

De naranjas a carbonatos:

un aporte a la transformación del CO₂

Aída Luz Villa Holguín

Docente

Ph. D. en Ciencias Biológicas

aida.villa@udea.edu.co

Carina Mosquera Bonilla

Química industrial, estudiante de

Maestría en Ciencias Químicas

yiceth.mosquera@udea.edu.co

Diana Marley Isaza Ciro

Estudiante de Ingeniería Química

diana.isazac@udea.edu.co

Compuestos obtenidos a partir de la molécula responsable del olor característico de las cáscaras de naranja podrían ser una alternativa para la disminución de emisiones de dióxido de carbono, al atraparlo y formar compuestos útiles con varias aplicaciones.



l olor de las cáscaras de la naranja se debe a las moléculas presentes en el aceite esen-

cial que se encuentra en ellas. Este aceite es una mezcla de compuestos químicos que les dan el aroma y el sabor característicos a las plantas, hojas y frutas. El de la naranja en particular puede extraerse de la cáscara de la fruta de diferentes formas. Una de ellas, por ejemplo, consiste en hacer pasar vapor de agua que arrastra los componentes volátiles que contiene. El aceite generalmente es utilizado como agente anticancerígeno, insecticida y bactericida, también en la fabricación de fragancias, sabores, cosméticos y jabones, y como agente antioxidante para prevenir enfermedades como la hipertensión, la diabetes y la arteriosclerosis.

Más que un olor, moléculas de un potencial reactivo químico

Del aceite esencial que se obtiene de la naranja también pueden obtenerse reacti-

vos útiles en la fabricación de productos que usamos cotidianamente. Este es el caso del limoneno, el principal compuesto químico presente en el aceite esencial de naranja cuya transformación con una fuente de oxígeno genera el epóxido de limoneno como una etapa intermedia para obtener sustancias de mayor valor y con más aplicaciones que el aceite esencial.

En el grupo de investigación de la Universidad de Antioquia Catálisis Ambiental, contamos con una línea de investigación que se centra en la transformación de diferentes compuestos presentes en los aceites esenciales. Para estas transformaciones utilizamos catalizadores sólidos, materiales que, preparados en el laboratorio permiten (en condiciones económica, ambiental y energéticamente favorables) que los compuestos presentes en los aceites esenciales sean transformados mediante diferentes reacciones en otros productos de mayor valor comercial como compuestos oxigenados que incluyen aldehídos, alcoholes y cetonas relevantes en múltiples aplicaciones industriales relacionadas con la industria de fragancias, medicamentos, sabores. En esta oportunidad, y con el apoyo del CODI, nos enfocamos en la transformación del epóxido de limoneno que, recordemos, es obtenido a partir del aceite esencial extraído de la cáscara de naranja, como un reactivo de interés para la conversión química del dióxido de carbono —CO₂— a carbonato de limoneno.

Carbonato de limoneno: una alternativa para disminuir las emisiones de CO₂

Este enfoque de transformación del epóxido de limoneno y el CO₂ surge como una alternativa del CO₂ ante el hecho de que las concentraciones de este gas en la atmósfera son cada vez mayores, al igual que sus impactos negativos sobre la Tierra y todos los seres vivos que la habitamos. El CO₂ atmosférico ha aumentado debido a procesos humanos (IPCC, 2021) y, por ejemplo, el aumento del flujo de este gas desde la atmósfera hasta el océano afecta los ecosistemas marinos al disminuir su pH o provocar un fenómeno llamado acidificación de los océanos, que pone en alto riesgo la vida de los corales. Colombia no está exenta de las consecuencias del cambio climático. El incremento de la temperatura del planeta no solo se manifiesta en intensas olas de calor y eventos extremos de lluvia, sino también en consecuencias negativas para los ecosistemas del país, como la pérdida de hábitats y biodiversidad, contaminación y reducción

de la cantidad del agua, incrementos en el régimen de lluvias y sequías, erosión y pérdida de nutrientes del suelo, la pérdida de áreas de glaciar, entre otras.

