

ISSN 2413-1792

Vol. 6(No.1)

Julio 2021

San Salvador, El Salvador



Revista

# COMUNICACIONES

CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



**Autoridades CIMAT realizan presentación de nueva  
Carrera de Licenciatura en Biología Marina**

Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa", julio de 2021

<http://revistas.ues.edu,sv/index.php/comunicaciones/index>



Revista

# COMUNICACIONES

CIENTIFICAS Y TECNOLÓGICAS

---

COMITÉ EDITORIAL: Olga Lidia Tejada <sup>1,2</sup>, Carlos Ernesto Rudamas Flores<sup>3</sup>  
Guillermo Díaz Crespín<sup>4</sup>.

ASISTENTE DE EDICIÓN: Roxana Margarita López Martínez<sup>1</sup>, Oscar Armando  
Molina Lara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática,  
Universidad de El Salvador,  
San Salvador, El Salvador.

<sup>2</sup> Escuela de Biología,  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática,  
Universidad de El Salvador, San Salvador,  
El Salvador.

<sup>3</sup>Laboratorio de Espectroscopia Óptica  
Escuela de Física,  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática,  
Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

<sup>4</sup>Laboratorio de Síntesis Orgánica  
Escuela de Química,  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática,  
Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA





Revista

# COMUNICACIONES

CIENTIFICAS Y TECNOLÓGICAS

---

Volumen 6, N 01 - 2021

---

## AUTORIDADES

Roger Armando Arias Alvarado  
Rector

Raúl Ernesto Azcunaga López  
Vicerrector Académico

Mauricio Hernán Lovo Córdoba  
Decano Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Zoila Virginia Guerrero Mendoza  
Vicedecana Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.  
Ciudad Universitaria, Final Avenida Héroes y Mártires del 30 de julio, San Salvador, El Salvador, América Central. [icmares@ues.edu.sv](mailto:icmares@ues.edu.sv), [revcomunicaciones.naturales@ues.edu.sv](mailto:revcomunicaciones.naturales@ues.edu.sv)

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.  
Colonia Médica, Av. Dr. Emilio Álvarez y Pasaje Dr. Guillermo Rodríguez Pacas, Edificio Espinoza, No. 51, San Salvador, El Salvador, América Central.  
Tels. (503) 2234-8400 ext 09 o 08 E – mail: [ralegria@conacyt.gob.sv](mailto:ralegria@conacyt.gob.sv)

[www.icmares.cimat.ues.edu.sv](http://www.icmares.cimat.ues.edu.sv)

[www.conacyt.gob.sv](http://www.conacyt.gob.sv)



Revista

# COMUNICACIONES

CIENTIFICAS Y TECNOLÓGICAS

Volumen 6, N0 1

Julio 2021

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

Tel./FAX. (503) 2226-1948 Tel. 2511-2000

**Imagen de portada:**

Humberto García

ISSN 2413 – 1792

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de la revista, siempre que se reconozca el derecho de autor y sea para fines académicos y científicos; caso contrario, se requiere permiso del comité editor. Todos los derechos reservados. Hecho el depósito de ley.





---

## CONTENIDO

---

Carta Editorial. ....	11
Obituario. ....	13
<b>O. Deodanes, J. Cuadra, H. Ponce, J.C. Molina, D. Pleitez, C. Violantes and C. Rudamas. ....</b>	<b>15</b>
White light emitting diode prototypes based on cadmium sulfide and graphene carbon quantum dots.	
<b>Hernández Cibrián, Ruth Karina. ....</b>	<b>21</b>
Etnoecología como identidad étnica presente en los territorios de los Jicaques de la Montaña de la Flor a principios del Siglo XX.	
<b>M.D. Durruthy-Rodríguez, M. Hernández-García, J.M. Yañez-Limón, D. Rivero Ramírez, F.J. Espinoza Beltrán. ....</b>	<b>36</b>
Microestructural and ferroelectric analyses of $Pb_{1-3x/2}La_x(Zr_{0.54}Ti_{0.46})_{1-5y/4}Nb_yO_3$ soft ceramics.	
<b>Montoya Ricardo, Barrera Gabriela, Caná Catherine, Contreras Erick, Díaz Alejandra, Divas Ma. Fernanda, Estrada Carol, Figueroa Octavio, Galeano Laura, Granados Ma. Isabel, Hernández Ma. Lucía, Juárez Laura, Montufar Karyme, Román Kheily, Villatoro Diego, Gámez Cesar, Arias Luisa Ma., y Nitsch-Velásquez Lucía. ....</b>	<b>48</b>
Hacia la reutilización de la palma <i>Attalea cohune</i> Mart., <i>Arecaceae</i> (corozo): extracción y análisis preliminar del aceite esencial del corozo.	
<b>G. Santos, J. Cuadra, O. Deodanes, C. Violantes, H. Ponce and C. Rudamas. ....</b>	<b>55</b>
Preparation of low cost SERS-substrates for virus characterization.	



## **CARTA EDITORIAL**

### **La recién aprobada Licenciatura en Biología Marina en la Universidad de El Salvador**

La tradicional percepción de que los océanos son fuentes inagotables de recursos y sumidero permanente de residuos, por su capacidad de auto depurarse, nos ha llevado a una crisis sin precedentes. Ni los recursos son inagotables, ni el océano puede cargar con toda la basura y la contaminación que originamos en los continentes.

Cada día aumentan las zonas sin vida en los océanos, también lo hace la acidificación, las islas de plástico, la sobre pesca, la pesca fantasma y la proliferación de especies invasoras que causan desequilibrio en la biodiversidad autóctona de mares y océanos. De no cambiar el enfoque del aprovechamiento que los humanos hagamos de sus recursos, las futuras generaciones solo podrán ver nuestras costas como un paisaje estéril. El cambio hacia un manejo sostenible es urgente.

Desde hace más de una década se concebía de suma urgencia la formación de cuadros profesionales en nuestro país, especializados en el estudio de mares y océanos. Hoy celebramos que finalmente haya sido aprobada en junio de este año en la Universidad de El Salvador, la Licenciatura en Biología Marina, que se impartirá en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, la cual se apoyará con la capacidad científica y técnica instalada del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES) y el Laboratorio de Toxinas Marinas (LABTOX). No dudamos que el aporte de los futuros biólogos marinos formados, será fundamental para el desarrollo de la investigación y la generación de normativas que contribuyan a la protección y manejo del mar territorial y sus recursos. También queremos felicitar La Red de Investigadores para el Desarrollo de las Ciencias Naturales (RCN), por la exitosa realización de su primer taller virtual llevado a cabo los días 25 y 26 de marzo de 2021. Algunos artículos de este volumen fueron presentados previamente como conferencias en dicho Taller.

Esta red forma parte de un proyecto financiado parcialmente por la Secretaría General del Sistema de Integración Centroamericana (SG-SICA), el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), la Comisión para el Desarrollo Científico y Tecnológico de

Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CTCAP), y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, por sus siglas en inglés), en el marco del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de política de ciencia e innovación en los países miembros del Sistema de la Integración Centroamericana”. La RCN es una red regional (Centroamérica y República Dominicana) de investigadores, con nexos internacionales, para fortalecer e impulsar doctorados regionales en ciencias naturales así como promover la colaboración científica mediante el desarrollo de proyectos de investigación multi- e inter-disciplinarios, enfocados en primera instancia en problemas, relacionados con el SARS-CoV-2 y otros virus importantes en la región, y en segunda instancia en áreas como el medio ambiente y la ciencia de materiales, entre otras. Enhorabuena a toda la comunidad académica de la Universidad de El Salvador por todos los esfuerzos que están realizando para fortalecer la ciencia en el país.

**Olga Lidia Tejada de Pacheco**  
**Coordinadora del ICMARES**

# OBITUARIO

Por. Roberto Amado Vásquez, docente de la Escuela de Biología



Por este medio queremos expresar nuestro profundo pesar por la muerte de la M.Sc. Yanira Elizabeth López Ventura, (1968-2020) docente de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador quien fue llamada a la presencia del Creador el primero de junio de 2020 dejando un gran vacío entre sus familiares, amigos y compañeros de trabajo.

La Maestra López Ventura se graduó de la carrera de Licenciatura en Biología en 1996, luego viajó a Costa Rica para estudiar la Maestría en Agricultura Ecológica con énfasis en Recursos Fitogenéticos y Biotecnología, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en donde se graduó en 1999.

Conocida cariñosamente como Lic. Yani, siempre se caracterizó por su entrega al trabajo y sus excelentes relaciones interpersonales. Fue formadora de varias generaciones de biólogos, especialmente en las áreas de Biotecnología Vegetal, Anatomía y Morfología Vegetal, y Fisiología Vegetal. Fue asesora de múltiples trabajos de investigación y fungió como tribunal evaluador en trabajos de graduación en el área de Biotecnología Vegetal para los niveles de pregrado y Maestría.

También fungió como Coordinadora de Procesos de Trabajos de Graduación de Licenciatura en Biología y de la Unidad de Posgrado, así como Coordinadora de la Sub-Comisión de Posgrado de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.

*“Maestra Yanira López, será recordada por su integridad personal, su trabajo de excelencia académica, sus tareas puntuales que le demandaba la escuela de Biología, su solidaridad con la Universidad, y con la sociedad salvadoreña y un espíritu de servicio el cual conocían bien sus estudiantes”.*

María Herminia Merino. Docente Escuela de Biología.

*“Mujer virtuosa, eso fuiste para mi Yani. Una amiga y excelente profesional. Gracias por el tiempo que compartimos juntos, fue una inolvidable experiencia. Nunca te olvidaré, siempre te extrañaré”.*

Rodolfo Fernando Menjivar. Docente Escuela de Biología.

*“Yani fue para mí la compañera serena, equilibrada, discreta, ética, respetuosa y generosa. Una investigadora y docente dedicada, dispuesta al trabajo y a poner en alto nuestra casa de estudio. Estudiantes y docentes siempre contamos con su apoyo y colaboración, porque nunca fue celosa con su conocimiento; al contrario, lo compartía con una sonrisa y cariño, por lo cual ha dejado un gran legado. Se nos fue demasiado pronto, nunca logramos tener el tiempo para conjugar su biotecnología con mis algas marinas en una investigación conjunta como lo planeamos tantas veces al calor de una taza de café, La voy a extrañar querida Yani”*

Olga Lidia Tejada. Docente de la Escuela de Biología.

## White light emitting diode prototypes based on cadmium sulfide and graphene carbon quantum dots.

### Prototipos de diodos emisores de luz blanca basados en puntos cuánticos de sulfuro de cadmio y de grafeno.

O. Deodanes\*, J. Cuadra, H. Ponce, J.C. Molina, D. Pleitez, C. Violantes and C. Rudamas

Laboratorio de Espectroscopia Óptica, Escuela de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, El Salvador. JD15002@ues.edu.sv

Recibido: 02 de Mayo de 2021; Aceptado: 01 Julio 2021

**Abstract:** During the last years, semiconductor quantum dots (QDs) have attracted great attention due to the outstanding properties for solid-state lighting, display technology, biosensors, among others. White light emitting diodes (WLEDs) using down conversion approach is one of the new attractive alternatives in solid-state lighting. However, these devices present several shortcomings as near-UV light escape and QD-polymer incompatibility. In this work, we propose alternative WLED prototypes to overcome these problems. These prototypes have an inner and outer QD-polymer nanocomposite. A solvent exchange in the CdS QDs sample, which was embedded in the inner nanocomposite, was performed to address the QD-Polymer incompatibility. While the near-UV light escape is reduced by using Graphene Carbon QDs embedded in the outer nanocomposite

**Keywords:** Down conversion, Stokes's shift, Surface defects, CdS QDs.

**Resumen:** Durante los últimos años, puntos cuánticos (QDs) semiconductores han tenido gran atención debido a sus propiedades excepcionales para aplicaciones en iluminación de estado sólido, tecnologías de monitores, bio-sensores, entre otras. Los diodos emisores de luz blanca (WLED) que utilizan el enfoque de conversión descendente, son una de las nuevas alternativas para iluminación de estado sólido. Sin embargo, estos dispositivos presentan varias deficiencias como la fuga de luz cercana al UV y la incompatibilidad entre el QD y el polímero. En este trabajo proponemos prototipos alternativos de WLEDs para solucionar estos problemas. Estos prototipos poseen un nano compuesto (polímero-QDs) interno y externo. Para abordar la incompatibilidad entre el polímero y los QDs se realizó un intercambio de solventes en la muestra de

QDs de CdS, que estaban incrustados en el nanocompuesto interno. El escape de luz UV se reduce utilizando QDs de carbono grafeno incrustados en el nanocompuesto externo.

**Palabras claves:** Conversión descendente, desplazamiento de Stokes, defectos superficiales, QDs de CdS

## **Introduction**

Colloidal semiconductor quantum dots (QDs) have attracted intense attention because they have advantages such as tunable emission, and a low temperature synthesis method, which make them well-suited for use in optoelectronic devices and biomarkers (Li et al 2018). Efficient White Light Emitting Diodes (WLEDs) have recently attracted considerable attention in solid-state illumination (Chou et al 2019). Nowadays, the tungsten lamp, Compact Fluorescent Light (CFL) bulbs, and organic LEDs (OLEDs) are still used. These lighting systems are inefficient, generate excess heat and have environmental shortcomings (Kathirgamanathan 2015; Bansal 2016).

In 2003, Lauren Rower and co-workers were the firsts in fabricate quantum-dot-solid-WLED devices and initiated the application of QDs as light transition materials into light conversion composite (Yi et al 2016). WLEDs are generally fabricated using epitaxial growth. These devices use a UV-blue LED as an excitation source and the QD-polymer nanocomposite as the active material. However, this could be expensive. An alternative low-cost method of fabrication is the Photoactive Packaging (PAP) as reported by Chou et

al. (2019). Nowadays, these devices show relevant disadvantages like near ultraviolet (UV) light escape, visible (VIS) light reabsorption and internal heating in the QD solution/polymer nanocomposite.

Here, we report the fabrication of WLEDs using the PAP method. We overcome the near-UV light escape and reabsorption problem by optimizing the amount of Graphene Carbon Quantum Dots (GCQDs) and using CdS QDs with large Stokes shift of the defect-related photoluminescent (PL) band, respectively.

## **Experimental section**

### **Synthesis of quantum dots**

In a synthesis of CdS QDs, a beaker with 266 mg of cadmium acetate monohydrate, 8 ml of oleic acid (OA) and 15 ml of 1-Octadecene (ODE) was heated at 120° C for 30 minutes under intense stirring. Then, it was cooling to about 30°C. When this temperature was reached, 16 mg of sulfur powder was added into the beaker. The new solution was heat up to 240°C and was keeping during 1 hour at this temperature. Then, we began to extract the CdS QD samples when the color of the reacting solution changed from clear to yellowish. A total of 12 samples of 1 mL were taken



from the hot mixture and labelled as M01-M12. After that, for the CdS samples a solvent exchange from ODE into benzene was performed using the Precipitation-Redispersion (PR) method following the procedure reported by Shen et al. (2017). On the other hand, GCQD samples were synthesized as reported elsewhere (Cuadra et al. 2018). Then, a solvent exchange from water to ethanol was performed using PR method.

### Absorption and photoluminescence measurements

To obtain the measurement of absorption spectra of all samples, we use an experimental arrangement as shown schematically in Fig. 1. A USB4000 UV-VIS Ocean Optics spectrometer with an optical resolution about 1.5 nm was used. A Deuterium lamp was used as light source.

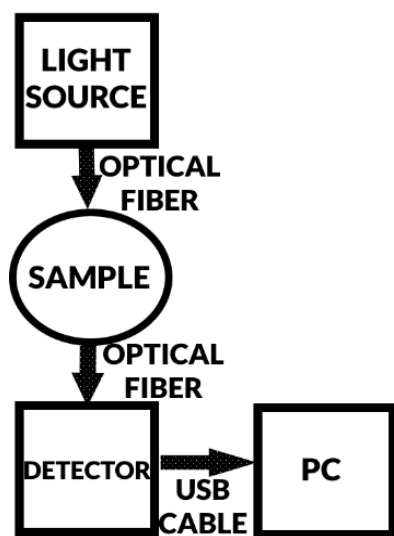


Figure. 1. Diagram of the experimental arrangement used in absorbance measurements.

For the photoluminescence (PL) measurements we used a USB4000-FL Ocean Optics spectrometer with an optical resolution around 10 nm, and a UV-365 nm LED as excitation source. The PL experimental setup is shown schematically in Fig. 2.

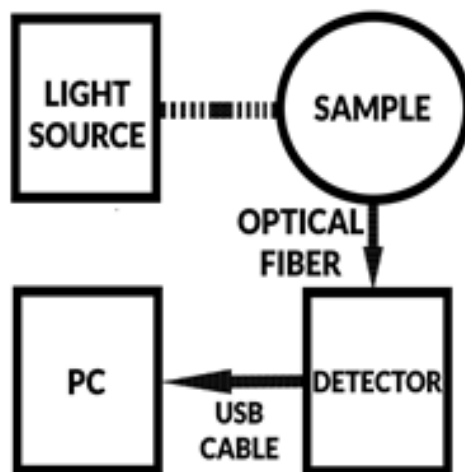


Figure. 2. Diagram of the experimental setup for the PL measurements.

### Fabrication of the White LEDs

For the fabrication of WLED prototypes, we use commercial 400 nm LEDs, which were coated with two nanocomposite (crystal polyester resin-QDs) layers. The inner layer contains CdS QDs whereas the outer layer GCQDs. To mold these nanocomposites two test tube with diameters of 0.9 cm and 1.4 cm were used. We show the fabrication diagram of the devices schematically in Fig. 3.

