

UN LARGO RECORRIDO POR LA FÍSICA TEÓRICA Y APLICADA: de las colisiones atómicas al sol y la atmósfera¹

Palabras clave: Colisiones atómicas, Sol, Atmósfera, Divulgación científica.
Key words: Atomic collisions, Sun, Atmosphere, Scientific promotion.

¿Qué tiene que ver las colisiones atómicas con el Sol, con la Atmósfera y con la Divulgación Científica? Estos temas tan disímiles se entrelazan con naturalidad en la trayectoria de autor.

■ Rubén D. Piacentini

Investigador Superior de CONICET (contratado ad-honorem), Instituto de Física Rosario, CONICET-Universidad Nacional de Rosario, Profesor Honorario, Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, y Centro de Estudios Interdisciplinarios

ruben.piacentini@gmail.com

¹ Editor asignado: Miguel A. Blesa

■ PRIMEROS AÑOS

Nací en Bigand, un típico y próspero pueblo de la Provincia de Santa Fe, dicen que el 18 de mayo 1943, pero como mi madre María Erceg y mi padre Juan Bautista vivían en el campo, me anotaron unos días más adelante, por lo que mi fecha de nacimiento oficial es el 25 de mayo de ese año. La actividad agrícola requería una gran dedicación. Mi padre me comentó que iba a la escuela de tarde/noche y al regresar, si era época de arar la tierra, desde la medianoche en adelante tenía que hacer esa tarea. Recuerdo que en los primeros años de mi vida, no teníamos electricidad e íbamos los fines de semana a escuchar radio de una familia de vecinos. Durante las noches nos entreteníamos algunos

días jugando a la *tómbola*¹, por lo que aprendí a contar desde muy pequeño.

Luego de un tiempo, mi padre instaló un molino de viento y baterías que permitieron tener ese preciado bien que es la electricidad. Es inconcebible con el desarrollo científico-tecnológico actual que en Haití, donde cerca de la mitad de la población no dispone de suministro eléctrico, haya niños y niñas que al atardecer caminan hacia una estación de servicio, para tener algo de iluminación ¡y así poder hacer sus deberes!² Por este motivo estoy proponiendo que se puedan distribuir *simples sistemas de iluminación solar*³ a cerca de 675 millones de personas que no disponen de electricidad

en el mundo (según la página web de Naciones Unidas <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/sites/3/2024/01/2309739-SDG-2023-infographics-7-7.pdf>). Si bien hace algunos años unos 1100 millones de habitantes estaban en esa situación y se logró reducir significativamente este número, se pronostica que para el final de esta década (en el 2030) o principios de la próxima, todavía unos 660 millones no dispondrán de este valioso vector energético.

■ LA FORMACION INICIAL EN LA ESCUELA PRIMARIA

A los 5 años acompañaba a mi hermana Betty a la escuela de campo, donde una maestra daba clase para

varios grados al mismo tiempo. Asistía a primer grado, aun no teniendo edad para ello porque no había pre-escolar en esa época. Cuando tenía 6 años nos trasladamos al pueblo de Bigand, donde comencé mi formación en primer grado inferior (como se llamaba en esa época al primer grado actual) de la escuela Octavia Ricardone de Bigand, nombre de la esposa del fundador del pueblo, don Víctor Bigand. Cuando estuve en Francia para mi tesis doctoral, no podían creer que hubiera conocido al fundador de mi pueblo.... ya que los pueblos franceses ¡suelen tener cientos o miles de años! Esto fue posible, porque el pueblo se fundó en el 1915 y en la década del 1950, fue cuando conocí a don Víctor. Deseo señalar la importancia de su fundador y del trabajo y dedicación de los habitantes de este pueblo, ya que en esa época ya estaba suficientemente desarrollado, habiéndose construido las principales instituciones privadas (asociaciones, clubes deportivos, iglesia, cine/teatro, piscina pública en el Arroyo Saladillo, etc.) y públicas (escuela, hospital, etc.).

De la escuela primaria, recuerdo con mucho afecto a la Maestra Bonotto, que nos enseñaba con gran conocimiento y dedicación. Íbamos a su casa para complementar lo que habíamos desarrollado en clase y su exigencia de realizar cálculos mentales unos minutos por clase, me sirve mucho aún hoy, para realizar estimaciones y verificar así cálculos complejos realizados con calculadoras o programas de computación. La formación era excelente, ya que no sólo estudiábamos por libro, sino que realizábamos actividades prácticas de taller, huerta, visita de empresas como la panadería y otras más. De allí trasladé esta idea y en mis clases de la Universidad, he tratado de que los alumnos y alumnas estimen si los resultados numéricos de los problemas de práctica son

razonables y realicen mediciones y experimentos con equipos e instrumentos. Así, por ejemplo, he llevado en distintos cursos dictados en el país y aún en el extranjero, medidores de radiación solar ultravioleta para determinar en forma práctica y en situación real de exposición al Sol, el riesgo asociado a dicha exposición.

