involucradas en las celdas de combustible de etanol

Las celdas de combustible de etanol utilizan etanol como reactivo, al igual que en motores de combustión interna de gasolina (normalmente bioetanol), pero lo hacen sin generar ninguna llama. Cuando se expone al catalizador (el material que permite que tenga lugar la reacción) dentro de la celda de combustible, el etanol reacciona de una de las dos maneras siguientes. Si el etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) se oxida por completo, la reacción global que tiene lugar es la reacción química RX1:



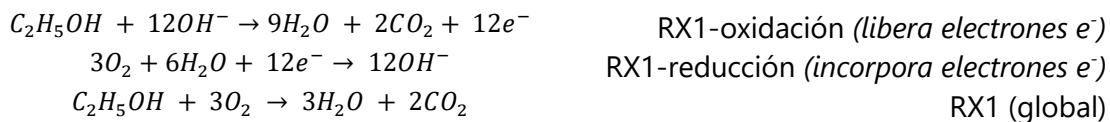
Pero bajo ciertas condiciones, el etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) se oxida para formar ácido acético (CH_3COOH) según la reacción química RX2:



Como es evidente, para completar la oxidación del etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) y obtener la energía contenida es necesario emplear un oxidante como el oxígeno (O_2). La fuente principal de oxígeno es el contenido en el aire (79% N_2 y 21% O_2). La celda de combustible dispone de las ranuras necesarias para tomar aire desde el entorno. Pero **¿de dónde viene la electricidad?** En la primera reacción RX1 se ha presentado la reacción global. Sin embargo, la realidad es más compleja. Hablamos de **electroquímica**. En realidad, están teniendo lugar dos reacción químicas simultáneas: una reacción de oxidación (ánodo) y una



reacción de reducción (cátodo). En el ánodo, el etanol (C_2H_5OH) pierde electrones y se oxida a CO_2 , mientras que en el cátodo el O_2 se reduce a iones hidroxilo OH^- :



Se puede comprobar que la reacción global es la suma de las reacciones anteriores (oxidación más reducción). Son los electrones liberados los que al circular por el circuito eléctrico hacen mover al motor del molino.

En resumen, al producirse la oxidación del etanol, hay movimiento de electrones entre los polos de la celda. Dicho movimiento a su vez hacen que giren las aspas del molino de viento.

Durante esta MISIÓN, se empleará una celda de combustible de etanol para generar una corriente eléctrica y descomponer el etanol utilizando las reacciones anteriores (RX1 y RX2). Así mismo, se manipulará las condiciones de la reacción o reacciones (RX1 y RX2) para ver si podemos cambiar la salida de la celda, es decir la potencia eléctrica y ver si las aspas del molino se mueven más o menos deprisa.



Montaje básico previo a la experimentación

Tiempo de preparación inicial y duración

En general, se necesitan del orden de 1 hora para dejar preparado el experimento antes de la llegada de los estudiantes. En este caso se realiza un *checklist* que consiste en:

- Mesas preparadas
- Disponibilidad de agua destilada
- Disponibilidad de etanol
- Disponibilidad de EPIs: guantes, gafas y batas
- Papel de secado
- Cinta colorimétrica
- Material de laboratorio y demás enseres: vasos de precipitados, matraces, botellas de agua destilada, etc.
- Copia de hojas de seguridad
- Cronómetros
- *Multímetros*
- *Secador/placa calefactora*

Elementos necesarios para el montaje

Para realizar los diferentes experimentos necesitaremos diferentes elementos, los cuales estarán a disposición de los estudiantes. A continuación, se muestra un listado en la tabla 1 de los elementos disponibles para la experimentación necesaria:

Tabla 1. Elementos básicos para la realización de la práctica



Molino de vientos (aspas montadas)



Celda de combustible



Tanque de combustible



Cableado



Pinza



Tubo de plástico

Pasos básicos para el montaje

En el momento de realizar la experimentación, se debe disponer de una celda de combustible y un tanque de combustible. Ese material estará disponible por parte de los profesores que atenderán y guionizarán la práctica. Asumiendo que el tanque de combustible está seco, y la celda de combustible está limpia, previo a otros experimentos, el montaje básico sería el siguiente.

- 1) Se deben conectar los terminales de la celda a los terminales del molino de viento. Esto implica conectar los terminales negros entre sí, y los terminales rojos entre sí, a través de los cables del color correspondientes.
- 2) A continuación, hay que conectar mediante un tubo de plástico el tanque de combustible a la celda, pasando dicho tubo por la pinza. Esta pinza es muy importante, ya que permite cargar la pila con el combustible.