Three WLED prototypes with volume ratio (GCQD solution/crystal polyester resin) of 0.2, 0.4, and 0.6 were fabricated and labelled as P1, P2 and P3.

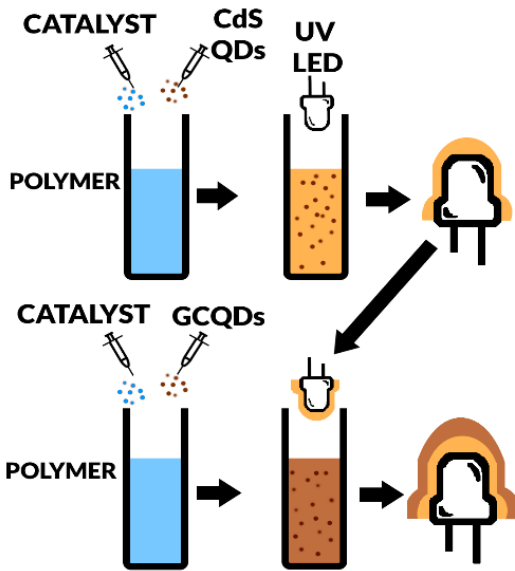


Figure. 3. WLED fabrications diagram.

## Result and discussion

The absorption and PL spectra for M02, GCQDs and crystal polyester resin are shown in Fig.4.

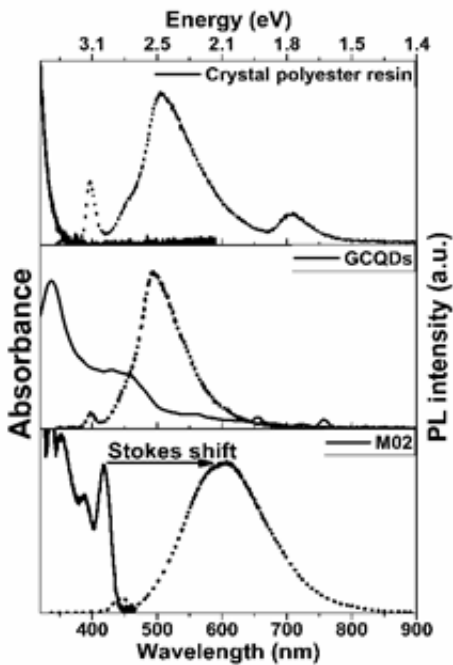


Figure. 4. Absorbance (solid line) and PL (dotted line) spectra (not to scale) of CdS QDs,

An absorption band in the UV region is clearly observed for the M02 sample. A 3.8 nm QD size was estimated, using the maximum of this absorption band, following Yu et al (2003). For this sample, two emission bands were observed in the corresponding PL spectrum. The lower intensity band is associated to the band edge emission while the higher intensity and broader band is associated to surface state emission as observed by Ponce et al. (2015) in others II-VI QDs. A large Stokes shift is observed for the latter band. Due to this property, the reabsorption in M02 was reduced. For these reasons, we choose the CdS-QDs as the active material in the WLED prototypes.

GCQDs strongly absorb in the UV region, while emitting weakly (two order of magnitude less than CdS QDs) in the VIS region. We use these carbon nanostructures to reduce the UV light scape. On the other hand, the low absorption of the crystal polyester resin in the VIS region, as observed in Fig. 4, ensure the scape of the CdS emission.

In order to observe the CdS-QD and GCQD spatial distributions in the device, we performed a light intensity map of the P1 and P3 emission. In figure 5, regions with high (yellow) and low (red) intensities are clearly observed, which could be associated to high and low concentrations of CdS QDs, respectively.

Additionally, we observed a rapid

solidification in both crystal polyester resin nanocomposites with the naked eye. The emission spectra of P1 and P3 are shown

in figure 6. For P3 a clear UV reduction (around 90%) can be observe

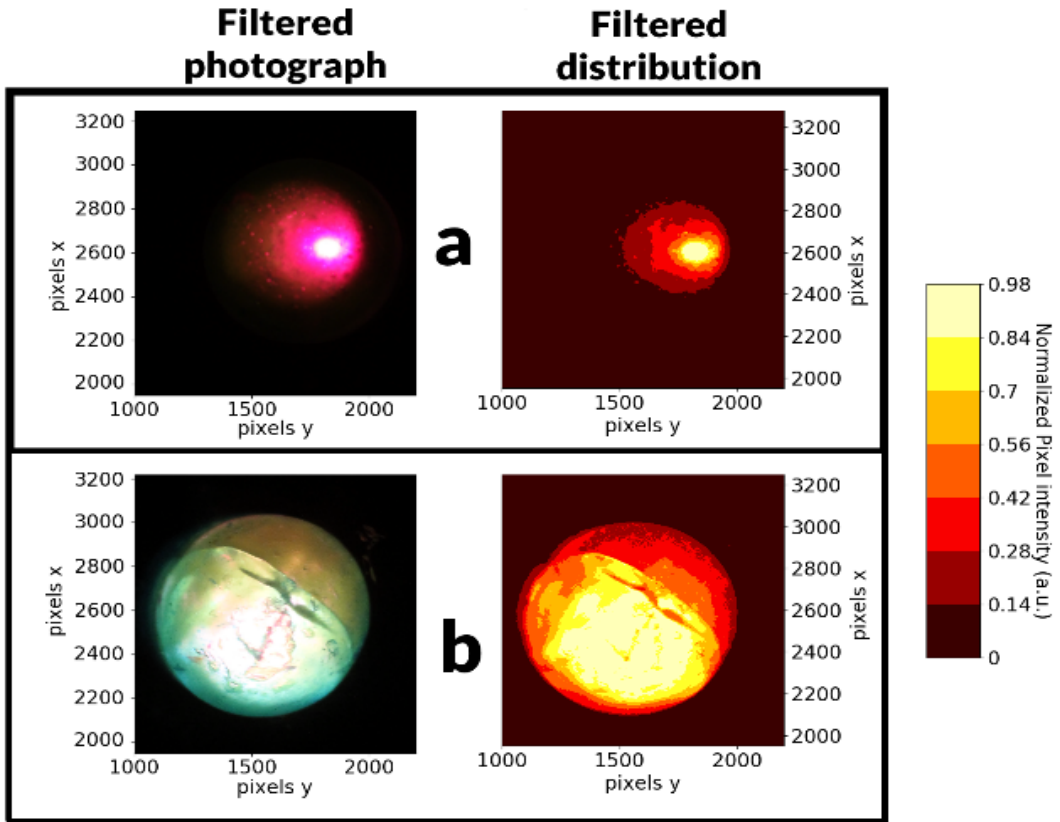


Figure 5. Light intensity maps for a) P1 and b)

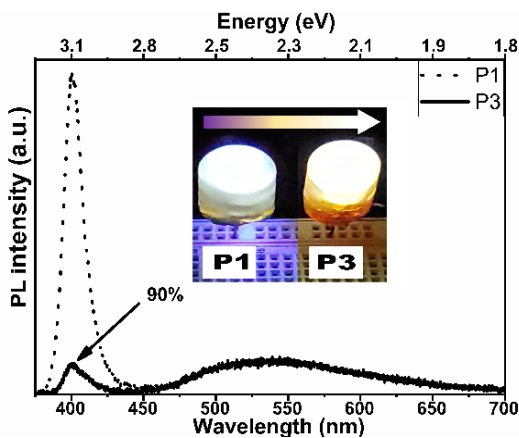


Figure 6. Emission of P1 and P3. Inset. Fabricated prototypes.

solution/crystal polyester resin ratio in the devices.

### Conclusion

Colloidal CdS QDs with sizes from 3.5 nm to 4.9 nm were synthesized. Strong absorption in the UV region and a high intensity and broad-band emission in the VIS region was observed for CdS QDs. The solvent exchange in the CdS QD sample allowed a rapid solidification of the nanocomposite in the device inner layer. The UV light escape was reduced by increasing the GCQD so-

Our finding show that the UV-light escape can be reduced by increasing the GCQD

lution/crystal polyester resin mixture ratio. S. 2015

## Acknowledgments

We thank R. Álvarez for valuable assistance with set up preparation and useful discussions of these results. This work has been partially supported by the Consejo de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador (CIC-UES) under the projects 05.31, 06.18, 09.19 and 09.20.

## References.

Bansal A, Antolini F, Zhang S, Stroea S. 2016. Highly luminescent colloidal CdS quantum dots with efficient near-infrared electroluminescence in light-emitting diodes. *J. Phys. Chem. C.* 120(3): 1871-1880. Available from: doi://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b09109

Chou C, Wang T, Chen W, Yang C. 2019. Quantum dot-acrylic acrylate oligomer hybrid films for stable white light-emitting diodes. *ACS Omega.* 4: 3234-3243. Available from: doi: //doi.org/10.1021/acsomega.8b03241

J. Cuadra, H. Ponce and C. Rudamas, 2018. Optical properties of graphene carbon quantum dots for solar cells applications. In: *IEEE 38th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVIII)*. Available from: doi: 10.1109/CONCAPAN.2018.8596611

Kathirgamanathan P, Bushby L, Kuma ravel M, Ravichandran S, Surendra Kumar

Electroluminescent organic and quantum dot LEDs: The state of the art. *J Disp Technol.* 11(55): 480-493. Available from: doi: doi:10.1109/jdt.2015.2418279

Li F, Nie C, You L, Jin X, Qin Z, Qin Y, Zhao F, Son Y, Chen Z, Li Q. 2018. White light emitting device based on single-phase CdS quantum dots. *Nanotechnology.* 29: 205701, and references therein.

Ponce H. and Rudamas C. (2015) Caracterización óptica de defectos superficiales en puntos cuánticos coloidales de Seleniuro de Cadmio (CdSe). *Materia,* 20, 676 – 681. Available from: 10.1590/S1517-707620150003.0070

Shen, Y and Gee M, Greytak A.B. 2017. Purification technologies for colloidal nanocrystals. *Chem Commun.* 53(5): 827-841. Available from: doi: 10.1039/c6cc07998a

Yu W W, Qu L, Guo W, Peng X. 2003. Experimental determination of the extinction coefficient of CdTe, CdSe, and CdS nanocrystals. *Chem Mater.* 15(14): 2854-2860. Available from: //doi.org/10.1021/cm034081k

Yi L. 2016. Application of quantum dots as down conversion materials in white LED. *IJEI.* 6(1): 07-12. Available from: http://www.ijeijournal.com/papers/Vol.6-Iss.1/B06010712.pdf.

## **Etnoecología como identidad étnica presente en los territorios de los Jicaques de la Montaña de la Flor a principios del Siglo XX**

**Hernández Cibrián, Ruth Karina**

Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Centro Universitario Regional del Centro CURC. [ruth.hernandez@unah.edu.hn](mailto:ruth.hernandez@unah.edu.hn)

**Recibido: 02 de Mayo de 2021; Aceptado: 01 Julio 2021**

**Resumen:** El presente estudio se realizó con el objetivo de dar a conocer, analizar, interpretar lo observado y vivido por V. Wolfgang von Hagen; durante su expedición a Honduras entre 1937 y 1938, en la que se describen antecedentes históricos sobre el origen de la comunidad de Jicaques (Tolupanes), de la Montaña de la Flor, ubicada en los departamentos de Francisco Morazán y Olancho, Honduras. Al mismo tiempo, nos permite conocer datos geográficos y ecológicos, tipo de vegetación que existía en su entorno, usos de plantas y animales, artes cinegéticas, creencias, roles de género y la estructura social, por la que se rigen y las relaciones que establecen con personas ajenas a sus comunidades. Se determinó que los Jicaques hacen uso y aprovechamiento de aproximadamente 35 especies de plantas y 10 especies de animales (entre silvestres y domésticos) ya sea para alimentación, vestimenta, caza u ornamentación. Además, se encontró un registro de 45 especímenes en la base de datos del Jardín Botánico de Nueva York y el Jardín Botánico de Missouri.

**Palabras clave:** Tolupanes, literatura, vida silvestre, reserva antropológica, Honduras.

**Abstract:** The present study was carried out in order to make known, analyze, interpret what was observed and lived by V. Wolfgang von Hagen; during his expedition to Honduras between 1937 and 1938, in which historical antecedents are described about the origin of the community of Jicaques (Tolupanes), from the Montaña de la Flor, located in the departments of Francisco Morazán and Olancho, Honduras. At the same time, it allows us to know geographical and ecological data, type of vegetation that existed in its environment, uses of plants and animals, hunting arts, beliefs, gender roles and the social structure, by which they are governed and the relationships that they establish

with people outside their communities. It was determined that the Jicaques make use and exploitation of approximately 35 species of plants and 10 species of animals (between wild and domestic) either for food, clothing, hunting or ornamentation. In addition, a record of 45 specimens was found in the database of the New York Botanical Garden and Missouri Botanical Garden.

**Keywords:** Tolupanes, literature, wildlife, anthropological reserve, Honduras

## Introducción

La literatura de viajes es un género literario, escrito para dar a conocer nuevos territorios, culturas a través de la descripción real o imaginada, de las vivencias de un viajero en tierras extrañas y dejar constancia de haber realizado el viaje (Santos y Encinas 2009).

El antropólogo V. Wolfgang von Hagen y su esposa Christine Inez von Hagen y su esposa bióloga, realizaron una expedición a Honduras entre los años de 1937 a 1938, bajo el auspicio del Museo del Indio Americano, de la Fundación Heye; dicho viaje contempló un estudio etnológico y zoológico, de diferentes etnias incluyendo a los Torrupanes (Universidad Nacional autónoma de Honduras 2018).

Según Duran (2000), la Etnoecología es el estudio de las relaciones entre el ambiente natural y los pueblos tradicionales, incluyendo el conjunto de conocimientos, estrategias, actividades y habilidades que les permiten reproducir sus condiciones materiales y sociales de existencia; por otro lado Toledo et al (2018), la define como el estudio de un complejo sistema

de creencias o cosmovisiones (kosmos), el repertorio completo de conocimientos o sistemas cognitivos (corpus) y el conjunto de prácticas productivas, incluyendo los diferentes usos y manejos de los recursos naturales (praxis).

Ahora bien, considerando el termino identidad, el diccionario de la Real Academia Española (2021) lo define como «Conjunto de rasgos propios de un individuo o de una actividad que los caracteriza frente a los demás».

La identidad en base a los siguientes preceptos.: a) un territorio histórico, b) recuerdos históricos y mitos colectivos, c) una cultura de masas pública y común para todos, d) derechos y deberes legales e iguales para todos los miembros y e) una economía unificada que permite la movilidad territorial de los miembros; Samano-Renteria (2005), la define como un conjunto de repertorios culturales interiorizados (representaciones, valores, símbolos), a través de los cuales los actores sociales (individuales o colectivos) demarcan sus fronteras y se distinguen de los demás actores en una situación

determinada, todo ello dentro de un espacio específico y socialmente estructurado (Barahona 2011).

La presente investigación está basada en el libro «Viajeros por Honduras en el Siglo XX (1927-1943)» Textos Traducidos del Idioma Ingles al Español, monografía y notas indígenas de V. Wolfgang von Hagen, titulada «Los Jicaques (Torrupanes) indios de Honduras» (UNAH 2018). Con la finalidad de dar a conocer la importancia que tiene el relato de viajes, como fuente de información histórica, étnica geográfica, botánica entre otras, y sobre todo la posibilidad de comprobar esa información por medio de la investigación. A la vez es importante resaltar que no se pretende realizar un análisis comparativo de la información proporcionada en el libro de «Viajeros por Honduras en el Siglo XX (1927-1943)» y los cambios que han experimentado los Jicaques desde la visita de los von Hagen en 1937 a 1938 en cuanto a sus costumbres, usos etnobotánicos, creencias, comportamiento, entre otros. Se consultaron una diversidad de fuentes bibliográficas y se revisó diferentes bases de datos la como la de New York Botanical Garden (NYBG), Trópicos del Missouri Botanical Garden (MBG), Herbario de Paul C. Standley.

## **Desarrollo del tema**

En este apartado resaltare datos sobre origen y migración, ubicación geográfica,

organización social, características físicas, roles de género, etnobotánica, artes de caza, alimentación, comportamiento y costumbres. Origen y migración. El asentamiento Jicaque de la Montaña de la Flor es producto de la migración de la familia de Pedro (mujer y dos hijos) y Juan (y su mujer), de la Sierra de Sulaco del departamento de Yoro, en el año de 1865 (Gutiérrez y Barahona 2018, pág. 63).

Este asentamiento estuvo formado por dos comunidades:

- Una liderada por un anciano llamado «Beltrán» hijo de Pedro, que al momento de la migración tenía cinco años. Comenta V. von Hagen: «creo que al momento de la entrevista debía tener unos setenta y nueve» (Gutiérrez y Barahona 2018).
- «La otra comunidad tiene como líder a Juan (más de ochenta años de edad), hijo de la pareja que acompañó a Pedro en su travesía, hace 75 años aproximadamente» (Gutiérrez y Barahona 2018).

Es evidente que el proceso de migración en este caso se dio, debido a la conquista de los españoles a los territorios indígenas, la esclavitud, reducción de la población y de la conversión de sus creencias al catolicismo. Y de la resistencia de los Jicaques en cierta medida a adaptarse a situaciones, después sublevarse y posteriormente huir para sobrevivir y luego adaptarse a un entorno ambiental y social diferente.

