



Profesor Dr. Santos Adán López Rivera – Una vida dedicada a la Física Aplicada



S. Adán López Rivera en la Plaza Alonso Gamero de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela (2012).

Escribir acerca de una personalidad sobresaliente en el mundo académico no es tarea fácil, especialmente cuando se trata de una persona que destacó por sus virtudes humanas e intelectuales, las cuales le granjearon el aprecio de la comunidad científica en la Universidad de Los Andes y en diversas instituciones internacionales. Este es el caso del Dr. S. Adán López-Rivera (1945-2020), un incansable docente universitario y destacado investigador que, desde el Laboratorio de Física Aplicada ‘Wiltold Giritat’, ubicado en el Departamento de Física, Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, desarrolló una notoria carrera universitaria ganando un alto reconocimiento en el campo de los nuevos materiales con propiedades magneto-ópticas.

Santos Adán López Rivera (Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, 9 de noviembre de 1945 – 23 de mayo de 2020), fue el hijo menor de don Santos Adán López Sandoval y doña Rita Elisa Rivera. Hizo sus estudios de primaria y secundaria en el Colegio Salesiano de Cúcuta, y obtuvo el título de Bachiller en Mecánica. Realizó sus estudios de pregrado en la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia), y se graduó con honores en 1970 como Ingeniero Mecánico. En la misma universidad desarrolló cursos de postgrado alcanzando en 1973 el título de *Magister Scientiae* en Física.

En la ciudad de Bucaramanga, el 22 de marzo de 1975, se casó con Amparo Leonor Lozada, y ese mismo año se trasladó a la ciudad de Mérida, a la recién fundada Facultad de Ciencias^{1,2} que, por iniciativa del proyecto de renovación universitaria emprendido por el rector magnífico Dr. Pedro Rincón Gutiérrez, demandaba la contratación de personal proactivo y con alta cualificación intelectual que viniera a integrarse a la planta profesoral de la ULA. En julio de 1975 se concretó su ingreso como profesor del Departamento de Física, y desde ese momento hizo de la Ciudad Serrana y de la Universidad de Los Andes su tierra por adopción. En esta ciudad nacería su hijo mayor, Diego Mauricio López Lozada.

La calidad del trabajo de Adán López impulsó rápidamente su carrera académica, y fue becado para realizar estudios en la Universidad de Bath (Reino Unido), bajo la dirección del reconocido experto en crecimiento de cristales y síntesis de materiales semiconductores, el Dr. Brian R. Pamplin. En 1981 obtuvo su doctorado (Ph.D. in Physics) con la tesis: “Quaternary defect a damantine compounds of the type I-III-IV-VI₄”, un trabajo que fue publicado en la reconocida revista *Solid State Communications*³. Durante su estancia en el Reino Unido nacieron sus dos hijos menores, Diana Patricia y Daniel Eduardo López Lozada.

Una vez obtenidos los laureles doctorales, regresó a la Universidad de Los Andes para desarrollar investigaciones en el Laboratorio de Física Aplicada, del cual fue su coordinador y responsable, adelantando proyectos en el campo de los nuevos materiales semiconductores y, demostrando una excepcional pasión y entusiasmo por la investigación científica. De allí en más Adán López no se detuvo, le dedicó más de cuarenta años de su vida a la docencia y la investigación en la ULA, y obtuvo importantes resultados de sus proyectos que se contabilizan en numerosas participaciones en congresos nacionales e internacionales, conferencias invitadas, y cerca de un centenar de trabajos originales publicados en revistas internacionales indi-

zadas y arbitradas que tienen un alto factor de impacto, tales como: *Journal of Applied Crystallography*; *Physical Review B*; *Journal of Alloys and Compounds*; *Applied Surface Science*; *Journal of Luminescence*; *Materials Letters*; *Journal of Solid State Electrochemistry*; *Journal of Physics: Condensed Matter*; *Semiconductor Science and Technology*; *Solid State Communications*; *Physica Status Solidi B*; *Polymer Bulletin*; *Progress in Crystal Growth and Characterization*; *Journal of Vacuum Science & Technology B*.

