

## OBTENCIÓN DE $\text{CaCO}_3$ A PARTIR DE DESECHOS DE LA INDUSTRIA MEZCALERA.

Jesús Alejandro Salinas Montelongo  
María José Sierra Sánchez  
Sugeheidy Yaneth Carranza Bernal  
Leonardo Chávez Guerrero

### RESUMEN

El agave es una planta que pertenece a la familia de las agaváceas, es de hojas largas, fibrosa, de forma lanceolada y de color verde azulado, el cual se aprovecha principalmente para la elaboración de bebidas alcohólicas como el mezcal, cuya parte aprovechable para su elaboración es la piña o cabeza (tallo y base de sus hojas). Durante el proceso para elaborar dicha bebida, se obtiene un subproducto denominado bagazo, el cual está constituido por compuesto orgánico y diversos minerales. En el presente trabajo se demuestra la síntesis del  $\text{CaCO}_3$  a partir del producto de la combustión del bagazo. En el diseño de experimentos, se generan soluciones acuosas de diferente concentración, las cuales se dejaron reaccionar por 72 horas con el  $\text{CO}_2$  del ambiente para la obtención de una película de color blanco sobre la superficie acuosa. El producto obtenido sobre la superficie se caracterizó mediante SEM y difracción de rayos X. Los resultados mostraron que el producto está compuesto en su totalidad por  $\text{CaCO}_3$  de tipo calcita.

### PALABRAS CLAVES

Agave, bagazo, industria mezcalera, calcita.

### ORIGINALIDAD

Durante los años 2003 al 2007 se ha registrado que la exportación de  $\text{CaCO}_3$  hacia los demás países ha generado un valor promedio de \$6 952 910 dólares con un volumen de producción promedio de 63 543.62 toneladas. En estos últimos 4 años tanto en valor generado como el volumen de producción han disminuido considerablemente dándonos como resultado en el año 2013 un resultado de valor generado de \$5 085 332 de dólares y un volumen de producción de 14 381.233 toneladas, por tal razón la idea de obtener  $\text{CaCO}_3$  puro a través de desechos de la industria mezcalera. Ayudaría tanto el comercio interno y externo; además beneficiaría a las industrias de construcción, pintura, alimentaria y de salud, nacionales como internacionales. Esta idea está pensada para tener beneficios científicos económicos, y medioambientales. Al utilizar el bagazo estaríamos reduciendo desechos y también controlando las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera, ya que el único  $\text{CO}_2$  que se libera de la calcinación del desecho es el que absorbió la planta antes de ser procesada; además, dentro de la síntesis del  $\text{CaCO}_3$  este sistema de reacción atrapa  $\text{CO}_2$  de la atmosfera.

### INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, el mezcal, producto orgullosamente mexicano, ha ido ganando paulatinamente espacios entre la preferencia de los consumidores, pues ha sabido transmitir los verdaderos atributos que lo convierten en una de las bebidas más atractivas de todo el planeta.

El mezcal se produce usando *Agave salmiona*, *Agave angustifolia* y *Agave potatorum* <sup>[1,2]</sup>. Dentro del proceso de producción existe una serie de pasos principales: cocido, molienda, fermentación, destilado y añejado <sup>[2]</sup>. Uno de los subproductos de este proceso es el bagazo, obteniéndose 2,658

toneladas en base de humedad anuales <sup>[1,3]</sup>, utilizándose como combustible en la industria mezcalera o como abono con fines de agricultura <sup>[4]</sup>.

Dentro de la ceniza del bagazo calcinado se pueden extraer diversos compuestos, entre ellos el óxido de calcio (CaO), el cual fue absorbido por la planta como CaCO<sub>3</sub> precipitándose en sus tejidos en forma de calcita o aragonita <sup>[5]</sup>.

El carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) es una sustancia abundante en el entorno. La necesidad por la obtención de productos sustentables, ha llevado a realizar diferentes formas de extracción no contaminantes del CaCO<sub>3</sub>. Los cascarones de huevo y las algas rojas son claros ejemplos de esto. Esto ayuda a la reducción de desechos y lo más importante la disminución emisiones de CO<sub>2</sub> en el ambiente <sup>[6,7]</sup>.

Este compuesto tiene diversas aplicaciones en la industria del caucho, construcción, pintura, nutrición animal, salud, entre otros ámbitos. Es reconocido como un eficiente absorbente y separador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Se obtiene naturalmente de la piedra caliza o dolomita con una pureza de 97%. Su producción anual es de 14 381.233 toneladas en México con una valoración de \$ 5 085 332 dólares teniendo como principales compradores a Estados Unidos de América y Venezuela <sup>[8,9]</sup>. También se puede encontrar en las conchas y esqueletos de diversos organismos ya que es el principal componente del que están constituidos. <sup>[10,11]</sup>

El objetivo de este trabajo es obtener carbonato de calcio, en su grado de pureza óptimo a partir de un desecho de la industria mezcalera mediante un diseño de experimentos sencillos y por lo tanto escalables a nivel industrial. Se establecieron 5 concentraciones de CaO obtenido mediante la calcinación del residuo industrial y se mantuvieron en las mismas condiciones de reacción para los cinco sistemas. El producto obtenido fue caracterizado por medio del microscopio electrónico de barrido (SEM) y difracción de rayos X (DRX).