Para explicar en parte los párrafos anteriores resalto lo siguiente «El nombre de Cortés llegó a ser tan temido y respetado entre todos los habitantes de Honduras, que incluso las tribus distantes de Olanchito asentadas en el departamento de Yoro enviaron emisarios declarándose perpetuos vasallos de la Corona. Estos nativos de tan remotos lugares eran sin lugar a duda los Jicaques» (Gutiérrez y Barahona 2018).

### Ubicación Geográfica

La comunidad de Jicaques (Torrupanes), habitó una pequeña franja territorial conocida como La Montaña de la Flor, situada en la zona limítrofe de los departamentos de Tegucigalpa, Olanchito y Yoro, ubicada entre el grado 14 y 15 latitud norte, paralelo 87, a una altitud de 4,000 pies (Gutiérrez y Barahona 2018).

Tal como lo describe Víctor von Hagen «allí se encuentra una empalizada de roble, detrás de dicha empalizada, justo en un claro los Torrupanes han erigido sus viviendas, donde cohabitan dos pueblos Jicaques los cuales geográficamente están separados por el Río Guarabuquí» (Gutiérrez y Barahona 2018).

Debido a las gestiones realizadas por el presidente Miguel Paz Barahona, el 25 de enero de 1929, se les extendió el un título de territorio común que fue certificado y establecido como reserva. Víctor von Hagen comenta: «Así, después de cuatrocientos años de explotación y usurpación, este

desdichado remanente de Jicaques (Torrupanes), llegó a poseer esta pequeña parcela de tierra, la primera reserva formal para cualquier grupo indígena primitivo en Centro América» (Gutiérrez y Barahona 2018). Importante resaltar que V. von Hagen no menciona el área aproximada del territorio Jicaque, pero Pinto (2002) menciona que el título de 1928 concedido por el expresidente Miguel Paz Barahona a la Tribu Tolupán es de aproximadamente de 3,451.05 ha.

Actualmente esta reserva se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras (SINAPH) con área aproximada de 4995.9567 ha, en la categoría de Reserva Forestal Antropológica (Figura 1), acuerdo presidencial 1118-92 (Poder Ejecutivo de Honduras 1992).



Figura 1: Ubicación Geográfica de la Montaña de la Flor, actual Reserva Forestal y Antropológica Tolupán, Honduras C.A.

### Características Físicas

A continuación se describen las características físicas de los hombres, los cuales tienen una altura promedio de 1.56



m, la piel tiene un tono color cobre, sus hombros son amplios, el cuello corto; la cabeza braquiocefálica (cabeza corta), los pómulos prominentes y labios gruesos; la nariz es convexa y pequeña, las fosas nasales anchas y aplanadas; los ojos son de color oscuro y algo oblicuos (que dan un rasgo mongoloide a su rostro), la cabellera es negra y muy abundante; su vello corporal es escaso en otras partes el cuerpo, aunque relativamente grueso en los genitales y las axilas (Gutiérrez y Barahona 2018, pág. 63).

Víctor von Hagen comenta: «Las mujeres Jicaques parecen tener la misma estatura de los hombres y de hecho algunas son más corpulentas» (UNAH 2018. pág. 63).

«Las mujeres siempre están resguardadas por los hombres por lo cual no fue posible realizar una medición» (UNAH 2018. pág. 63).

«No hay evidencia de vanidad personal en los Jicaques, más bien parece que carecen de ese impulso primitivo universal del auto embellecimiento» (Gutiérrez y Barahona 2018, pág. 65).

## **Organización Social**

«La organización tribal, al parecer, en tiempos pasados era mucho menos organizada de lo que es hoy. Actualmente un anciano (líder) es nombrado tras el fallecimiento de su antecesor y la sucesión es completamente respetada por toda la tribu. Es impresionante ver como todos los miembros de la comunidad cumplen

sin dilación, las ordenes emanadas por el anciano, su palabra es definitiva y su poder es absoluto» (Gutiérrez y Barahona 2018, pág. 73).

Es evidente que en los Tolupanes existen relaciones de desigualdad en donde existe un control masculino en la familia, reproducción, estructura social de la comunidad como en otras etnias, tal como lo describe (Flores 2015) en su estudio de caso de una población indígena localidad El Jagüey, municipio de Chilapa de Álvarez, México.

La familia está conformada por un marido (esposo), sus mujeres (esposas) e hijos (Figura 2). En algunas ocasiones convive en la familia el hijo mayor y su mujer, o un hermano soltero (Gutiérrez y Barahona 2018, pág. 74).

Los Jicaques practican con menos frecuencia que sus antepasados la poligamia y la endogamia, debido a que el número de mujeres se ha reducido y que ahora no son más que un centenar de personas (UNAH 2018). Es evidente que este tipo comportamiento al parecer es muy común y practicado por diferentes etnias tal como lo menciona Vega (2013) en el estudio realizado a las etnias amazónicas del departamento de Cusco, Perú.

## **Roles de Género**

Las mujeres Jicaques utilizaban una blusa y falda simple (similar a la que se vestían en tiempo de la colonia las mujeres ladinas, año de 1850), implementada por el

padre Subirana; el cabello largo y atado (no utilizan ningún ornamento); los hombres visten una túnica (tiene la forma de poncho) y un cinturón, elaborado exclusivamente de la corteza del árbol de Ficus (Tabla 1). El hombre además carga un morral o bolsa elaborada de piel de mono, oso hormiguero o de tapir y fuma tabaco en pipa y «Ambos sexos caminan descalzos» (Gutiérrez y Barahona 2018).

«Las milpas las ubican en zonas de los bosques húmedos y lluviosos, por encima de las regiones de pino y roble que rodean el caserío Jicaque». Los hombres cultivan maíz, frijoles y cacahuete, tabaco, caña de azúcar, camotes y tubérculos en grandes milpas y en huertos cultivan yuca (Manihot esculenta); y las mujeres cosechan (Gutiérrez y Barahona 2018). Los roles de género están bien marcados y son similares en diferentes etnias de América (la labor de las mujeres en la comunidad se divide entre las actividades domésticas y las agrícolas), tal como lo menciona Solorzano (2017) en el estudio realizado a las etnias Shuar, Achuar y Kichuas.

Para la elaboración de cestas los Tolupanes utilizan exclusivamente, Carrizo Alto (*Arthostylidium racemiflorum*), participan ambos en la preparación de los juncos (Tabla 1), sin embargo, la fabricación de las cestas (en forma de ánfora, utensilios macizos y consistentes) es una actividad propiamente masculina

(Gutiérrez y Barahona 2018).

Aunque la cacería es realizada generalmente por hombres y las mujeres sólo participan en la preparación de la carne, para «los Jicaques parece no haber tabú en que las mujeres se unan a la cacería, ya que estas acompañan a los hombres y son las encargadas de perseguir y guiar la presa hacia los cazadores» (Gutiérrez y Barahona 2018).

### Arte de Caza y Pesca

«En la antigüedad las armas de caza de los Jicaques eran la cerbatana, la lanza, el arco y la flecha». La cerbatana era elaborada del Mogotillo (*Saurauia englesingii*) y el arco de la Palma de Pacaya (*Guilielma* sp.).

«El Jicaque muestra una notable habilidad en el uso de su cerbatana (Figura 3); un

Figura 2: Familia Tolupán en la Montaña de la Flor. Por R. Agüero V. Fototeca Nacional Universitaria



UNAH. Derechos de autor [2017] Reimpresión autorizada.

experto cazador tiene un rango de precisión de hasta unas 30 yardas (27.43 m), aunque actualmente hacen uso de armas de fuego» (Gutiérrez y Barahona 2018). Tal como lo expresa Montaña (2013) «los diferentes grupos indígenas de la región amazónica del Ecuador utilizan las armas de fuego como principal método de cacería», se han ido diversificando.

La carne que consumían los Jicaques, era producto de la caza de animales silvestres que habitan en los territorios adyacentes como el mono, el ciervo, la guatusa, el tepezcuintle, el pecarí, el tapir y también el cusuco (Tabla 2); cuya carne era por lo general de la más apetecida (Gutiérrez y Barahona 2018).

Tabla 1. Uso etnobotánico de las plantas, por parte de los Jicaques de la Montaña de la Flor. Fuente UNAH

Nombre Común	Usos	Manejo	Parte utilizada	Hábito	Nombre Científico
Maíz	Comercio, elaboración de tortillas, tamales, pozol, pinol y atol de maíz	Cultivo	Fruto	Herbácea	<i>Zea mays</i>
Maicillo					<i>Sorghum vulgare</i>
Yuca	Alimento	Cultivo	Tubérculo	Herbácea	<i>Manihot esculenta</i>
Camote	Alimento	Cultivo		Enredadera	<i>Ipomoea batatas</i>
Ñame	Alimento	Cultivo	Tubérculo	Herbácea	<i>Santhosoma sp.</i>
Tubérculo	Alimento	Cultivo	Tubérculo	Herbácea	<i>Dioscorea sp.</i>
Frijoles	Alimento	Cultivo	Semilla	Hierba	<i>Phaseolus sp.</i>
Cacahuates	Alimento, Trueque con el ladino	Cultivo	Semilla	Hierba	<i>Arachis sp.</i>
Piña	Alimento	Cultivo	Fruto	Hierba	<i>Ananas sativus</i>
Guayaba	Alimento	Silvestre y cultivada	Fruto	Arbusto	<i>Psidium guajaba</i>
Guayo	Alimento	Cultivo	Fruto	Árbol	<i>Talisia olivae</i>
Zarzaparrilla	Comercio	Silvestre	Tallo	Herbácea trepadora	<i>Smilax officinalis</i>
Matasano	Alimento	Cultivo	Fruto	Árbol o arbusto	<i>Casimora tetrameria</i>
Algodón	elaboración de vestimenta.	Cultivada	Fruto	Arbusto	<i>Gossypium sp.</i>
Tabaco	Consumo y comercio	Cultivo	Hoja	Arbusto	<i>Nicotiana tabacum</i>
Chile	Crudo o como ingrediente.	Cultivo	Fruto		<i>Capsicum sp.</i>
Mescal	elaboración sogas, cuerdas de arco y atar las flechas	Cultivo	Hoja	Arborescente o herbácea	<i>Agave sp.</i>

Matapalo,					
Higo	elaboración de vestimenta.	Cultivo	Corteza y ramas grandes	Árbol o arbusto	<i>Ficus costaricana</i> , <i>F. padifolia</i> , <i>F. rárdula</i> , <i>F. glabra</i> , <i>F. involuta</i>
Membrillo	Elaborar mantas		Corteza	Árbol	<i>Chaetoptelea mexicana</i>
Mogotillo	Fabricación de cerbatanas	Silvestre	Ramas	Árbol o arbusto	<i>Saurauia englesignii</i> , <i>S. leucocarpa</i> , <i>S. pauciserrata</i>
Rabo de iguana	Utilizada para hacer un hueco en la rama con la que se fabricara la Cerbatana	Silvestre	Tallo	Arbusto	<i>Mimosa hondurana</i>
Barba de Vinagre	Agrandar el orificio de las Cerbatanas	Silvestre	Toda la planta	Herbácea	<i>Equisetum giganteum</i>
Corizo	Cestas	Silvestre	Tallo		<i>Arthostylidium racemiflorum</i>
Cebolla de Cerro	Elaborar el astil del arco	Cultivo		Arborescente o Herbácea	<i>Agave brachystachya</i>
Pacaya	Elaborar puntas de las flechas y Cubrir techos de paja, Refugios temporales durante la cacería.		Tallo y ramas	Palma	<i>Chamaedorea graminifolia</i>
Palma de Pacaya		Silvestre	Tallo	Palma	<i>Guilielma sp.</i>
Coyol	No se identificó uso.	Cultivo	Fruto	Palma	<i>Acrocomia vinifera</i>
Banano o plátano macho		Cultivo	Fruto	Herbácea	<i>Musa paradisiaca var. sapientum</i>
Café	No es consumido	Cultivo		Arbusto	<i>Cofea arabica</i>
Calabaza	Escudilla y utensilio de cocina	Cultivo	Cascara	Herbácea trepadora, enredadera	<i>Crescentia cujete</i>
Roble	Construcción paredes de viviendas, cercas y leña para el fuego.	Silvestre	Tronco y ramas		<i>Quercus segoviensis</i>
Pino	Hacer antorchas, estratificar y controlas incendios	Silvestre	Brea, ramas y tronco		<i>Pinus oocarpa</i> y <i>Pinus caribea</i>
Damajoa	Adorna los postes de las viviendas		Tronco		<i>Heliocarpus exul</i>
Zopolote, Barbasco	Veneno para peces	Silvestre	Tronco	Árbol	<i>Piscidia grandifolia</i> , <i>Tephrosia heydeana</i> , <i>Lonchocarpus michelianus</i> y <i>L. hondurensis</i>
Chilpate		Silvestre		Arbusto	<i>Salmea scandens</i>

Los Jicaques realizan la actividad de pesca mediante el método, de envenenamiento de las corrientes de agua utilizando plantas (Tabla 1) que producen rotenona y participan unos veinte hombres que se dividen en dos grupos, uno se concentra en la construcción de la trampa (utilizan troncos de pino, rocas, membrillo, suyate), mientras que el otro grupo va en busca del veneno; «Solo los preparativos pueden consumir un día entero» (Gutiérrez y Barahona 2018).

### Alimentación

Para la preparación de alimentos (origen vegetal y animal) los comían hervidos o guisados; y en algunas ocasiones cuando no disponen de carne, los acompañan con pimientos picantes. Con muy pocas excepciones, los Jicaques preparan la carne de estos animales en forma de guiso (Gutiérrez y Barahona 2018).

De acuerdo a la lista plantas (uso medicinal, alimenticio y otros) realizada por Christine Inez von Hagen, puedo decir que los Jicaques tenían una dieta alimenticia de subsistencia, diversa ya que hacían uso de las especies cultivadas como las obtenidas del medio silvestre, al igual que otras etnias de América (Tabla 2).



Figura 3: Tolupán mostrando cómo se usa la cerbatana para cazar pequeñas aves en el bosque. Por R. Agüero V. Fototeca Nacional Universitaria UNAH. Derechos de autor [2017] Reimpresión autorizada

Tabla 2. Uso de la Fauna Silvestre por parte de los Jicaques de la Montaña de la Flor. Fuente UNAH.

Usos	Descripción	Parte utilizada	Nombre Común	Nombre Científico
Alimento	Producción de miel	Individuo completo	Abeja	<i>Trigona fulviventris</i>
		Carne	cusuco	<i>Dasyus novemcinctus</i>
			Ciervo	<i>Mazama americana</i>
			Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>
			Tepezcuintle	<i>Cuniculus paca</i>
			Pecarí de Collar	<i>Pecari tajacu</i>
			Pecarí de Labio Blanco	<i>Tayassu pecari</i>
			Tapir	<i>Tapirus bairdii</i>
Mono				
Decoración	Morral	Piel	Oso hormiguero o del	<i>Mirmecophaga tridactyla</i>
			Tapir	<i>Tapirus bairdii</i>
			Mono	

	Carcaj		cuero de puma	
Construcción de Casas	Armazón de la casa	Cuero de venado o tapir		
Creencia	Amuletos de buena suerte en la cacería.	Cráneos	Monos, cerdos, ciervos y guatusas.	
Perdigones	Amasar arcilla	Concha de caracol		

## Etnobotánica

Dentro de las costumbres etnobotánicas de los Jicaques se puede mencionar dos tipos de cultivos: a) los huertos, que se caracterizan por ser parcelas irregulares de cultivos mixtos y b) cultivos extensivos, ubicados en los descampados junto a sus viviendas (Tabla 1), (Gutiérrez y Barahona 2018, pág. 69). Otras especies son obtenidas del medio silvestre, ya sea para complementar su dieta alimenticia o ser utilizadas para la elaboración de utensilios, armas u otros (Gutiérrez y Barahona 2018).

El árbol de Matapalo (*Ficus costaricana*) incluido en la lista etnobotánica realizada por Christine Inez von Hagen, llama poderosamente mi atención por la descripción que se hace de él «Se cultiva dentro de la aldea Jicaque muy cerca de la empalizada. De este árbol extraen la corteza para usarla en la elaboración de su ropa. En el pasado los árboles los talaban, ahora viendo que su número es bastante reducido, los Jicaques solo cortan las grandes ramas para remover lo necesario de la materia prima [...] esta técnica es muy similar a la empleada por los grupos del hemisferio occidental como los Sumos,

Misquitos, Otomis y Tlingit. También usan esta misma técnica los nativos de Polynesia y de las Célebes (UNAH 2018). Con esta descripción se resalta la importancia de este árbol para los Jicaques, la sobre explotación que realizaron y el cambio de comportamiento ya que procedieron a su cultivo para evitar su extinción.

«La colección obtenida, ahora depositada en la Sociedad Botánica de Nueva York, fue examinada e identificada por el Dr. Paul Y. Standley, una autoridad líder en la flora de Centro América. El autor está profundamente agradecido con el Dr. Standley no sólo por su interés académico, sino por arrojar una considerable luz en la clasificación de varios especímenes raros» (Gutiérrez y Barahona 2018). Es importante resaltar que en la base de datos del Herbario Paul C. Standley (EAP), únicamente están registrados dos especímenes colectados en el departamento de Colón, Honduras, en el año de 1938 (Comunicación personal de F Díaz).

Es importante resaltar que existe registro de la colección botánica realizada por Christine Inez von Hagen y Víctor Wolfgang von Hagen en la Montaña de la Flor, Honduras; en la base de datos del

Herbario New York Botanical Garden con un total de 36 especímenes (NY 2021) y en la base de datos del Misuri Botanical Garden con un total de 122 especímenes, de los cuales 36 corresponden a diferentes departamentos de Honduras y de estos solamente 09 (MO 2021), corresponden a la colección botánica realizada en la Montaña de la Flor (Tabla 3).

