

PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CELDAS GRÄTZEL, UNA ALTERNATIVA AGROVOLTÁICA.

DR. JORGE ARTURO MONTES GUTIÉRREZ, M.C. GUILLERMO BERNAL MARTÍNEZ, DR. ÓSCAR EDÉL CONTRERAS LÓPEZ

L

as celdas solares han dado respuesta en la solución de crisis energética global y el desarrollo de estas en el efecto fotoeléctrico han permitido atender necesidades específicas de sectores específicos (Nkuissi, et.al., 2020).

En la actualidad existe un gran debate sobre el costo-beneficio de fabricación de las celdas solares, ya que es conocido que la posibilidad de producir una celda solar de Si policristalino puede generar residuos ambientales derivados de los precursores en su fabricación, sin embargo, no son las únicas celdas solares, cómo por ejemplo se cuentan con las celdas Grätzel (que llevan el nombre de su inventor) las cuales proponen materiales y métodos de síntesis más amigables con el medio ambiente.

Las celdas de tipo Grätzel, o bien, celdas sensibilizadas con tintes (DSSC, por sus siglas en inglés Dye-Sensitized Solar Cells) presentan la característica principal de utilizar tanto tintes inorgánicos como orgánicos combinados con electrodos nanoestructurados (Guerra, 2014). La generación de portadores de carga y el mecanismo de transporte ocurre en distintos sitios a diferencia de las celdas convencionales. Primeramente, la luz solar pasa a través de las primeras capas transparentes de vidrio y ITO (electrodo transparente de óxido de indio y estaño) hasta interactuar con la capa de TiO_2 y el colorante donde es la luz quimiabsorbida y se generan los electrones que serán movillizados por el electrolito y colectados por los electrodos de ITO y/o Pt (Gong, et.al., 2017).

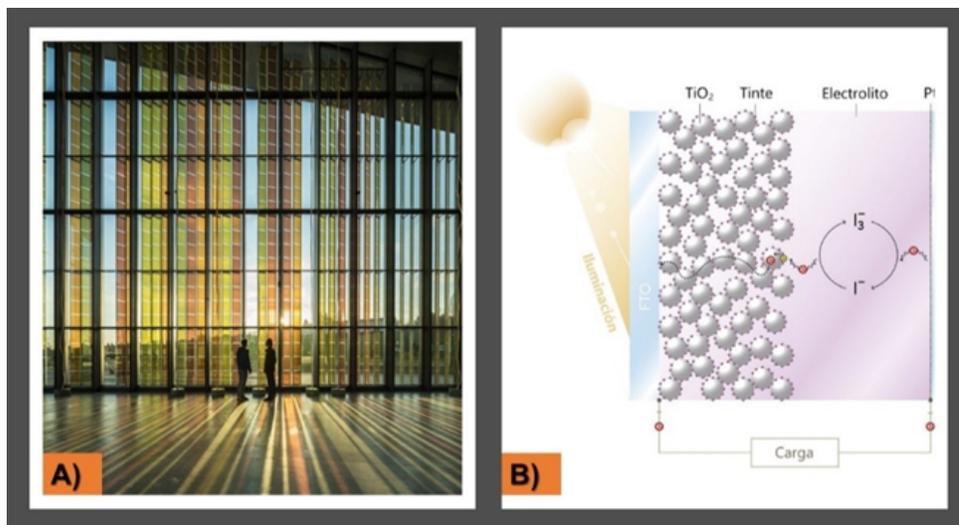


Figura 1. A) Centro de convenciones Swiss Tech con ventanas hechas de celdas Grätzel. B) Principio de funcionamiento de una celda Grätzel.

MÉTODO DE FABRICACIÓN

Las celdas fotovoltaicas de Si policristalino son criticadas en lo posible por la alta toxicidad de los precursores con los cuales son fabricadas, entre ellos se tienen silano (SiH_4 g), cloruro de silicio (SiCl_4 g) y cloruro de hidrógeno (HCl g) que son utilizados en procesos de depósitos de vapores químicos (CVD, por sus siglas en inglés chemical vapor deposition) (Nkuissi, et.al., 2020).