- 3) En este punto, es muy importante pasar el tubo por la pinza y CERRAR LA PINZA. De esta forma evitamos que cuando carguemos el tanque, la solución fluya por la parte inferior del mismo y se vacíe. Esta situación del montaje se corresponde con la figura 2.

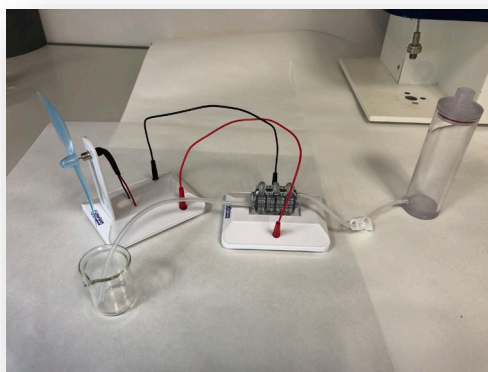


Figura 2. Estado del montaje previo a soltar la pinza

La práctica consiste en un conjunto de 5 experimentos a temperatura ambiente, lo cual incluye un primer experimento de referencia (experimento 1), la repetición de esos 5 experimentos empleando un elemento calefactor (con aire caliente), y un experimento 6 relativo al cálculo de la resistencia y la potencia de la celda de combustible, cuyas condiciones dependen del resultado obtenido.

Limpieza entre experimentos

Para limpiar **la celda de combustible** después de usarla tras cada experimento, hay que seguir el siguiente procedimiento:

- 1) Desconectar el tanque de combustible de la celda de combustible.
- 2) Una vez desconectado, hay que colocar un vaso al final del tubo de salida de la celda de combustible.
- 3) A continuación, hay que llenar una jeringa con agua destilada.
- 4) Posteriormente, se conecta la jeringa (con el agua destilada) a la celda, y se presiona ligeramente para que el agua de la jeringa mueva la solución agotada en el interior de la celda. De esta forma se tendrá un pequeño volumen de solución agotada y agua destilada en el vaso colocado para recoger este volumen. El pequeño volumen de solución que queda en el vaso puede desecharse por la fregadera.
- 5) A continuación, hay que desconectar la jeringa y el tubo de la celda de combustible y llenar la jeringa simplemente con aire. Hay que conectar nuevamente la jeringa



para empujar aire hacia la celda de combustible. De esta forma, la celda de combustible está lista para volver a usarse por otros estudiantes o para otro experimento. Lo que se logra así es que no queden restos de solución en el interior de la celda.

Para limpiar **el tanque de combustible** hay que seguir el siguiente procedimiento:

- 1) Asumiendo que está lleno, hay que depositar el contenido del mismo en el matraz utilizado inicialmente (para evitar su uso excesivo)
- 2) Realizar un enjuagado con agua destilada y secar a través de un trozo de papel. El trozo de papel se puede desechar sin problema en una papelera.



Problemas comunes

- Es necesario que hay un volumen importante de combustible (mezcla etanol/agua en el tanque de combustible). De lo contrario no hay presión suficiente para que pueda fluir por la celda. Así mismo, es recomendable que circule durante unos 5 o 10 segundos antes de cerrar la mordaza/pinza. Si el nivel de combustible (mezcla etanol/agua) en el tanque cae demasiado, el etanol no fluirá hacia la celda de combustible, por lo que no se generará corriente eléctrica.
- Si no fluye la electricidad, hay que comprobar que todas las conexiones estén correctamente cableadas y volver a intentarlo. Suele ser habitual que el cable se pueda soltar y por eso no fluya la corriente eléctrica.
- A veces se necesita un leve golpecito para que comience a girar el motor de la turbina. Este toque debe ser muy leve o leve y sirve para vencer la fricción inicial de la hélice.



Experimentación

Experimentos del 1 a 5 a temperatura ambiente

En este punto, se asume que la celda está montada según el procedimiento conocido descrito en el apartado de montaje básico. Para realizar el experimento de referencia (experimento 1), se realizarán los siguientes pasos:

- 1) Cargar el tanque de combustible con 60 mL de una solución al 5% en volumen de etanol. Esta disolución estará preparada previa al inicio de la experiencia por parte de los profesores. Este volumen se debe transferir desde un matraz habilitado, es decir, se transferirá la solución correspondiente desde el matraz preparado por los profesores hasta un matraz con el que trabajarán los estudiantes para tal efecto. Nunca debe utilizarse el tanque de combustible para realizar ningún mezclado. Con precaución de no realizar ningún vertido fuera del tanque de combustible, se vierte el contenido del mismo en el tanque de combustible (aprox. 60 mL).
- 2) Ahora, la celda de combustible está conectada al tanque de combustible, y la conexión SIGUE CERRADA a través de la pinza.