## Creencias

La etnozootología se define como el estudio del conocimiento local de la fauna y las relaciones culturales entre comunidades humanas y otros animales de su ambiente (Barraza-García 2012). Los animales son una referencia en el mundo y en la existencia humana, estando presentes en nuestro día

a día como valor tangible (alimenticio, medicinal, vestimenta, económico, lúdico etc.) o intangible al estar profundamente arraigados en los diversos esquemas simbólicos, espirituales y culturales que conforman nuestra identidad, tomando parte, de mitos, sueños, fantasías, cuentos, folclore y arte, entre otras cosas (Santos et al. 2018).

De acuerdo con lo expresado anteriormente los Jicaques clavan en pequeñas estacas, los cráneos de monos, cerdos, ciervos y guatusas y otros (que no fueron identificados por el autor), como ofrendas y para esperar prosperidad en las futuras faenas dedicada a la cacería (Gutiérrez y Barahona 2018).

Tabla 3. Especímenes botánicos colectados Christine von Hagen & W. von Hagen en la Montaña de la Flor, Honduras

Recolecta	Nombre Científico	Familia	Fecha de Recolecta
1128	<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	Myrtaceae	Dec 1937
1139	<i>Ardisia paschalis</i> Donn. Sm.	Primulaceae	Dec 1937
1150	<i>Sageretia elegans</i> (Kunth) Brongn.	Rhamnaceae	Dec 1937
1175	<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Namaceae	10 dec 1937
1226	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoniaceae	13 dec 1937
1240	<i>Parathesis hondurensis</i> Standl.	Primulaceae	Dec 1937
1248	<i>Rhipidocladum pittieri</i> (Hack.) McClure	Poaceae	Dec 1937
1272	<i>Philodendron warszewiczii</i> K. Koch & C.D. Bouché	Araceae	Dec 1937
1304	<i>Philodendron sagittifolium</i> Liebm.	Araceae	Dec 1937

Fuente: <http://legacy.tropicos.org/SpecimenSearch.aspx?projectid=3>

1123	<i>Baccharis trinervis</i> Pers.	Asteraceae	1 dec 1937
1127	<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	01 dec 1937
1137	<i>Baccharis glutinosa</i> Pers.	Asteraceae	Dec 1937
1147	<i>Blechnum occidentale</i> L.	Blechnaceae	Dec 1937
1151	<i>Piper umbellatum</i> L.	Piperaceae	03 dec 1937
1153	<i>Asclepias curassavica</i> L.	Apocynaceae	03 dec 1937
1159	<i>Solanum myriacanthum</i> Dunal	Solanaceae	03 dec 1937
1164	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Burseraceae	Dec 1937
1169	<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose var. <i>arborea</i>	Fabaceae	Dec 1937

1170	<i>Bursera simaruba (L.) Sarg.</i>	Burseraceae	Dec 1937
1172	<i>Lysiloma</i>	Fabaceae	13617
1174	<i>Solanum erianthum D.Don</i>	Solanaceae	12/41937
1198	<i>Baccharis trinervis Pers.</i>	Asteraceae	Dec 1937
1201	<i>Calliandra houstoniana (Mill.) Standl. var. houstoniana</i>	Fabaceae	11 dec 1937
1202	<i>Mimosa albida Humb. &amp; Bonpl. ex Willd.</i>	Fabaceae	Dec 1937
1205	<i>Solanum rudepannum Dunal</i>	Solanaceae	11 dec 1937
1207	<i>Brahea salvadorensis H.Wendl. ex Becc.</i>	Arecaceae	Dec 1937
1209	<i>Pteridium caudatum (L.) Maxon</i>	Dennstaedtiaceae	Dec 1937
1212	<i>Chromolaena laevigata (Lam.) R.M.King &amp; H.Rob.</i>	Asteraceae	11 dec 1937
1217	<i>Vernonia arborescens (L.) Sw.</i>	Asteraceae	11 dec 1937
1233	<i>Senna pallida (Vahl) H.S.Irwin &amp; Barneby var. pallida</i>	Fabaceae	Dec 1937
1239	<i>Thelypteris invisiva var. geropogon (Fée) A.R.Sm.</i>	Thelypteridaceae	Dec 1937
1240	<i>Parathesis hondurensis Standl</i>	Primulaceae	Dec 1937
1242	<i>Baccharis pedunculata (Mill.) Cabrera</i>	Asteraceae	14 dec 1937
1244	<i>Equisetum myriochaetum Schldl. &amp; Cham.</i>	Equisetaceae	Dec 1937
1249	<i>Mimosa hondurana Britton</i>	Fabaceae	Dec 1937
1252	<i>Bletia purpurea (Lam.) DC.</i>	Orchidaceae	15 dec 1937
1255	<i>Sin nombre</i>	Fabaceae	Dec 1937
1263	<i>Senna pallida var. quiedondilla (Micheli) H.S.Irwin &amp; Barneby</i>	Fabaceae	Dec 1937
1267	<i>Solanum mammosum L.</i>	Solanaceae	
1272	<i>Philodendron warszewiczii K.Koch &amp; C.D.Bouché</i>	Araceae	Dec 1937
1283	<i>Chamaedorea quezalteca Standl. &amp; Steyerm.</i>	Arecaceae	Dec 1937
1285	<i>Montanoa hibiscifolia (Benth.) Standl.</i>	Asteraceae	Dec 1937
1286	<i>Alsophila tryoniana (Gastony) D.S.Conant</i>	Cyatheaceae	Dec 1937
1296	<i>Agave</i>	Asparagaceae	06 dec 1937
1304	<i>Philodendron sagittifolium Liebm.</i>	Araceae	Dec 1937

Fuente: <https://www.nybg.org/search/?q=von+hagen&cx=0&cy=0>

«Durante la jornada de pesca la presencia de mujeres no es permitida. Y un hombre cuya esposa está embarazada o menstruando, no debe recoger veneno ni formar parte del grupo de pesca; los Jicaques tienen la creencia de que esta situación de impureza debilitará la potencia del veneno y los peces no sucumbirán al mismo» (Gutiérrez y Barahona 2018). De forma igual lo menciona Luis Mejía y Sandra Turbay (2007), las mujeres están excluidas del manejo del veneno y de la recolección de peces, por la presencia de la menstruación porque «cortan el efecto del veneno» «Una curiosa mezcla del cristianismo con sus propias creencias se ve reflejada en la forma de despedir a sus muertos. Al fallecer, después de un duelo preliminar, el cuerpo del difunto es envuelto en una



manta o en una tela de corteza de árbol, para luego trasladarlo al cementerio y proceden a sepultar el cuerpo sin ningún objeto como un acompañamiento funerario, excepto algunas prendas con las cuales la persona falleció» Gutiérrez y Barahona 2018).

## **Conclusiones**

A través de este relato podemos recrear e imaginar el ecosistema, en el que se desarrollaron los Jicaques (Tolupanes), el clima, como trabajaban sus artes de caza, uso de las plantas y animales, roles de género, creencias, estructura social y su interacción con las personas de comunidades circundantes.

Los Tolupanes hacen uso y aprovechamiento de aproximadamente de 35 especies de plantas y 10 especies de animales (entre silvestres y domésticas) ya sea para alimento, vestimenta, cacería u ornamentación; se denota la dependencia del ser humano de los recursos naturales y de tomar decisiones importantes para que estos no se extingan, tal como lo hicieron los Tolupanes con el árbol de ficus del cual elaboraban sus ponchos.

A partir de esta experiencia puedo decir que los relatos de viaje son una fuente importante de información y a la vez fascinante, lo cual nos permite verificar en parte lo que el explorador narra y a la vez realizar una visualización del cambio del paisaje, del ser humano como tal vegetación, uso del suelo y otros.

Se recomienda financiar este tipo de investigación ya que permite conocer parte del origen e historia de los Tolupanes, base de nuestra cultura y población, importante pueblo indígena que aun sobrevive y que debemos conservar y promover su desarrollo sostenible, como legado para futuras generaciones.

## **Agradecimientos**

Investigación se realizó en el Grupo de Investigación Filológica de la UNAH, con Fondos de la Beca de Investigación Sustantiva DICYP 2017-2019. Al fondo Raúl Agüero Vega Fototeca Nacional Universitaria (UNAH). MSc. Miguel Barahona y MSc. Wendy Calix, Profesores e Investigadores del Grupo de Investigación Filológica de la UNAH, por su ayuda y disponibilidad para la revisión de esta investigación. A Licda. Rina F. Díaz la curadora del Herbario Paul C. Standley (EAP) en la búsqueda de información de la colección de los von Hagen. A mi amigo Luis Alemán, especialista en Sistemas de Información Geográficos (SIG), por su ayuda en la elaboración del mapa de ubicación de la Reserva Forestal y Antropológica Tolupán.

## **Bibliografía**

Alemán LE. 2021. Montana de la Flor. [Mapa de ubicación Geográfica]. Grupo de investigación Agrobiodiversidad y Cambio Climático de la Región Central de

- Honduras. Centro Universitario Regional del Centro (CURC-UNAH). Montaña de la Flor: Reserva Forestal y Antropológica Tolupán. 29 abril de 2021.
- Barahona MA. 2011. El tejido discursivo de una subjetividad notas sobre la identidad. Ciencia y Tecnología. 82-92 p.
- Duran DL. 2000. Modernidad y romanticismo en etnoecología. Alteridades, 10(19): 143-150.
- Gutiérrez, Barahona M. 2018. Los Jicaques (Torrupanes): indios de Honduras. En: Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Viajeros por Honduras en el siglo XX (1927-1943). Tegucigalpa. pág. 47-106.
- Mejía L, Turbay S. 2007. Uso y simbolismo de los venenos de pesca en las tierras bajas de Colombia, Suramérica. [Internet]. Disponible en: <http://itinerarios.uw.edu.pl/uso-y-simbolismo-de-los-venenos-de-pesca-en-las-tierras-bajas-de-colombia-suramerica/>
- [MO] Missouri Botanical Garden. 2021. Tropicos. [Internet]. [consultado el 14 de mayo de 2021]. Disponible en <http://legacy.tropicos.org/SpecimenSearch.aspx?projectid=3>
- [NY] New York Botanical Garden. 2021. NYBG. [Internet]. [consultado el 06 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.nybg.org/search/?q=von+hagen&x=0&y=0>
- Pinto LG. 2002. Perfil de los pueblos Indígenas y Negros de Honduras. Tegucigalpa.
- [RAE] Real Academia Española. [Internet]. 2018. Diccionario de la Real Academia Española. [citado 14 febrero 2021]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=KtmKMfe>.
- Sámamo-Rentería MA. 2005. Identidad Étnica y la Relación de los Pueblos Indígenas con el Estado de México. Ra Ximhai. [Internet]. [consultado el 14 de mayo de 2021]; 1(002): 239-260. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/6833/6353>
- Santos FD, Costa NE, Cano E. 2017. Manual de Etnozología. El que hacer de la Etnozología. [Internet]. [citado el 26 de febrero de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Didac\\_Fita/publication/310444221\\_EL\\_QUEHACER\\_DE\\_LA\\_ETNOZOOLOGIA/links/587a431d08ae9a860fe890c4/EL\\_QUEHACER-DE-LA-ETNOZOOLOGIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Didac_Fita/publication/310444221_EL_QUEHACER_DE_LA_ETNOZOOLOGIA/links/587a431d08ae9a860fe890c4/EL_QUEHACER-DE-LA-ETNOZOOLOGIA.pdf)
- Santos JM, Encinas P. 2009. Breve aproximación al Concepto de Literatura de Viajes como Género Literario. [Internet]. Disponible en <https://www.um.es/tonosdigital/znum17/secciones/estudios-20-litviajesgeneroliterario.htm>
- Solorzano DR. 2017. Estudio de la relación

de genero de la Etnia Shuar del cantón El Pangui, perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe [Tesis de Licenciatura]. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

Toledo VM, Alarcón, CP, Barrera-Bassols N. [Internet]. Julio 2018. Etnoecología. [22 de abril de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/327050859\\_ETNOECOLOGIA\\_MESOAMERICANA\\_MESOAMERICAN\\_ETHNOECOLOGY](https://www.researchgate.net/publication/327050859_ETNOECOLOGIA_MESOAMERICANA_MESOAMERICAN_ETHNOECOLOGY)

[UNAH] Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 2018. Viajeros por Honduras en el siglo XX (1927-1943). Dirección de Investigación Científica Universitaria, Tegucigalpa, Honduras. 111 p.

Vega AU. 2013. Las etnias amazónicas del departamento del Cusco. LEX-Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política. [Internet]. [citado el 12 de mayo de 2021]; 11(11): 353-398. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21503/lex.v11i11.15>

Vega RA. 1948. Familia tolupán en la Montaña de la Flor. [Fotografía]. Fototeca Nacional Universitaria UNAH. Derechos de autor [2017] Reimpresión autorizada.

Vega RA. 1948. Tolupán mostrando cómo se usa la cerbatana para cazar pequeñas aves en el bosque. [Fotografía]. Fototeca Nacional Universitaria UNAH. Derechos de autor [2017] Reimpresión autorizada.

## Microstructural and ferroelectric analyses of $\text{Pb}_{1-3x/2}\text{La}_x(\text{Zr}_{0.54}\text{Ti}_{0.46})_{1-5y/4}\text{Nb}_y\text{O}_3$ soft ceramics.

### Análisis microestructural y ferroeléctrico de cerámicas suaves de



M.D. Durruthy-Rodríguez<sup>1</sup>, M. Hernández-García<sup>1</sup>, J.M. Yañez-Limón<sup>2</sup>, D. Rivero Ramírez<sup>3</sup>, F.J. Espinoza Beltrán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNEV- Santo Domingo, Paseo de los Periodistas 54, Miraflores, CP 10230, Santo Domingo D.N., República Dominicana. mddurruthy@gmail.com

<sup>2</sup>CINVESTAV-Unidad Querétaro, IPN, Libramiento Norponiente 2000, Fraccionamiento Real de Juriquilla, CP 76230, Querétaro, Qro, México. jmyanez@cinvestav.mx

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias y Tecnologías Nucleares, Quinta de los Molinos. Ave Carlos III y Luaces, CP 10600, La Habana, Cuba. doris@instec.cu

**Recibido:** 21 de Abril de 2021; **Aceptado:** 03 Julio 2021

**Abstract:** Microstructural and ferroelectric analyses were carried out on  $\text{Pb}_{1-3x/2}\text{La}_x(\text{Zr}_{0.54}\text{Ti}_{0.46})_{1-5y/4}\text{Nb}_y\text{O}_3$  ceramics,  $x = y = 0.004, 0.006, 0.008$  and  $0.01$  mol%. Using Piezoresponse Force Microscopy (PFM) and piezoelectric Hysteresis Loop (HL), ferroelectric behavior, and ferroelectric domain sizes were determined. Grain size (as determinate by SEM) and ferroelectric domain area decrease with the increase of dopant concentration from  $3 \mu\text{m}$  to  $1 \mu\text{m}$  and from  $0.56 \mu\text{m}^2$  to  $0.32 \mu\text{m}^2$ , respectively. The maximum remnant polarization was obtained for  $\text{Pb}_{0.985}\text{La}_{0.01}(\text{Zr}_{0.54}\text{Ti}_{0.46})_{0.9875}\text{Nb}_{0.0103}$ , showing that samples polarize easier with higher  $\text{La}^{3+}$  and  $\text{Nb}^{5+}$  dopant concentration. The coercive field does not show significant differences as the La and Nb content is varied. Grains tend to be single crystals as the  $\text{La}^{3+}$  and  $\text{Nb}^{5+}$  dopant concentration is increased.

**Keywords:** Ferroelectric materials, Microstructure, Hysteresis, Polarization, PZT ceramics.

**Resumen:** Se realizaron análisis microestructurales y ferroeléctricos en cerámicas de  $\text{Pb}_{1-3x/2}\text{La}_x(\text{Zr}_{0.54}\text{Ti}_{0.46})_{1-5y/4}\text{Nb}_y\text{O}_3$ ,  $x = y = 0.004, 0.006, 0.008$  y  $0.01\%$  en moles. Se

utilizó microscopía de fuerza de respuesta piezoeléctrica (PFM) y lazo de histéresis piezoeléctrica (HL), se determinó el comportamiento ferroeléctrico y el tamaño de dominio ferroeléctrico. El tamaño de grano (determinado por SEM) y el área del dominio ferroeléctrico disminuyen con el aumento de la concentración del dopante de 3  $\mu\text{m}$  a 1  $\mu\text{m}$  y de 0,56  $\mu\text{m}^2$  a 0,32  $\mu\text{m}^2$ , respectivamente. La máxima polarización remanente se obtuvo para  $\text{Pb}_{1-3x/2}\text{La}_x(\text{Zr}_{0.54}\text{Ti}_{0.46})_{1-5y/4}\text{Nb}_y\text{O}_3$ , lo que demuestra que las muestras se polarizan más fácilmente con una mayor concentración de dopante  $\text{La}^{3+}$  y  $\text{Nb}^{5+}$ . El campo coercitivo no presenta diferencias significativas ya que el contenido de La y Nb es variado. Los granos tienden a ser monocristales a medida que aumenta la concentración de los dopantes  $\text{La}^{3+}$   $\text{Nb}^{5+}$ .