Sin lugar a dudas, el trabajo de Adán López constituye un aporte sobresaliente a la Física y la Química aplicada y, por ejemplo, podemos decir que en el área de la ciencia de los materiales reportó la síntesis, el crecimiento y caracterización de nuevos materiales semiconductores binarios, ternarios y cuaternarios normales y deficitarios –aquellos que poseen vacancias ordenadas en la estructura cristalina–, los cuales tienen potenciales aplicaciones en celdas solares, dispositivos magneto-ópticos, detectores, filtros ópticos, y dispositivos para la industria electrónica, lo cual es una importante contribución a la Nanociencia y la Nanotecnología que, actualmente, es un campo de especial atención para el desarrollo de la ciencia y la tecnología a nivel mundial.

Es importante señalar la gran amistad y estrecha colaboración científica que Adán López tuvo con el eminente físico de origen polaco Witold Giritat (1926-2001), con el cual realizó estudios sistemáticos de la obtención de monocristales y las propiedades físicas de materiales semiconductores magnéticos diluidos (DMS). Estos materiales son semiconductores de la familia II-VI en los cuales el catión ha sido reemplazado al azar por metales de transición divalentes o iones de tierras raras. La interacción magnética directa ion-ion en materiales magnéticos diluidos como los sintetizados en el Laboratorio de Física Aplicada, brindaron la oportunidad de obtener nuevas propiedades de fenómenos electrónicos tales como magnetorresistencia gigante, fuertes efectos magneto-ópticos, transiciones metal no metal y la formación del polarón magnético, el cual está ausente en semiconductores convencionales. Las propiedades físicas y las características de estos materiales fueron estudiadas por medio de dispersión de luz inelásticamente, absorción óptica, luminiscencia, y Raman. Muchos de estos materiales fueron utilizados en la fabricación de láseres de estado sólido –en diferentes longitudes de onda– y sensores magnéticos.



Adán López compartiendo con su estrecho colaborador el físico polaco Witold Giritat, investigador radicado en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) (s/f).

En el área de las ‘películas delgadas’, Adán López y sus colaboradores obtuvieron interesantes resultados en forma de materiales magnéticos utilizados en registros magneto-ópticos. El desarrollo de este tipo de materiales tenía como objetivo mejorar los registros (memorias) de computadoras, permitiendo optimizar sensiblemente la investigación en el campo del hardware, y como ejemplo se puede citar el trabajo publicado en 1997 en la revista *IEEE Transactions on Magnetics*⁴, donde publicó las propiedades físicas, estructurales, vibracionales y magneto-ópticas de nuevas películas conocidos como GARNETS, y se estudió el efecto de la variación del contenido de cerio elemental en el efecto del tratamiento térmico por pulsos de calor. También incursionó en el campo de la fibra óptica,

investigación que tenía como objetivo mejorar la transmisión masiva de datos y en general las telecomunicaciones, sin necesidad de repetidoras. En tal sentido, sus investigaciones en colaboración con equipos de la ULA y de la Universidad Industrial de Santander (Colombia), le permitieron publicar una serie de trabajos sobre el estudio de lantánidos en dos matrices diferentes, una amorfa y otra cristalina. La ‘matriz amorfa’ seleccionada fue un vidrio fluorinado, escogido por su potencial aplicación para fibras ópticas o láseres de estado sólido, mientras que la ‘matriz cristalina’ utilizada fue el semiconductor ZnSe. Los semiconductores II-VI dopados con lantánidos presentaron potenciales aplicaciones en pantallas ópticas activas o sensores ópticos.

El trabajo en el crecimiento de monocristales y caracterización en materiales laminares (del inglés *layered compounds*) es emblemático. En la caracterización de estos materiales se utilizaron varias técnicas de rayos X, espectroscopía Raman y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución. Es interesante resaltar que durante el curso de estas investigaciones consiguió corregir un error que se había reportado por muchos años en la literatura original sobre la estructura cristalina del compuesto $ZnIn_2S_4$, esta corrección se realizó utilizando de manera original y novedosa la Teoría de Grupos en el análisis de los espectros vibracionales⁵. Posteriormente, utilizando microscopía electrónica de transmisión de haz convergente, consiguió verificar la validez de la estructura corregida, determinando el verdadero grupo espacial⁶. Es importante mencionar que, en Latinoamérica, Adán López fue considerado como uno de los mayores especialistas en el uso y manejo de la Teoría de Grupos y sus aplicaciones en el área de la espectroscopía, razón por la cual varios posgrados, entre ellos el Postgrado en Química Aplicada (PQA) de la ULA lo mantuvo como profesor permanente de esta materia en el programa de estudios doctorales.