Lo primero que hay que pedir a los estudiantes es que anoten en su plantilla de respuestas a completar la respuesta a la siguiente pregunta P1:

Pregunta P1. *¿Por dónde saldrían los productos de la reacción química o las reacciones químicas desde la celda de combustible?*

En este sentido, los estudiantes deben identificar la corriente de salida de forma indudable. Evidentemente es el tubo de salida por donde se produce la salida de los productos. Los estudiantes deben ahora responder a la siguiente pregunta P2:

Pregunta P2. *¿Por qué necesitamos dos cables?*

Hasta este punto no sucede nada, dado que la solución combustible no ha fluido desde el tanque hasta la entrada de la celda.

- 3) En este punto, se recomienda utilizar algún dispositivo para controlar el tiempo que transcurre entre la apertura de la pinza y el momento en el que se detienen las aspas del ventilador (cronómetro). Así mismo **HAY QUE COLOCAR UN VASO A LA SALIDA DE LA CELDA, YA QUE ESTA SE VA A LLENAR DE SOLUCIÓN**. En este punto también es necesario conocer cual es la temperatura del combustible en el tanque.



- 4) **MUY IMPORTANTE:** una vez colocado un vaso a la salida, **SOLTAR LA PINZA** y la solución de agua/etanol comenzará a fluir por gravedad hacia la celda de combustible. Recordamos que, en ese momento, hay que empezar a contar el tiempo necesario para que las aspas del molino se muevan. Parte de la solución saldrá por la salida de la celda y se recogerá en el vaso que hemos colocado previamente en el paso 3 para recoger esa pequeña cantidad de volumen. Una vez haya salido una pequeña cantidad de volumen (el equivalente a unos 5 segundos), **SE CIERRA LA PINZA**. La cantidad de combustible en el interior de la pila permitirá generar la corriente eléctrica necesaria para mover las hélices del molino. Se pueden dar leves toques a la hélice para vencer la fricción inicial (esperar menos de 1 minuto). Este tiempo se puede anotar en la tabla 2 de la plantilla de respuestas a completar.
- 5) A continuación, en algún momento debería iniciarse el giro de la hélice. En ese momento (se inicia el giro) se deberá anotar cuanto tiempo transcurre desde que se detecta el movimiento de las aspas (vale el tiempo incluido el leve toque a la hélice) hasta que las aspas se detienen solas. Este tiempo se puede anotar en la tabla 2 de la plantilla de respuestas a completar.

Los estudiantes pueden ahora responder a la siguiente pregunta P3:

Pregunta P3. *¿Puedes explicar qué está ocurriendo en este momento en el que las aspas del molino se están moviendo?*

- 6) Una vez detenidas las aspas, el experimento habrá terminado y se deberá iniciar el procedimiento de limpieza.

Influencia de la concentración (a temperatura ambiente)

La idea fundamental ahora es que los estudiantes puedan entender que una mayor concentración de etanol permite generar más potencia en la celda, ya que al aumentar la concentración aumentará la velocidad con la que tiene lugar la reacción o reacciones involucradas. Es intuitivo que si efectivamente solo se alimentara agua no habría ninguna reacción posible de las citadas anteriormente (RX1 y RX2), ya que es el etanol el que participa. A continuación, hay que seguir el procedimiento descrito anteriormente pero ahora con diferentes concentraciones. Hay que asegurar la limpieza de la celda de combustible y el tanque de combustible entre cada prueba según el apartado correspondiente.



Para ver cómo afecta la concentración de la solución agua/etanol a la reacción o reacciones de etanol, se repetirá el procedimiento a diferentes concentraciones según la tabla 2 siguiente:

Tabla 2. Tabla de resultados experimentales

Exp.	Concentración	Temperatura	Tiempo de espera hasta arranque	Tiempo hasta detención	Color del papel al final del experimento
#	%	°C	segundos	segundos	
1	5				
2	10				
3	15				

Para cada experimento deberá anotarse según la tabla 2 anterior:

- la temperatura ambiente al inicio del mismo, en °C. Para ello se podrá usar un termómetro
- el tiempo que transcurre entre la apertura de la pinza y el inicio del giro de las aspas, en segundos. Para ello, se podrá usar un cronómetro
- el tiempo que transcurre entre la apertura de la pinza y el inicio del giro de las aspas, en segundos. Para ello, se podrá usar un cronómetro
- el color del papel al terminar cada experimento, empleando cinta colorimétrica

Si hubiera algún problema, es posible repetir aquel que se desea.



Experimentos del 1 al 5 con aire caliente

¿Qué sucede si cambiamos la temperatura del aire alrededor de la celda de combustible? La temperatura hace que las reacciones químicas anteriores transcurran de forma más rápida. Usando un secador de pelo o una placa calefactora, podemos calentar el tanque de combustible, procurando en todos los casos que la temperatura no se eleve demasiado y en ningún caso por encima de 60 °C.

La siguiente tabla 3 se puede utilizar para registrar las observaciones en el caso de calentamiento del tanque de combustible:

Tabla 3. Valores obtenidos para cada experimento empleando un elemento calefactor (temperatura alta)

Experimento	Temperatura	Tiempo de arranque	Color del papel	Comentarios adicionales
#	°C	segundos		
4				
5				
6				

En este punto, es posible realizar una nueva pregunta P4 a los estudiantes:

Pregunta P4. *¿Cómo afecta la temperatura de la solución a la reacción o reacciones de etanol?*

Hay que asegurarse de limpiar la celda de combustible y el tanque de combustible entre cada experimento.



Cálculo de la resistencia y la potencia de la celda de combustible

Usando las condiciones del experimento que hicieron que el ventilador comenzara antes según la tabla de experimentos a temperatura ambiente, se debe realizar un nuevo experimento (#6) con las mismas condiciones de concentración. Ahora, lo que se va a pedir es registrar los valores de voltaje, en voltios, y de corriente, en amperios, mientras la celda de combustible está alimentando la hélice del ventilador. Para ello se debe preparar un nuevo experimento 6 con esas condiciones (pueden ser diferentes para los distintos grupos) siguiendo el procedimiento original. Si todo está correcto, la corriente medida debería estar por debajo de 1 A. Para anotar los valores es preciso utilizar la tabla 4.

Tabla 4. Valores obtenidos de voltaje y corriente para el experimento 6 (temperatura ambiente) así como potencia obtenida

Tiempo min	Voltaje V	Corriente A	Resistencia Ω	Potencia W
0				
2				
4				
6				
8				

Dado que el voltaje es igual a la corriente en amperios multiplicado por la resistencia en ohmios (es decir, según la ley de Ohm $V = IR$), en todos los anteriores momentos de tiempo se debería obtener la misma resistencia medida en ohmios (Ω). En este punto se preguntaría lo siguiente P5:

Pregunta P5 ¿Cuál es la resistencia del ventilador medida en ohmios?

Por otra parte, la potencia, medida en vatios (W) es el producto de la corriente (I), en amperios, multiplicada por el voltaje (V) en voltios ($P = IV$). En este punto se preguntaría lo siguiente P6:

Pregunta P6 ¿Cuál es la potencia medida en vatios?



Análisis ambiental

En este punto de la misión se trata que los estudiantes puedan realizar un simple estudio de la eficiencia energética del proceso (Ef) y de la huella de carbono que esto supone. La eficiencia del proceso se define como el cociente entre la energía obtenida y la energía aportada. La energía obtenida (E_{obt}) se obtiene como el producto de la potencia obtenida por el tiempo que está sustentada, mientras que la energía aportada (E_{aport}) es el producto de la cantidad de etanol introducido por la energía que libera su combustión ($-\Delta H_{etanol} = 1371 \text{ kJ/mol}$). El peso molecular del etanol es 46 g/mol y la densidad del etanol puro es de 789 kg/m^3 .

$$Ef = \frac{E_{obt}}{E_{aport}} = \frac{P \cdot t}{m_{etanol} \cdot \Delta H_{etanol}} = \frac{P \cdot t}{V_{etanol} \rho_{etanol} \cdot \Delta H_{etanol}}$$

Es factible asumir como primera aproximación que el 100% del etanol empleado se agota en la reacción. Los valores de eficiencia energética Ef para una celda de combustible de etanol están en el orden del 90%. Para el cálculo de la huella de carbono HC de la electricidad, es decir, cuantos kilogramos de CO_2 se emiten por cada unidad de energía eléctrica producida, medida en kWh, tenemos que sumar la huella de carbono del etanol empleado, así como la correspondiente a la propia celda y dividirla entre el total de energía eléctrica que hemos generado según:

$$HC = \frac{HC_{etanol} \cdot V_{etanol} \rho_{etanol} \cdot \Delta H_{etanol} + HC_{celda} A_{celda}}{P \cdot t}$$

Para ello podemos emplear como dato, como primera aproximación, los siguientes:

$$HC_{etanol} = \frac{1,3 \text{ kg } \text{CO}_2}{1 \text{ kg etanol}}$$

$$HC_{celda} \sim \frac{0 \text{ kg } \text{CO}_2}{1 \text{ m}^2}$$

Como referencia, una planta que genera electricidad quemando gas natural en una planta de ciclo combinado emite del orden de $0,75 \text{ kg}$ de CO_2 por cada kWh producido. En este punto se preguntaría lo siguiente P7:

Pregunta P7 ¿Es la energía procedente del etanol más sostenible que la que ya tenemos por ejemplo procedente de una centra de gas de ciclo combinado?



Conexión con los objetivos de Desarrollo Sostenible

Estas actividades prácticas están alineadas con el cumplimiento los Objetivos de Desarrollo Sostenible que figuran en la Agenda 2030. En particular la MISIÓN de CAMBIO CLIMÁTICO está vinculada al ODS 13 Acción por el Clima. Nuestro objetivo es divulgar para concienciar a la ciudadanía, en este caso particular, a los estudiantes de 4º ESO, y 1º, 2º de Bachillerato sobre la importancia de desarrollar tecnologías innovadoras que nos permitan afrontar con garantías la descarbonización de nuestra economía y de como el conocimiento juega un papel fundamental a la hora de tener un mejor futuro para todas y todos.

Vinculación con el trabajo de investigación del grupo DePRO en materia de mitigación del cambio climático

El etanol es un producto químico que puede obtenerse mediante procesos termoquímicos (a partir de carbón o gas natural) o mediante procesos bioquímicos (fermentación de azúcares). Cuando el etanol proviene de recursos fósiles, cada litro de etanol, al oxidarse libera CO₂ y por tanto contribuye al cambio climático. Sin embargo, la ingeniería electroquímica acoplada a fuentes de electricidad renovable, permite que el etanol pueda obtenerse a partir del CO₂ (procedentes de fuentes fijas como chimeneas) a partir de los procesos innovadores que desarrolla el grupo de investigación Desarrollo de Procesos Químicos y Control de Contaminantes ([DePRO](#)).

El objetivo del grupo de investigación DePRO es el análisis, modelado, diseño y optimización de procesos de transformación de materias primas en productos sostenibles y competitivos. Este grupo, liderado por el Prof. Angel Irabien, entre otras muchas líneas, se dedica a la transformación electroquímica de CO₂ en productos químicos de alto valor añadido, así como a su evaluación ambiental. Gracias a la tecnología de electroreducción química es posible utilizar electricidad de origen renovable y celdas electroquímica para obtener metano (el compuesto mayoritario del gas natural), metanol, ácido fórmico, gas natural, etileno y etanol. ¡Justo nuestro trabajo es como mejorar y escalar la reacción química contraria (RX3) de esta práctica (RX1)!



De esta forma evitamos emisiones de CO₂ a la atmósfera (el CO₂ es un reactivo y se consume), así como el uso de materias primas fósiles para su producción. ¡Qué buena idea! En esta práctica lo que se trata es de ver cómo podríamos utilizar los productos de la electroreducción como el etanol en procesos de interés, como por ejemplo, en nuestra celda de combustible para generar a su vez electricidad.



Análisis, discusión y conclusiones

En este punto, se pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y extraigan conclusiones sobre los mismos tras discutirlos dentro del equipo.

Con respecto a la influencia de la concentración:

Pregunta PC1 ¿Cómo influye la concentración en el tiempo que tarda en arrancar el ventilador? ¿Se tiene alguna evidencia?

Con respecto a la influencia de la temperatura:

Pregunta PC2 ¿Cómo influye la temperatura en el tiempo que tarda en arrancar el ventilador? ¿Se tiene alguna evidencia?

Basándonos en los experimentos realizados:

Pregunta PC3 ¿Qué condiciones crearon serían las mejores para poder generar energía eléctrica (entregar potencia)?

Teniendo en cuenta el análisis ambiental realizado:

Pregunta PC4 ¿Qué podríamos hacer para mejorar el perfil ambiental de nuestra electricidad generada?