Para las celdas de tipo Grätzel se utiliza un conjunto de métodos para su fabricación que cuentan con un mejor control de precursores de baja toxicidad. En el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNyN-UNAM) se ha propuesto una metodología para la fabricación de celdas de tipo Grätzel que se describe a continuación: (1) erosión iónica (sputtering) con la cual es posible depositar ITO (contacto transparente) como Pt (contra-contacto metálico), (2) recubrimiento por centrifugación (spin coating) para recubrimiento de nanopartículas de TiO_2 , (3) recubrimiento por inmersión (deep coating) para el colorante y (4) por goteo para el electrolito, posteriormente se coloca el contra-contacto y se sujetan con unas pinzas para garantizar su adherencia. Este conjunto de técnicas son de bajo costo de producción, alta pureza de depósito de material, baja contaminación y alto radio de depósito.

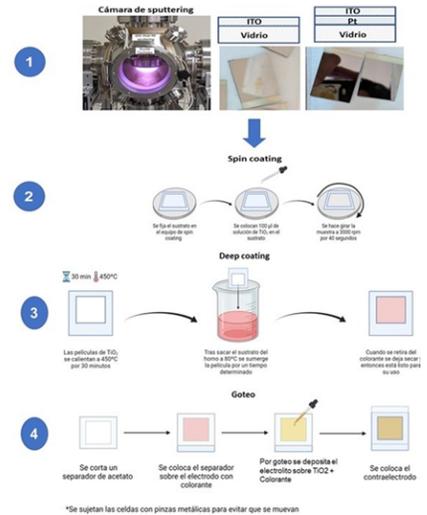


Figura 2. Proceso de fabricación de una celda Grätzel

APLICACIÓN AGROVOLTÁICA DE CELDAS GRÄTZEL

Una de las características principales que presentan las celdas de tipo Grätzel es la semitransparencia ofreciendo la oportunidad de administrar la luz desde el UV al IR dependiendo del colorante. Durante décadas se ha estudiado el efecto de la luz en las plantas, se comprende la posibilidad de mejorar cultivos en ambientes controlados de luz, temperatura y humedad utilizando filtros específicos para cada tipo de planta. Las celdas de tipo Grätzel ofrecen una alternativa sustentable e innovadora para ser utilizadas como filtros de luz y generadoras de electricidad en invernaderos (Duva, et.al., 2016) (ver figura 3). La clave para mejorar la productividad es comprender el manejo de transmitancia de luz, por ejemplo, el paso de luz IR contribuye a la carga térmica de los invernaderos ayudando a controlar las temperaturas bajas del exterior y el paso de luz en N-IR se asocia a la colección energía que puede ser almacenada y reutilizada en otras áreas del proceso de producción del invernadero (Ravishankar, et.al., 2021).

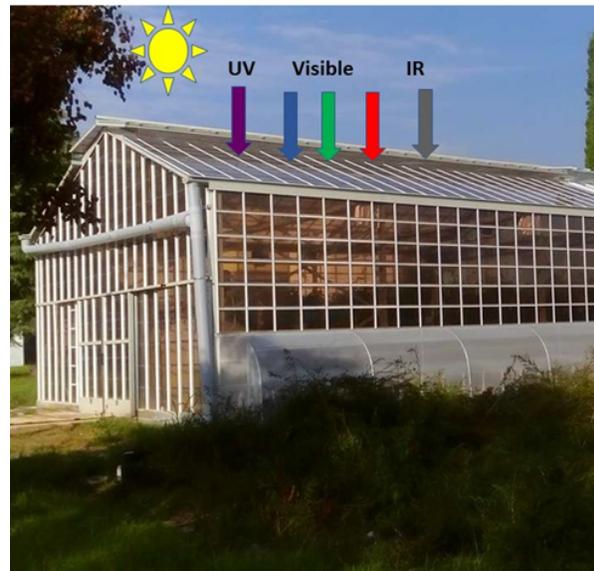


Figura 3. Esquema de aplicación agrovoltáica de las celdas Grätzel.

PERSPECTIVA FUTURA

Los tintes orgánicos han sido estudiados durante décadas en celdas solares que a pesar de ser una alternativa muy económica presentan una característica de degradación de las moléculas del tinte por efecto de la luz, temperatura y exposición al agua. La propuesta a futuro es utilizar dispositivos fotovoltaicos basados en dispositivos de microfluídica (microfluídica fotovoltaica) que permita cambiar el tinte orgánico degradado por uno reciente. Para el desarrollo de dispositivos microfluídicos fotovoltaicos es necesario incorporar métodos de fotolitografía para el desarrollo de los canales por los cuales se proveerá el tinte orgánico inicial y sustituirá por el tinte orgánico nuevo (Koo & Velez, 2013), como se ejemplifica en la figura 4.