**Keywords:** Ferroelectric materials, Microstructure, Hysteresis, Polarization, PZT ceramics.

## Introduction

The phenomenon of coupling between electrical and mechanical properties is a near-universal feature of inorganic, organic, and biological systems. The simplest example of linear electromechanical coupling is piezoelectricity, in which application of stress results in an electrical polarization (direct piezoelectric effect); while a mechanical displacement is produced by the application an electric field (converse piezoelectric effect). Since the discovery of piezoelectricity, at the end of the 19th century, piezoelectricity in inorganic materials has been studied in great detail, an achievement that was made possible by the combination of macroscopic measurements which provided information about properties and of atomic structure elucidated by advanced diffraction theories (Lines et al 1977). From symmetry

considerations, piezoelectricity can exist only in non-symmetric polar materials (Nye 2001).

Complex examples of electromechanically active materials are ferroelectrics, in which polarization and hence directionality of electromechanical activity can be switched by external electric (ferroelectric) or mechanical (ferroelastic) stimuli. After the discovery of piezoelectricity in ferroelectrics, numerous applications such as sensors, actuators, transducers, etc. have emerged (Hench et al. 1990, Setter et al. 1993). In the last decade, the developments of deposition techniques for epitaxial ferroelectric thin films and advanced ceramic fabrication have resulted in numerous novel applications such as those in micro and nano-electromechanical systems (MEMS) (Polla et al. 1998, Dabbs et al. 2000, Schonholzer et al. 1999). The

ability of ferroelectric materials to exist in two or more polarized states, to conserve their polarization for a finite period, and to change the polarization under an electric field allows their consideration for non-volatile computer memory devices (FRAM) (Palkar et al. 1999, Suzuki 1995, Scott 2000).

In the last decade, piezoresponse force microscopy has become established as a powerful instrument for probing local electromechanical activity on the micro and nanometer scale (Jesse et al. 2006, Alexe et al. 2004, Hong 2004). Originally developed for imaging domain structures in ferroelectric materials, PFM was later extended to local hysteresis loops by piezoresponse force spectroscopy (Roelofs et al. 2000), as well as to ferroelectric domain patterning for applications such as high-density data storage (Tybell et al. 2002) and ferroelectric lithography (Kalinin et al. 2004, Terabe et al. 2003). It was suggested recently that the PFM vector could be used to determine local molecular or crystallographic orientation in piezoelectric materials, if all three components of the electromechanical response vector are determined quantitatively (Kalinin et al. 2006 a). Broad applicability of PFM to materials such as ferroelectric perovskite (Rodriguez et al. 2004), piezoelectric III–V nitrides (Rodriguez et al. 2002), and recently, biological systems such as calcified and connective tissues (Halperin

et al. 2004, Kalinin et al. 2005 and 2006 b), has required of fundamental theoretical studies of the image formation mechanism in PFM.

In this work, we study the relationship among structure (by X-ray diffraction, XRD)- and domain size by piezoresponse force microscopy (PFM), as well as polarization by hysteresis loops.

## Materials and methods

Ceramics samples were prepare by solid-state reaction to obtain the following stoichiometric relationship  $Pb_{1-3x/2}La_x(Zr_{0.54}Ti_{0.46})_{1-5y/4}Nb_yO_3$ , where  $x = y = 0.004, 0.006, 0.008$  and  $0.010$  mole % (abbreviated as PLZTN 54/46/0.4 for example). Mixture of the components is accomplished via humid milling with ethylic alcohol in an agate mortar mill during 90 minutes, and calcined at  $960^\circ\text{C}$  during 90 minutes in a covered alumina crucible. The samples pressed into pellets and sintered in lead atmosphere at  $1250^\circ\text{C}$  for 100 minutes. For ferroelectric characterization, some samples were metalized using silver paste.

The crystalline structure of the samples was analysed using a Rigaku DMax-2100 diffractometer with  $\text{CuK}\alpha$  radiation ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ ) in the  $2\theta$  range from  $15^\circ$  to  $60^\circ$ . The crystalline size was calculated using the Scherrer formula (Cullity and Stock, 2001):

$$t = \frac{0.9\lambda}{B \cos \theta_B} \quad (1)$$

Where B is the full width at half maximum (FWHM) for the main peaks, t is diameter of the crystallite and  $\theta_B$  is the Bragg angle selected.

Scanning Electron Microscopy (SEM) was carried out on fragmented samples in a microscope Philips model ESEM XL30 working at 15 kV and 16 mA, the magnification were 10 000 X.

Morphology, amplitude and phase images of samples were obtained in a Piezoresponse Force Microscopy (PFM); the measurements were performed working in the contact resonance tracking mode using a commercial DI-Veeco-Bruker Dimension 3100 Nanoscope IV AFM system, the signal from the photo detector position of the AFM was feed to a high frequency lock-in amplifier Stanford Research System SR844, where the signal was registered in amplitude and phase at the resonance frequency. Budget Sensors conductive probes were used, and DAQ NI-PCI-6133 card of national instruments was used for data acquisition. More details about the experimental technique were reported by Enriquez-Flores et al. 2012.

The hysteresis loops were obtained using a Radiant Technologies, Inc. and Trek High Voltage amplifier Model 609E-6 (Rivero et al. 2008). From which the ferroelectric characteristics of the materials were obtained: maximum applied electric field (EM), coercive field (EC), maximum polarization reached (PM) and remanent polarization (Pr).

## Results and Discussion

### Structure and morphology

The XRD patterns of the crystalline PLZTN powder show mixing of tetragonal and rhombohedral PZT phases (Fig. 1), characteristic of materials near to the morphotropic phase boundary (MPB) (Jaffe et al. 1971, Noheda et al. 2001).

For the lower lanthanum concentration, the relation between tetragonal and rhombohedral phases was approximately 57% tetragonal and 43% rhombohedral, for further lanthanum concentrations the presence of the tetragonal phase is increased like 66% -34% tetragonal - rhombohedral, respectively (Table I). On the other hand, the lattice constants are barely influenced by the dopant concentration (Suárez-Gómez et al. 2009, Durruthy-Rodríguez et al. 2010 and 2011). To quantify the phases concentration it was carried out the deconvolution of the (002)T, (200)T and (020)R picks and the areas of each phase was quantified (details in Fig. 1).

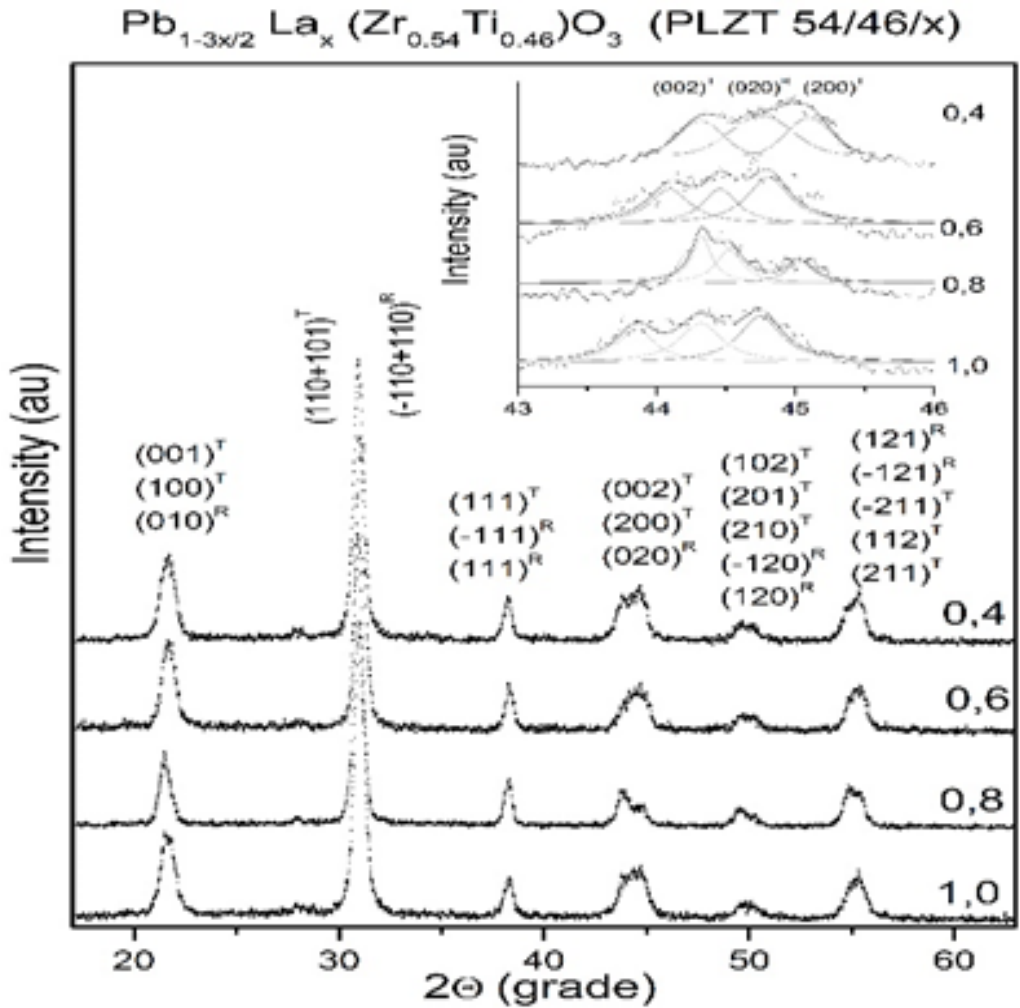


Figure. 1. Room temperature XRD patterns for  $Pb_{1-3x/2} La_x (Zr_{0.54} Ti_{0.46})O_3$  sintered ceramics. In the detail appears like the peaks (200), (002) and (020) evolve with the dopant concentration for the phases tetragonal and rhombohedral, respectively.

The  $c/a$  ratio diminishes as the dopant concentration increases up to 0.008. In a previous work, it was found that by doping PZT ceramics with niobium or lanthanum separately does not influence the  $c/a$  ratio (Durruthy-Rodríguez et al. 2011) but, by using both dopants simultaneously there is a clear influence on this aspect.

The Fig. 2 shows the dependence of grain size with the both dopant concentration,

with the increment of dopant concentration it diminishes strongly the grain size.

Table 1 shows that crystallite size and average grain size ( $\sigma$  grain size) depend directly and inversely with dopant concentration. In others words, crystallite number per grain size diminishes as the dopant concentration increase. The grain tendency is to formed single crystals.



Table 1. Parameters, ratio c/a, crystallite size and crystalline phase % for Pb1-3x/2Lax(Zr0.54Ti0.46)1-yNbyO3 samples.

% mol Dopant	Crystalline Phase %		Experimental Parameter			
	T	R	aR (Ao)	aT (Ao)	cT (Ao)	c/a
0.4	57	43	4,082 $\alpha=89,365$	4,146	3,952	1,049
0.6	74	26	4,072 $\alpha=89,091$	4,130	3,960	1,043
0.8	63	37	4,108 $\alpha=90,051$	4,143	4,003	1,035
1.0	66	34	4,084 $\alpha=89,262$	4,152	4,003	1,037

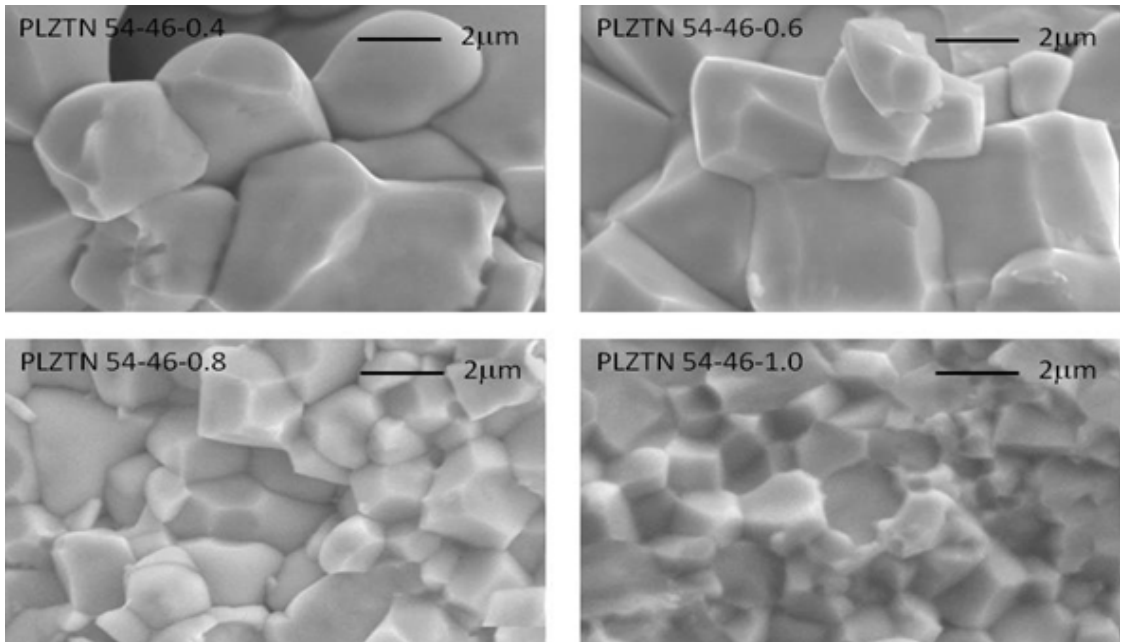


Figure. 2. SEM micrographs of fractured samples sintered at 1250°C with dopant concentration of 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0 % molar concentration. The grain size clearly diminishes with increasing dopant concentration.

Images of topography, amplitude, and phase, obtained in piezoresponse force microscopy (PFM) appear in Fig. 3a-l, for PLZTN 54/46/0.4, PLZTN 54/46/0.6, PLZTN 54/46/0.8 and PLZTN 54/46/1.0, respectively. The images show that

the grain size diminishes as the dopant concentration increases from around 3 µm for PLZT 54/46/0.4 up to 1.0 µm for PLZT 54/46/1.0. Ferroelectric domain size also diminishes with the increase of the dopant concentration from 0.56 µm<sup>2</sup>

to  $0.32 \mu\text{m}^2$ . In a PFM amplitude image shows the borders of the domains walls, and the contrast indicates the orientation of the domain “ $\uparrow$ ” or “ $\downarrow$ ” (Soergel 2011). Fig. 3 shows the image of a grain in topography

as shown in the same amplitude and phase change color indicating the difference in the polarization direction. The measurements are performed in each case at the local resonance frequency (its value is shown in the figures).

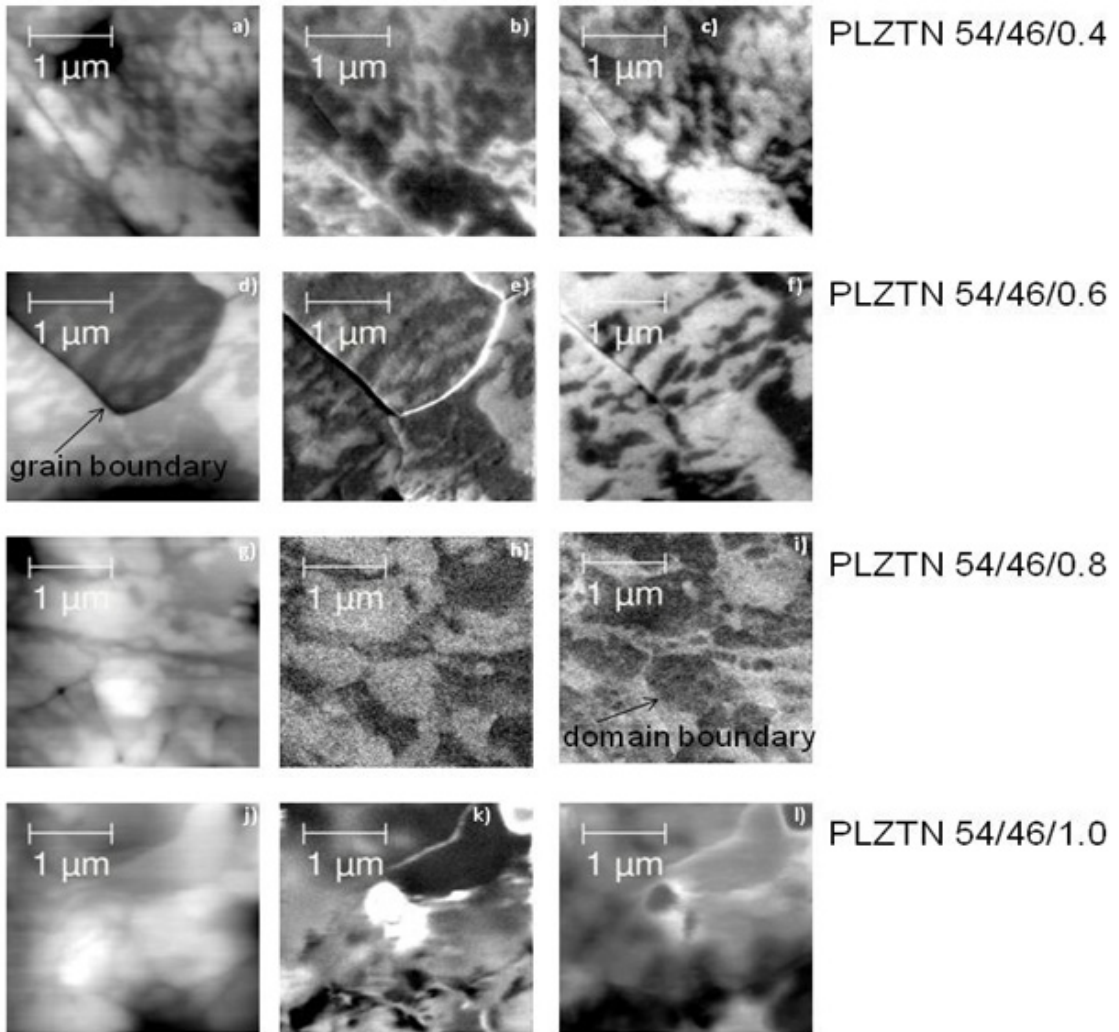


Figure 3. Images of topography (a), d), g), and j)), PFM amplitude (b), e), h), and k)) and PFM phase (c), f), i), and l)) of PLZTN x/54/46/x samples with x = 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0, respectively.

