

## YERBA MATE COMO CO-PRECURSOR EN LA SÍNTESIS DE SÍLICE MEDIANTE LA TECNICA DE SOL-GEL

R. Arreche\*, F. Cordero Castaño, P. Vázquez

*Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge J. Ronco”  
(CINDECA, CONICET-CIC-UNLP), 47 N° 257 (B1900AJK) La Plata, Argentina.*

*\*Correo electrónico del autor de correspondencia: arrecheromina@gmail.com*

Palabras claves: YERBA MATE, SOL-GEL, SILICE, BIO-RESIDUO, BIOMASA

### RESUMEN

El método sol-gel abrió una nueva vía de síntesis a temperatura ambiente, ya que permite controlar las propiedades de un material obtenido a partir de precursores líquidos muy puros, de forma que reúna las características necesarias para ser utilizado como membrana selectiva. En el presente trabajo se desarrollan sólidos cuya fase activa está formada por óxidos de silicio en conjunción con bio-moléculas presentes en las matrices vegetales utilizadas como fuente de biomasa específicamente a partir de yerba mate. La evaluación por medio de un seguimiento fotográfico de los estadios de yerba mate permitió establecer cuándo un material vegetal podría ser considerado de descarte por su apariencia o carácter organoléptico. Asimismo, el seguimiento fotográfico permitió monitorear el grado de solidificación que sufrió la sílice obtenida en presencia del bio-residuo utilizado. Además, el aporte en el uso de la técnica espectral como FT-IR otorga un panorama específico de las propiedades del material obtenido.

### Introducción

La escasez de recursos en nuestro planeta a raíz del uso indiscriminado de fuentes minerales o agrícolas para la manufactura de diversos productos y obtención de materiales ha contribuido a un incremento en la generación de residuos contaminantes con una amplia y variada gama de efectos para la salud y un importante riesgo para el medioambiente. El sector industrial, de la mano de la ciencia química, ha encarado el difícil desafío de implementar una nueva filosofía corporativa denominada Economía Circular, integrando alternativas amigables para el medioambiente donde la innovación tecnológica juega un papel central enfocándose en la reducción al mínimo nivel de la generación de residuos, recirculación o reutilización de los

desechos y, por supuesto, ahorrando en gasto energético o materias primas, creando empleos de calidad como negocios rentables. En base a los datos del último censo, son 41 millones de argentinos los que consumen en promedio 6,4 kg de yerba mate, por habitante por año. Según una investigación de mercados realizada en toda la Argentina, la yerba mate está presente en más del 90% de los hogares argentinos [1].

En este trabajo se busca la introducción en la síntesis sol-gel de matrices silíceas mediante el uso del bio-residuo de yerba mate para obtener un soporte que contenga propiedades que impliquen la disminución del uso de una fase activa o un formador de poros de origen comercial. Esta incorporación permitirá realizar aportes en las áreas de materiales, de síntesis amigables con el ambiente y buscará una solución a la interacción entre un precursor de sílice, un bio-residuo y las diferentes variables de síntesis para su uso como soporte en eco-catalizadores donde se buscan propiedades que actúen en forma conjunta para diferentes reacciones.

## Experimental

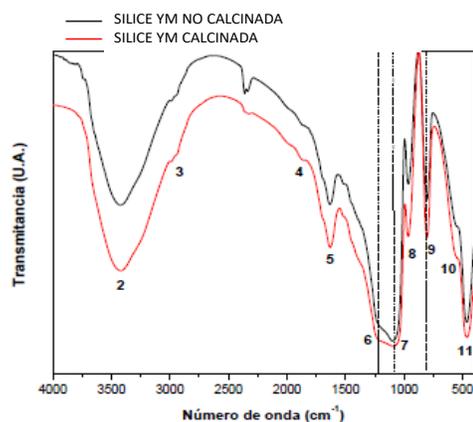
Una cantidad de 150 g de yerba mate comercial fueron pesados para luego ser introducidos en un embudo de decantación de 100 ml y filtrados con 200 ml de agua ultra pura (H<sub>2</sub>O) (a 70°C), extrayendo la infusión obtenida con la yerba mate. Se obtuvo un líquido homogéneo de color verde oscuro el cual no presentaba hojas, palos u otros sólidos. Dicho extracto líquido fue envasado y conservado en una botella de 500 ml de color caramelo. El procedimiento de síntesis se realizó dentro de una cámara con atmósfera controlada de nitrógeno (Atmosbag glove bag®), a temperatura ambiente. En primer lugar, se colocó dentro de un vaso de precipitado una porción del solvente, (etanol absoluto (30 ml), junto con 2,9 g del extracto de yerba mate (SYM). Se agregó a continuación TEOS (34 ml), la última porción del solvente (13,5 ml) y se adicionó una alícuota de H<sub>2</sub>O (10 ml). Posteriormente, la mezcla de reacción se retiró de la cámara y se continuó trabajando bajo campana de gases en condiciones ambiente. La síntesis se colocó en una platina con agitación magnética durante 2 h, a 500 rpm. Finalmente, el gel húmedo se dejó envejecer en el mismo medio a temperatura ambiente y presión atmosférica, hasta obtener partículas de sílice seca (Figura 1). Una vez seca la muestra se calcinó a 150°C, durante 1 h, y se colocó en un frasco color caramelo para su almacenamiento. Se realizaron diferentes caracterizaciones físico-químicas y electrónicas al gel obtenido calcinado y sin calcinar, SYMc y SYM, respectivamente.



