

# UNA CARRERA IMPENSADA

**Palabras clave:** Rayos Cósmicos - Polielectrolitos - Simulación Molecular - Física Educativa.  
**Key words:** Cosmic Rays - Polyelectrolytes - Molecular Simulation - Physics Education.

## ■ Julio C. Benegas

Departamento de Física - Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales  
Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL)  
Universidad Nacional de San Luis/ CONICET

[jcbenegas@gmail.com](mailto:jcbenegas@gmail.com)

Mi acercamiento a la física fue totalmente impensado. Comencé mis estudios universitarios en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Cuyo, que en esos tiempos constituía la sede San Luis de esa Universidad. Llegué allí desde mi Mendoza natal para estudiar Profesorado en Matemáticas, quizás siguiendo los deseos nunca expresados de mi padre, un maestro-director de escuela rural cuyo gran amor eran las matemáticas, y que ejerció como profesor secundario de Matemáticas aun cuando nunca pudo realizar estudios formales de esta carrera.

Me encontré en ese primer año de universidad con que también debía tomar el curso de Física I, y allí descubrí un universo desconocido hasta entonces para mí.

Las clases de ese curso de mecánica clásica básica eran tomadas por alumnos de todas las carreras científicas de la Facultad: matemáticos, físicos, químicos y bioquímicos. Éramos alrededor de 200 que nos reuníamos en un gran anfiteatro, donde seguíamos como podíamos las clases del Prof. Pedro Pasinetti. Pedro, que era parte de la primera promoción del Instituto Pedagógico, institución precursora de la Facultad, había obtenido el título de Profesor

de Física y Matemáticas alrededor del año 50. Si bien en aquella época no se sabía todo lo que hoy sabemos de los procesos de aprendizaje de la física, ni estaban disponibles las estrategias de aprendizaje activo y los medios electrónicos que las sustentan, sus clases evidentemente eran motivantes y provocaron que dejara muy tempranamente mis planes de ser profesor secundario de Matemáticas y me pasara a la Licenciatura en Física, algo nuevo y excitante, pero que en esos momentos no tenía muy claro qué era ni para qué me serviría.

Mi formación secundaria como maestro normal regional, es decir maestro rural, fue de un nivel sobresaliente en lo referente a las ciencias humanas y materias pedagógicas, y también muy buena en matemáticas y biología, pero ciertamente no en física. Al contrario de tantos colegas que tuvieron buenos y motivantes profesores de física en el secundario, por más que me esfuerce no puedo recordar una sola clase de física en mis estudios preuniversitarios.

Eso claramente cambió cuando ingrese a la universidad y el cambio se vio reforzado por excelentes profesores, entre ellos el Dr. Pascual Colavita y, sobre todo en mi caso, por Giorgio Zgrablich, quien me

dio, al comienzo de su propia carrera de profesor, la mayoría de las materias de física y física-matemática que constituían los dos últimos años de la Licenciatura. También bajo su dirección realice el trabajo final de la carrera, con temas de alta energía, a los cuales se dedicaba Giorgio en esos tiempos. Terminada la Licenciatura, y habiendo cumplido con el servicio militar, obligatorio en aquellos años, con Giorgio en Estados Unidos haciendo su postgrado, y con prácticamente ninguna oportunidad de postgrado en San Luis, decidí irme yo también a ese país para intentar el doctorado. Tuve la suerte de que la *Washington University* en *Saint Louis* me aceptara para realizar los estudios de postgrado y allí fui para iniciar una vida totalmente diferente, tanto en lo profesional como en lo personal. Para solventar los gastos cotidianos había obtenido un cargo de *Teaching Assistant* que solo duraba los 9 meses del ciclo lectivo. Para los tres meses de verano debía obtener una *Research Assistanship* en algún grupo de investigación. Siguiendo el interés despertado por Giorgio en mi trabajo final de licenciatura, elegí el grupo de rayos cósmicos. El tema era totalmente experimental y en realidad tenía muy poco que ver con lo que yo había realizado en San Luis. Pero también era apasionante, con detectores de

partículas activos que utilizaban tecnologías desconocidas para mí, en el tiempo en que nacieron los microprocesadores. Todo el experimento además había que construirlo lo más liviano posible pues debía volar en globos teledirigidos de alta altitud. Finalmente ese trabajo de verano se transformó en mi tema de tesis, con lo cual al cabo de tres años de experimentos y viajes de campo para volar el experimento en aquellos globos gigantescos, obtuve una cinta grabada con los datos recolectados de los diversos detectores. Comencé entonces la última parte de la tesis, el análisis de datos, que realicé en las computadoras *mainframe* de esa época. Pero para calcular debía primero hacer las tarjetas perforadas que leía aquella gigantesca máquina, que aunque requería un edificio para ella sola, tenía apenas la capacidad de cálculo hoy disponible en la *notebook* de cualquier estudiante de grado. Ni hablar de la capacidad de representación gráfica de los datos. Los resultados fueron muy buenos, ya que no solo obtuvimos la abundancia relativa de los rayos cósmicos pesados, sino que hicimos la primera determinación de la abundancia de los isotopos del hierro en esa radiación cósmica.