Después de la aparición del grafeno en 2010 y del impacto que su descubrimiento generó en el campo de la física y la nanotecnología, el grupo de Adán López sintetizó y creció en capas monocristalinas perfectas el compuesto de GaSe, que es un material cuasi-dimensional semejante al grafeno y, en unión con un grupo alemán del *Technische Universität Chemnitz*, presentó importantes trabajos, entre los cuales destaca un estudio por espectroscopía Raman y fotoluminiscencia que resalta las potenciales aplicaciones de este tipo de GaSe⁷.

En colaboración con investigadores del Laboratorio de Catálisis Heterogénea – ULA, Grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá, Colombia) y de la Universidad de Barcelona (Barcelona, España), Adán López adelantó una investigación sobre materiales cerámicos con estructura tipo Perovskita⁸, un trabajo que contó con excelente aceptación en la comunidad científica, y le mereció varias invitaciones como conferencista en eventos internacionales. La visión multidisciplinaria que siempre mantuvo le impulsó a estrechar lazos de colaboración con grupos del Departamento de Química - ULA, entre ellos el Laboratorio de Organometá-

licos, el de Cristalografía y el Laboratorio de Electroquímica. Con este último laboratorio llevó a cabo trabajos novedosos en el área de la obtención de películas delgadas de materiales semiconductores por medio de métodos electroquímicos, y publicaron trabajos al respecto⁹, cuyo objetivo era la fabricación de celdas solares de alto rendimiento. Por su parte, con el Laboratorio de Organometálicos, el trabajo de colaboración fue muy amplio, especialmente con el Dr. Bernardo Fontal y, en tal sentido, publicaron trabajos en materiales semiconductores¹⁰, en espectroscopía Raman^{5,11}, y en la caracterización de compuestos de coordinación^{12,13} y organometálicos. En el caso del Grupo de Cristalografía, abundan los trabajos en la determinación de las estructuras de materiales semiconductores por diversas técnicas⁶, incluyendo luz sincrotrón¹⁴.

Adán López Rivera siempre fue conocido por su creatividad, experiencia y gran capacidad a la hora de resolver un problema técnico. Su laboratorio contaba con numerosos equipos, herramientas e instrumentos que le permitieron, no solo reparar o repotenciar varios instrumentos, entre ellos el espectrofotómetro de absorción electrónica, sino construir nuevos equipos como el equipo de espectroscopía Raman, y los instrumentos para realizar mediciones de fotoluminiscencia y dicroísmo circular, entre otros. Cuando algún investigador de los Departamentos de la Facultad de Ciencias, o de otras dependencias universitarias o, inclusive, grupos internacionales, requerían resolver un problema técnico complejo, allí estaba Adán López siempre dispuesto a atender la necesidad y tratar de ofrecer una solución.

Es necesario aquí mencionar las tecnologías en las que desarrolló su experticia y capacidad profesional: 1) determinaciones magneto-ópticas con campos magnéticos hasta de dos tesla y bajas temperaturas en monocristales, policristales o películas delgadas; 2) medición de fotoluminiscencia^{15,16} a diferentes longitudes de onda de excitación y en función de la temperatura; 3) medidas de espectroscopía Raman¹⁷, así como determinaciones por absorción óptica totalmente automatizadas y con facilidades de hacerlo sin polarización y con polarización paralela, perpendicular y circular para análisis de materiales anisotrópicos; 4) reflectancia modulada por longitud de onda para aumentar la resolución de las medidas de reflectancia; 5) estudios de fotorreflectancia donde el parámetro de modulación era un láser de longitud de onda apropiada para el material bajo estudio, método extensamente utilizado en la industria de los semiconductores y dirigido a determinar de una manera precisa la estructura de bandas electrónicas calculadas para los semiconductores y medir las singularidades de Van-Hove; 6) medidas de análisis térmico diferencial para determinar temperaturas de transición estructural de orden y de fusión del analito; 7) diseño y construcción de hornos con gradientes de temperatura variables para el crecimiento de cristales por transporte químico y la síntesis de semiconductores; 8) sistemas para el crecimiento de monocristales por solidificación controlada de una fase líquida por el método de Bridgman¹⁸.

