

## Desarrollo de celdas solares sensibilizadas con colorantes naturales obtenidos de plantas nativas del Perú para el Caserío Angolo – Morrope

Li-Saavedra, Diego Eduardo<sup>1,2</sup> Suárez-Salas, María Fernanda Camila<sup>1,2</sup>

### RESUMEN

Buscando alternativas para reemplazar el uso de energías contaminantes, surge la opción de emplear la energía proveniente del sol para la fabricación de celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSCs). Estos colorantes son de origen natural y para este trabajo serán obtenidos a partir de plantas originarias de Perú como: *Jatropha macrantha* (Huanarpo), *Zea mays L.* (Maíz morado) y *Pouteria sapota* (Zapote), utilizando como solventes etanol y agua destilada con concentraciones de HCl al 0.1N y 1N respectivamente. Se analizó el tiempo más adecuado para el favorecimiento de la extracción, por lo cual se trabajaron algunas muestras con 2 horas de agitación magnética mientras que otras muestras se dejaron macerar durante dos días, previa agitación. Las mediciones de UV visible nos indican que *Jatropha macrantha* para etanol acidulado se reporta un pico entre 500 y 620 nm lo que indica la presencia de antocianinas como principal componente dado que estas absorben en la región de longitud de onda; por su parte para agua acidulada los picos se encuentran en la región de 400-500 nm lo que evidencia la extracción de clorofila. Los reportes para *Zea mays L.* muestran picos entre 580 a 620 nm, lo que evidencia la presencia de antocianinas. Sin embargo, para *Pouteria sapota* no se obtuvo extracción de carotenoides dado que los picos reportados son muy bajos.

**Palabras clave:** Celdas solares, colorantes naturales, colorantes sensibilizadores, celdas de Grätzel

### ABSTRACT

Looking for alternatives to replace the use of polluting energies, emerged the option of using energy from the sun for the manufacture dye-sensitized solar cell(DSSCs). These dyes have a natural origin, for this research we obtained it from native peruvian plants such as: *Jatropha macrantha* (Huanarpo), *Zea mays L.* (Purple corn) and *Pouteria sapota* (Zapote), using ethanol and distilled water as solvents with HCl concentrations at 0.1N and 1N respectively. The most suitable time for the extraction was analyzed, so that some samples were worked with 2 hours of the magnetic stirring while other samples were allowed to marinate for two days after agitation. UV-Vis measurements indicate that *Jatropha macrantha* for acidulated ethanol reports a peak between 500-620 nm. It indicates the presence of anthocyanins as the main component since they absorb in the wavelength region; On the other hand, for acidulated water, the peaks are in the region of 400-500 nm, It evidences the extraction of chlorophyll. The reports for *Zea mays L.* show peaks between 580 to 620 nm, which evidences the presence of anthocyanins. However, for *Pouteria sapota* no extraction of carotenoids was obtained since the peaks reported are very low.

**Keywords:** Solar cells, natural dyes, sensitizing dyes, Grätzel cells.

<sup>1</sup>Escuela profesional de Ingeniería Química – UNPRG

([dli@unal.edu.co](mailto:dli@unal.edu.co))

<sup>2</sup>Realizado en el Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ) – Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

([msuarez@unal.edu.co](mailto:msuarez@unal.edu.co))

## INTRODUCCIÓN

Ante el aumento de la demanda de energía a nivel mundial, los problemas generados por el uso del petróleo y sus derivados; y el reto que implica el agotamiento de estos recursos provenientes de fuente de carbono, surge la necesidad de implementar nuevas tecnologías que garanticen el desarrollo humano y que se encuentren en total armonía con el medio ambiente, disminuyendo los problemas de emisiones de gases de efecto invernadero. El sol es una inagotable fuente de energía y de fácil acceso que puede solucionar todos estos inconvenientes mencionados anteriormente, este beneficio se logra haciendo uso de celdas solares convencionales.

Los dispositivos fotovoltaicos se basan en el concepto de separación de cargas en una interfaz de dos materiales con diferentes mecanismos de conducción. Hasta la fecha este campo ha estado dominado por los dispositivos de unión en estado sólido, por lo general hechas de silicio, y se benefician de la experiencia y la disponibilidad del material resultante en la industria de los semiconductores (Gratzel, M., 2003).