Es por esto que surge la necesidad de buscar e implementar métodos que nos permitan contribuir a la disminución de la concentración de CO₂ en la atmósfera y, así mismo, a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, en este caso de CO₂. Algunos métodos para lograr esto consisten en la captura y conversión del CO₂ en combustibles sintéticos como metanol, etanol y otros hidrocarburos utilizando energía renovable o en incorporarlo en la fabricación de materiales de construcción como el hormigón y el cemento. Adicionalmente, el CO₂ puede ser utilizado como materia prima para la producción de compuestos químicos como urea, polímeros y carbonatos. Debido a su origen de fuentes renovables, entre las alternativas de mayor interés está la conversión química del CO₂ y del epóxido de limoneno derivado del aceite esencial de naranja para producir un carbonato llamado carbonato de limoneno. Esta transformación es de interés porque es una alternativa de solución en la que el CO₂ pasa de ser un agente que contribuye al calentamiento

de la atmósfera a una materia prima. Adicionalmente, el carbonato de limoneno obtenido del CO₂ y del epóxido de limoneno es un compuesto biobasado, esto es, que se obtiene de la biomasa (cáscara de las naranjas), lo que le confiere características y propiedades deseadas en diferentes procesos industriales.

Transformar un gas de efecto invernadero con un compuesto de olor agradable en un producto valioso en procesos industriales

En el proceso de transformación del CO₂ y del epóxido de limoneno, que puede ser obtenido por transformación de compuestos de la cáscara de naranja, es necesario el uso de un catalizador o sustancia de ayuda en la reacción química. Este catalizador se adiciona, con el epóxido y el CO₂, que aunque no se consume en el proceso, ayuda a reducir la energía necesaria para que el CO₂ y el epóxido reaccionen, lo que facilita la inserción del CO₂. Para obtener los carbonatos cíclicos a partir del epóxido y el CO₂, el catalizador que se escoja es fundamental para que la reacción se facilite. Es por ello que en el grupo de investigación preparamos sólidos que contuvieran metales y partes de dichos sólidos con características necesarias para que, al estar presentes el epóxido y el CO₂, se generaran los cambios en las moléculas que permitieran la formación del producto buscado. Además del catalizador, también se debe buscar la temperatura y la presión adecuadas, pues influyen en la cantidad y la rapidez con que se forma el carbonato cíclico en el recipiente (reactor) en el que se encontrarán el epóxido, el CO₂ y el catalizador. La explicación del proceso de transformación del CO₂ y el epóxido de limoneno se representa mediante la infografía que también presenta el procedimiento con el que se obtiene el limoneno de la cáscara de naranja.



DE CÁSCARAS DE NARANJA A CARBONATO DE LIMONENO

La naranja es el cítrico más cultivado en el mundo, pero la gestión de los residuos derivados de la industria frutal sigue siendo un problema global. La transformación de sus cáscaras en un compuesto que podría ayudar a reducir el CO₂ atmosférico abre la puerta a la investigación de reactivos útiles en la lucha contra el cambio climático.

CO₂



La transformación del epóxido de limoneno y el CO₂ es una alternativa que surge ante el aumento de las concentraciones de este gas de efecto invernadero que afecta el clima de la Tierra y genera impactos negativos en los ecosistemas y en todos los seres vivos.



El incremento del CO₂ atmosférico, causado por actividades humanas, está afectando los ecosistemas marinos al disminuir el pH del océano, con un impacto significativo en la vida marina.



Colombia enfrenta graves consecuencias del cambio climático, como la pérdida de hábitats, la disminución de la biodiversidad y **la pérdida de un 90 % del área glaciar desde el siglo XVIII.**

Obtención del epóxido del limoneno

1



Cáscaras de naranja

2



Aceite esencial de naranja

3



Oxidación
Epóxido de limoneno

El aceite esencial de naranja contiene entre **90 %-98 %** de limoneno.

Con **27 g** de limoneno se obtienen **23 g** de epóxido de limoneno.



A partir de las cáscaras de naranja se puede obtener un aceite que contiene el limoneno, que, además de ser útil como aromatizante y saborizante, se puede oxidar en compuestos de utilidad en varias industrias.