On the other hand, the tetragonal and rhombohedral crystallite area and grain area were calculated in order to compare it with ferroelectric domain area. For tetragonal crystallite size we take the

sizes of crystallite size for (002) and (200) planes and then multiply them together; for rhombohedral crystallite size area, we take the crystallite size for (020) squared and divided by 2. For grain area, we assumed

grains are spherical; therefore we have used the expression  $\pi r^2$ , where r is the statistic half size ( $\sigma$  Grain size) reported in Table I. As was shown in Fig. 3, for PLZT 54/46/0.4 and PLZT 54/46/0.6 the approach used is not the same from the real morphology.

The area of the crystallite size grows with increasing dopant concentration, the relationship between crystallite size area and grain size area (AC-G) increases with dopant concentration increases, this contributes to form grains that will be considered as mono-domains (Fig. 4), the ratio AC-G varies for tetragonal and

rhombohedral phase from approximately 0.002 to 0.008 and from 0.0003 to 0.001, when the dopant concentration varies from x=y=0.4 to 1.0 respectively (Table II). Similarly, the relationship among ferroelectric domain areas and grain area (ADF-G) it grows with the increment of dopant concentration (Table II).

The results of the polarization of a material among other aspects are influenced by microstructural aspects, crystallographic phase, the grain size and morphology of the ferroelectric domain.

Table 2. Evolution of crystallite, grain size, ferroelectric domain area and the relationship between there AC-G and ADF-G of PLZTN 54/46/x ceramics sintered.

La-Nb dopant concentration	Tetragonal crystallite size area (nm <sup>2</sup> )	Rhombohedral crystallite size area (nm <sup>2</sup> )	Grain size area (μm <sup>2</sup> )	AC-G x10 <sup>-3</sup>	ADF-G
0,4	48.97	8.84	25.64	0.002 (T) 0.0003 (R)	0.022
0,6	62.98	9.58	21.50	0.003 (T) 0.0004 (R)	-
0,8	67.28	10.92	9.82	0.007 (T) 0.001 (R)	-
1,0	72.54	11.11	9.05	0.008 (T) 0.001 (R)	0.035

Table 3. Ferroelectric characteristics of the samples derived from the hysteresis loops.

La-Nb dopant concentration	EC (kV/cm)	EM (kV/cm)	Pr (μC/cm <sup>2</sup> )	PM (μC/cm <sup>2</sup> )	EC/EM	Pr/PM
0.4	3248	8846	15.17	20.56	0.37	0.74
0.6	3617	9374	8.26	12.72	0.39	0.65
0.8	2980	6622	14.92	19.95	0.45	0.75
1.0	3342	8221	23.84	30.68	0.41	0.78

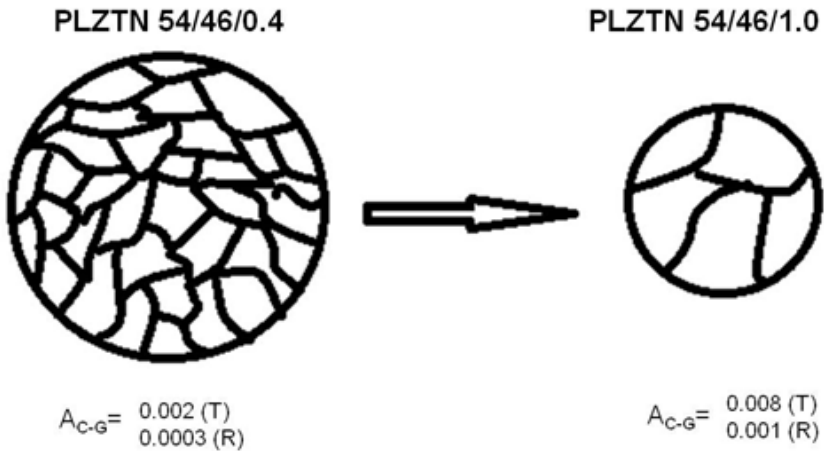


Figure 4. Relationship between crystallite size area and grain area (AC-G).

The presented results show that as increase of the domain sizes, the maximum consequence of having a more rhombohedral phase concentration (this phase contributes with eight direction of polarization) and the of polarization remainder is obtained in the PLZTN 54/46/1.0 samples (Figure 5).

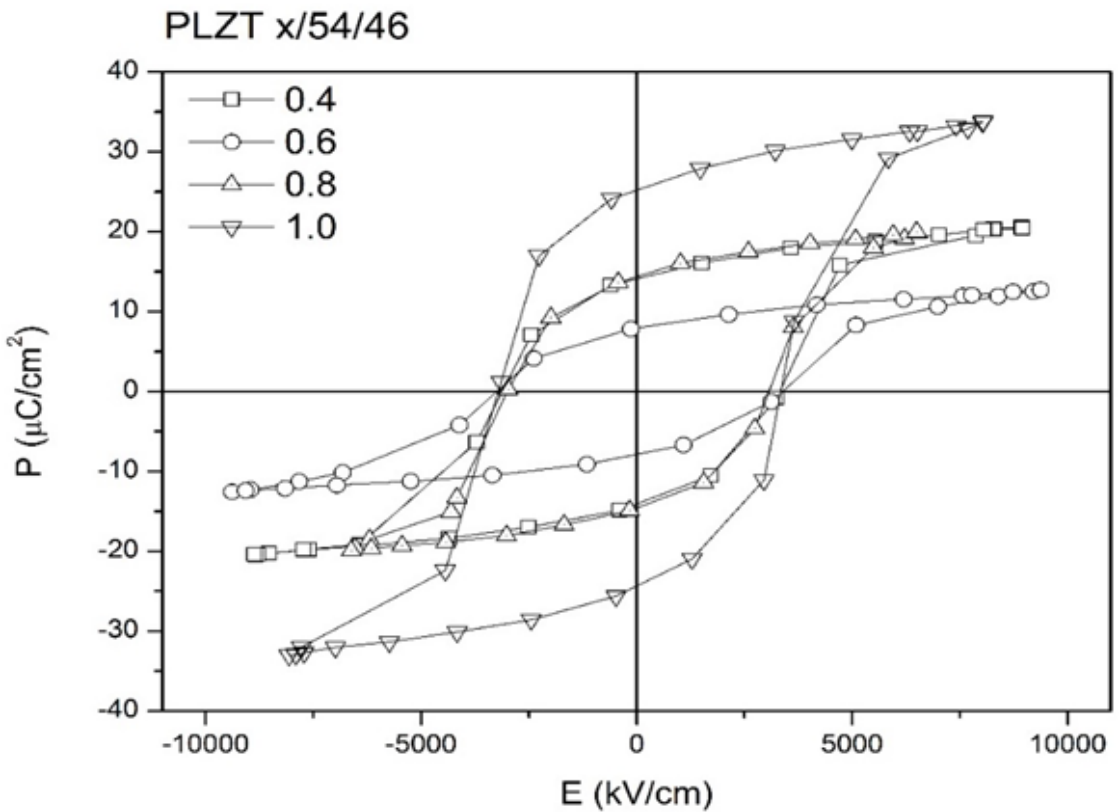


Figure 5. Hysteresis loop for PLZTN 54/46/x

Ferroelectric hysteresis loop showed that the coercive field ( $E_c$ ) (Table III) does not depend on the dopant concentration; this has been directly related with the average grain size ( $\sigma$  Grain size) these materials have the same order in size (Table I). However, the remanent polarization ( $P_r$ ) was influenced very much by the increment of the dopant (Zhu et al. 2012). The polarization values obtained are acceptable for these materials (Table III).

## Conclusions

In our days, the art of getting good ferroelectric materials is not a simple summation of properties. If we relate nanoscopic, microscopic and macroscopic aspects are not simply selecting the maximums for each case. Thus in ferroelectric PZT double substitution at A and B sites for  $La^{3+}$  and  $Nb^{5+}$ , respectively, the materials with higher macroscopic polarization are those with smaller grain size, an appropriate mixture composition of the tetragonal and rhombohedral phases, with crystal size for each phase close to each other, which promotes the macroscopic polarization of the obtained ceramics.

On the other hand, the lattice constant is lightly influenced by the dopant concentration. The grain size and ferroelectric domain size diminish with the increment of dopant concentration but the crystallite size remains almost constant.

## Acknowledgements

This work was supported by project PNAP 203.17020, Cuba. Sabbatical program CONACYT, México and CONACYT-ICTP-SMF through the program México-Centro America-Caribe for the Advancement of Science Technology and Innovation. To CONACYT for the financial support through project Lab-2009-01-123630 (LIDTRA). The authors are grateful to M. Hernández-Landaverde for their technical assistance in this work. Unfortunately Dr. Francisco Espinosa Beltran could not see this work published; we hope that this work is a tribute to his memory.

## References

- Alexe M., Gruverman A. 2004. Nanoscale Characterization of Ferroelectric Materials. Berlin. Springer. 279 p.
- Cullity B.D., Stock S.R. 2001. Elements of X-Ray Diffraction. Third ed. New Jersey-Upper Saddle River. Prentice Hall. 664 p.
- Dabbs D.M., Aksay I.A. 2000. Self-assembled ceramics produced by complex-fluid templation. *Annu. Rev. Phys. Chem.* 51, 601-22.
- Durruthy-Rodríguez M. D., Costa-Marrero J., Hernández-García M., Calderón-Piñar F., Yañez-Limón J. M. 2010. Photoluminescence in "hard" and "soft" ferroelectric ceramics. *Applied Physics A: Materials Science & Processing* 98, 543-550.

- Durruthy-Rodríguez M. D., Costa-Marrero J., Hernández-García M., Calderón-Piñar F., Malfatti C., Yáñez-Limón J. M. 2011. Optical characterization in  $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)_{1-y}\text{Nb}_y\text{O}_3$  ferroelectric ceramic system. *Applied Physics A: Materials Science & Processing* 103, 467-476.
- Enriquez-Flores C.I., Gervacio-Arciniega J.J., Cruz-Valeriano E.; de Urquijo-Ventura P., Gutierrez-Salazar B.J., Espinoza-Beltran F.J. 2012. Fast frequency sweeping in resonance-tracking SPM for high-resolution AFAM and PFM imaging. *Nanotechnology* 23, 495705.
- Halperin C., Mutchnik S., Agronin A., Molotskii M., Urenski P., Salai M., Rosenman G. 2004. Piezoelectric effect in human bones studied in nanometer scale. *Nano Lett.* 4, 1253-1256.
- Hench L.L., West J.K. 1990. *Principles of Electronic Ceramics*. New York. Wiley. 576 p.
- Hong S. 2004. *Nanoscale Phenomena in Ferroelectric Thin Films*. Dordrecht. Kluwer. 277 p.
- Jaffe B., Cook W.R., Jaffe H. 1971. *Piezoelectric Ceramics*. London-New York. Academic Press. 328 p.
- Jesse S., Baddorf A.P., Kalinin S.V. 2006. Dynamic behaviour in piezoresponse force microscopy. *Nanotechnology* 17, 1615-1628.
- Kalinin S.V., Bonnell D.A., Alvarez T., Lei X., Hu Z., Shao R., Ferris J.H. 2004. Ferroelectric Lithography of Multicomponent Nanostructure. *Adv. Mat.* 16, 795-99.
- Kalinin S.V., Rodriguez B.J., Jesse S., Shin J., Baddorf A.P., Gupta P., Jain H., Williams D.B., Gruverman A. 2006 a). Vector piezoresponse force microscopy. *Microsc. Microanal.* 12, 206-20.
- Kalinin S.V., Rodriguez B.J., Jesse S., Thundat T., Grichko V., Baddorf A.P., Gruverman A. 2006b). Bioelectromechanical imaging by scanning probe microscopy: Galvani's experiment at the nanoscale. *Ultramicroscopy* 106, 334-40.
- Kalinin S.V., Rodriguez B.J., Jesse S., Thundat T., Gruverman A. 2005. Electromechanical imaging of biological systems with sub-10 nm resolution. *Appl. Phys. Lett.* 87, 053901-11.
- Lines M.E., Glass A.M. 1977. *Principles and Applications of Ferroelectric and Related Materials*. Oxford. Clarendon Press; 680 p.
- Noheda B., Cox D.E., Shirane G., Guo R., Jones B., Cross L.E. 2001. Stability of the monoclinic phase in the ferroelectric perovskite  $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ . *Phys. Rev. B* 63, 14103.
- Nye J.F. 2001. *Physical Properties of Crystal*. Oxford. Clarendon Press. 324 p.
- Palkar V.R., Purandare S.C., Pinto R. 1999.

- Ferroelectric thin films of PbTiO<sub>3</sub> on silicon. *J. Phys. D* 32, R1-R18.
- Polla D.L., Francis L.F. 1998. Processing and Characterization of piezoelectric materials and integration into microelectromechanical systems. *Annu. Rev. Mater. Sci.* 28, 563-97.
- Rivero D., Portelles J., Benavides J.I., Hernández M., Quiles F.J., Díaz M. 2008. Semiautomatic installation to measure the hysteresis knot in ferroelectric materials. *Revista Cubana de Física* 25B, 133-35.
- Rodriguez B.J., Gruverman A., Kingon A.I., Nemanich R.J., Ambacher O. 2002. Piezoresponse force microscopy for polarity imaging of GaN. *Appl. Phys. Lett.* 80, 4166-68.
- Rodriguez B.J., Gruverman A., Kingon A.I., Nemanich R.J., Cross J.S. 2004. Three-dimensional high-resolution reconstruction of polarization in ferroelectric capacitors by piezoresponse force microscopy. *J. Appl. Phys.* 95, 1958-1962.
- Roelofs A., Boettger U., Waser R., Schlaphof F., Trogisch S., Eng L.M. 2000. Differentiating 180° and 90° switching of ferroelectric domains with three-dimensional piezoresponse force microscopy. *Appl. Phys. Lett.* 77, 3444-3446.
- Schonholzer U.P., Gauckler L.J. 1999. Ceramic Parts Patterned in the Micrometer Range. *Adv. Mat.* 11, 630-632.
- Scott J. 2000. *Ferroelectric Memories*, Berlin: Springer Verlag. 120 p.
- Setter N., Colla E.L. 1993. *Ferroelectric Ceramics*. Basel. Birkhauser Verlag. 161 p.
- Soergel E. 2011. Piezoresponse force microscopy (PFM). *J. Phys. D: Appl. Phys.* 44, 464003-20.
- Suárez-Gómez A., Durruthy M.D., Costa-Marrero J., Peláiz-Barranco A., Calderón-Piñar F., Saniger-Blesa J.M., de Frutos J. 2009. Properties of the PLZTN  $x/54/46$  ( $0.4 \leq x \leq 1.4$ ) ceramic system. *Materials Research Bulletin* 44, 1116-1121.
- Suzuki M. 1995. Review on future ferroelectric nonvolatile memory: FeRAM. *J. Ceram. Soc. Jpn.* 103, 1099-1111.
- Terabe K., Nakamura M., Takekawa S., Kitamura K., Higuchi S., Gotoh Y., Cho Y. 2003. Microscale to nanoscale ferroelectric domain and surface engineering of a near-stoichiometric LiNbO<sub>3</sub> crystal. *Appl. Phys. Lett.* 82, 433-35.
- Tybell T., Paruch P., Giamarchi T., Triscone J.M. 2002. Domain Wall Creep in Epitaxial Ferroelectric Pb(Zr<sub>0.2</sub>Ti<sub>0.8</sub>)O<sub>3</sub> Thin Films. *Phys. Rev. Lett.* 89, 097601-1-4.
- Zhu W., Fujii I., Ren W., Trolier-McKinstry S. 2012. Domain Wall Motion in A and B Site Donor-Doped Pb(Zr<sub>0.52</sub>Ti<sub>0.48</sub>)O<sub>3</sub> Films. *J. Am. Ceram. Soc.* 95, 2906-2913.

## Hacia la reutilización de la palma *Attalea cohune* Mart., *Arecaceae* (corozo): extracción y análisis preliminar del aceite esencial del corozo.