Desde el descubrimiento de O'regan y Grätzel, el uso de celdas solares

sensibilizados por colorantes (DSSC) han traído varios aportes para el aprovechamiento de la energía solar debido a que son de bajo costo (O'regan y Grätzel, 1991). Este tipo de células solares se muestran como una alternativa prometedora frente las celdas solares convencionales de silicio, ya que utilizan de forma efectiva la propiedad del electrodo poroso nanocrystalino de banda ancha (óxido de metal) (Hee Je & Yeo-Tae, 2013).

En la actualidad la utilización de tintes naturales los cuales son obtenidos a partir de frutos, flores, hojas y otras partes de una planta, debido al gran contenido de antocianina, carotenoides, flavonoides y clorofila que estos presentan, son un tema de investigación muy recurrente con el afán de poder obtener mejores capacidades de conversión de la energía solar en eléctrica. La mayor eficiencia en DSSCs reportada hasta la fecha es de 11,1%, la cual se da en Ru que contienen compuestos absorbidos de TiO<sub>2</sub> monocristalino, donde se alcanzó una potencia de 2.429 mW (Ludin, N. A, 2014), en cuanto a los colorantes naturales se ha reportado una eficiencia del 9,8% que es significativamente alta y es mucho más económica en

comparación con los otros tipos de celdas solares (Zang, G; 2009).

Los colorantes extraídos a partir de cualquiera de las partes de una planta son extraídos por métodos simple mediante la utilización de un solvente. Además, la baja toxicidad, fácil biodegradabilidad y el bajo costo son una ventaja para su utilización en DSSCs. Sin embargo, tienen una desventaja, debido a que no todos estos pigmentos presentes en las plantas garantizan la obtención de eficiencias altas (Chiba, 2006). Según varios estudios las antocianinas, presentes mayormente en pigmentos de color rojo, han reportado una gran capacidad para captar la energía solar.

Para el siguiente trabajo se decidió analizar las capacidades de absorción de frutos nativos de Perú, los cuales por las características que se pueden apreciar deberían tener un mayor porcentaje de antocianinas y clorofila en su composición como el fruto de *Jatropha macrantha* (Huanarpo) y el fruto de *Zea*

*mays*

L. (Maíz morado). Además, se quiso analizar la diferencia que existe en comparación con los frutos que presentan mayor cantidad de carotenoides como *Pouteria sapota* (Zapote). Este tipo de especies suelen ser encontrado con mucha facilidad dentro del territorio peruano con mucha facilidad, motivo por el cual fueron seleccionadas para realizar la extracción de colorantes a partir de estos frutos, evaluar la capacidad de absorbancia y posteriormente la eficiencia que tienen como sensibilizadores de DSSCs. Es aclarar que “NC” (Huanarpo) es una planta nativa de la región Ayacucho y que suele ser difícil ser encontrada en la parte norte del país. Comúnmente para el análisis de los colorantes naturales extraídos, se utiliza Espectrofotometría UV-Visible, técnica analítica que utiliza la luz para medir concentraciones químicas (Harris, 2007).

## MÉTODO USADO

### 1. Químicos y materiales

Zapote (*Pouteria sapota*), maíz morado (*Zea mays* L.) y huanarpo (*Jatropha macrantha*), agua destilada, Ácido clorhídrico (HCl, 37%), etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 96%). En la figura 1 se muestra los insumos orgánicos

utilizados.

### 2. Preparación del colorante natural

La extracción del colorante se llevó a cabo realizando pruebas con dos solventes, siendo estos, etanol al 96 % con HCl 0.1N y agua destilada con HCl

1N (agua acidulada) y tiempos de maceración de 2 y 60 horas. El peso utilizado de zapote, maíz morado y huanarpo fueron 20, 10 y 5 gramos respectivamente, esta diferencia en los pesos se debe a que el huanarpo utilizado se encontraba en polvo es decir en base seca, el zapote al ser una fruta tiene alto contenido de humedad (75%) (Liliana, Sánchez, Maribel, Fernández, & García Barradas, 2011) al igual que el maíz morado (8%). Se utiliza en todos los casos 50 ml de la mezcla de solventes.