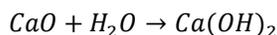
## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### Materiales

El bagazo utilizado fue recolectado de una fábrica de mezcal en la región de San Carlos, Tamaulipas. Este fue calcinado a 600 °C a presión atmosférica. El producto obtenido fue de nuevo calcinado pero en un crisol de alúmina a 900 °C produciéndose así, ceniza con alta concentración de CaO.

### Síntesis de CaCO<sub>3</sub>

En un vaso precipitado de 100 ml se disolvieron cantidades necesarias de CaO en agua desionizada según el diseño de experimentos para la preparación de 5 soluciones de diferente concentración (Tabla 1), llevándose a cabo el siguiente mecanismo de reacción:



**Tabla 1.** Diseño de experimentos en base a una variable

Muestra	Concentración Molar
1	0.021 M
2	0.0157 M
3	9.345X10 <sup>-3</sup> M
4	4.67 X 10 <sup>-3</sup> M
5	8.4 X 10 <sup>-4</sup> M

Se mantuvo en agitación constante con ultrasonido durante 5 minutos para después dejar reaccionar durante 36 horas bajo condiciones ambientales, obteniendo como producto final una película de color blanco opaco sobre la superficie de la solución (Figura 1). La película o el sobrenadante fue extraído y secado durante 5 horas a 60°C, Obteniéndose como producto final  $\text{CaCO}_3$  según el siguiente mecanismo de reacción:

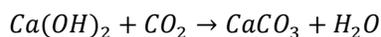


Figura 1. Observación de las 3 fases que se obtienen en el vaso de precipitado.

Se utilizaron las técnicas tradicionales de microscopía electrónica de barrido (MEB) y difracción de rayos X (DRX) para el análisis morfológico y microestructura así como la composición de las muestras obtenidas.

### Caracterización

La caracterización del  $\text{CaCO}_3$  sintetizado se llevó a cabo mediante microscopía electrónica de barrido (SEM por sus siglas en inglés). Las muestras para este estudio se prepararon sobre cinta de carbono y recubiertas con oro. El análisis de Difracción de rayos X se llevó a cabo con una radiación de  $\text{CuK}\alpha$  con una longitud de onda de 1.54 Å en sesiones de 20 minutos por cada muestra.

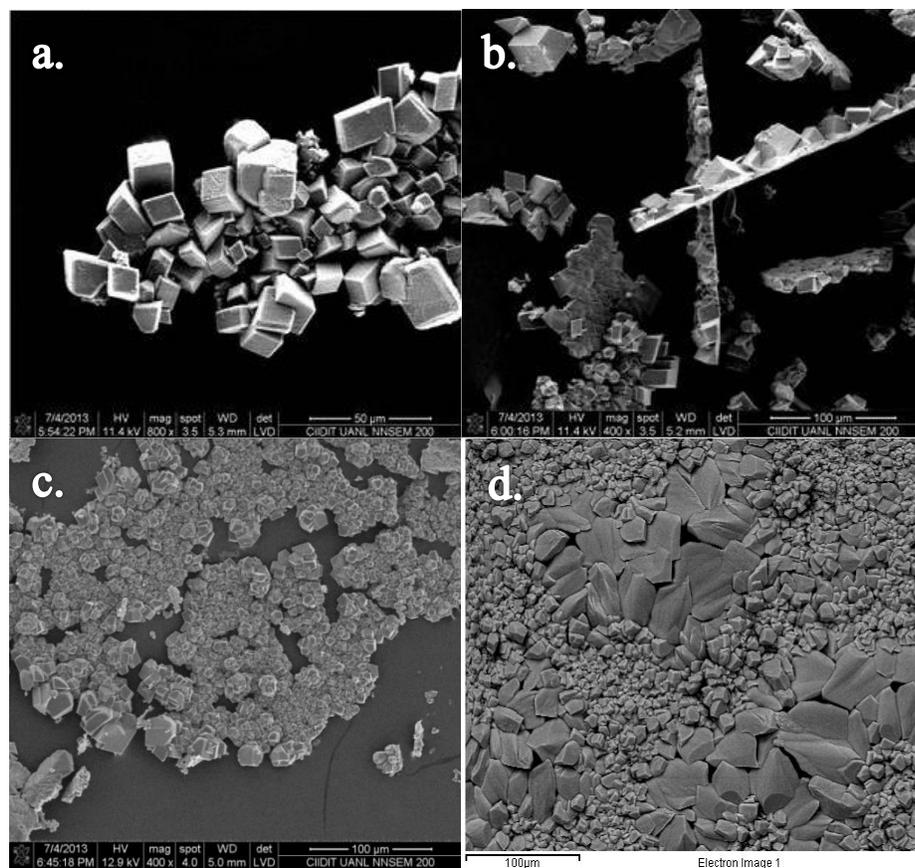
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Microscopía Electrónica de Barrido