Montoya Ricardo<sup>1</sup>, Barrera Gabriela<sup>2</sup>, Caná Catherine<sup>2</sup>, Contreras Erick<sup>2</sup>, Díaz Alejandra<sup>2</sup>, Divas Ma. Fernanda<sup>2</sup>, Estrada Carol<sup>2</sup>, Figueroa Octavio<sup>2</sup>, Galeano Laura<sup>2</sup>, Granados Ma. Isabel<sup>2</sup>, Hernández Ma. Lucía<sup>2</sup>, Juárez Laura<sup>2</sup>, Montufar Karyme<sup>2</sup>, Román Kheily<sup>2</sup>, Villatoro Diego<sup>2</sup>, Gámez Cesar<sup>1,2</sup>, Arias Luisa Ma.<sup>1,2</sup>, y Nitsch-Velásquez Lucía<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, TEC Landívar, Universidad Rafael Landívar, Guatemala, Guatemala. ramontoya@url.edu.gt

<sup>2</sup>Laboratorio de Química Orgánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

<sup>3</sup>Departamento de Investigación, Proyectos Educativos Regionales de Autoayuda, Guatemala Inv2@buffalo.edu

**Recibido: 26 de Mayo de 2021; Aceptado: 05 Julio 2021**

**Resumen:** La palma de corozo *Attalea cohune* Mart., *Arecaceae* es endémica de Centroamérica y parte de México y Colombia, es resiliente a incendios forestales y cultivada por las comunidades mayas ancestrales. El aroma de sus inflorescencias masculinas (InfMs) tiene relevancia actual en actividades de la religión católica, por su aroma característico. Se explota el fruto del coco, con la principal limitante del rápido desgaste de la maquinaria. Este estudio, a largo plazo, explora la diversificación en la explotación económica de la palma, siendo el aceite esencial de las InfMs uno de tales potenciales extractos. El aceite esencial fue extraído por destilación con vapor de agua de las InfMs de dos panículas, las cuales se encontraban en dos estadios de desarrollo de las InfMs (A=antes, y B=después de la floración de la panícula), se determinó el rendimiento de extracción y se analizó por cromatografía de gases acoplada a detector en llama, con comparación de estándares. Las condiciones de extracción en laboratorio fueron optimizadas. El producto A rindió menos del 0.001 %, mientras que el producto anhidro B fue de 0.02 %. Los picos de los cromatogramas fueron asignados preliminarmente, por comparación con estándares: eucalipto, acetato de linalilo, alfa-terpineol, y acetato de nerilo. Siendo el acetato de linalilo el compuesto mayoritario (análisis semicuantitativo). Estos compuestos son relevantes en la industria cosmética. Más investigaciones están en proceso.



**Palabras clave:** Corozo, palma, *Attalea cohune*, aceite esencial, bioprospección, GC-FID.

**Abstract:** The corozo palm *Attalea cohune* Mart., Arecaceae, is endemic of Central America, South of Mexico, and Colombia, it is fire resilient and was cultivated by the ancestral Mayan communities. Currently, only the nut is commercially exploited for its oil, which is limited by the nut hardness that rapidly wears the machinery. This study targets at long term the potential exploitation of the male flower inflorescences. Its first phase is to further the extracts characterization. The essential oil was extracted by vapor distillation from the corozo male inflorescences in two different stages of development (A=before and B=after the panicle blossomed), the extraction yield and analyzed by gas chromatography coupled to flame ionization detector (GC-FID). The laboratory extracting conditions were optimized. The A product was below 0.001%, while the anhydrous B product was 0.02%. The chromatogram peaks were preliminary assigned, by comparison with standards, as monoterpenoids: eucalyptol, linalyl acetate, alfa-terpineol, and neryl acetate. This compounds have relevance in the cosmetic industry, extraction at industrial level as well as organoleptic analysis will be performed. Further research is ongoing.

**Keywords:** English Corozo, palm, *Attalea cohune*, essential oil, bioprospecting, GC-FID

## Introducción

La palma de corozo *Attalea cohune* Mart., Arecaceae es endémica de Centroamérica y parte de México y Colombia, es resiliente a incendios forestales y cultivada por las comunidades mayas ancestrales. El aroma de sus inflorescencias masculinas (InfMs) tiene relevancia actual en actividades de la religión católica, por su aroma característico. Aunque esta palma se utilizó tradicionalmente para una variedad de propósitos, ésta fue reemplazada por materiales más resistentes como el plástico. Actualmente su coco se explota comercialmente para extraer ácidos grasos de cadena mediana, preciados en la industria

cosmética y gourmet. Su explotación se ve limitada debido a la dureza del coco, pues la maquinaria se desgasta rápidamente (Nitsch:2019a).

Las InfMs contienen aceites esenciales, ácidos grasos y alcaloides, teniendo potencial para explotación comercial. Se puede esperar que su manejo sea más fácil que el del coco, en relación a dureza y desgaste de maquinaria. Sin embargo, se debe investigar más sobre la composición y bioactividad de sus extractos para determinar sus potenciales aplicaciones. Se están realizando exploraciones de diferentes extractos con fines de bioprospección cosmética. Entre los compuestos reportados

en el extracto hexánico se encontró limoneno y otros compuestos no identificados (Nitsch:2019a).

El aceite esencial es uno de los extractos de potencial interés debido al aroma característico de las InfMs, y a que el mercado de los aceites esenciales excedió los USD 7.51 billones de dólares globalmente en 2018, y se estima que crecerá 9% entre el 2019 y 2026 (Ahuja y Singh 2019), existe el potencial de su explotación económica para obtener aceites esenciales como una opción de manejo sustentable de bosques.

La composición del aceite esencial extraído por arrastre con vapor de agua aún no se ha sido reportada para las InfMs de esta especie, se buscó optimizar las condiciones de extracción a nivel de laboratorio e identificar preliminarmente sus componentes.

## **Materiales y métodos**

### **Material vegetal**

Dos panículas de palmera de corozo, aún dentro de sus respectivas brácteas, fueron compradas en el mercado local (9 av. 8 calle zona 1, Guatemala ciudad), cada una en estadios diferentes. Se transportó al laboratorio. La bráctea en estadio temprano (A) fue abierta y las flores masculinas fueron extraídas manualmente utilizando guantes. Las flores de la bráctea que ya había florecido (B) fueron extraídas directamente. Se pesaron y colocaron aproximadamente 200 g del material en balones de fondo

redondo.

### **Extracción**

Se ensambló de manera estándar el sistema de destilación por arrastre con vapor de agua, las condiciones optimizadas fueron: extracción por una hora, recibiendo en solución salina y éter dietílico. Después de una separación líquido-líquido (10 mL éter dietílico X2), se separó por destilación simple, quedando el aceite esencial en el destilado. Se secó, pesó y se almacenó en vial ámbar sellado.

### **Análisis instrumental**

El análisis para identificación tentativa y semicuantitativa fue realizado por GC-FID: Cromatógrafo de Gases HP6890, con puerto de inyector manual, horno con temperatura programable, software para el procesado de datos cromatográficos (ChemStation revisión A 10.02), equipado con detector de ionización de llama (FID) ajustado a 280 oC, con flujo de hidrogeno de 40 mL/min, flujo de Aire de 450 mL/min y nitrógeno a 20 mL/min para ajuste de flujo. La columna cromatográfica utilizada para la separación de los analitos es de tipo HP88 de 100 m de largo, 250  $\mu$ m de diámetro interno y 0.20  $\mu$ m de grosor de película de fase estacionaria. Se comparó con los resultados obtenidos previamente para el análisis comercial de aceite de lavanda, cuya identidad fue asignada por comparación con GC-masas bajo iguales condiciones cromatográficas (Arias 2020).

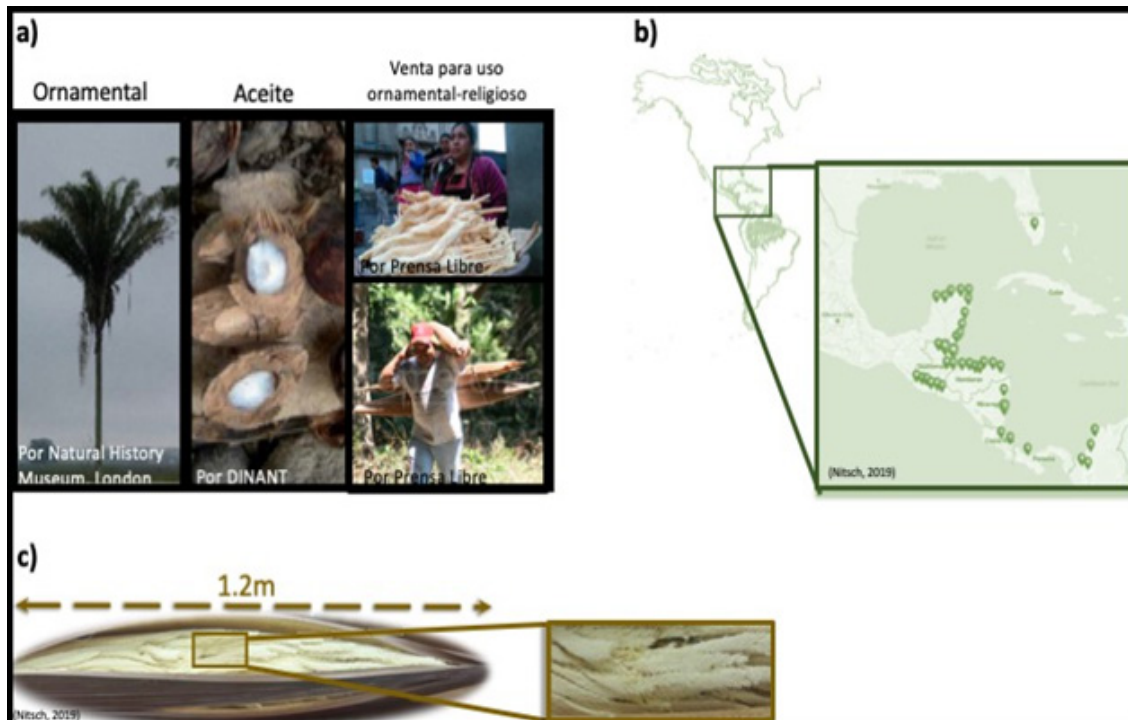


Figura 1. Información general de la palma *A. cohune*. a) Usos actuales. b) Distribución geográfica de los bosques tropicales en América y de la palma *A. cohune*. c) Panícula en floración aún dentro de la bráctea, se resaltan las inflorescencias masculinas. Imágenes modificadas de Nitsch:2019a.

## Análisis organoléptico preliminar

Seis voluntarios olieron la planta antes de la extracción a 30 cm del material vegetal y olieron el aceite esencial extraído (se dejó el aceite esencial abierto 1 min y luego el participante agitó el aire alrededor para percibir el olor). Respondieron a la pregunta: ¿El olor inicial de la planta es similar al del aceite esencial obtenido?

## Resultado y discusión

Los dos estadios investigados rindieron resultados diferentes. Para el aceite esencial extraído de la bráctea A, que aún no había florecido, el rendimiento del líquido fue menos del 0.001%, y durante la extracción

se formó un sólido blanco viscoso con 0.0014% de rendimiento (probablemente polímero ver Fig. 2), tanto en el matraz con el material vegetal como en el destilado, en especial al entrar en contacto con el éter dietílico. Su composición no fue analizada. Sin embargo,

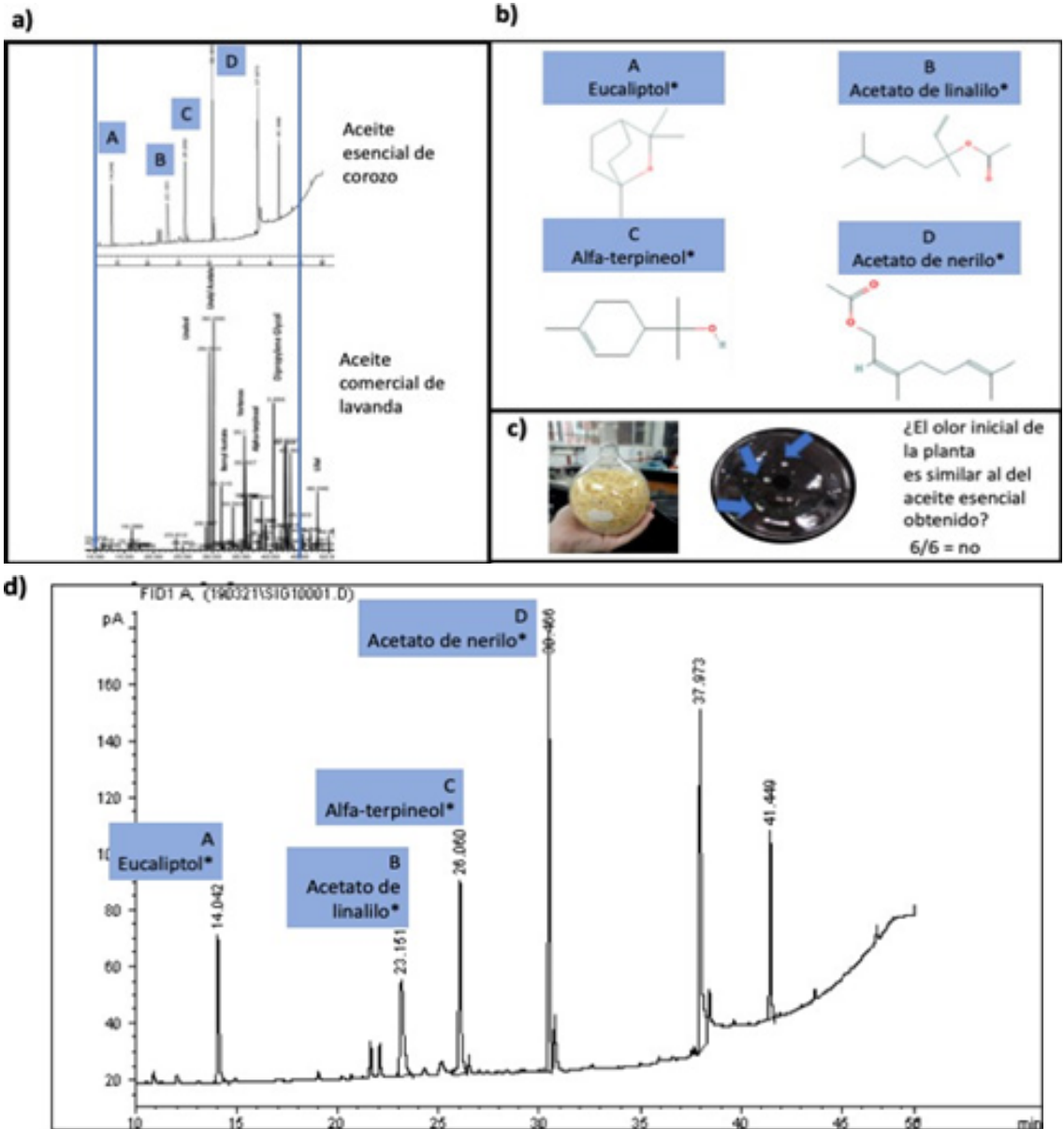


Figura 2: Análisis de cromatogramas obtenidos. a) Comparación de cromatogramas del aceite esencial de *A. coihune* analizado por GC-FID y un aceite comercial de lavanda analizado por GC-MS, corridas bajo iguales condiciones de método cromatográfico. b) Estructuras de los compuestos tentativamente asignados. c) Muestra previo a la extracción, apariencia del sólido blanco viscoso obtenido y resultados a pregunta de percepción organoléptica. d) Asignación tentativa de los picos cromatográficos del aceite esencial de *A. coihune*. Estructuras verificadas en PubChem (Pubchem, National Library of Medicine-National Center for Biotechnology Information. [Internet] c2021).

cabe mencionar que debe continuarse explorando esta propiedad ya que los dienos de origen biológico son de interés para diseño de nuevos polímeros (Luk:2021a). En el caso de la bráctea B, que ya había

florecido, se obtuvo 0.02% de aceite anhidro, de apariencia amarillenta, viscoso y olor característico que no correspondía al aroma inicial de la planta (según impresión de seis personas).

El cromatograma obtenido por GC-FID y su análisis se presenta en la Fig. 2.a. y d.

La composición es diferente a la reportada para el extracto hexánico de InfMs de la misma especie (Nitsch:2019a). Lo que puede deberse a diferencias en el método de extracción, la maceración en hexano por dos semanas permite las condiciones para reacciones entre el dieno del acetato de nerilo y otros compuestos en la solución, por ejemplo con alcaloides (Yu:2018a).

Todos compuestos volátiles detectados son terpenoides oxigenados: eucaliptol, acetato de linalilo, alfa-terpineol y acetato de linalilo (estructuras en Fig. 2.b. Los dos acetatos son intermediarios de la ruta del ácido mevalónico mientras que los otros dos son derivados cíclicos de esta ruta. El aceite es conocido por ser termolábil (Nitsch:2019a), probablemente se deba a que los compuestos que lo conforma sean terpenoides insaturados que tienden a polimerizarse, como el caso del extracto A, o bien tienden a ciclizarse, durante el proceso de extracción con calor.

Debe resaltarse que la asignación de la identidad de picos es tentativa en el sentido que se asignaron por comparación en tiempos de retención y no por comparación en patrones de fragmentación.

En la siguiente fase del estudio se buscará analizar por espectrometría de masas de

alta resolución. En análisis de extracción en frío como headspace y uso de solventes supercríticos (Turek y Stintzing 2013), es probable que se encuentren nerol, linalool y geraniol, entre otros terpenoides lineales.

## **Conclusiones**

Los resultados muestran que el aceite esencial es extraíble de las flores masculinas del corozo, por destilación con arrastre de vapor de agua, una vez la planta haya floreado. Esto puede tener impacto en definir el momento de corte y momento de extracción en experimentos posteriores. Si bien, el producto no presenta el olor característico de corozo, su composición puede ser relevante en la industria cosmética (Sharmeen y col. 2021; Ahuja y Singh 2019) y como materia prima para preparar derivados herpéticos útiles en la medicina y agropecuaria (Villa y col. 2018). Más estudios de estadios de floración y procesos de extracción deben realizarse para optimizar los rendimientos obtenidos.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a Universidad Rafael Landívar por el apoyo brindado para realizar todos los experimentos y a Universidad del Valle de Guatemala por compartir información sobre la composición de los compuestos estándar. LNV agradece a PERA por la donación del material vegetal y a la State University

of New York at Buffalo por el acceso a su biblioteca digital. A Rosy Canales portátiles discusiones y revisión del manuscrito.

## Referencias bibliográficas

Ahuja, K y Singh, S. [Internet]. 2019. Essential oils market size by application. Delaware (USA): Global Market Insights Inc. [actualizado 2019; citado 26 marzo 2021]. Disponible en: url: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/essential-oil-market>.