El verdadero problema se presentó cuando me recibí y empecé a buscar trabajo. Tenía algunas oportunidades de post doctorado en mi tema de tesis, pero mi deseo era regresar al país, y en lo posible volcar mis experiencias en la universidad que me dio las primeras oportunidades. San Luis era mi lugar en el mundo.

Así que acepté un ofrecimiento de docente exclusivo en la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), institución en la que se había transformado mi vieja Facultad de Ciencias. Tenía ahora trabajo, en el lugar que quería, pero ni hablar de con-

tinuar trabajando en los temas que me había especializado durante mi trabajo de tesis: el estudio experimental de rayos cósmicos pesados era un tema absolutamente extraño no solo para San Luis, sino en toda esta parte del continente, e inaccesible también desde el punto de vista material. El otro problema, que yo no había considerado después de cinco años de vivir en los Estados Unidos era la situación política-económica del país. Retorné en setiembre de 1975, justo luego del "rodrigazo" y seis meses antes del golpe militar. Como la mayoría de la población, sobreviví esa época como pude, inclusive al hecho de figurar en las listas para ser cesanteado, cosa que finalmente no ocurrió. Durante un tiempo estuve buscando un tema de investigación, empezando por un proyecto de aplicaciones de un láser de pulsos que se había comprado en San Luis, para finalmente hacia fines de la década del 70 incorporarme al grupo de matemática física del Dr. Ezio Marchi, un notable matemático y también físico, al cual ayudé a crear en 1982 el primer instituto del CONICET en San Luis, el Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL), institución que de ahí hasta la actualidad cobija mis actividades. Por ese tiempo viajé por primera vez al *International Centre for Theoretical Physics* (ICTP), de Trieste, Italia, para participar de un "College" sobre polímeros. Este viaje fue de una gran importancia para mis próximos 30 años de trabajo, ya que entré en contacto con jóvenes colegas del *Dipartimento di Biochimica e Chimica delle Macromolecole* de la *Università di Trieste*. Inicié así, de una manera también inesperada, mi trabajo en la teoría de polielectrolitos lineales, donde mis nuevos colegas Attilio Cesaro y Sergio Paoletti (desde entonces grandes amigos) aportaban los datos experimentales, y entre todos elaborábamos modelos que resolvíamos basados en dicha teoría.

En San Luis dirigí algunos trabajos finales y tesis de maestría y doctorado sobre estos temas teóricos, que dieron origen a un pequeño grupo de investigación. El grupo incorporó en el tiempo y con la ayuda de colegas como Raúl Grigera del IFLYSIB de La Plata, técnicas de simulación molecular. Mi relación con el ICTP fue por demás extensa y fructífera. Eventualmente no solo fui seleccionado como Asociado y Asociado Sénior, sino que propuse, y el ICTP aprobó, un acuerdo institucional con el Departamento de Física de la UNSL. Este convenio permitió a varias generaciones de jóvenes físicos de San Luis participar de diversas actividades del ICTP y ponerse en contacto con colegas de otros lugares del mundo en tiempos donde, al menos para nuestra universidad, la movilidad internacional no era lo común que es en la actualidad.

Con el advenimiento de la democracia en nuestro país fui convocado por el Dr. Colavita para otro tipo de trabajo: acompañarlo en la gestión normalizadora como Decano de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales. Fue un tiempo de gran participación de todos los sectores de la universidad, donde se sentaron las bases para la vida democrática de la institución. Se generaron prácticamente todas las reglamentaciones necesarias, comenzado por el Estatuto Universitario y el régimen de concursos. Aproveché además para fomentar las actividades académicas básicas de una universidad moderna, como la creación de un sistema de becas de investigación, modelado en este caso siguiendo los criterios de las becas internas del CONICET. Un punto fundamental fue que logramos financiamiento no solo para becas para el trabajo final de licenciatura, sino también para solventar cargos con dedicación exclusiva, destinados a realizar el doctorado.