A pesar de que se encontraba profundamente comprometido con sus proyectos de investigación, Adán López hizo tiempo para colaborar en las comisiones universitarias que requerían la opinión de un experto. En tal sentido, fue asesor de la Comisión de Talleres y Mantenimiento, y de la Subcomisión de Ciencias Físicas y Matemáticas del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes, (CDCHTA-ULA), y de otras comisiones en el propio Departamento de Física y la Facultad de Ciencias. La formación de personal también fue una parte importante en su trayectoria académica, y dirigió los trabajos de grado de estudiantes en la Licenciatura en Física, así como en los programas de Maestría y Doctorado de los postgrados en Ingeniería de Control y Automatización (Facultad de Ingeniería), Física de la Materia Condensada, y Química Aplicada (Facultad de Ciencias).

Su calidad académica fue reconocida por el Programa Estímulo a la Investigación de la ULA (PEI-ULA) y, desde su fundación en 1996, perteneció al prestigioso Sistema de Promoción al Investigador (SPI), en el que llegó a ostentar uno de los niveles más importantes: SPI nivel IV. Por su parte, la Universidad de Los Andes, en el año 2011, le otorgó la más alta distinción que se le concede a sus científicos e investigadores, la 'Condecoración Dr. Diego Carbonell Espinel' y, así mismo, en 2017, fue beneficiario de la 'Orden Pedro Rincón Gutiérrez' de la Seccional de Profesores Jubilados de la ULA.



Adán López junto a su esposa Sra. Amparo Lozada y su hijo menor Daniel López Lozada, al culminar el acto donde se le confirió la 'Condecoración Dr. Diego Carbonell Espinel'. Salón Rojo "Fray Juan Ramos de Lora" (Rectorado – ULA), 28 de junio de 2011.

En su campo, la Física Aplicada al estudio de nuevos materiales, fue sin lugar a dudas una autoridad reconocida a nivel

internacional, como se desprende de las múltiples conferencias que a lo largo de su carrera ofreció por invitación en países como EE.UU., Colombia, México, Japón, Ucrania, Rusia, entre otros.

Santos Adán López Rivera será siempre recordado no solo por sus altísimas credenciales intelectuales sino por su don de gentes, un caballero que llenó las aulas de clase con su palabra sabia y docta, dejando un valioso legado académico, y un ejemplo de honradez, dedicación a la docencia y a la investigación científica con proyección internacional.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la familia del Dr. Santos Adán López-Rivera, quienes aportaron valiosa información, especialmente a su esposa la Sra. Amparo Losada, y a su hermana la Sra. Verónica López Rivera. Así mismo deseamos agradecer al Dr. Pedro J. Rodríguez Sulbarán por su interés y sugerencias a este trabajo.