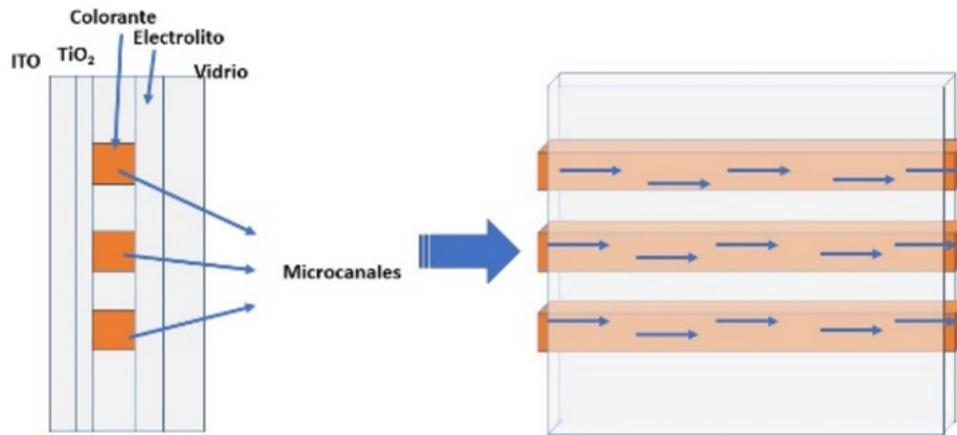


Figura 4. Esquema ejemplificado de un dispositivo microfluídico fotovoltaico.

CONCLUSIÓN

El futuro del desarrollo tecnológico en mejorar la calidad de vida y toda la ecología terrestre siempre entrará a discusión. La misma sociedad exigirá alternativas para indagar en la innovación para proponer métodos de fabricación de celdas fotovoltaicas más baratos y amigables con el medio ambiente. Las celdas de tipo Grätzel ofrecen un alto potencial de aplicaciones no solo en el área agroindustrial, sino también en tecnologías de filtros fotosensibles, ventanas polarizadas inteligentes, etc. La innovación en dispositivos microfluídicos fotovoltaicos con el uso de tintes orgánicos provee una excelente alternativa en el aumento de la vida útil de los mismos. Y por último entramos en una reflexión que es inspirada en el lema de nuestra alma mater UNAM “Por mi raza hablará mi espíritu” y rescribiéndola como “Por mi conciencia hablará mi espíritu” dando a comprender que no todas las expectativas viables para la ciencia son viables para la sociedad y medio ambiente.

REFERENCIAS

1. Duvva, N., Raptis, D., Kumar, C. V., Koukaras, E. N., Giribabu, L., y Lianos, P. 2016. Design of diketopyrrolopyrrole chromophores applicable as sensitizers in dye-sensitized photovoltaic windows for green houses. *Dyes and Pigments*, 134, 472–479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2016.07.046>
2. Guerra, F. 2014. EPFL Quartier Nord SwissTech convention center retail and student housing. *ArchDaily*. Recuperado el 7 de agosto de 2021, a partir de <https://www.archdaily.com/519434/epfl-quartier-nord-swisstech-convention-center-retail-and-student-housing-richter-dahl-rocha-and-associates>
3. Gong, J., Sumathy, K., Qiao, Q., y Zhou, Z. 2017. Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): Advanced techniques and research trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 234–246. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.097>
4. Koo, H. J., & Velev, O. D. (2013). Regenerable photovoltaic devices with a hydrogel-embedded microvascular network. *Scientific reports*, 3(1), 2357.
5. Nkuissi, H. J. T., Konan, F. K., Hartiti, B., & Ndjaka, J. M. (2020). Toxic materials used in thin film photovoltaics and their impacts on environment. In *Reliability and Ecological Aspects of Photovoltaic Modules*. IntechOpen.
6. Ravishankar, E., Charles, M., Xiong, Y., Henry, R., Swift, J., Rech, J., ... & O'Connor, B. T. (2021). Balancing crop production and energy harvesting in organic solar-powered greenhouses. *Cell Reports Physical Science*, 2(3), 100381.