Se determinó el crecimiento del  $\text{CaCO}_3$  de la película formada sobre la superficie de la muestra, mediante microscopía electrónica de barrido como se muestra en la figura 2, en la cual se observaron cristales de  $\text{CaCO}_3$  con tamaños que van desde 10 a 30  $\mu\text{m}$  (figura 2a), con crecimiento de forma cúbica, los cuales forman aglomerados que coalescieron hasta formar cristales de mayor tamaño.

En la figura 2b se muestra formación de los cristales de  $\text{CaCO}_3$  por un solo lado de la película, lo cual corrobora su crecimiento por encima de la superficie de la solución, ya que del lado contrario se observa una superficie plana, comprobando que el  $\text{CO}_2$  del ambiente reacciona con el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de la solución mediante difusión.

En la figura 2c podemos poner en claro que la formación de agregados es más evidente a concentraciones altas, ya que se observa un acrecentamiento en la aglomeración de cristales con una dispersión de tamaño mayor, además de favorecer la probabilidad de los diferentes crecimientos cristalinos característicos del  $\text{CaCO}_3$  como se muestra en la figura 2d.



**Figura 2** Micrografías de SEM tomadas a  $100\mu\text{m}$  y  $50\mu\text{m}$  (a y b), muestra las formaciones de las partículas, (c y b) Formación de agregado a concentraciones altas

En la figura 3 se muestran los patrones de difracción de rayos X de la muestra 3 con concentración intermedia. En el patrón obtenido en 20 minutos, coincide con los picos con respecto a los del  $\text{CaCO}_3$  (ideal) correspondientes a la fase de tipo calcita. Corroborando la síntesis de carbonato de calcio a partir de óxido de calcio y dióxido de carbono de la atmósfera.