Referencias

- RR Contreras. Creación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes en el contexto del desarrollo científico en Venezuela. **Bitacora-e**, **2**, 47-63 (2010).
- RR Contreras. La fundación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. Una mirada en su cincuenta aniversario. **Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**, **3(1)**, 11-18 (2020).
- OH Hughes, JC Wooley, SA López-Rivera, BR Pamplin. Quaternary adamantine selenides and tellurides of the form III-IV-VI₄. **Solid State Communications**, **35**, 573-575 (1980).
- SA López-Rivera, L Martínez, B Fontal, F Sequeda. Magneto-Optic study of (Y_{3x}Ce_x)(Fe,Ga)₅O₁₂ Films. Part 1. Effect of variable Ce content and Heat Pulse Annealing. **IEEE Transactions on Magnetics**, **33(1)**, 788-794 (1997).
- SA Lopez-Rivera, L Martinez, B Fontal, W Giriat, F Medina. Raman study of a ZnIn₂S₄ layered compound. **Semiconductor Science and Technology**, **10(5)**, 645-652 (1995). doi. 10.1088/0268-1242/10/5/013
- SA Lopez-Rivera, AJ Mora, DA Najarro, A V Rivera, RA Godoy. Determination of the structure of IIIa-ZnIn₂S₄ using convergent-beam electron diffraction and single-crystal x-ray diffraction. **Semiconductor Science and Technology**, **16(5)**, 367-371 (2001).
- RD, Rodríguez, S. Müller, E. Sheremet, DRT Zahn, A Villabona, SA López-Rivera, *et al.* Selective Raman modes and strong photoluminescence of gallium selenide flakes on sp² carbon. **Journal of Vacuum Science & Technology B, Nanotechnology and Microelectronics: Materials, Processing, Measurement, and Phenomena**, **32(4)**, 04E106 (2014).
- P. Delgado-Niño, SA López-Rivera, L Mestres-Vila, ML Martínez-Sarrión, JS Valencia-Ríos. Optical and structural characterization of SrZr_{0.1}Ti_{0.9}O₃. **Journal of luminescence**, **132(10)**, 2546-2552. (2012).
- SA, López-Rivera, B Fontal, OP, Márquez, J Márquez. High Pressure Conductivity and Photoconductivity of Polyveratrole. **Polymer Bulletin**, **54(4-5)**, 291-301 (2005).
- B Fontal, SA López-Rivera, L Martínez, W Giriat. Middle infrared study of layered compounds. **Semiconductor science and technology**, **11(7)**, 1056-1058 (1996).
- SA López-Rivera, H. Galindo, B Fontal, M Briceño. Characterization of tellurium impurities in crystalline ZnSiP₂ using polarized Raman scattering. **Physical Review B**, **30(12)**, 7097-7104 (1984).
- E Cardozo, RR Contreras, F Bellandi, SA Lopez-Rivera, J. Avendaño, *et al.* Synthesis and Characterization of Six Novel Samarium (III) Complexes with L-aspartic Acid, L-glutamic Acid, Glycine and *o*-phenanthroline, Bipiridile as Ligands. **Revista Politécnica**, **36(2)**, 96-100 (2015).
- LOJ Garcia Molina, RR Contreras, EJ Cardozo Villalba, SA. López-Rivera. Química verde en la síntesis de complejos M(acac)₃ y M(acac)₂, donde M = Cr(III), Mn(III), Fe(II), Fe(III), Co(II), Co(III), Ni(II), Cu(II) y Sm(III) y acac = acetilacetato. En: **Avances y Retos de la Ciencia y la Ingeniería**. MT Celis Ed. Capítulo 113, 966-976 (2017).
- R Ávila-Godoy, AJ Mora, DR Acosta-Najarro, GE Delgado, SA López-Rivera, AN Fitch, *et al.* Structure of the quaternary alloy Zn_{0.6}Mn_{0.4}In₂S₄ from synchrotron powder diffraction and electron transmission microscopy. **Journal of Applied Crystallography**, **39(1)**, 1-5 (2006).
- SA Lopez-Rivera, J Martin, A Florez, V Balassone. Band assignments in absorption and photoluminescence of a new transparent fluoroindate glass doped with Er and Yb. **Journal of Luminescence**, **106(3-4)**, 291-299 (2004).
- A Sweiti, F Medina, L Martinez, SA Lopez-Rivera. Photoluminescence spectroscopy and effective concentration determination of Cd_xZn_{1-x}Se. **Semiconductor Science and Technology**, **23(3)**, 035019 (2008).
- S Jimenez-Sandoval, SA Lopez-Rivera, JC Irwin. Influence of reduced mass differences on the Raman spectra of ternary mixed compounds: Zn_{1-x}Fe_xS and Zn_{1-x}Mn_xS. **Physical Review B**, **68(5)**, 054303 (2003).
- HJ Scheel. The development of crystal growth technology. **Crystal Growth Technology**, 1-14 (2003).

Ricardo R. Contreras*

Laboratorio de Organometálicos, Departamento de Química,
Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes.
Mérida – 5101 - Venezuela

(*) ricardo@ula.ve / ricardo.r.contreras@gmail.com