■ TRANSITANDO LA ESCUELA SECUNDARIA

Realicé los primeros años de la escuela secundaria en mi pueblo en la Escuela de Comercio "José Manuel Estrada", pero -dado que no había suficiente cantidad de alumnos- en cuarto año cerraron nuestro curso y la última parte de ese año y de 5to los cursé en la Escuela de Enseñanza Media "Dr. Dalmacio Vélez Sarsfield" de la ciudad de Casilda. En ambas escuelas tuve en general, muy buenos profesores. En Bigand teníamos a la directora de la escuela, -la Profesora Tetamanti, en la asignatura Castellano (que me costaba bastante) y en Historia al Odontólogo Ostoich del pueblo, un experto en Historia. Debí ver en mí interés en la investigación, porque me regaló un libro titulado *Energía Nuclear: Su potencial para aplicaciones pacíficas*, que todavía conservo. El autor dedicó un capítulo a la Energía de Fusión Nuclear y como prólogo de este capítulo, escribió el siguiente texto basado en la conferencia inaugural que dictó H. J. Bhabha sobre Átomos para la Paz, en Ginebra (Suiza) en 1955: "en las próximas décadas se hallará un método para liberar la energía de la fusión en forma controlada". Al presente, hay publicaciones que informan que la fusión nuclear será comercialmente factible recién en unas décadas, pero ya existen varias compañías que se encuentran en etapa avanzada de investigación y pronostican que lograrán este obje-

tivo, aún antes que finalice la presente década (en el 2030) o comienzos de la próxima⁴. Lo sorprendente es que se están desarrollando mini reactores de fusión nuclear para impulsar cohetes que podrían acortar sensiblemente el tiempo viaje a Marte y luego del arribo, servir de fuente energética para los habitantes de las futuras colonias instaladas en dicho planeta⁵.

Otras profesoras del secundario que recuerdo con afecto, eran las Señoritas Piba y Queral. Una anécdota que doy como ejemplo a mis alumnos y alumnas de lo que no debe hacerse, es la clase especial de Geografía que preparé y expuse sobre Estados Unidos: había estudiado tanto sobre el tema, que destiné los 45 minutos de la presentación a los límites de ese país... ¡sin tener tiempo para explicar su interior!

En tercer año, ya sentía la vocación por la Física y envié una carta, ya que no había internet en esa época, al Instituto Balseiro, solicitando información de cómo debía hacer para poder ingresar a dicho Instituto. Me respondieron que debía primero cursar dos años en una Facultad de Ciencias o de Ingeniería y luego presentar una solicitud de beca.

Los primeros meses de clase en la escuela de Casilda fueron de adaptación, pero a pesar del cambio pude adaptarse y completar el cuarto año sin llevarme ninguna materia a examen de diciembre. Recuerdo con afecto a mis compañeros: Héctor Gasparini (con quien fuimos juntos desde la escuela de Bigand), Rubén Calegaris (con quien sigo en comunicación), Tito Gómez (el mejor de la clase) y Cacho Andreani (el Andreani de la empresa Logística de Correos).

■ PRIMEROS AÑOS EN LA FACULTAD

Faltando algunos meses para completar el secundario y obtener el título de Perito Mercantil, comencé a preparar Física con el libro de Sears y Zemansky para el ingreso a la Facultad en Rosario, que en esa época se llamaba de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales Aplicadas a la Industria y pertenecía a la Universidad Nacional del Litoral. Recuerdo que en el examen libre que di en la Facultad para adelantar el cursado del Pre-universitario, me tomaron un problema que requería conocimientos de Trigonometría, que no habíamos visto en la escuela secundaria de orientación comercial. Sin embargo, ¡pude resolverlo empleando directamente la relación entre catetos e hipotenusa de un triángulo rectángulo, que definen al seno y al coseno de un ángulo!