**Figura 1:** Gel seco con cristales de sílice en formación

## Resultados y discusión

La espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) es una de las técnicas espectroscópicas más comunes utilizada para determinar los grupos funcionales químicos de una muestra sólida. Esta técnica ha sido ampliamente usada en la caracterización de materiales sol-gel, permitiendo alcanzar un conocimiento extenso de las relaciones entre el espectro FT-IR, las propiedades del material y la estructura a nivel atómico [2]. En la Figura 2 se presentan los picos característicos dentro del rango estudiado para la sílice YM (calcinada y no calcinada).



**Figura 2:** Espectro de FT-IR de la sílice obtenida con extracto de Yerba Mate.

Para la sílice sol-gel es posible apreciar cuatro bandas localizadas en 460 (número **11**), 800 (número **9**), 1080 (número **7**) y 1200 (número **6**)  $\text{cm}^{-1}$ , que corresponden a vibraciones de enlaces silicio-oxígeno y pueden ser clasificadas por el tipo de movimiento del átomo de oxígeno respecto a los átomos de silicio en balanceo, flexión y estiramiento. La banda en las cercanías de 2250  $\text{cm}^{-1}$  corresponde al espectro de fondo de la medida de FT-IR. Las bandas a 1200 y 1080  $\text{cm}^{-1}$  son asignadas a los modos de estiramiento asimétrico del enlace Si-O-Si y la vibración a 800  $\text{cm}^{-1}$  es asociada al stretching simétrico del enlace Si-O-Si. En los valores de número de onda menores, la banda localizada alrededor de 560  $\text{cm}^{-1}$  es atribuida a la deformación de anillos siloxanos de cuatro miembros (ciclotetrasiloxanos), ellos pueden constituir una gran fracción de

las especies oligoméricas presentes en los sistemas derivados de TEOS. Se observan tres bandas adicionales características de la sílice xerogel, en los rangos  $4000-3000\text{ cm}^{-1}$  (3778 es la número **1** -no mostrada-, y las otras asignadas a los números **2** y **3**) son asignadas a las vibraciones de estiramiento de las moléculas de agua con enlaces puente-hidrógeno y grupos silanoles en la superficie de la sílice (OH y SiO-H). La banda a  $1640\text{ cm}^{-1}$  es asignada a la deformación de agua molecular y resulta de las deformaciones angulares de O-H en  $\text{H}_2\text{O}$ . Esta banda está asociada con la adsorción de agua sobre la superficie de la muestra sintetizada. Existe también una contribución cerca de  $1650\text{ cm}^{-1}$ , la cual puede ser debida a etanol residual. A su vez, en la Figura 2 se exhiben las bandas características de un material lignocelulósico. La banda ancha observada en la región de  $3700$  a  $3000\text{ cm}^{-1}$  puede atribuirse a la vibración de estiramiento de los grupos  $\text{OH}^-$  presentes en los compuestos como la lignina y la celulosa. Las dos bandas en  $2986$  y  $2936\text{ cm}^{-1}$  pueden atribuirse a la vibración de estiramiento de los grupos  $-\text{CH}$ ,  $-\text{CH}_2$  y  $-\text{CH}_3$  en restos alifáticos de celulosa, lignina y hemicelulosa. Las bandas entre  $1800$  y  $1540\text{ cm}^{-1}$  se deben al estiramiento de carbonilo en ésteres, amidas, ácidos y otros compuestos como xantinas y saponinas.

## Conclusiones

El presente trabajo está enfocado en el desarrollo de nuevos materiales con el objeto de disminuir al máximo la generación de residuos industriales y urbanos. Asimismo, los altos costos de disposición de los residuos, que deben ser asumidos por las empresas generadoras en el caso de las industrias agrícolas, hacen que estos se transformen en un problema no solo ambiental sino económico. Particularmente, el uso de la yerba mate para la obtención de sílice es una alternativa de mitigación a la generación de residuos agrícolas/domésticos otorgándoles un valor agregado muy significativo. Por eso, el aprovechamiento de este tipo de residuos se convierte en una estrategia ambiental y económica adecuada para el manejo de subproductos. En el caso presentado de los residuos de la yerba mate, se observan resultados alentadores para las sílices obtenidas, debido a la homogeneidad de los sólidos sintetizados y su rápida solidificación. Además, de los distintos usos de la sílice en los diferentes productos como soportes catalíticos, catalizadores, en los insumos farmacéuticos y cosméticos, entre otros.

## Referencias

- [1] Fuente: INYM (Informe del Sector Yerbatero), (1) Voices & Research 2017
- [2] Tesis Doctoral: Romina Arreche (2016): Inclusión de Ag en materiales basados en sílice y circonia, sintetizados por el método sol-gel, para su aplicación como aditivos antimicrobianos en pinturas.