

# APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA A PARTIR DE PROBLEMAS PLANTEADOS EN EL CONTEXTO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA CON ENFOQUE CTS

Rosa M. Villamañán  
rvillama@dce.uva.es

Cesar Chamorro, María E. Mondéjar, Jaime Delgado-Iglesias  
*Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid*

**RESUMEN:** Este trabajo pretende fomentar el aprendizaje de la Química en el alumnado de educación secundaria a través del contexto de la industria azucarera y lograr una cultura científico-tecnológica, a partir de contenidos científicos de actualidad relacionados con su vida diaria y con el contexto social en el que viven. Para ello, se han considerado procesos de fermentación relacionados con una de las principales industrias de nuestra región de Castilla y León como es la industria azucarera. Se proponen problemas relacionados con diferentes aspectos de esta industria para: (a) la producción de energía; (b) la obtención de un producto y (c) la prestación de un servicio relacionado con el medio ambiente. Se utiliza para su resolución la estrategia didáctica de resolución de problemas mediante una indagación guiada, con un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente.

**PALABRAS CLAVES:** Alfabetización científico-tecnológica; Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente; Desarrollo de competencias; Metodología de resolución de problemas por indagación.

## OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es proponer un aprendizaje de la Química en el contexto de la industria azucarera. De esta forma se pretende contribuir a la *alfabetización científica y tecnológica*, cuyos objetivos tratan de paliar:

- el grave fracaso escolar puesto de manifiesto por una escasa comprensión de los estudiantes en materia de ciencia y tecnología.
- el creciente rechazo por los estudios científicos y las actitudes negativas hacia la ciencia que, según nos muestran numerosas investigaciones, se incrementan con la edad de los estudiantes.

Al mismo tiempo se intenta poner de manifiesto las estrechas relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) y potenciar el desarrollo de las competencias básicas. Se integra dentro del campo de la biotecnología, es decir, en un contexto científico-tecnológico cada vez más relevante debido a las repercusiones que tiene en la vida diaria y en el sector productivo, así como en el sistema ético y de valores de los ciudadanos.

---

## MARCO TEÓRICO

El rápido desarrollo de los descubrimientos científicos y tecnológicos de las últimas décadas -comunicaciones, informática, nuevos materiales, productos biotecnológicos, ingeniería genética, actuaciones medioambientales, etc.- plantean la necesidad de personas científicamente cultas con hábitos adquiridos de aprendizaje permanente. Es preciso que las personas sean conscientes de que los acontecimientos científicos o tecnológicos les afectan directamente. Tales acontecimientos, en función del tratamiento y gestión a que sean sometidos, derivarán en acciones diferentes, con resultados favorables o perjudiciales para la sociedad -gestión y eliminación de residuos, radiactividad, medio ambiente, etc.-.

Pero, paradójicamente, mientras que los progresos de la ciencia y la tecnología son considerables, se desarrolla en la sociedad un sentimiento de duda, de inseguridad, de inquietud... Esto es comprensible si nos centramos en la cultura científica recibida por los individuos hasta el momento. Desgraciadamente, se observa un distanciamiento cada vez más importante entre la ciencia real y la ciencia impartida en las aulas, caracterizada por la ausencia de nuevos conocimientos, de temas científicos de relevancia social, de enfoques interdisciplinares, de análisis crítico, etc.

Así los estudios realizados en distintos países muestran una escasa comprensión de los ciudadanos en materia de ciencia y tecnología, temas de gran importancia en la sociedad actual (Heijs and Midden, 1995). Para que la toma de decisiones con relación a temas que afectan a la vida cotidiana se haga de forma consciente e independiente es necesario mejorar los conocimientos básicos de los ciudadanos, lo que cada vez de forma más generalizada llamamos *alfabetización científica y tecnológica* (Atkin, 1997). Esta tendencia incide en la formación de personas para que piensen científicamente, es decir, que sean personas motivadas por saber razonar y actuar con base a esas razones en bien de la sociedad en la que viven (De Boer, 2000).

La *alfabetización científica y tecnológica* apunta hacia el conjunto de la población escolar, y muy especialmente al alumnado de Educación Primaria y Secundaria Obligatoria (ESO). Constituye una prioridad en los currículos internacionales de ciencias, después de la experiencia de los proyectos curriculares desarrollados en décadas precedentes, dirigidos más concretamente hacia el alumnado que iba a proseguir estudios universitarios.

Las reformas educativas llevadas a cabo han logrado incorporar algunas de las conquistas de la investigación didáctica en cuanto a los principios de fondo, pero no han llegado a abordar seriamente la renovación de los contenidos educativos que conforman las áreas de conocimiento. Sin embargo, en este espacio es donde juega la alfabetización científica-tecnológica un importante papel, pues uno de los problemas con que se tropieza en la enseñanza de las ciencias es la rapidez con la que se producen los nuevos conocimientos lo que exige a los diseñadores de los currículos un esfuerzo de decantación de contenidos de acuerdo con unos ciertos criterios de relevancia científica.

## METODOLOGÍA

Para lograr una cultura científica-tecnológica y revitalizar los trabajos prácticos en el alumnado de secundaria, es preciso partir de unos contenidos científicos de actualidad relacionados con la vida diaria y con el contexto social en el que viven. Por ello se han considerado procesos de fermentación relacionados con una de las principales industrias de nuestra región de Castilla y León como es la industria azucarera.

En el proceso de fabricación se obtiene azúcar como producto principal, pero además se producen melazas (disoluciones que contienen azúcar no cristalizado), pulpa (subproducto sólido carente prácticamente de azúcar que se utiliza como alimento para el ganado) y aguas residuales procedentes fundamentalmente del lavado de la remolacha. A partir de las melazas es posible elaborar biocarburan-

tes (bioetanol) y un producto de gran interés industrial como es la glicerina, y por otra parte, después del tratamiento de las aguas residuales es posible obtener biogás al mismo tiempo que se produce la biodepuración de efluentes residuales.

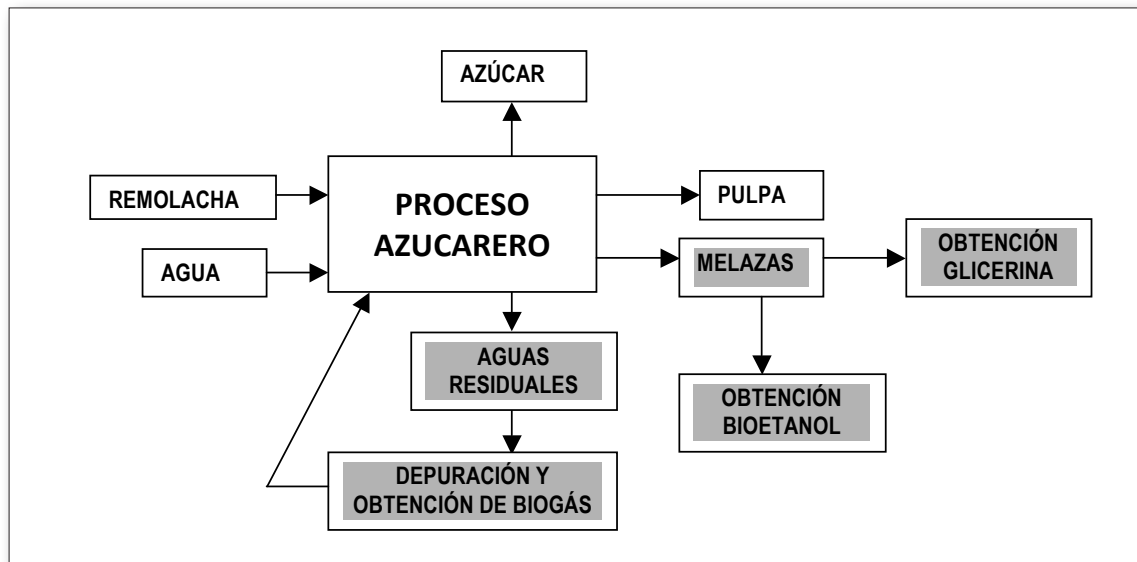


Fig. 1: Esquema del proceso de obtención de azúcar a partir de la remolacha en la industria azucarera.

Por otra parte, la obtención de azúcar implica no solamente un proceso industrial y económico, sino que lleva también asociados dos nuevos componentes, uno agrícola, sector productivo estratégico en nuestra Comunidad Castellano-Leonesa, y otro social como importante generador de empleo.

La estrategia didáctica elegida ha sido la de resolución de problemas ya que estimula notablemente la motivación de los estudiantes. Los problemas planteados giran en torno a:

- la producción de energía
- la obtención de un producto
- la prestación de un servicio relacionado con el medio ambiente.

Se propone su resolución a partir de trabajos prácticos con la siguiente estructura:

- Planteamiento de un problema industrial actual y de interés social en el contexto de la industria azucarera.
- Búsqueda de información sobre el producto de interés que se genera y su proceso de producción.
- Diseño y realización experimental.
- Planteamiento de cuestiones y discusión.

## RESULTADOS

La piedra angular de los trabajos prácticos son los problemas planteados. Estos han de ser resueltos mediante una indagación guiada, tanto a través de una búsqueda de información como de forma experimental en el contexto de la industria azucarera. Por otra parte, la toma de decisiones, el pensamiento crítico, la argumentación y la discusión de las diferentes cuestiones propuestas permiten tanto

---

desarrollar las competencias básicas como evaluar el grado de comprensión científico-tecnológica, y las repercusiones sociales y medioambientales alcanzadas. Los aspectos que se analizan de la industria azucarera son los siguientes:

### **Producción de energía: obtención de bioetanol**

El desarrollo de la sociedad humana está basado en el consumo de grandes cantidades de energía. Es obvio que parte del problema energético, se solventaría con unas políticas adecuadas de ahorro energético y una concienciación de todas las personas en cuanto a la racionalización del consumo.

En relación con la producción de energía se han considerado dos tipos de combustible, uno líquido (bioetanol) y otro gaseoso (biogás). No obstante, el primero de ellos puede tener también otras aplicaciones, pudiendo destacar su uso en la elaboración de bebidas alcohólicas o como disolvente.

#### *Problema planteado a los alumnos:*

El bioetanol es un biocarburante apto para contribuir a paliar el problema energético de la sociedad actual. Hoy en día existe un debate público originado por el tipo de cultivos que se deben potenciar en nuestra región, si se deben sustituir en parte ciertos cultivos en favor de otros denominados “energéticos”. Un sector de la sociedad opina que la materia prima para obtener el bioetanol no debería entrar en competencia con las fuentes de alimento de la población, ya que los más perjudicados con la subida y la escasez de alimentos básicos serían los más pobres. Las materias primas a utilizar tendrían que ser materiales de desecho como los industriales, por ejemplo los subproductos obtenidos en el proceso de extracción de azúcar:-

La extracción del azúcar se efectúa con un proceso de agua caliente en contracorriente con la remolacha cortada en tiras (ver Fig.1). Se obtiene el jugo azucarado (jugo de difusión), que es purificado y concentrado, evaporando el agua y procediendo a la cristalización del azúcar. Por otra parte, se obtiene un sólido denominado pulpa, que una vez desecado, se utiliza como alimento del ganado.-

La cristalización del azúcar se efectúa en tres etapas sucesivas de evaporación al vacío. La masa de cristales en cada etapa es sometida a centrifugación para separar el azúcar del jarabe que lo envuelve. En la última etapa se obtiene, entre otros productos, la melaza en forma de jarabe que sirve como materia prima para la obtención de alcohol. Dicho alcohol (bioetanol) se obtendrá mediante un proceso de fermentación.

### **Prestación de un servicio relacionado con el medio ambiente: depuración de aguas residuales y obtención de biogás**

Respecto a la prestación de un servicio para mejorar el medio ambiente se ha seleccionado la depuración biológica en condiciones anaerobias de un agua residual, proceso donde colateralmente se obtiene biogás.

Las aguas residuales pueden tener distinto origen. Aguas procedentes de actividades industriales, que se caracterizan por tener alta carga orgánica biodegradable y aguas residuales urbanas que presentan baja carga orgánica biodegradable.

Con el fin de verter las aguas residuales a cauces receptores (ríos, lagos...), habrá que someterlas a un proceso de depuración para eliminar las sustancias contaminantes. Si este proceso es de tipo biológico se reducirá y/o eliminará la carga orgánica; contribuyendo a la preservación del medio ambiente.

---

Existen dos procesos distintos de tratamiento con microorganismos para depurar las aguas residuales, que son el proceso aerobio (con aporte de oxígeno) y el proceso anaerobio (en ausencia de oxígeno). Mediante el tratamiento aerobio se obtiene agua tratada, dióxido de carbono y gran cantidad de microorganismos (fangos o lodos). Con el tratamiento anaerobio se obtiene asimismo agua depurada, menor cantidad de microorganismos, y se genera un nuevo producto llamado biogás.

### *Problema planteado a los alumnos:*

Los técnicos de una industria azucarera necesitan depurar las aguas residuales procedentes de la actividad de extracción del azúcar de la remolacha. Estas aguas se originan fundamentalmente en los circuitos de lavado de la remolacha. Para ello eligen el tratamiento de depuración anaerobio, ya que las aguas tienen carga orgánica elevada, y de esta manera se conseguirá, no sólo depurar las aguas para poder realizar su vertido a cauces receptores sin contaminación y así no agredir al medio ambiente, sino también obtener biogás, producto altamente energético que puede ser utilizado como combustible, para generar agua caliente, vapor, electricidad...

### **Obtención de un producto: glicerina**

Como producto a obtener mediante fermentación se ha pensado en la glicerina por su amplio campo de aplicaciones debido a sus propiedades físicas y químicas: líquido incoloro, gran viscosidad, alta conductividad, sabor dulce, facilidad para retener agua, miscibilidad con agua y alcohol, y formación de numerosos compuestos entre los que se encuentran las sales.

Las aplicaciones de la glicerina en la industria son múltiples. Hay que destacar su uso como aditivo, entrando a formar parte de numerosos productos (alimentos, medicinas y cosméticos) así como envolturas para alimentos... También se utiliza como lubricante en maquinaria, en cementos, celofán, etc.

Existen diferentes procesos para la obtención de glicerina, entre los que podemos destacar:

1. La reacción de saponificación de grasas y aceites con una base fuerte para formar jabones y glicerina:  $\text{Grasas/Aceites} + \text{Base} \rightarrow \text{Jabón} + \text{Glicerina}$
2. La transesterificación de ésteres grasos (subproducto en la obtención de biodiésel):  $\text{Éster glicérico} + \text{Metanol} \rightarrow \text{Éster metílico (biodiésel)} + \text{Glicerina}$
3. Mediante la fermentación de azúcares, proceso biotecnológico que se desarrolló en Alemania durante la primera guerra mundial.

### *Problema planteado a los alumnos:*

En una industria azucarera, se obtienen además del producto principal azúcar, otros subproductos que presentan un importante valor añadido. Entre éstos puede considerarse la melaza, que es un jarabe que tiene todavía una elevada concentración de sacarosa (aproximadamente 50 % en peso).

Los técnicos de la empresa aprovechan la melaza para producir la glicerina a partir de un proceso de fermentación anaerobia que implique bajo coste (último proceso propuesto para su obtención).

## **CONCLUSIONES**

En este trabajo se presenta una propuesta de aprendizaje de la Química a partir del planteamiento de problemas en el contexto de la industria azucarera. Se utiliza para su resolución la estrategia didáctica de resolución de problemas mediante una indagación guiada, con un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) para lograr la alfabetización científica y tecnológica del alumnado.

---

Sin embargo, debemos destacar que los problemas propuestos en el contexto de la industria azucarera comportan dedicar una mayor atención a la reflexión sobre el cambio estructural que supone y a reconocer cuál es el sentido de partir de un contexto para construir conceptos abstractos. El contexto no tiene sólo la finalidad de motivar al alumnado, sino muy especialmente de dar sentido al proceso de abstracción de un modelo teórico que es útil para explicar la situación inicial objeto de análisis y facilitar su transferencia a otros entornos (Herreras y Sanmartí, 2012).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkin, M. (1997). *El proyecto OCDE sobre las innovaciones en Ciencias, Tecnología y Matemáticas*. Madrid: Editorial Muralla.
- De Boer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), pp. 582-601.
- Heijs, W.J.M. and Midden, C.J.H. (1995). *Biotechnology: attitudes and influencing factors*. London: Third Survey CIP-DATA, Royal Library, The Hague.
- Herreras Blanco, M.L. y Sanmartí Puig, N. (2012). Aplicación de un proyecto curricular de Física en contexto (16-18 años): valoración de los profesores implicados. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), pp.453-457.