

# Materiales para la Captura de Energía Solar

F.F. Muñoz <sup>1,\*</sup>, H.J. Fasoli <sup>2</sup>, M. Poiasina <sup>1</sup>, C. Corbellani <sup>1</sup>,  
P.F. Orte <sup>1</sup>, P. Pomo <sup>1</sup>, L.M. Cabezas <sup>3</sup>, L.M. Acuña <sup>1</sup>,  
R.O. Fuentes <sup>4</sup> y M.D. Cabezas <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Investigación y Desarrollo Estratégico para la Defensa, UNIDEF (CITEDEF-CONICET), Villa Martelli, Buenos Aires

<sup>2</sup> Laboratorio de Hidrógeno, FIE, UNDEF, CABA. Laboratorio de Química, FICA, UCA, CABA

<sup>3</sup> Estudiante en Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA, CABA

<sup>4</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, CNEA-CONICET, Gral. San Martín, Buenos Aires  
[fmunoz@citedef.gob.ar](mailto:fmunoz@citedef.gob.ar)

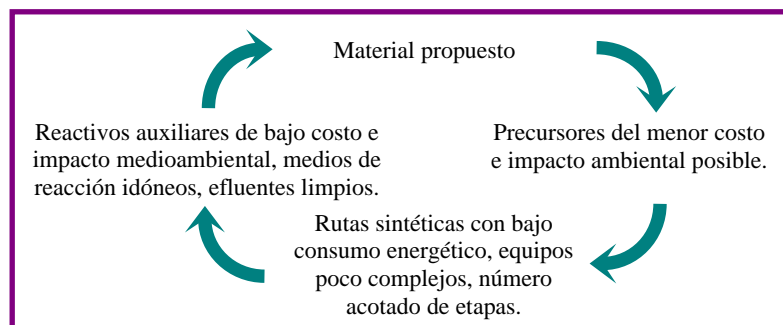
**Resumen.** En el presente trabajo se reseñan brevemente las ventajas y desventajas que supone la aplicación de los preceptos de la química verde (una rama de la síntesis química que enfatiza el cuidado del medioambiente en cada etapa de la obtención del material deseado) aplicado a la obtención en escala laboratorio de los compuestos para la conversión fotocatalítica aplicada a la producción de hidrógeno a partir de agua.

**Palabras clave:** Energía Solar, Desarrollo Local de Materiales para Energía, Reducción de Costos de Producción de Energías Limpias.

## 1 - Introducción

Un material puede poseer propiedades que lo hacen idóneo para las aplicaciones deseadas, pero si el costo de los precursores y sustancias auxiliares para la síntesis (solventes, complejantes) es elevado, o los equipos necesarios para las diversas etapas son complejos (salas limpias, alto vacío, atmósfera inerte o libre de humedad), el esquema resulta prohibitivo. Por otra parte, el manejo de efluentes contribuye al riesgo de una espiral de complicaciones, así como la manipulación de sustancias peligrosas o nocivas.

El esquema presentado a continuación resume el planteo de cuidado de costos, complejidad, riesgos y cuidado de medioambiente en las etapas de la síntesis de un material desde el punto de vista de la química verde [1].



En la práctica, no existe una ruta sintética que reúna todas estas condiciones. Sin embargo, a lo que se apunta es a optimizar o minimizar el impacto del mayor número de pasos posible.

## 2 - Discusión

En todo material aplicado a fines catalíticos, es un requerimiento la alta área específica, condición necesaria para la buena actividad del material; directamente relacionada con tamaños de partícula o cristalita de escala nanométrica.

Tradicionalmente, se usaba el método cerámico, con reacciones a muy altas temperaturas involucrando la mezcla de los óxidos metálicos necesarios, seguidos de ciclos de molienda. Todo esto era prohibitivo por la energía y tiempo consumidos.

Es más ventajoso aplicar síntesis pertenecientes al ámbito de la química suave, que apuntan al uso de precursores que provean el material deseado a temperaturas mucho más bajas, así como un tratamiento posterior del sólido preliminar menos drástico [2].

La química suave implica menor consumo de energía y pasos sintéticos menos complejos, así como condiciones menos peligrosas. Así, existe más de un aspecto en común entre química suave y química verde, presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Métodos más comunes e idóneos de la química suave. Se enfatizan sus ventajas y desventajas desde el punto de vista de la química verde.

Método de síntesis	Característica principal	Ventajas	Desventajas
Descomposición de un precursor	Cationes complejados en solución	Reactivos y medios de reacción simples	Postratamiento a altas temperaturas
Síntesis hidrotérmica	Control morfológico a través de coprecipitación en un medio a alta presión y temperatura	Reactivos simples, efluentes con bajo postratamiento	Reactores costosos, tiempos de reacción elevados
Sol-gel	Control muy alto del proceso fisicoquímico	Altas áreas específicas, bajos tamaños de cristalita	Precusores costosos (alcóxidos), reactivos auxiliares nocivos
Confinamiento en membranas	Polycarbonato poroso que provee el tamaño deseado	Morfología altamente controlada	Equipamiento costoso, baja masa
Microemulsión inversa	Confinamiento del material (micelas inversas)	Postratamiento simple	Medios de reacción y efluentes nocivos

### 3 - Ejemplos

Dentro de la fotocatalisis, es casi inevitable el planteo de materiales basados en titanio, ya sea el óxido puro o dopado con otros elementos, o el uso de perovskitas [3].

Precisamente el Ti es un ejemplo paradigmático de lo planteado, debido a que sus precursores clásicos son sustancias difíciles de manejar, ya que el Ti no tiene un precursor simple que provea al catión  $\text{Ti}^{4+}$  en solución.

Es necesario usar precursores complicados, caros y peligrosos: los más usados son  $\text{TiCl}_4$  (que se hidroliza muy fácilmente y libera HCl corrosivo), o diversos alcóxidos (que precisan de solventes anhidros).

Todos estos manejos implican un riesgo permanente de evolución descontrolada a  $\text{TiO}_2$  amorfo, sin ningún control sobre tamaño y morfología.

Para evitar estas dificultades existen métodos indirectos para obtener Ti(IV) estabilizado por medio de más de un equilibrio. Uno de los más usados es la disolución del metal en medios acuosos con complejantes muy afines, como los ácidos hidroxicarboxílicos (cítrico, tartárico, glicólico). Sobre la base de lo expuesto, nuestro trabajo consiste en desarrollar la síntesis de los precursores mediante este complejo, proveyendo así de las características deseadas de fácil manejo, además de ser poco nocivo, relativamente barato; y permitir el uso de condiciones de reacción más simples.

### 4 - Conclusiones

Al proponer los lineamientos de la química verde, una importante y positiva consecuencia es la posibilidad de prever en cada ruta que se presente, los resquicios donde incluir mejoras similares.

Un aspecto saliente (y complicado de lograr) lo constituye la predicción de qué elementos pueden sustituir a otros en el material, donde el mismo conocimiento de la identidad fisicoquímica permite proponer alternativas.

Finalmente, debe señalarse que el objetivo mayor de la química verde es conseguir rutas modificadas que hagan que todo material pueda ser razonablemente encarado en toda unidad de laboratorio, democratizando su proceso de obtención.

### 5 - Referencias

1. S. K. Sharma, A. Mudhoo (eds.); Green chemistry for environmental sustainability. CRC Press, Taylor & Francis Group (2011).
2. C. N. R. Rao, J. Gopalakrishnan; New Directions in Solid State Chemistry (2<sup>nd</sup> ed.), Cambridge University Press (1997).
3. J. L. G. Fierro (ed.), Metal Oxides: Chemistry and Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group (2006).