Reacción de carbonatación

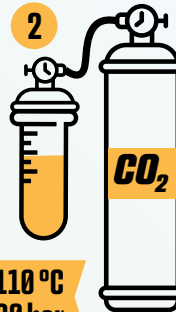
1



Catalizador, co-catalizador, epóxido de limoneno

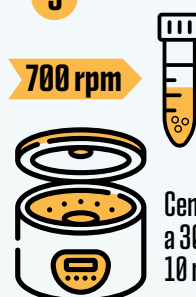
700 rpm

2



110 °C
30 bar

3



700 rpm

Centrifugar a 3000 rpm, 10 min

4



Catalizador



Productos de reacción



Carbonato de limoneno



De la oxidación del limoneno se produce un compuesto que en presencia de CO₂ y otras sustancias genera el carbonato de limoneno, que se considera un compuesto biobasado por obtenerse a partir de biomasa.

Aplicaciones del carbonato de limoneno



Productos antibacterianos



Baterías de teléfonos móviles



Plásticos biodegradables



Fabricación de caucho



El aceite esencial extraído de las cáscaras de la naranja, al someterse a procesos de oxidación, genera un reactivo importante en la transformación de CO_2 .
Fotografía: Freepik.es

Al terminar la reacción, debemos determinar cuánto del epóxido de limoneno, que se obtuvo por transformación del aceite esencial de naranja, se convirtió a carbonato de limoneno, es decir: cuál fue la conversión del epóxido y que cantidad de carbonato de limoneno obtuvimos en nuestros experimentos. Estos estudios los realizamos con una serie de equipos que nos permitieron identificar los cambios químicos en las moléculas y determinar en qué proporción cambió el reactivo inicial y cuánto se formó del producto deseado.

Así, pudimos determinar si las selecciones que hicimos de catalizador, temperatura, presión y tiempo eran adecuadas para que de la reacción del epóxido de limoneno y CO_2 se obtuviera principalmente el carbonato de limoneno. Encontramos que el 59 % del epóxido adicionado se transformó y que, de lo transformado, el 98 % era carbonato de limoneno, lo cual se entiende como un avance en la transformación de CO_2 con aceites esenciales, pues ha sido un proceso poco estudiado en presencia de catalizadores sólidos. Adicionalmente, pudimos separar el sólido y utilizarlo en varias reacciones después de un tratamiento previo, y así evitamos utilizar en cada reacción un catalizador nuevo.

Con este trabajo no solo encontramos una nueva forma de utilizar y transformar el CO_2 , sino que también logramos la síntesis de un compuesto biobasado mediante la

Esta transformación es de interés porque es una alternativa de solución en la que el CO₂ pasa de ser un agente que contribuye al calentamiento de la atmósfera a una materia prima

reacción del CO₂ con el epóxido de limoneno. Y es que el carbonato de limoneno obtenido del CO₂ y del epóxido de limoneno, obtenido a su vez por la transformación del aceite de la cáscara de naranja, se posiciona como un compuesto renovable y de base biológica para diferentes aplicaciones en diversas industrias y para la fabricación de productos que usamos en nuestra vida diaria, como el caucho, las baterías de iones de litio que se encuentran en los teléfonos móviles, los plásticos biodegradables y los productos antibacterianos.

Finalmente, con nuestro trabajo de investigación encontramos una forma de dar valor agregado al procesos de transformación del CO₂, utilizando un compuesto derivado del aceite esencial de naranja para la producción de un compuesto biobasado como el carbonato de limoneno. Aún requerimos de más estudios que nos permitan obtener este compuesto a gran escala y a menores temperaturas y presiones, pero los resultados de esta investigación son relevantes para identificar que el catalizador utilizado es útil para esta reacción en la que principalmente obtenemos un producto útil a partir de un gas de efecto invernadero. **X**

Glosario

Biobasado: Productos y materiales que se derivan de materias primas renovables en lugar de fuentes fósiles como el petróleo.

Carbonato de limoneno: producto que en su estructura química contiene un ciclo adicional al del limoneno por la reacción del epóxido de limoneno con el dióxido de carbono.

Es un compuesto biorrenovable porque se obtiene de la biomasa.

Epóxido de limoneno: Compuesto químico oxigenado obtenido a partir del limoneno y una fuente de oxígeno que se puede utilizar para obtener carbonato de limoneno.

Limoneno: Es la sustancia natural principal que compone el aceite de cítricos como la naranja.

Este texto hace parte del proyecto de investigación «Fijación de CO₂ en epóxidos de aceites esenciales para la síntesis de carbonatos cíclicos mediante procesos catalíticos heterogéneos», CODI 2020-33471.