

# Tensoactivos aniónicos a partir de la cera de caña

Teresa de la Caridad Ledoux-Ovies\*, Indira Álvarez-Quesada

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar  
Vía Blanca, No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba

\* [teresa.ledoux@icidca.azcuba.cu](mailto:teresa.ledoux@icidca.azcuba.cu)

## RESUMEN

**Introducción.** Los tensoactivos aniónicos, surfactantes o agentes de tensión superficial están presentes en una gran variedad de productos, su producción representa alrededor del 55 % de los surfactantes producidos anualmente en el mundo, pues presentan diversas aplicaciones.

**Objetivos.** Estudiar la documentación existente sobre la cera de caña, como materia prima para la obtención de tensoactivos aniónicos que se emplean en la industria azucarera y valorar nuevas alternativas de producción que conlleven al encadenamiento productivo.

**Conclusiones.** Los tensoactivos aniónicos están presentes, con propiedades adecuadas, en la disolución de jabones de ácidos grasos, extraídos de la cera cruda. Esta tecnología resulta novedosa, pues no existen antecedentes en la literatura consultada, por lo que constituye una propuesta integral para el aprovechamiento de la cera cruda de caña y un aporte a la industria de los derivados de la caña de azúcar.

**Palabras claves.** Cera de caña, tensoactivos aniónicos, ácidos grasos.

## ABSTRACT

**Introduction.** Surface tension agents, surfactants or surfactants are present in a wide range of products. The production of anionic surfactants represents around 55 % of the surfactants produced annually in the world and has a wide range of applications.

**Objective.** Study the existing documentation on sugar cane wax as a raw material for obtaining anionic surfactants used in the sugar industry and for new production alternatives that lead to production chaining.

**Conclusions.** The saponification technology for the treatment of cane wax is versatile, although both can be used. The dissolution of fatty acid soaps extracted from raw wax has adequate surfactant properties. This technology is novel, since there are no precedents in the literature consulted. A comprehensive proposal is obtained for the use of raw cane wax, which constitutes a contribution to the sugar cane derivatives industry.

**Keywords.** Cane wax, anionic surfactant, fatty acids.

## INTRODUCCIÓN

Los tensoactivos aniónicos, agentes de tensión superficial o surfactantes están presentes en una gran variedad de productos y su uso es prácticamente indispensable, debido a sus propiedades y múltiples aplicaciones (1).

Las materias primas utilizadas tienen diversos orígenes y su transformación puede seguir un proceso simple (hidrólisis) o procesos más sofisticados y complejos: químicos, enzimáticos o biotecnológicos (2).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la documentación existente sobre la cera de caña de azúcar, como materia prima para la obtención de tensoactivos que se emplean en la industria azucarera y como materia prima para nuevas alternativas de producción, que conlleven al encade-

namiento productivo y con un enfoque amplio sobre todos los aspectos, en cuanto a su aplicación y desarrollo en las empresas.

### **Características de los tensoactivos**

Los tensoactivos aniónicos o surfactantes son aquellas sustancias capaces de modificar las propiedades físicas (mecánicas, eléctricas, ópticas, entre otras) de una superficie o de una interface y reducir su tensión superficial (3). Son compuestos químicos que se encuentran relacionados con fenómenos intersuperficiales y, por eso, son ampliamente usados en diversos sectores industriales (4). Se clasifican como:

- Tensoactivos aniónicos
- Tensoactivos catiónicos
- Tensoactivos no iónicos
- Tensoactivos anfotéricos
- Tensoactivos cataniónicos

Existen diferentes factores que se tienen en cuenta a la hora de escoger un tensoactivo, según su carga eléctrica, ya que estos factores confieren unas características únicas a la fórmula, según su porcentaje de uso (4).