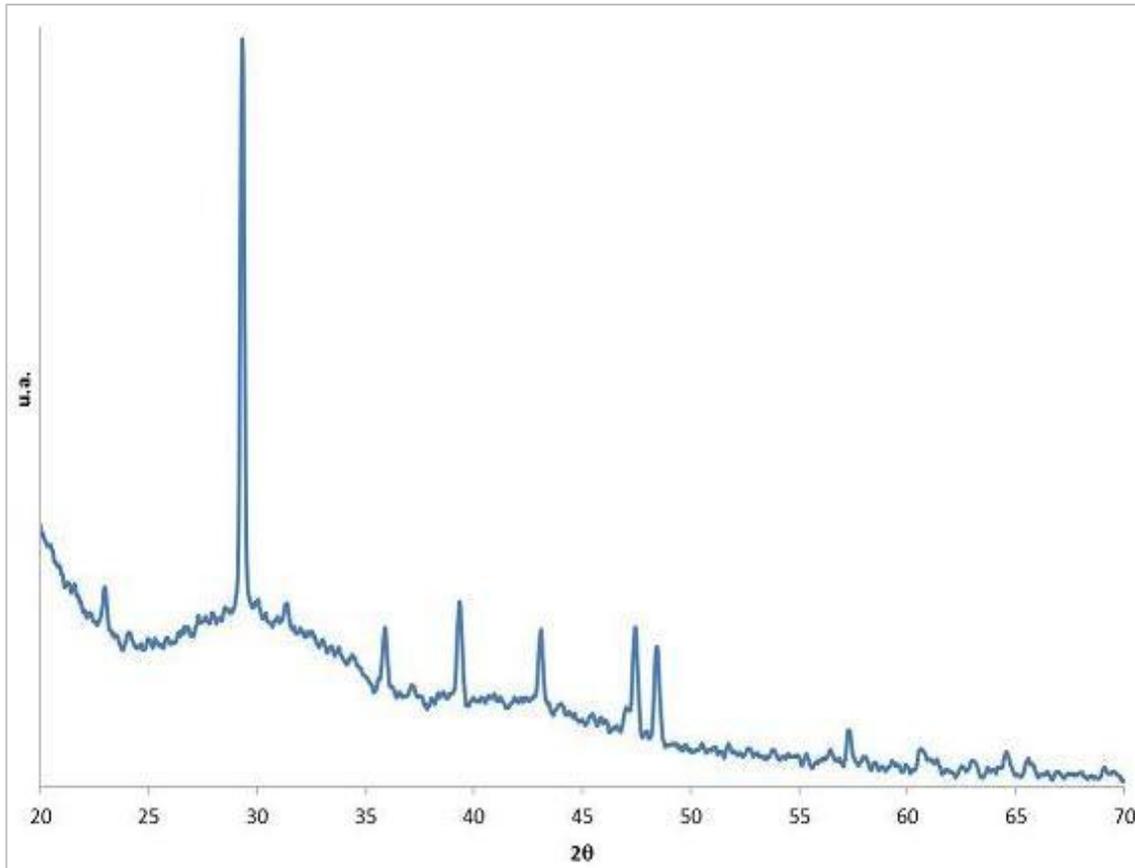


Figura 3. Patrón de difracción de rayos X de la muestra de carbonato de calcio.

## CONCLUSIONES

Se sintetizaron partículas de  $\text{CaCO}_3$ , usando  $\text{CaO}$  obtenido a partir de la calcinación del bagazo, producto del proceso de la producción de la industria mezcalera y considerado desecho orgánico industrial. Este producto de reacción fue obtenido sobre la superficie de la solución debido al  $\text{CO}_2$  de la atmósfera.

Mediante el análisis por Microscopía Electrónica de Barrido, fue posible observar el crecimiento cristalino de las partículas de un solo lado de la película, ya que el crecimiento se realizó sobre una superficie plana (superficie libre del agua).

Mediante el análisis por DRX, se pudo corroborar que la difracción correspondiente a los experimentos coinciden con el patrón de  $\text{CaCO}_3$  tipo calcita de la base de datos de equipo de DRX.

El tamaño de partícula y de cristal, depende principalmente de la concentración de  $\text{CaO}$  y de  $\text{CO}_2$  en el agua y el ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la M.C. Gabriela Margarita Martínez Cazares por su asistencia en el equipo de Difracción de Rayos X, ubicado en las instalaciones de la FIME, y al Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología (CIIDIT) por permitirnos el uso del Microscopio Óptico OLYMPUS y al Dr. Iván Moreno por su apoyo en el análisis por el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM, por sus siglas en inglés), ubicado en este mismo. Por último cabe mencionar el apoyo del Ing. Sergio Caballero.

## REFERENCIAS

1. Colunga-García P., Larqué A., Eguiarte L., Zizumbo- Villarreal D. (2007). En los encestal hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. México: CONABIO.
2. Antonio de León-Rodríguez, Pilar Escakante-Minakata, Ana P. Barba de la Rosa, Hans P. Blaschek. (2008). Optimization of Fermentation Conditions for the Production of the Mezcal from Agave salmiona Using Response Surface Methodology. Chemical Engineering Processing, Volumen 47, 76-82.
3. Armando Baena González. (IPICYT 2005). Aprovechamiento del Bagazo de Maguey Verde (*Agave salmiona*) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la Producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales.
4. Chávez Guerrero, Leonardo. (2010). Uso del bagazo de la industria mezcalera como materia prima para generar energía. Ingenierías, Vol. XIII, No. 47.
5. Mustakimah Mohamed, Suzana Yusup, Saikat Maitra. (2012). Decomposition Study Of Calcium Carbonate In Cockle Shell. Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 7, No. 1.
6. Tarig A. Hassan, Vijaya K. Rangari and Shaik Jeelani. (2014). Biopolymer Nanocomposites from Waste Eggshell-Based CaCO<sub>3</sub> Nanoparticles as Filler. ACS Sustainable Chem, 2 (4), 706–717
7. D Frgado, F Ramirez, A Rodriguez. (2010). Caracterización del biomineral CaCO<sub>3</sub> en algas rojas coralinas (Corallinales) de las costas del Pacífico mexicano. Ciencias Marinas, 36(1), 41–58.
8. Secretaría de economía. (2014). Ficha informática permiso previo para la importación definitiva de operaciones especiales mercancías destinadas para la investigación científica y tecnológica, y de desarrollo tecnológico. Recuperado de <http://www.siicex.gob.mx/portalSiicex/Transparencia/Permisos/archivos/Fichaspermisos/FICHA%20INFORMATIVA%20INVESTIGACION%20Y%20DESARROLLO.pdf>
9. Sistema de información arancelaria Vía Internet. (2014). Comercio Anual de la fracción arancelaria 28365001. Recuperado de <http://www.economia-snci.gob.mx/>
10. Juncal A. Cruz, Nuria Sánchez Pastor, Sohyun Park, Alexander M. Gigler, Lurdes Fernandez Díaz. (2009). Cristalización de CaCO<sub>3</sub> en Presencia de Cr(VI). Sociedad Española de Mineralogía, Vol. 11, pp. 69.
11. Kh. Nurul Islam. (2012). Facile Synthesis of Calcium Carbonate Nanoparticle from Cockle Shells. Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2012, pp. 5.