Este sistema puso a nuestra Facultad adelante del resto de la Universidad, que al cabo de unos años adoptó un sistema similar. Un poco tiempo después también pude colaborar con la Asociación Física Argentina (AFA), organizando la filial local y algunas reuniones anuales, participando en la edición e impresión de Anales AFA y también en varios períodos como miembro de su Comisión Directiva. Todas estas experiencias fueron a veces agotadoras, pero resultaron muy enriquecedoras tanto del punto de vista personal como profesional.

Más recientemente, ya casi en este siglo, otro aspecto de la física llegó a mi vida: la compleja problemática del aprendizaje de las ciencias experimentales. Era claro para entonces que la física había dejado de ser la ciencia estrella, a la cual todos queríamos ingresar, y que además estaba sufriendo el deterioro de su enseñanza, por lo que los alumnos que ingresaban a la universidad a carreras de ciencias e ingeniería no solo no comprendían los conceptos básicos, sino que tampoco estaban motivados para su estudio. Para empezar con un colega propusimos un proyecto de utilización de la simulación en la enseñanza de la física. Me pareció que podía ser una herramienta muy motivante para los alumnos de los nuevos tiempos y hacia allí dirigí mis esfuerzos. En el año 1998 desarrollamos simulaciones computacionales para todos los temas centrales de los dos cursos de física de la escuela secundaria dependiente de la UNSL. Los resultados fueron muy alentadores, pero también comprendí que para poder progresar y generalizar los resultados a otras instituciones había que hacerlo de manera científica. Se necesitaba explicitar una base teórica de los procesos de aprendizaje, que permitiera proponer innovaciones didácticas coherentes con ese mar-

co teórico y que fueran verificables experimentalmente. Esto significó adentrarse en un universo sumamente complejo y de una riqueza extraordinaria. Me incorporé entonces a lo que se ha dado en llamar "*Physics Education Research*", un nuevo campo de acción desarrollado desde comienzos de la década de los 80 principalmente en los EE.UU. y que ha producido avances notables en el aprendizaje de la física universitaria y preuniversitaria, liderando a su vez grandes avances en la enseñanza de las otras ciencias experimentales y la matemática. Es un campo sumamente abierto y generoso, que me permitió ponerme en contacto con colegas que han liderado las investigaciones y el subsecuente desarrollo de las estrategias de enseñanza de la física más exitosas de la actualidad. Como todo este material estaba en inglés vimos con otros colegas de América Latina y España que era necesario hacerlo conocer en el idioma de enseñanza. La estrategia adoptada incluyó la propuesta y luego coordinación de una Maestría en Enseñanza de la Física en la UNSL, que en estos años ha convocado docentes de todo el centro oeste del país. Pero para difundir al resto del sistema nacional y de los países de la región nos propusimos organizar talleres destinados a los formadores de los futuros profesores de física. Surgieron así los llamados Talleres Regionales del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de la Física. Entre 2008 y 2011 realizamos cuatro talleres, donde en cada uno logramos reunir a unos 50 profesores de América Latina con algunos de los prestigiosos colegas de EE.UU. y Europa que habían desarrollado estas estrategias de enseñanza. Para cada Taller (Mecánica Clásica, Electromagnetismo, Óptica y Fotónica y Termodinámica y Fluidos) se pudo editar un Manual de Entrenamiento, que incluía, en cada caso, las actividades de enseñanza y aprendizaje

de los temas más relevantes de cada una de estas subdisciplinas. Al mismo tiempo propuse con el Dr. José Otero, de la Universidad de Alcalá de Henares (España), un proyecto iberoamericano destinado a relevar el estado de conocimientos de física y matemática de los estudiantes ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería en España y distintos países de América Latina. El resultado fue desalentador: en todos los países solo un porcentaje menor al 10% parecía conocer conceptualmente las leyes básicas de la física. Esto nos impulsó a experimentar innovaciones didácticas en las aulas de distintos sistemas educativos, adaptando y desarrollando metodologías y actividades de aprendizaje de la física destinadas a revertir la situación. Los resultados fueron muy buenos y dieron lugar, además de publicaciones en congresos y revistas, a la edición y publicación de un libro sobre Aprendizaje Activo de la Física, único por ahora en nuestro idioma sobre esta temática. Lamentablemente la eficaz utilización de estas estrategias de enseñanza en nuestras escuelas secundarias y universidades está muy lejos de generalizarse, por lo que todavía espero poder contribuir a este objetivo.

En resumen, no solo fue impensado mi acercamiento a la física, sino que también mi desempeño en ella navegó por distintos temas, sintiéndome siempre tremendamente afortunado pues a lo largo de mi vida he tenido el privilegio de dedicarme a lo que en ese momento despertaba mi pasión e ilusión.