La actividad de los tensoactivos se relaciona, comúnmente, con cambios de la tensión superficial de los líquidos. La concentración de tensoactivos, en la que se alcanza la mínima tensión superficial es denominada concentración micelar crítica (CMC); además de esta, existen otras tres propiedades que caracterizan a los tensoactivos: el número de agregación ( $n_a$ ), que indica el promedio de moléculas de tensoactivo que forma las micelas (5); el balance hidrofílico-lipofílico (HLB), que es el índice de equilibrio hidrofílico-lipófilo y representa la capacidad de un tensoactivo para formar emulsiones estables en sistemas agua-aceite o aceite-agua; y, finalmente, el punto de nube (PN) (5), que se presenta en los surfactantes tipo no iónicos cuando, a cierta temperatura, estos se separan como una fase distinta, también es conocido como punto de turbidez o *cloud point*. (5).

Las materias primas utilizadas en la fabricación de los surfactantes tienen orígenes diversos y se clasifican como naturales o sintéticas.

Debido a su variedad y estructura peculiar los tensoactivos son muy utilizados, se encuentran tanto en la vida cotidiana como en la industria. Cuando se utilizan en procesos industriales mejoran su eficiencia y eficacia. Gracias a sus propiedades y a sus diversas aplicaciones, los tensoactivos constituyen uno de los grupos químicos más importantes y comunes presentes en la vida cotidiana de las personas; en forma de cosméticos, detergentes, agroquímicos, plásticos, pinturas, barnices, textiles, entre otros muchos.

### **Tensoactivos aniónicos**

Los jabones constituyen los primeros tensoactivos aniónicos desarrollados industrialmente por el hombre; posteriormente, aparecieron los cosméticos y los detergentes domésticos e industriales; dentro de ellos se encuentran los detergentes sintéticos, jabones, agentes espumantes, como el lauril sulfato; los humectantes del tipo sulfosuccinato, los dispersantes del tipo lignosulfonatos, entre otros.

La producción de los surfactantes aniónicos representa, aproximadamente, el 55 % de los surfactantes que se obtienen anualmente en el mundo, por su excelente capacidad limpiadora en usos domésticos y en aplicaciones industriales, por su compatibilidad con los nuevos procesos de fabricación, su flexibilidad en las formulaciones, su bajo costo de fabricación, la rápida y elevada biodegradabilidad y su baja toxicidad acuática (6).

Las fuentes de obtención de los tensoactivos aniónicos son:

- Saponificación. Se llaman jabones las sales de sodio o de potasio de los ácidos grasos; por extensión, el ácido puede ser cualquier carboxilato (tall-oil, rosin-oil) y el metal alcalino puede remplazarse por una amina, amida o etanol amina. El jabón se prepara mediante saponificación de los triglicéridos de origen vegetal o animal, por una solución de hidróxido alcalino (7).
- Sulfatación y sulfonación. Los productos sulfonados o sulfatados representan, aproximadamente, la mitad de la producción de surfactantes. Se fabrican por sulfonación o sulfatación de alquibenceno, alfa-olefinas y alcoholes con grupos de óxido de etileno o sin ellos. Los principales reactivos son el ácido sulfúrico, el óleum, el ácido clorosulfónico y, principalmente, el trióxido de azufre, desde hace unas dos décadas (7).

### **Aplicación en la industria azucarera**

La adición de surfactantes o tensoactivos en la industria azucarera se muestra en disminución en los procesos de viscosidad y emulsificación. Se reportan resultados favorables en el uso de ésteres de sacarosa, como antiviscosos, en la clarificación del melado y en el procesamiento de masas cocidas de bajo grado, en la industria azucarera de la caña.

Los tensoactivos reducen la tensión en la interface en las masas, bajan la viscosidad y la formación de espuma, por lo que mejoran la eficiencia del proceso en la producción de azúcar. El agregado de ésteres de sacarosa a la cachaza resulta beneficioso para el proceso de filtración, pues reduce sensiblemente la viscosidad, aumenta la capacidad de los equipos y produce una mayor recuperación de sacarosa en los desechos de clarificación, con las ventajas adicionales de ser un producto no contaminante y, además, biodegradable (8).