Se pesa la cantidad respectiva de materia orgánica a utilizar, para el caso del zapote se cortó en pequeñas partes y se molió en un mortero de porcelana hasta obtener una masa uniforme; para el maíz

morado solo se utilizó la coronta, esta se cortó en pedazos muy pequeños y se molió en el mortero de porcelana; al huanarpo no se le realizó acondicionamiento previo ya que este se encontraba en polvo. En seguida se coloca la materia orgánica junto con el solvente en un matraz Erlenmeyer recubierto con papel aluminio para evitar la oxidación de los compuestos del colorante, se agita utilizando un agitador magnético durante 2 horas. Inmediatamente después las muestras que se realizaron

sin maceración son filtradas al vacío para separar los sólidos del colorante y seguido se mide la absorbancia en el espectrofotómetro entre 325 y 1100 nm.





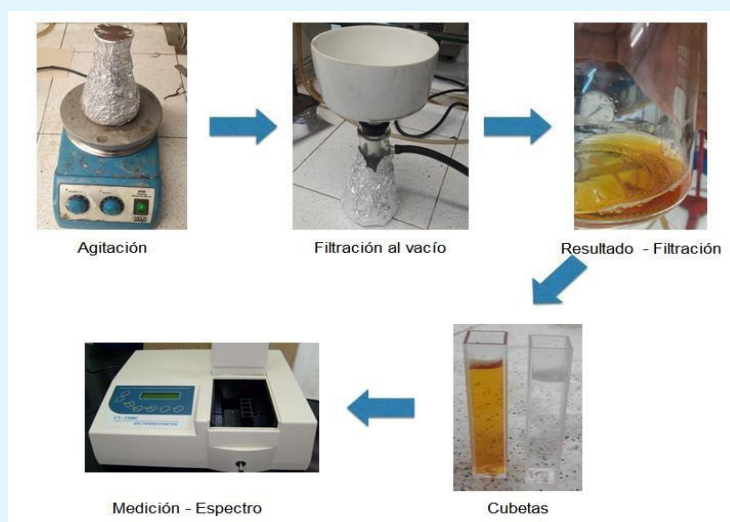


Figura 2. Método para la obtención de colorantes naturales mediante métodos simples de extracción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los espectros de absorción de UV visible para la solución de colorante extraído usando diferentes solventes se muestran en las figuras 5, 6 y 7. En la figura 5 donde se muestra el espectro de absorción de huanarpo con diferentes solventes y tiempo de maceración se tiene un pico de absorción para el solvente de etanol acidulado con maceración entre 610 y 620 nm, lo que indica que la antocianina es el principal componente de los pigmentos observados ya que estas se absorben en la región entre 500 y 620 nm (Chang & Lo, 2010); estos compuestos son solubles en etanol acidulado; para el mismo solvente pero sin maceración se puede observar que se tiene un pico mucho más alto entre 600 y 620 nm. Para el solvente de agua acidulada sin

maceración se tiene dos picos de absorción entre 350 a 360 nm y entre 440 a 460 nm, sabiendo que la clorofila se absorbe fuertemente en las regiones azul y roja del espectro de absorción que corresponde absorber las regiones de 400 a 500 nm (Lim et al., 2015), se puede determinar que se extrajo clorofila y este solvente es adecuado para la extracción de ese compuesto mas no para la extracción de antocianinas que por el color del fruto utilizado se asume que es rico en antocianinas. En la figura 6 donde se muestra el espectro de absorción del maíz morado se ven picos para ambos solventes y ambos tiempos de maceración entre 580 a 620 nm por lo que para este fruto el pigmento extraído es antocianina, teniendo una alta solubilidad en estos solventes. En la

figura 7 donde se muestra el espectro de absorción del zapote no se obtuvo la extracción del pigmento que se esperaba (carotenos), los cuales se absorben entre 400 a 500 nm (Acacio-Chirino, 2013), se observa dos picos muy pequeños entre

400 a 420 nm en ambas pruebas lo que nos conlleva a determinar que la eficiencia de extracción fue muy baja y este pigmento no es soluble en los solventes utilizados.