Pude aprobar todas las materias del curso de ingreso y comencé mis estudios de Ingeniería, ya que no existía la carrera de Física en Rosario y, por esas vueltas de la vida, vinimos a crearla varios egresados del Instituto Balseiro bajo la dirección de Walter Mulhall en enero de 1967. Entre los profesores de Física de los primeros años, recuerdo con afecto a Eduardo Creus con quien escribimos un libro sobre *Introducción al Trabajo en el Laboratorio* que, según la vicedecana de la Facultad, aún es consultado luego de varias décadas de su publicación. También a los Ingenieros Cortés Pla y Bâncora. Además de ser excelente profesor de Física I, Cortés Pla era un destacado Historiador de las Ciencias y llegó a ser rector de la Universidad Nacional del Litoral entre 1966 y 1967. Fue depuesto en sus funciones por el gobierno militar de esa época y recuerdo que iba a su casa a charlar sobre Física y temas afines. Dado que no estaba autorizado a ingresar

a las distintas Facultades de la Universidad, sacaba libros y revistas de Ciencias y de Historia de las Ciencias de mi Facultad a mi nombre y se los llevaba a Cortés Pla para que los consultara para sus estudios históricos, durante el periodo de préstamo. De los profesores de Matemática, fueron excelentes docentes los Profesores Bruno (tan joven que al principio lo confundimos como un alumno más) y Gaspar.

En relación al Ing. Bâncora, era un muy reconocido profesor y miembro de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Fue mi profesor de Física III (Termodinámica) y de Física V (Moderna) y me orientó para realizar los trámites de beca y presentación en la beca, requisito indispensable para acceder a estudiar Física en el Instituto Balseiro, dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo y que era financiado principalmente por CNEA. Tuve el honor de continuar el dictado de Física Moderna que había iniciado su desarrollo el Ing Bâncora en la Facultad, cuando me incorporé como docente, luego de recibirme en el Balseiro. Bâncora fue el impulsor de la Instalación del Reactor SUR-100, RA-4, que fue donado por la República Federal de Alemania. Recuerdo que mientras estaba en París realizando mi tesis doctoral, el Ingeniero Castagnino, prestigioso profesor e investigador que ejercía la dirección del Departamento de Física, me invitó a que lo acompañara a Stuttgart, Alemania, para visitar un Reactor de experimentación similar, de modo de conocer detalles del Edificio y del propio reactor, para informar a la Facultad sobre las características que debía tener el lugar donde se instalaría el Reactor. Los diseñadores del edificio, quizás influenciados por otros diseños, querían hacer dicho edificio de *ladrillos de vidrio* (como los que se suelen instalar en los baños). Los convencimos que debía ser

un edificio convencional, como era el del Reactor de Stuttgart. Además, para el clima y en particular la intensidad de radiación solar de Rosario, si hubiera sido hecho en gran parte de vidrio, sería un verdadero *horno* en época estival.

Completé dos años y medio iniciales de la Carrera de Ingeniería, entre mi ingreso en el 1961 y mediados del año 1963, estudiando la mayoría de las materias con mis compañeros Naches y Panela. Para ir a la casa de Panela, recorría a pie (para ahorrar) más de 30 cuadras de ida y vuelta. Recuerdo con cariño a la madre de Panela, quien nos preparaba una deliciosa merienda.

■ AL FIN LA POSIBILIDAD DE ESTUDIAR FÍSICA EN EL BALSEIRO!

En los primeros meses de 1963 presenté mi solicitud de beca para intentar ingresar en el Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche. Por si no lograba ingresar, ya había comenzado el 3er año de la especialización en Electrónica en la Facultad y si me graduaba en esa especialidad, mi idea era dedicarme a la relación de la Ingeniería con la Medicina. Si bien mi título universitario fue de licenciado primero y luego de doctor en Física, pude cumplir parte de esta apasionante relación entre Física y Medicina, trabajando en colaboración con médicos, biólogos y bioingenieros, en temas tan interesantes como la protección de la piel frente a la radiación solar, el impacto de los contaminantes del aire en la salud humana y muy recientemente comenzando a interactuar (por invitación) con especialistas en Neurociencias que investigan la posible relación entre enfermedades mentales, cambio climático y contaminación ambiental.

El examen de ingreso al Instituto Balseiro fue muy exigente, ya que

tenía que competir con postulantes, que muchos de ellos habían realizado estudios previos de Licenciatura en Física con una muy buena preparación en esta disciplina científica. Con gran satisfacción recibí la notificación que me otorgaban la beca y que debía ingresar al 3er año de la Licenciatura en Física en Agosto de 1963. Llegamos a Bariloche con Diamante, otro joven rosarino que también había obtenido la beca, en tren viajando casi 2 días desde Rosario. Las primeras clases fueron de extrema exigencia, pero como estaba acostumbrado a estudiar con intensidad en mi paso por Ingeniería en la Facultad de Rosario y había avanzado cursando materias de la Especialización como *Variables complejas*, pude aprobar todas las asignaturas y en general con muy buenas notas.