Los surfactantes capaces de formar espumas, generalmente se aplican en procesos de clarificación por flotación de mieles y en procesos de clarificación de licores de refinerías de azúcar de crudo.

Un factor de suma importancia, que justifica la gran aplicabilidad de estas sustancias, es el hecho de ser productos químicos ecológicos, formados por 2 constituyentes usuales en la alimentación diaria del hombre y de los animales, como son los lípidos y los carbohidratos, específicamente, la sacarosa (9), lo que permite su empleo sin ningún tipo de restricción, puesto que no implica un incremento de la contaminación ambiental, problemática de mucha actualidad (9).

### **La cera de caña como tensoactivo, obtención y aplicación**

La química de los sucroderivados, de tipo éster de ácido graso, es la más estudiada dentro de este campo, a causa de sus características estructurales, pues presentan propiedades como atoxicidad y biodegradabilidad, que posibilitan su uso en formulaciones de detergentes, productos cosméticos y farmacéuticos (10).

Las ceras son sustancias altamente insolubles en medios acuosos y, a temperatura ambiente, se presentan sólidas y duras. En los vegetales, las ceras recubren la epidermis de frutos y tallos y, junto con la cutícula, evitan la pérdida de agua por evaporación.

Químicamente, las ceras se definen como una mezcla compleja y variable de alcanos de cadena larga, hidrocarburos, ácidos grasos, cetonas, aldehídos, alcoholes, ésteres y esteroides, tales como  $\sigma$ -sitosterol, stigmasterol, cetosteroides y cetohidroxiesteroides; por otra parte, según su origen, se clasifican en minerales, sintéticas o naturales (producidas por organismos vivos).

La cera de caña puede extraerse de la cachaza, el bagazo o la vinaza. La cachaza es la fuente más práctica, ya que es un residuo natural del proceso de fabricación del azúcar y no implica sacrificar materia prima, como en el caso del bagazo. En la vinaza, las ceras se transforman por la fermentación y la destilación.

Los productos que de ella se obtienen están divididos, de forma general, en dos grupos, material saponificable y material insaponificable. Las propuestas tecnológicas para su procesamiento se basan, fundamentalmente, en dos reacciones: la transesterificación y la saponificación.

Los ácidos grasos se utilizan, fundamentalmente, en la fabricación de jabones metálicos, que constituyen materia prima en la industria cosmética; además, en la agricultura se usan para combatir infecciones de diferentes cultivos, también se utilizan como plastificantes y emulsionantes y en la fabricación de neumáticos, pinturas y barnices (11). En el caso de la materia insaponificable, su aplicación se vincula solo con la obtención de policosanol, utilizado como fertilizante, reguladora del crecimiento y de la maduración, abono, compost y preservante de cosechas.

El aceite de la cera de la cachaza es el que presenta el mayor contenido de sustancias antirradi-cálicas (antioxidantes naturales), se emplea en medicamentos, que han sido patentados, para tratar patologías de la piel, tales como la psoriasis y la mastitis vacuna, también se utiliza en la alimentación animal, como fuente energética; en la elaboración de medios de protección temporal contra la corrosión, así como en la preparación de medios anticorrosivos.

El procesamiento químico de las ceras se basa, fundamentalmente, en dos reacciones: la transesterificación (reacciones 1 y 2) y la saponificación.

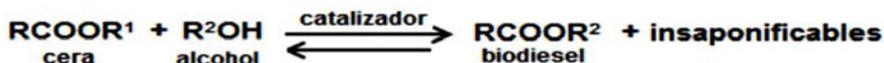
- **Transesterificación**



Reacción general de la transesterificación de ésteres (reacción 1).

Entre los alcoholes que se emplean se encuentra el metanol, que es más barato y presenta una mayor velocidad de reacción y facilidad para disolver el hidróxido de sodio y de potasio. El etanol, en Cuba, es de particular interés, debido a su menor costo, en comparación con el metanol.

La transesterificación de la cera extraída de la cachaza se representa mediante la reacción 2.



Reacción de transesterificación de la cera (reacción 2).

- **Saponificación**

De forma general, la saponificación (reacción 3) se representa mediante la reacción química:



El mecanismo de reacción general de saponificación (figura 1) ha sido ampliamente explorado y se acepta el de adición-eliminación por pasos, con la formación de un intermediario tetraédrico (11):

El mecanismo descrito (figura 1) explica una de las mayores ventajas de la saponificación, en comparación con la transesterificación, pues se trata de una reacción esencialmente irreversible, puesto que el ion carboxilato, estabilizado por resonancia, muestra poca tendencia a reaccionar con un alcohol; además, en esta reacción la presencia de agua no constituye un inconveniente (11); la reacción química general que los describe (reacción 4) es:



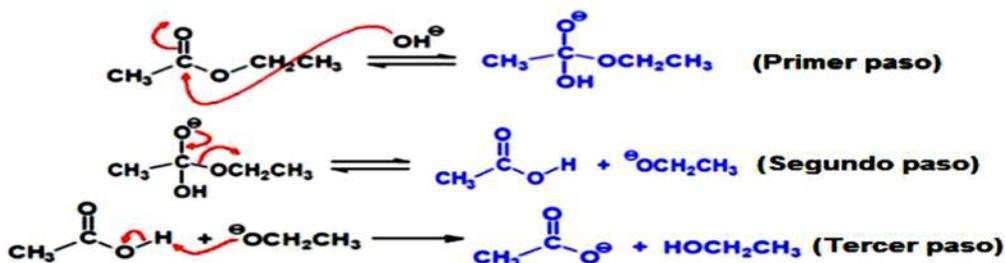


Figura 1. Mecanismo de reacción de saponificación.

El procedimiento de transesterificación consta de menos etapas que el de saponificación, ambos comienzan con una etapa de extracción. En la saponificación (figura 2), concluida la extracción, se realiza la reacción. Este paso de evaporación marca una gran diferencia entre los dos procedimientos, en uno pasan a la etapa de reacción química solo los extractables y, en el otro, todo el extracto (solvente y extractables), lo que aumenta considerablemente el volumen. Los dos requieren de la preparación de una segunda sustancia para la reacción; etóxido de sodio, como catalizador en la transesterificación y, sosa alcohólica, como reactante en la saponificación (11).

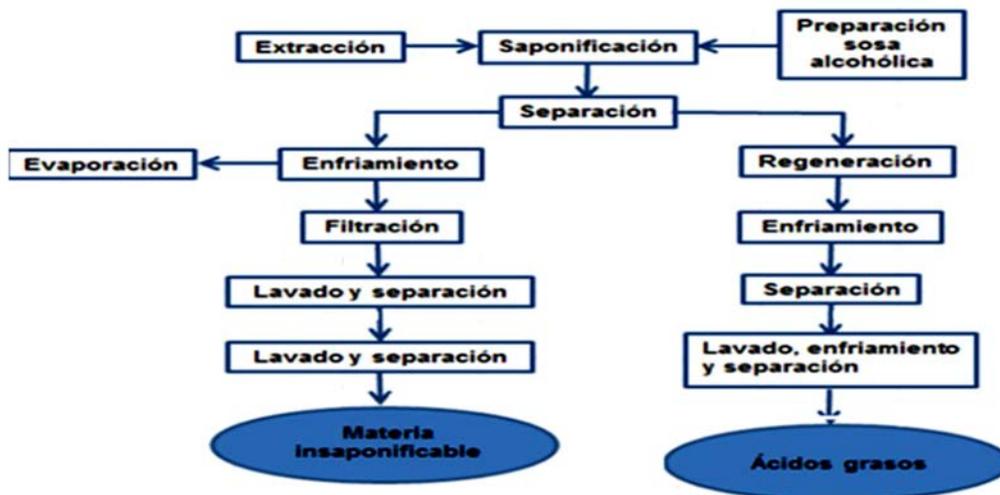


Figura 2. Aplicaciones de las fracciones obtenidas por saponificación.

Por otra parte, los ácidos grasos que se obtienen luego de la última etapa de lavado y separación, son sometidos a un proceso de destilación a presión reducida, con el objetivo de purificarlos; o sea, eliminar la mayor cantidad posible de impurezas y el agua que no fue eliminada en las etapas de separación (figura 3).

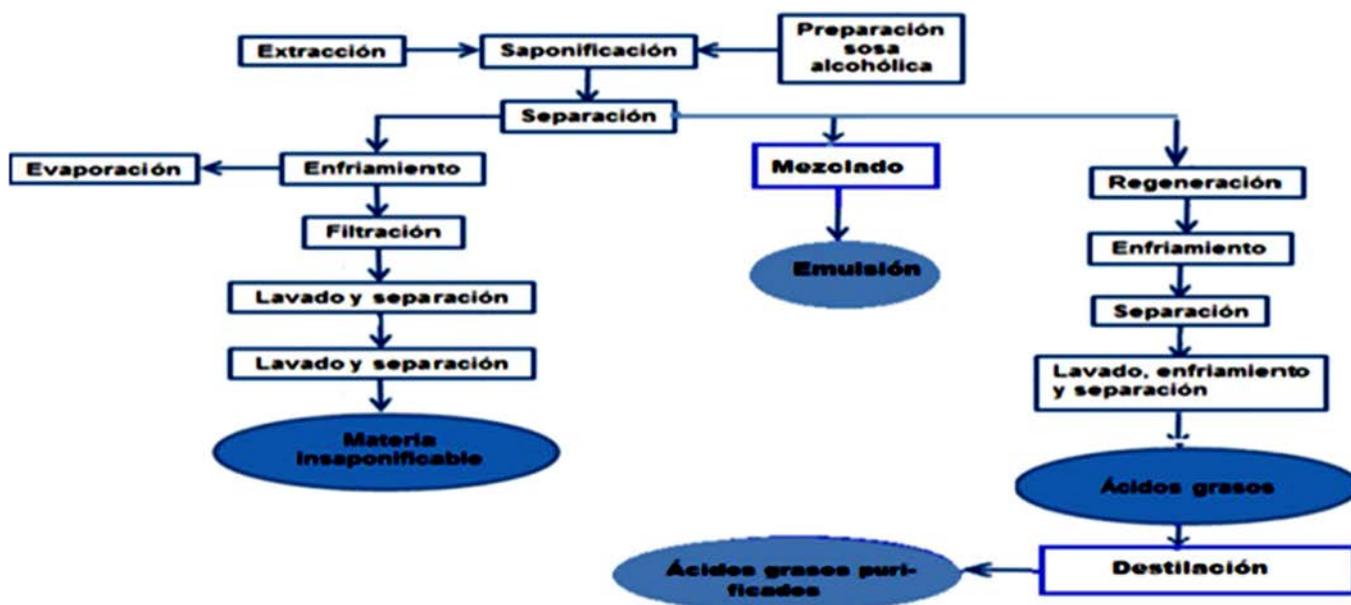


Figura 3. Esquema de saponificación que incluye la emulsión y la purificación de ácidos grasos.

### Caracterización de la cera de caña en Cuba y su disponibilidad de materia prima

En Cuba, la cachaza contiene, en base seca, entre 9 y 13 % de cera, lo que equivale a una potencialidad de recuperación del orden de los 60 kg de cera por cada 100 t de caña procesada.

El país utiliza el proceso de extracción líquido-líquido que se instaló, inicialmente, en los centrales Jesús Menéndez y Antonio Guiteras, además de una tercera planta en la fábrica de azúcar Brasil, que funcionó de forma estable. Su adecuada eficiencia de extracción (70 %) y la recuperación de solvente (1 % de pérdidas), además del funcionamiento automatizado de la instalación hicieron factible el proceso técnico-económico (12).

En la década de los 90 se instalaron varias plantas de extracción y refinación de cera con la tecnología del ICIDCA. Actualmente, se cuenta con una producción integrada de cera cruda y refinada, con nueva tecnología, que comenzó a operar en 2016 y en la que se obtiene cera refinada con alta pureza. La experiencia acumulada en Cuba en esta tecnología y, especialmente en el ICIDCA, no se compara con el resto de los países que procesan la caña de azúcar (12).

La cera refinada en Cuba tiene múltiples usos, entre los que se encuentran: betunes, pulimentos para pisos, cosméticos, tintas de impresión, tintas dispersantes (tónner), tintas para papel carbón, emulsiones para recubrimientos de frutas, vegetales y quesos, abrillantado de tabletas, medicamentos de acción prolongada, emulsiones impermeabilizantes en tableros de partículas y en tratamientos textiles, pegamentos de fusión caliente, desmolde de plásticos de fibra de vidrio, fundición de precisión (CERADESMOL®), protección de chapas de acero almacenadas a la intemperie (PROTEKTOR®) y como plastificante en neumáticos. También puede emplearse como materia prima para la obtención de alcoholes de alto peso molecular, con una tecnología desarrollada por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CENIC) (12).

### MERCADO DE LOS TENSOACTIVOS

En los últimos años, la industria de los surfactantes ha tenido que tratar con algunos problemas, entre ellos: la consolidación, reestructuración del suministro, sobrecapacidad, introducción de nuevos surfactantes, incremento de las regulaciones por impacto ambiental y los cambios en la cadena de valor del producto.

El análisis detallado de la industria de los surfactantes es complicado, debido a diferentes factores, entre los que se encuentran:

- gran número de surfactantes y cantidad de aplicaciones finales
- el gran número de proveedores que existe
- falta de información por parte de productores y consumidores

Debido a estas consideraciones, cualquier asignación de las cantidades totales, las porciones del mercado y el patrón de distribución de los usuarios finales es bastante difícil. Por otra parte, reportes de altos mandos de las empresas productoras de surfactantes muestran que América Latina es una región en la cual hay que enfocarse para ampliar este mercado.

Existen cinco surfactantes primarios: sulfonatos de alquibenceno lineales (LAS), alcohol etoxisulfatos (AES), alcohol sulfatos (AS), alcohol etoxilados (AE) y alquil fenol etoxilados (APE). Los LAS continúan siendo los surfactantes sintéticos más usados, pero tienen un crecimiento más lento en el mercado que los derivados del alcohol.

### Mercado de los tensoactivos aniónicos

En la tabla 1 se muestran las empresas que serían competencia para los productos desarrollados, a partir de este estudio. Se considera que, en los próximos años, las regiones en las que se encuentran los países en vías de desarrollo serán los principales núcleos de crecimiento del consumo de surfactantes; por tal razón, las compañías multinacionales están centrando sus esfuerzos en estas regiones, a pesar de que las principales regiones productoras son Norteamérica, Europa Occidental y Asia. Se estima que existen más de 480 productores de surfactantes en el mundo, de los cuales 100 se encuentran en Norteamérica, 180 en Europa y 200 en Asia.

**Tabla 1.** Empresas que compiten con los productos desarrollados

Empresas	Productos
Basf Group	Emulphor OPS 25
Cognis Corporation	DISPONL AES 72
Dow Chemical Company	Triton X 165
Huntsman Corporation	NANSA
Rhodia	ABEX EP-110
	Rhodapex Co-436

### Proveedores de surfactantes

Uno de los principales proveedores de surfactantes del mercado es PCC Group, que ofrece productos de máxima calidad y específicos para una amplia variedad de aplicaciones.

### Demanda y consumo

El mercado mundial se encuentra dominado por los surfactantes aniónicos, se estima que estos representan el 65 % del mercado y entre sus principales aplicaciones se encuentran los cuidados del hogar y el cuidado personal (1). Dentro de esta categoría se encuentran los surfactantes de mayor demanda, como jabón, alcohol sulfato, dodecilbenceno o sulfonatos de alquibenceno lineales, sulfonatos de  $\alpha$ -olefinas y las parafinas.

La región asiática ha presentado un crecimiento superior a otras regiones y está a punto de convertirse en la mayor consumidora del mundo, para dejar a Norteamérica y Europa occidental en segundo y tercer lugares, respectivamente; asimismo, Suramérica y otras regiones del mundo también han registrado un crecimiento importante (1).

La demanda de tensoactivos continúa aumentando y se cree que la principal causa de esta tendencia es el creciente uso de detergentes, cosméticos y productos de higiene personal. Los factores que dan forma a las ventas de surfactantes son: la demanda de productos fabricados sobre su base, las tendencias de desarrollo en las industrias, así como las nuevas tecnologías.

### **Principales competidores por regiones**

La región donde el mercado de tensoactivos está creciendo más rápidamente, tanto en términos de ventas como de consumo es el área de Asia-Pacífico. Actualmente, es el mercado más prometededor para los fabricantes de estos compuestos. Su potencial radica en factores macroeconómicos, como la alta dinámica de crecimiento económico, los mercados insaturados, el crecimiento de la población y el aumento del nivel de vida. Los mayores consumidores de surfactantes en Europa son los países ubicados en su parte occidental, especialmente Alemania. En América Latina va delante México, con un auge en el desarrollo de la comercialización, seguido por Honduras, Guatemala y Brasil.

### **Países más atractivos para comercializar los tensoactivos**

Con respecto al mercado internacional, los países más atractivos para comercializar este tipo de productos son: Estados Unidos, Reino Unido, China, Alemania, Canadá y Francia.

Con respecto a Cuba, existen relaciones bilaterales con China, esto garantiza un mercado seguro, una vez que desarrollemos este tipo de producto.

### **Efectos medioambientales de los tensoactivos**

Los tensoactivos tienen un impacto limitado en el medioambiente y, en concentraciones bajas, en general, no representan un peligro importante; no obstante, algunos resultan peligrosos, entre ellos se encuentran los tensoactivos catiónicos, de rápida absorción, otros también pueden resultar peligrosos para la salud humana, ya que pueden causar irritación en la piel, los ojos y las vías respiratorias y pueden ser dañinos si se ingieren.

En general, son productos que se utilizan diariamente o que se encuentran en nuestro entorno, por lo que es importante tener en cuenta las normas establecidas para el proceso de producción y sus desechos; así como la materia prima de los que provienen, para evitar su agotamiento en la naturaleza.

### **Perspectiva del empleo en Cuba de los tensoactivos**

El estudio y la posterior inserción de esta tecnología de la cera, como tensoactivo aniónico, traerá consigo el desarrollo de otras producciones muy importantes y demandadas en estos momentos.

Se espera que con las nuevas medidas implantadas por parte del sector azucarero, la producción de estos tensoactivos aniónicos, a partir de la cera de caña, pueda desarrollarse de manera satisfactoria, pues se están creando las condiciones para ello, a pesar de que la disponibilidad de caña se ha visto limitada por la situación económica que enfrenta la industria azucarera cubana, en cuanto a siembra y distribución, lo cual ha conllevado a una disminución de la cachaza que constituye, en este caso, la materia prima de origen.

La tecnología de producción de la cera de caña no es compleja; por una parte, las operaciones unitarias que la conforman son conocidas y fácilmente asimilables, al igual que las materias primas y productos que utiliza; por otra parte, esta tecnología no requiere de grandes cantidades de energía y agua, en términos absolutos; y, finalmente, sus residuales no constituyen una fuente importante de contaminación ambiental, todos estos elementos tributan a la toma de decisiones económicas.

## CONCLUSIONES

1. Los tensoactivos aniónicos, agentes de tensión superficial o surfactantes se encuentran en una gran variedad de productos, con múltiples aplicaciones.
2. Los tensoactivos mejoran la eficiencia del proceso en la producción de azúcar, pues reducen sensiblemente la viscosidad, aumentan la capacidad de los equipos y ayudan en la recuperación de la sacarosa.
3. La demanda de tensoactivos aumenta en el mundo, por el creciente uso de detergentes, cosméticos y productos de higiene personal.
4. Los sulfonatos de alquibenceno lineales (LAS), se encuentran entre los surfactantes sintéticos más usados.
5. La tecnología de saponificación para el tratamiento de la cera de caña presenta gran versatilidad, aunque el procedimiento de transesterificación puede ser utilizado en función del producto que se desee.
6. Se determina que la disolución de jabones de ácidos grasos, extraídos de la cera cruda presenta propiedades tensoactivas adecuadas; además, esta tecnología resulta novedosa, pues no existen antecedentes sobre este particular en la literatura consultada.
7. La inclusión de las tecnologías para la formulación de la emulsión y para la obtención de ácidos grasos constituye un aporte a la industria de los derivados de la caña de azúcar, pues resulta un punto de vista diferente en el tratamiento de este producto; además de que constituye una propuesta integral para el aprovechamiento de la cera cruda de caña.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, C.M. La industria de los surfactantes: Tendencias mundiales y perspectivas. Grupo de transferencia de tecnología, UNIVERSIDAD Industrial de Santander.Colombia.Email:malvarez@vis.educ.co.
2. Acevedo, V.P.; Montoya, A.M. Estudio de Pre factibilidad tecnico-economica para la obtención de detergente a partir de derivados de aceite de palmiste.Tesis de grado. Universidad de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicoquímica.Escuela de Ingeniería Química.Bucaramanga, 2009.
3. Cañete, R.; López, R. Manual de los derivados de la caña de azúcar. Imprenta MINAZ, La Habana, Cuba, 2000, pp-1-400.
4. Mentativa.com.Tensoactivos en cosmética natural.<https://www.mentativa.com>.
5. Ramírez, S.L. Síntesis, purificación y evaluación de surfactantes a partir de derivados de biomasa. Centro de investigación de química Aplicada.Salttillo.Coahuila.Agosto, 2019.
6. Salaguer, J.L. Surfactantes, tipos y usos. Cuaderno FIRP S300-A.Modulo de enseñanza en fenómenos interfaciales.Laboratorio de formulación, interfaces, remologia y procesos. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Química. Meria-Venezuela. (2002).
7. Salaguer, J.L. SURFACTANTES III. Surfactantes aniónicos. Cuaderno FIRP S302-PP. Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Química. Meria-Venezuela. (2004).
8. Retzman, N.; Herrera, J.A.; Peláez, M. Aplicación de los tensoactivos y antiespumantes en la industria azucarera. Atamexico.com.mx. <https://www.atamexico.com.mx>.(2018/11).nretzman@kebo.de,[pelae03z@gmail.com](mailto:pelae03z@gmail.com),[alvarez.joseramon@yahoo.es](mailto:alvarez.joseramon@yahoo.es).
9. Gutiérrez Moreno, P.L. Tecnología para la producción de agentes tensoactivos ecológicos derivados del azúcar. Revista ATAC, No. 1,1998.

10. Lago Mendoza, G., Duarte Vasallo, Estudio de algunas propiedades químico-físicas en agentes tensoactivos base sacarosa, de diferentes formulaciones. Revista ATAC, No.2, 1987, págs. 12-16.
11. Casdelo, N. Desarrollo de una tecnología integral de aprovechamiento de la cera cruda de caña., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Especialidad Ingeniería Química en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, 2005.
12. Díaz, M.; Hernández, E. Composición de la cera de caña de azúcar y el empleo de solventes para su extracción y fraccionamiento., Enfoque orientado a su aplicación., ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, Vol. 54, No. 3, 2020, pp. 18-24.