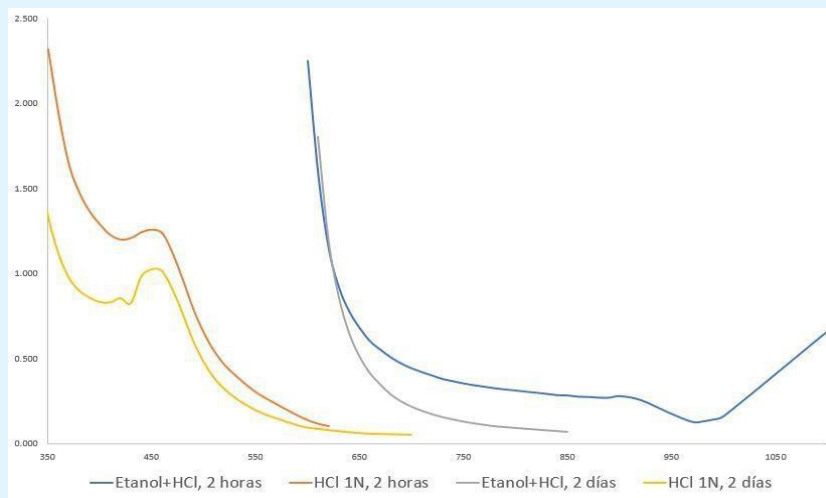


Figura 3. Espectro de absorción de la extracción de colorante de huanarpo con diferentes solventes y tiempos de maceración.

Fuente: Elaboración propia.

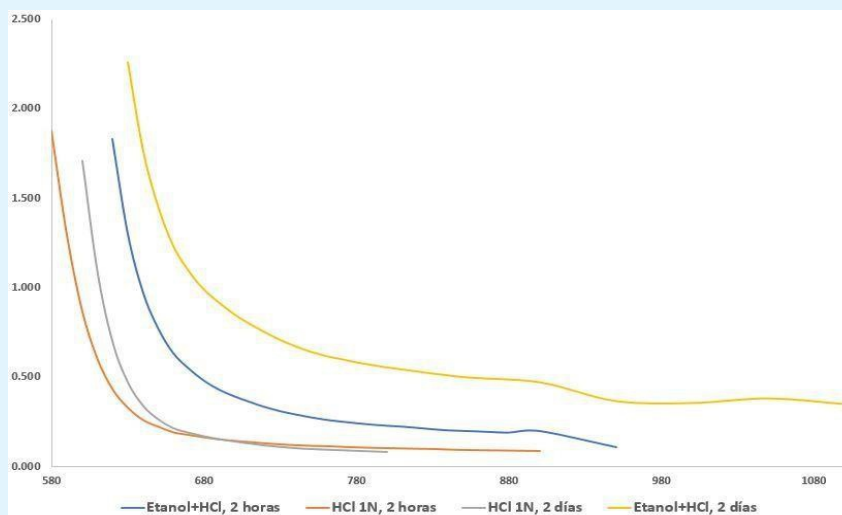


Figura 4. Espectro de absorción de la extracción de colorante de maíz morado con diferentes solventes y tiempos de maceración.

Fuente: Elaboración propia.

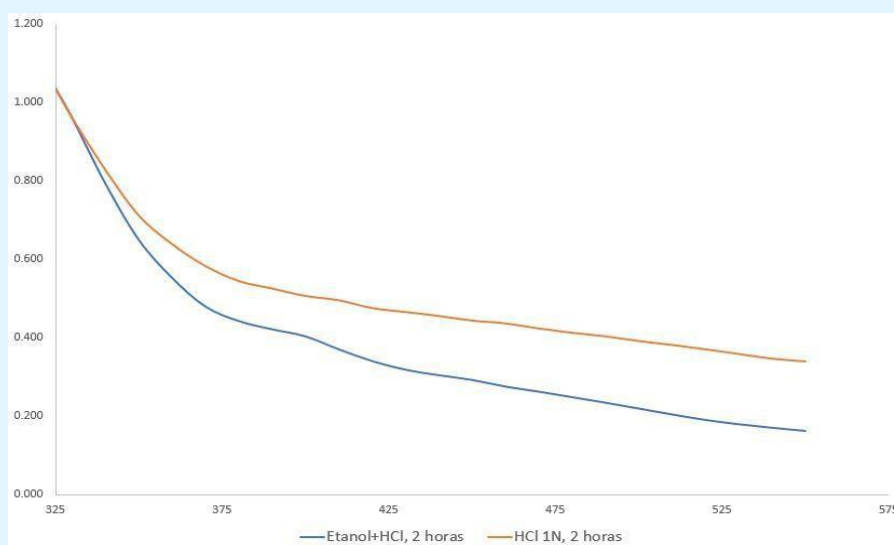


Figura 5. Espectro de absorción de la extracción de colorante de maíz morado con diferentes solventes y tiempos de maceración.