Arias, LM. 2020. Reporte de aceite comercial de lavanda marca Armonía (de Museo). Reporte de servicios. Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. TEC Landivar, Universidad Rafael Landivar.

PubChem, National Library of Medicine-National Center for Biotechnology Information. [Internet]. c2021. url:<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Sharmeen, JB, Mahomoodally, FM, Zengin, G y Maggi, F. Ene. de 2021. Essential oils as natural Sources of fragrance compounds for cosmetics and cosmeceuticals. En: *Molecules* (Basel, Switzerland) 26.3, pág. 666. Turek, C y Stintzing, FC. 2013. Stability of essential oils: a review. En: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12.1, págs. 40-53.

Villa, C, Salvador, A y Chisvert, A. 2018. Chapter 13 - Green cosmetic ingredients and processes. En: *Analysis of Cosmetic Products*. 2nd. Ed. Boston: Elsevier, p. 303-330.

## Preparation of low cost SERS-substrates for virus characterization.

## Preparación de sustratos SERS de bajo coste para caracterización de virus.

G. Santos, J. Cuadra, O. Deodanes, C. Violantes, H. Ponce and C. Rudamas\*

Laboratorio de Espectroscopia Óptica, Escuela de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. sm16014@ues.edu.sv

Recibido: 26 de Mayo 2021; Aceptado 09 de Julio de 2021.

**Abstract:** Raman spectroscopy is a technique that allows the characterization and detection of a wide range of molecules. The characterization of biomolecules and viruses has been a novel application in the last decades. A relevant problem for applying this technique is the low intensity of the Raman signal and the low concentration of the analyte, which makes the identification of molecules and viruses quite difficult. An alternative to overcome this problem is the use of surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS). This involves the use of SERS-substrates that generally are very expensive and can only be used once. In this work, we report the preliminary results of virus detection by SERS using low-cost homemade substrates and commercially available substrates. Characteristic Raman peaks associated with the influenza virus were detected. The results obtained with the homemade SERS-substrates are comparable to the obtained by using the commercial ones.

**Keywords:** SERS, virus, influenza, Coffee ring effect, nanoparticles.

**Resumen:** La espectroscopia Raman es una técnica que permite la caracterización y detección de una amplia gama de moléculas. La caracterización de biomoléculas y virus ha sido una aplicación novedosa en las últimas décadas. Un problema relevante para aplicar esta técnica es la baja intensidad de la señal de Raman y la baja concentración de

analito, lo que dificulta bastante la identificación de moléculas y virus. Una alternativa para superar este problema es el uso de SERS (surface-enhanced Raman spectroscopy). Esto implica el uso de sustratos SERS que generalmente cuestan una cantidad considerable de dinero y solo se pueden usar una vez. En este trabajo, reportamos resultados preliminares de la detección de virus por SERS utilizando sustratos caseros de bajo costo y sustratos disponibles comercialmente. Se detectaron picos característicos Raman asociados a virus de la influenza. Los resultados obtenidos con los sustratos SERS caseros son comparables a los obtenidos utilizando los comerciales.

**Palabras clave:** SERS, virus, influenza, efecto anillo de café, nanopartículas

## Introduction

Viruses are the most abundant biological entities on earth (Suttle 2005). Studies covering the period of the last century have shown that globalization and industrialization played a vital role in the emergence and dissemination of viral diseases (Lipkin and SJ 2015). Current virus detection methods include Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA), Polymerase Chain Reaction (PCR), virus isolation, and serology (Lu 2003; Spackman et al. 2002).

Although effective, these are generally time-consuming and their applications are limited by detection sensitivity, specificity, versatility, and portability (Tong et al. 2019). Optical spectroscopy is a good tool for the characterization of different types of cancer, pathogens and virus (Ambartsumyan et al. 2020; Fernández Ramírez et al. 2019). Due to its excellent chemical specificity,

Raman spectroscopy has become one of the most promising alternatives to overcome the limitations of the current virus detection methods (Ambartsumyan et al. 2020). However, Raman scattering has not found wide application with biological samples due to its inherently weak signal (Xia 2017). Enhanced Surface Raman Spectroscopy (SERS) compensates for this deficiency through an electromagnetic or chemical enhancement of the signal (). The main characteristics of this technique include speed to identify biological samples, the ability to detect analytes at low concentrations and perform measurements without sample preparation (Kukushkin et al. 2019; Ambartsumyan et al. 2020). To date, SERS technique has been successfully implemented to detect many different types of viruses (Shanmukh et al. 2006; Luo et al. 2014; Otange et al. 2018) and, various kinds of bacteria (Galvan and Q 2018).

Although many SERS substrates with



excellent enhancement effects exist in the market, the applications of SERS are still limited. The main reasons for this are the complex manufacturing process and expensive fabrication (Wang et al. 2018). Therefore, it is very important to develop SERS substrates using a simple, low-cost, and time-saving method. In this study, we make a preliminary report of virus detection by SERS measurements. We present an inexpensive and rapid method for the manufacture of SERS substrate using commercial gold nanoparticles on cellulose paper.

## Materials and Methods

Raman measurements were carried out in samples of the commercial vaccine for influenza (flu) (virus strains: A/California/7/2009 [H1N1], A/Hong Kong/4801/2014 [H3N2] and B/Brisbane/60/2008) in humans (Vaxigrip). For the homemade SERS substrate fabrication, we placed 1.5  $\mu\text{l}$  of highly concentrated and previously centrifuged gold nanoparticles, (colloidal gold nanoparticles, 80 nm in diameter, Stellnet Inc) on cellulose paper. Then, we allowed it to dry at room temperature for 15 minutes. A drop of vaccine was placed on the substrate for Raman measurements. For comparison, measurements using commercial gold SERS substrates were also performed. The samples were excited with a 785 nm diode laser (75 mW power) using a microscope

(40x objective lens). The scattered light were collected in a backscattering configuration by using a spectrometer (RamanHR-TEC-785, StellarNet, with an spectral resolution around 4  $\text{cm}^{-1}$ ). A sketch of the experimental setup is shown in figure 1.

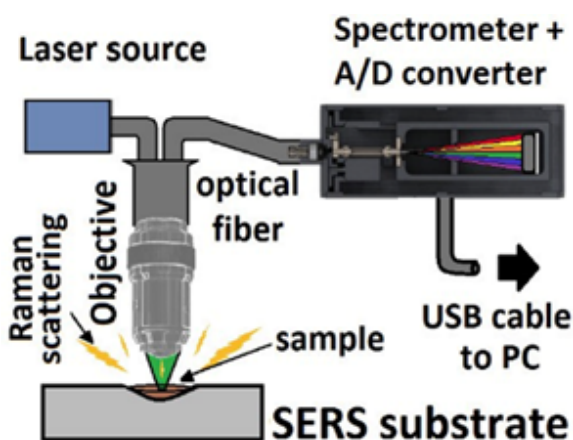


Figure 1: Diagram for the Raman setup used in the SERS measurements

For the measurements an integration time of 5 s and 10 scans were used. The Raman spectra shown in this paper are the average of 25 measurements taken at different spots on the sample. The monotonous part of the spectra associated to sample luminescence was subtracted. Then the resulting spectra were smoothed by a weighted average taken 25 points. The Raman signal that appears at 256  $\text{cm}^{-1}$  associated with the dispersion of nanoparticles of the SERS, was used for the normalization of the spectra. A gaussian deconvolution of all the measured spectra was performed for Raman peak identification.



Figure 2: Photograph of an influenza vaccine sample on the homemade SERS substrate (gold nanoparticle+cellulose paper). The coffee ring is clearly observed.

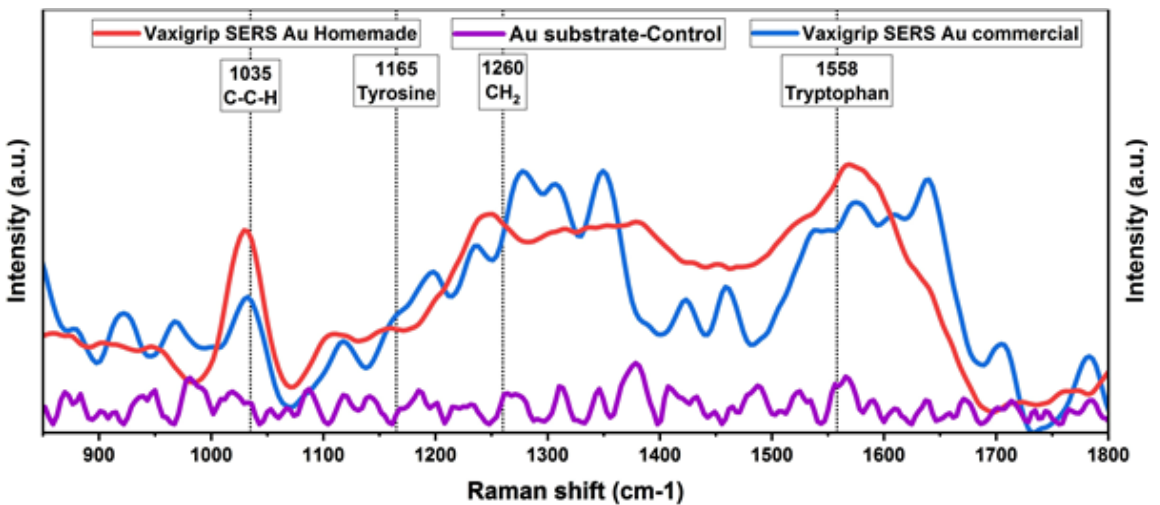


Figure 3: Raman spectra of a commercial influenza vaccine. These spectra were obtained using a commercial (blue line) and a homemade (red line) gold SERS substrates. The purple line shows the control spectrum for the measurement performed on the homemade SERS substrate.

## Results and Discussion

The Raman spectra were obtained exciting on the edge of the Au nanoparticle + vaccine drop, as shown in figure 2, the so

called coffee ring (Kumar et al. 2020). A high signal amplification is obtained in this region. In figure 3, the measured Raman spectrum of the vaxigrip vaccine using a homemade (red line) and a commercial

(blue line) gold SERS substrate are shown. The corresponding control for the measurement using the homemade substrate is shown in purple. An important result is that the Raman spectrum obtained using the homemade SERS substrate is comparable to the spectrum obtained by using the commercial one. In fact, the Raman spectrum of the vaxigrip vaccine obtained using the homemade SERS substrate exhibits bands with greater intensity than the spectrum obtained using the commercial one (peaks around 1035  $\text{cm}^{-1}$  and, 1558  $\text{cm}^{-1}$ ).

Some bands for influenza virus at 1035  $\text{cm}^{-1}$  (C-C-H bending in ribose ring), 1165  $\text{cm}^{-1}$  (Tyrosine), 1260  $\text{cm}^{-1}$  (CH<sub>2</sub> in-plane deformation) and, 1558  $\text{cm}^{-1}$  (Tryptophan) have been reported (Pezzotti et al. 2019; Chang et al. 2011; Lin et al. 2011). They are shown as vertical dotted lines in figure 3, and are clearly observed using both types of SERS substrates. In particular, the peaks related to CH<sub>2</sub> in-plane deformation, associated to the envelope of the influenza virus according to Lin and coworkers (2011), seem to be shifted from the reported value, as observed in the spectrum deconvolution shown in figure 4. A similar shift is observed for the Tyrosine peak. These shifts are probably related to the different absorption behavior of the sample on the gold SERS substrate as reported by other authors (Fan et al. 2010).

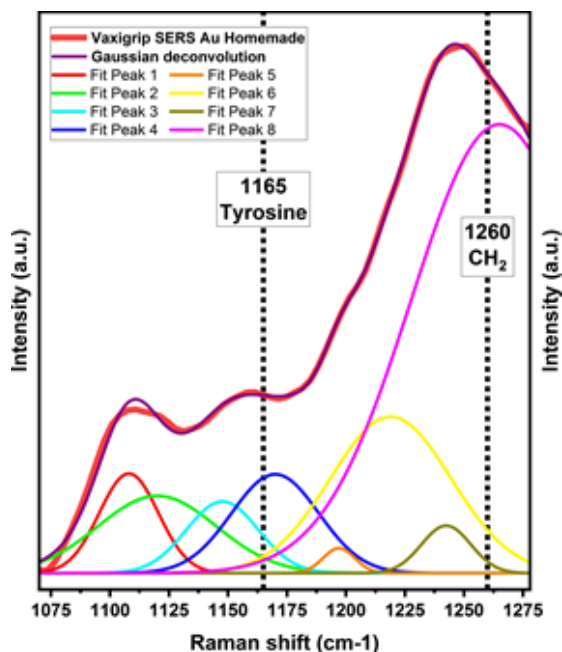


Figure 4: Gaussian deconvolution for a Raman spectrum obtained with the homemade SERS substrate.

The Raman spectrum of the vaxigrip vaccine obtained using the homemade SERS substrate exhibits bands that showed greater intensity than the spectrum obtained using the commercial one (peaks at 1035  $\text{cm}^{-1}$  and, 1558  $\text{cm}^{-1}$ ).

A relevant issue is the relative low cost of the SERS substrates developed in this work, which are around a factor of 100 less expensive than the commercial substrates. These facts open the possibility of manufacturing these substrates for detecting different molecules by a simple, low cost, and time saving method.

## Conclusions

We prepared SERS substrates based on cellulose paper and gold nanoparticles with an straightforward and low cost method. Raman spectra obtained using these substrates show similar results to the obtained with commercial ones. These preliminary results open the way to improve the overall performance of the fabricated SERS substrate prototypes, but also for further work and exploration with other types of SERS substrate materials.

## Acknowledgments

This work has been partially supported by the Consejo de Investigaciones Científicas (CIC-UES) under the project “Preparación y caracterización de puntos cuánticos de carbono, para futuras aplicaciones fotovoltaicas y posible uso como marcadores biológicos, mediante métodos amigables con el medio ambiente”, by the University of El Salvador under the project “Detección de patógenos virales mediante espectroscopia Raman”, and by the Secretaría General del Sistema de Integración Centroamericana (SG-SICA), the Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), the Comisión para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CTCAP), and the International Development Research Centre (IDRC)

under the project “Red de Investigadores para el Desarrollo de las Ciencias Naturales (RCN)” into the framework of the “Fortalecimiento de las capacidades de política de ciencia e innovación en los países miembros del Sistema de la Integración Centroamericana” project.

## References

- Ambartsumyan O, Gribanyov D, Kukushkin V, Kopylov A, and Zavyalova E. 2020. SERS-based biosensors for virus determination with oligonucleotides as recognition elements. *Int. J. Mol. Sci.* 21 (9): 3373. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms21093373>.
- Chang CW, Liao JD, Shiau AL, and Yao CK. 2011. Non-labeled virus detection using inverted triangular Au nanocavities arrayed as SERS-active substrate. *SENSOR AC- TUAT B-CHEM* 156 (1): 471–478. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2011.04.006>.
- Fan C, Hu Z, Riley L, Purdy G, Mustapha A, and Lin M. 2010. Detecting food- and waterborne viruses by surface-enhanced Raman spectroscopy. *J. Food Sci.* 75 (5): M302–7. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01619.x>.
- Fernández Ramírez YP, Hoyos W, and Rudamas C. 2019. Absorption and

- reflectance spectroscopic characterization of cancerous and pre-cancerous cervical tissue. *Rev. Cubana Fis.* 36:106-109. Available from: <https://www.revistacubanadefisica.org/index.php/rcf/article/view/2019v36n2p106>.
- Galvan D and Yu Q. 2018. Surface-enhanced Raman scattering for rapid detection and characterization of antibiotic-resistant bacteria. *Adv. Healthc. Mater.* 7 (13): 1701335(1–27). Available from: <https://doi.org/10.1002/adhm.201701335>.
- Itoh T, Sujith A, and Ozaki Y: Surface-enhanced Raman scattering spectroscopy: Electromagnetic Mechanism and Biomedical Applications. In: Laane J. editor. *Frontiers of Molecular Spectroscopy*. Amsterdam: Elsevier. p. 289–319.
- Kukushkin VI, Ivanov NM, Novoseltseva AA, Gambaryan AS, Yaminsky IV, Kopylov AM, and Zavyalova EG. 2019. Highly sensitive detection of influenza virus with SERS aptasensor. *PLoS One* 14 (4): e0216247(1– 14). Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216247>
- Kumar A, Zhang Y, Li D, and Compton R. 2020. A minireview: how reliable is the drop casting technique? *Electrochem. commun.* 121: 106867(1–10). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2020.106867>
- Lin YY, Liao JD, Ju YH, Chang CW, and Shiao AL. 2011. Focused ion beam-fabricated Au micro/nanostructures used as a surface enhanced Raman scattering- active substrate for trace detection of molecules and influenza virus. *Nanotechnology.* 22 (18): 185308(1–8). Available from: <https://doi.org/10.1088/09574484/22/18/185308>.
- Lipkin WI and Anthony SJ. 2015. Virus hunting. *Virology* 479-480: 194–199. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2015.02.006>.
- Lu H. 2003. A longitudinal Study of a novel dot-enzyme-Linked immunosorbent assay for detection of avian influenza virus. *Avian Dis.* 47 (2): 361–369. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2015.02.006>.

ISSN 2413 - 1792

Revista

# COMUNICACIONES

CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

Volumen 6, N<sup>o</sup> 1

Julio 2021

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.

Ciudad Universitaria, Final Avenida Héroes y Mártires del 30 de Julio, San Salvador, El Salvador, América Central.

Tel./FAX. (503) 2226-1948 Tel. 2511-2000.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA