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo, se extrajeron colorantes naturales de tres plantas disponibles localmente como *Pouteria sapota*, *Zea mays*

L. y *Jatropha macrantha*. Estos colorantes naturales se extrajeron usando dos solventes a diferentes concentraciones de ácido clorhídrico. Se estudiaron las comparaciones de diferentes solventes con diferentes tiempos de maceración y su efecto sobre los espectros de absorción. Los colorantes obtenidos de las plantas utilizadas contienen principalmente antocianina, y clorofila y carotenos en menor concentración.

Se determinó que el caroteno no es soluble en los solventes utilizados en las pruebas

por tanto lo que se extrajo de este pigmento fue muy poco y esto fue demostrado con los espectros de absorción de zapote donde se presumía encontrar altas concentraciones de caroteno.

Estos pigmentos extraídos serán utilizados en celdas solares sensibilizadas con colorantes, y de acuerdo a los resultados obtenidos para *Zea mays* L. y *Jatropha macrantha* se espera tener resultados favorables y buenos rendimientos en la sensibilización de las celdas solares.

Evidentemente el uso de estas tecnologías significaría un gran paso para el desarrollo de lugares, como el caserío Angolo, cuyo acceso a energía convencional es limitado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acacio-Chirino, N. J. (2013). Development of a Procedure for the Extraction of  $\beta$ -Carotene and Glycerol from the Microalga *Dunaliella* Sp. at Las Cumaraguas Saltworks, 214(2).
- Ayalew, W., Ayele, D.. (2016). Dye-sensitized solar cells using natural dye as light- harvesting materials extracted from *Acanthus sennii* chiovenda flower and *Euphorbia cotinifolia* leaf. *Advanced Materials and Devices*, 1-2016, 488-494.
- B. O'Regan, M. Grätzel, A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films, *Nature* 353 (1991).
- Cabrera, M., Figueroa, J., Ramirez, J. Solano-Cueva, N.. (2016). Celdas Solares Sensibilizadas con colorantes fotosensibles obtenidos de plantas de la región sur de Ecuador. *Química Nova*, XY, 1-4.
- Chang, H., & Lo, Y.-J. (2010). Pomegranate leaves and mulberry fruit as natural sensitizers for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy*, 84, 1833–1837.
- Harris, D. C.; *Análisis Químico Cuantitativo*, 3ra ed., Reverté: Barcelona, 2007.
- Hee-Je Kim, Yeo-Tae Bin, S.N. Karthick, K.V. Hemalatha, C. Justin Raj, S. Venkatesan, Songyi Park, G. Vijayakumar, Natural dye extracted from *Rhododendron* species flowers as a photosensitizer in dye sensitized solar cell, *Int. J. Electrochem.*(2013).
- Ludin, N. A.; Mahmoud, A. A. A.; Mohamad, A. B.; Sopian, K.; Karim, N. S. (2014). Review on the development of natural dye photosensitizer for Dye-sensitized solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 31. 86-396
- Lim, A., Haji Manaf, N., Tennakoon, K., Chandrakanthi, R. L. N., Lim, L. B. L., Bandara, J. M. R. S., & Ekanayake, P. (2015). Higher Performance of DSSC with Dyes from *Cladophora* sp. as Mixed Cosensitizer through Synergistic Effect. *Journal of Biophysics*, 2015, 1–8.
- Merino, L., Sánchez, M., Maribel, D., Fernández, J., & García Barradas, O. (2011). Evaluación de propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante de zapote negro. Retrieved from <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/46806/2/MerinoSanchezLiliana1d2.pdf>
- Q. Wang, J.-E. Moser, and M. Gratzel, "Electrochemical impedance spectroscopic analysis of dye-sensitized solar cells," *The Journal of Physical*



Chemistry B, vol. 109, no. 31, pp.  
14945– 14953, 2005.

Zhang, G.; Bala, H.; Cheng, Y.; Shi, D.;

Lv, X.; Yu, Q.; Wang, P.; Chem.  
Commun. 2009.