Recuerdo el impacto que nos produjo el excelente profesor de Taller, Enrique Gaviola⁶, que nos explicaba en sus clases teóricas con sumo detalle el avance de la Física experimental. Nos enseñaba cómo realizar experimentos y no sólo dar el valor final de la medición que realizáramos, sino también el error (o incertidumbre) con el que estaba afectada dicha medición. Por primera vez escuché que un profesor describiera uno de sus descubrimientos en la clase. Esto ocurrió cuando explicó la evolución de la medición del tiempo, desde la antigüedad con los relojes de Sol, arena y gota de agua entre otros (con errores importantes) a los modernos relojes atómicos (con errores de mil millonésimas de segundo o aún más precisos). En el medio de este desarrollo incorporó el *Fluorímetro de Gaviola*, que medía el tiempo de reacciones químicas en el rango de la millonésima de segundo, de gran avance en su época. Les explico a mis alumnos y alumnas la importancia de este tema ya que, si no tuviéramos hoy relo-

jes atómicos de tan alta precisión, no se podría conocer las distancias de desplazamiento de vehículos con la precisión requerida para guiarlos en sus desplazamientos y así evitar problemas como choques y otros problemas de circulación, ya que la distancia se mide a través de la definición de la velocidad, como recorrido espacial dividido por el tiempo invertido para dicho recorrido. Su rigurosidad en el análisis de los informes que presentábamos de los experimentos que realizábamos bajo su supervisión, me marcaron para el futuro, cuando fui Docente de Física Experimental en la Licenciatura en Física en Rosario y cuando he dirigido (y dirijo actualmente) los trabajos de tesis de doctorado y maestría. Hacer experimentos es fundamental para desarrollar las manos... ¡y el cerebro! Por ello, mis estudiantes en temas de Radiación solar y Física de la Atmósfera, deben capacitarse tanto en la modelización de los fenómenos investigados, como en la medición de dichos fenómenos.

Otros profesores del Instituto Balseiro que me dejaron excelentes recuerdos fueron Félix Molina (en Física Moderna) y el notable físico Guido Beck que nos dio la materia clave, Mecánica Cuántica, a su manera.

Estudiaba las distintas asignaturas de la Licenciatura en Física con compañeros y compañeras de curso. En esa época estudiábamos con los apuntes que tomábamos de las clases escritas en el pizarrón por el profesor o con los libros relativos a los temas desarrollados en cada curso. Mi especialidad era copiar prácticamente todo lo que estaba escrito y de ser posible, la parte oral con la que el profesor ampliaba lo escrito en el pizarrón, por lo que mis apuntes eran muy solicitados. Una gran cantidad de materias las preparamos con mi compañero de curso Arnol-

do Valenzuela, que estaba casado, por lo que debía ir a la ciudad de Bariloche a reunirme con Arnoldo. Otro de mis compañeros, Saúl Oseroff me comentó hace poco que tenía dificultad para dedicarle tiempo al estudio de una asignatura y que me propuso prepararla en conjunto, porque en mi caso, era muy estricto con los horarios y metódico para el estudio. También estudié una de las asignaturas con Raquel Paviotti. De quien también guardo muy buenos recuerdos es de Oscar Bressan y Cristina Terrile.

En el año 1964 estaba en cuarto año y tuve que hacer el Servicio Militar en el Regimiento de Montaña que está al lado del Centro Atómico Bariloche. Pasé dos meses de instrucción y veía con angustia, a través del tejido que nos separaba del Centro, a mis compañeros y otros estudiantes ir a clase o estar charlando al exterior de los edificios. Por suerte, conseguí que me permitieran completar el Servicio militar en el Centro Atómico, por lo que pude cursar la Segunda parte de las Asignaturas cuatrimestrales. Hice un esfuerzo (creo sobrehumano) para ponerme en igualdad de condiciones que mis compañeros y compañeras, estudiando día y noche (incluso los fines de semana). De este modo pude aprobar todas las Asignaturas. Recuerdo que completé el examen final de una de ellas justo a tiempo, porque me estaba esperando el ómnibus que nos llevaba hasta la estación de trenes de Bariloche, por las vacaciones.

También recuerdo que en el curso de Física del Estado Sólido realizado a mitad de la década de 1960, el profesor que había regresado recientemente de Estados Unidos nos informó que se estaba investigando la posibilidad de incorporar directamente en un material sólido la información que generaban los sensores

o que los usuarios desearan incorporar (hoy son el pendrive o el disco rígido). Hasta hace poco tiempo esta información se incorporaba en una cinta grabada, diskette o disco compacto, que necesitaba girar para poder extraer dicha información.

Seleccioné el tema de las Colisiones Atómicas para mi Tesis de licenciatura y dado que no existían asignaturas específicas para dicho tema, tuve que hacer varias Física Nuclear y del Estado Sólido. Mi director fue el Prof. Walter Mulhall y me emocionó cuando al final de la exposición del tema final de Licenciatura -frente a mi director y al Prof Guido Beck- uno de los discípulos de Mulhall, Roberto Liotta, me comentó que el Prof Beck tuvo conceptos muy positivos sobre dicha exposición.

■ CREACION DE LA LICENCIATURA EN FÍSICA EN ROSARIO

Unos meses antes de completar la Licenciatura en Física en Diciembre 1966, vino al Instituto Balseiro el Profesor Mario Castagnino, quien se desempeñaba en esa época como director del Departamento de Física en Rosario. Se reunió con mi director de tesis Walter Mulhall y le propuso que se incorporara -junto con su Grupo de investigación integrado por Roberto Liotta, Rubén Piacentini, Alberto Rabbat y Eduardo Pasquini- a la Facultad antes nombrada para participar de la creación de la Licenciatura en Física. Si bien tenía ganadas dos becas, una para investigar en el novedoso tema para ese entonces del Laser con el prestigioso Dr. Mario Garavaglia en la Universidad Nacional de La Plata y otra para hacerlo en el propio Centro Atómi-

co Bariloche, siempre me gustaron los desafíos, ya que ir a Rosario era prácticamente ir a un casi "*desierto en investigación*", donde estaba todo por hacerse en docencia en Física para formación de Licenciados y en investigación en esta ciencia⁷.

El 2 de enero de 1967 iniciamos nuestra tarea en la Facultad de Rosario, que fue principalmente la de preparar los cursos iniciales de la Licenciatura en Física, tarea que desarrollé como Coordinador de dichos Cursos. Si bien la idea inicial era ir dictando las asignaturas de primer año, luego las de segundo año y así siguiendo hasta completar el dictado de la totalidad, tuvimos que dictar asignaturas del ciclo avanzado, dado que regresaron a Rosario varios estudiantes que habían comenzado sus estudios en el Instituto Balseiro. Tal fue la exigencia docente,



Foto obtenida en Diciembre de 1966, de los recién Licenciados en Física de la Novena promoción del Instituto Balseiro, CNEA-Universidad Nacional de Cuyo (de izquierda a derecha): Oseroff, Valenzuela, Terrile, Piacentini, Vázquez, Paviotti, Esparza, Bressan y Rabbat.

que llegué a dictar tres materias en un cuatrimestre.

En esa misma fecha, comenzamos a desarrollar nuestras investigaciones bajo la dirección de Walter Mulhall, si bien no disponíamos de sistemas avanzados de computación, como ya tenía la Universidad de Buenos Aires. Recuerdo haber tenido que integrar una función matemática, contando y sumando cuadritos en una gráfica hecha sobre papel milimetrado. Me di cuenta que el resultado era parecido al valor de uno de los parámetros de la función a integrar y buscando en la bibliografía disponible, -que eran libros de la biblioteca de la Facultad, pude verificar que ¡efectivamente el resultado era el correcto!

■ TESIS DOCTORAL EN EL OBSERVATORIO Y EN LA UNIVERSIDAD DE PARÍS

Mario Castagnino nos había prometido en Bariloche a los jóvenes recién recibidos o en sus primeros años de investigación, que si veníamos a la Facultad de Rosario, nos iba a conseguir ir al exterior a capacitarnos. Como estaba realizando su tesis doctoral en la Universidad de París, en mi caso particular consiguió contactarme con el eminente científico Ronald McCarroll, que investigaba en temas Astrofísicos y de Colisiones atómicas en la Sección de Astrofísica del Observatorio de París, ubicado en la ciudad de Meudon, cercana a la llamada *Ciudad Luz*. Me presenté a una beca de la Embajada de Francia y en Noviembre de 1968, nos casamos con mi esposa Noemí Silva y nos fuimos en

barco para Europa. Tenía tanta avidez por investigar, que de los dos temas que me propuso mi director de tesis, acepté el más complicado sobre la distribución angular de la colisión fundamental de intercambio de electrones entre protones y átomos de Hidrógeno, que no había sido resuelto en el Grupo. Trabajando de tarde y noche (porque de mañana el primer mes debía ir a la Alianza Francesa en la cercana París para aprender francés básico), en paralelo, pude concretar en poco tiempo mi primer trabajo científico, el cual fue publicado en la Revista de la Academia de Ciencias de París sobre *Descripción de partículas por sistemas de coordenadas relativas*. Durante 1969 me dediqué a resolver el problema de la interacción de intercambio de electrones, protón-Hidrógeno y pude completarlo y prepararlo para su publicación inter-



Acto del 25avo Aniversario (1967-1992) de las Licenciaturas en Física y en Matemática, de la hoy Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, en el cual se otorgaron distinciones a los Profesores (de izquierda a derecha) Roberto Rivarola, Rubén Piacentini, Sergis Bruno, Mario Bâncora, Jorge Aranda, Mario Castagnino y Walter Mulhall que estuvieron desde su creación como docentes.

nacional en el *Journal of Physics*, de reconocido prestigio en el tema de las Colisiones atómicas (McCarroll y col., 1970). Cuál fue mi sorpresa cuando le llevé la versión a mi director de tesis, que estaba escrita a máquina y que consideraba que era prácticamente la final... ¡y me la devolvió con más palabras en rojo que las que había escrito en azul! Cuando les entregó con muchas correcciones los Informes que me presentan mis alumnos, les comentó esta historia para que consideraran estas correcciones como una ayuda para mejorar y no como una crítica.

Tuve la gran suerte de que al comienzo de mi estadía en el Observatorio de Paris, en Meudon, se instalara una computadora IBM de 64 Kilobites de memoria (las computadoras personales actuales tienen memorias un millón o más veces mayores), ocupando un piso de Edificio de cientos de metros cuadrados. Si bien era de difícil acceso, con tarjetas perforadas y se producían errores y detenciones con frecuencia, pude realizar cálculos avanzados de ecuaciones integro-diferenciales e integración de resultados de estructura compleja que describían las colisiones atómicas, para lo cual tuve que desarrollar programas de computación, que al ser posteriormente publicados (en colaboración) en la revista especializada *Computer Physics Communications* (Piacentini y Salin, 1977), tuvieron una repercusión al ser usados por distintos investigadores. El trabajo sobre las colisiones protón-hidrógeno, basado en un método variacional que consideraba que la carga nuclear efectiva variaba con la distancia entre las partículas, también tuvo impacto y poco tiempo después fue incluido en el libro clásico de Mott y Massey *The theory of atomic collisions* (La Teoría de las colisiones atómicas). Me sorprendió que Ronald McCarroll me propusiera que presente este trabajo en

un Congreso internacional realizado en la famosísima Universidad de Oxford, en Gran Bretaña.

Con este trabajo sobre protón-hidrógeno y otros similares, pude presentar mi primera tesis doctoral en el año 1970, ya que en Francia en esa época existían dos niveles de doctorado, el primero de Doctorado de Universidad y el segundo, que requería publicar mucha más información científica, de Doctorado de Estado. Luego que terminara la beca francesa, tuve la posibilidad de extender mi estada en Francia al ganar una beca externa de CONICET. Investigué las colisiones entre diversos iones y átomos y pude así desarrollar mi segundo doctorado. Mientras preparaba este doctorado, me quebré mi muñeca derecha en un partido de fútbol de argentinos contra brasileños, por lo que tuve que hacer las figuras para mis pu-

blicaciones por un tiempo con mi mano izquierda. De este modo adquirí la destreza de realizar figuras y escribir textos con ambas manos, lo cual he empleado cuando dictaba clases, dibujando en el pizarrón.

Realizando en poco tiempo varias publicaciones científicas, en sólo dos años después del primer doctorado, pude completar mi segunda tesis y obtener el título de Doctor de Estado, Especialidad Ciencias Físicas en 1972. Desde la década del 1970, fui invitado a realizar investigaciones en Francia, primero en la Sección de Astrofísica del Observatorio de París, Meudon y luego en el Laboratorio de Astrofísica de la Universidad de Burdeos, ubicada en Talence en las afueras de Burdeos y del cual fuera su primer Director, Ronald McCarroll, que se trasladó desde Meudon con gran parte de su Grupo de investigación.



Foto con Ronald McCarroll (sentado a mi izquierda), director de mis dos tesis doctorales realizadas en la Sección de Astrofísica del Observatorio de París, Francia y presentadas en la Universidad de París en 1970 y 1972.

Viviendo en esta ciudad, pude comprobar la increíble cantidad de tiempo que se perdía (y aún se pierde, aunque en menor proporción) en Argentina, haciendo interminables colas para pagar impuestos y tasas de servicios. La primera vez que fui al Banco situado al lado del Campus universitario donde residía con mi esposa Noemí y mis dos hijos, Diego y Ariel, me informaron cómo funcionaba el sistema de depósito del sueldo como profesor y si tenía algún impuesto, tasa, cuota de un Club, etc, el Banco se encargaba del pago y de llevar el registro, sin necesidad que me ocupara del tema. Por décadas he tratado de convencer a integrantes y responsables del sistema financiero que vayan a Francia para capacitarse y ayuden a Argentina a ser más eficiente.... pero no he tenido mucho éxito, porque todavía veo largas colas en centros de pago.

■ CREACIÓN DEL GRUPO DE ENERGÍA SOLAR

Al regresar a Rosario en 1971, con Roberto Garibotti¹ y otros integrantes del Departamento de Física de nuestra Facultad interesados en investigar y desarrollar en Argentina temas de interés práctico, comenzamos a analizar la disponibilidad de Energía solar en el país y en particular en Rosario y región. Vimos que era muy grande y pensamos que lo mejor era centrarse en las posibles aplicaciones térmicas de calentamiento de agua (calefones solares) y de secado de productos biológicos (frutas, granos, etc.). También hicimos una gran campaña para difundir estas aplicaciones a nivel regional y del país, formando parte de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES), que actualmente incluye las Energías renovables además de Solar (las del Viento o Eólica, del Agua, del Suelo o Geotérmica, de la Biomasa) y el Ambiente (ver: <http://asades.org.ar/>).

Teníamos un calefón solar funcionando en el techo de chapa a dos aguas de la Facultad y lo usábamos para investigar y mostrar a visitantes, para interesarlos en su uso. Un señor vino y nos criticó porque según él, la Energía solar no era útil dado que había comprado e instalado un calefón solar importado (construido seguramente en el hemisferio Norte) y no funcionaba. Le pedí que me mostrara el Manual y decía: *Orientar los colectores solares al Sur*. Nadie (exportador, importador, vendedor) se había preocupado por corregir el Manual cuando el equipo se exportaba al hemisferio Sur, donde los colectores solares ¡se deben orientar al Norte! Esta anécdota la comento a mis estudiantes de posgrado para que tengan en cuenta la importancia de incorporar conocimientos científicos muy sólidos (el recorrido aparente del Sol en el cielo, la disponibilidad de radiación solar en distintos planos, etc).

Uno de los desarrollos más importantes que impulsé y desarrollamos en nuestro Grupo, -con alumnos que se incorporaron como Gaspar, Cortés y Lara- fue el del secado de frutas y granos. Llegamos a modelizar este importante tema de la Física Aplicada, resolviendo la Transferencia de calor y de masa con las ecuaciones diferenciales de Luikov a dos variables, y obteniendo la temperatura y la humedad interiores del producto (Cortés y col., 1986). Estas ecuaciones eran tan difíciles de resolver como las que resolví en Física Teórica para solucionar las colisiones atómicas, pero me sirvió de mucho el entrenamiento obtenido en este último tema. Otro desarrollo fue sobre Silos solares que construimos en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, en Zavalla, provincia de Santa Fe. Tenía como aporte solar un

banco de colectores solares de diseño simple (de chapa sin protección pero avanzado diseño, para que no se complicara su construcción al incorporar distintos materiales) que fue visitado por un especialista de Estados Unidos en la verificación del funcionamiento de colectores solares. Este especialista destacó que el diseño era original. Estos silos secaron distintos tipos de granos producidos en la región (trigo, maíz, soja ... y hasta arroz del norte santafecino) durante más de tres décadas.

■ CREACIÓN DE LOS GRUPOS DE COLISIONES ATOMICAS

En paralelo, continué investigando y formando jóvenes a nivel doctorado en Colisiones atómicas. Para ello, fundé a mi regreso de Francia dos Grupos, el de Rosario y el de Buenos Aires. En el primero se formaron, además de los antes nombrados, Rivarola (que luego fue director del Grupo) y un número significativo de becarios doctorales. El Grupo de Buenos Aires formaba parte del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, dependiente de la Universidad de Buenos Aires y de CONICET), donde el Dr. Sahade, director del IAFE, me había propuesto trasladarme. Si bien en equipamiento en computación, la biblioteca y los demás miembros de dicho Instituto eran un marco ideal para investigar, sólo acepté viajar periódicamente, para poder seguir trabajando en Rosario. Durante el periodo en el que estuve en el IAFE, se formaron hasta llegar a doctorarse en las Universidades de Buenos Aires, Tecnológica Nacional y Nacional de Rosario o en el exterior: Chidichimo Frank, Opradolce, Falcón, Wolfram, Otero, Ristori, Raponi, Casaubón y Franco.

En el IAFE, pude colaborar también en el diseño del nuevo edificio que se comenzó a construir en 1981

en la ciudad Universitaria UBA, en Núñez, ciudad de Buenos Aires y se inauguró en 1984. El Arquitecto Rodolfo Livingston era el responsable de la construcción (y vanguardista para esa época porque se interesaba por la Energía solar en las construcciones). Sabiendo que investigaba el tema en Rosario, me consultó si podía aportarle ideas. Le propuse medidas de Eficiencia energética en relación a aislación térmica de paredes y techo y reducción del tamaño de ventanas, entre otras y de instalación de Sistemas solares. Si bien no pudo aplicar esto último, lo primero dio excelentes resultados, ya que hace algunos años la directora del IAFE, Dra. Dubner² me comentó que los administrativos de la ciudad universitaria en Núñez (con la mayoría de los edificios muy vidriados y sin medidas de ahorro energético) no podían creer lo poco que gastaba en calefacción por gas el edificio del IAFE. Propuse a CONICET, algo similar cuando era director del IFIR (Instituto de Física Rosario) para el nuevo edificio de nuestro Instituto, lo aceptaron y ahorra alrededor de un 20% respecto de otros similares sin medidas de eficiencia energética. Además, la mini-central fotovoltaica que conseguí y nos dio en comodato el Dr. Julio Duran de CNEA, provee electricidad al sistema general del Centro Científico Tecnológico de CONICET en Rosario, siendo algunos porcientos del total que consume el IFIR. Es inconcebible que, disponiendo de conocimiento a través de investigadores y profesionales formados en el Aprovechamiento de la Energía solar y otras Renovables y en la Eficiencia energética en las construcciones, no se hayan aplicado estas ideas en los Edificios y viviendas de Argentina en alta proporción desde la década de 1970 (con la famosa crisis del petróleo que alertó sobre el consumo excesivo y la dependencia de los combustibles fósiles para producir energía). Se ha-

brían ahorrado miles de millones de dólares por año en gastos superfluos por importación de combustibles, muy necesarios para Salud, Educación y Desarrollo del país.

Para ir al IAFE desde Rosario, me levantaba alrededor de las 2 de la madrugada, partía de la Estación Rosario Norte y viajaba unas 4 horas en tren, para llegar a este Instituto hacia las 10 horas. Este esfuerzo realizado durante varios años dio sus frutos en la consolidación de uno de los Grupos más importantes. En Rosario, con el destacado estudiante de la Licenciatura en Física, Roberto Rivarola³ (<https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2020/04/4.4-RIVAROLA-ceiRes-8-1-9.pdf>) comenzamos a investigar en condiciones muy limitadas, ya que disponíamos de acceso a la única computadora IBM 1130 de la Universidad, sólo en horarios muy acotados. Sin embargo, logramos hacer funcionar los programas de computación que había desarrollado (en colaboración) durante mi estada en Francia y esto, sumado a la dedicación de Roberto, permitió enviar a la prestigiosa revista *Physical Review*, un trabajo de investigación de las colisiones de iones de Helio contra átomos de Helio, el cual fue aprobado y publicado (Rivarola y Piacentini, 1979).

La relación con Francia continuó por años, con idas a ese país y visitas a Argentina de renombrados científicos como Ronald McCarroll, Antoine Salin, Robert Gayet y Michel Barat.

■ CREACIÓN DEL INSTITUTO DE FÍSICA ROSARIO (CONICET – UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO)

Luego de participar en la creación de la Licenciatura en Física en Rosario, contribuí a la organización del

Doctorado en Física y del Instituto de Física Rosario. Este instituto fue creado por convenio entre CONICET y la Universidad Nacional de Rosario en 1980. Fui designado al inaugurarse, vice-director del Área Física Experimental y Aplicada y durante las ausencias del director, el Dr Mario Castagnino -quien fuera su gran impulsor-, me desempeñaba en su reemplazo. Me presenté a concurso y obtuve el puesto de director del IFIR desde el 2002 al 2011. Además, fui director desde su inauguración de los Grupos de Colisiones Atómicas y de Energía Solar, habiendo este último ampliado sus líneas de investigación y por consiguiente su título a: Física de la Atmósfera, Radiación Solar y Astropartículas. Me sucedieron en la dirección de estos Grupos, Roberto Rivarola en el primero y María Isabel Micheletti en el segundo.

■ PERIODO DE DIRECCIÓN DEL COMPLEJO ASTRONÓMICO DE ROSARIO

Nuevamente por impulso de Mario Castagnino, fuimos convocados por la Municipalidad de Rosario varios miembros del Departamento de Física de nuestra Facultad, para integrar la dirección del Observatorio Astronómico mediante un acuerdo con las autoridades de la Facultad y posteriormente del IFIR. Mario consiguió que se continuaran las obras hacía tiempo abandonadas del Edificio del Planetario, -que correspondía a la cabeza del cometa que representaba dicho edificio junto con el Observatorio-. Fui designado director de dicho Complejo Astronómico y en septiembre de 1984 pudimos inaugurar el Planetario, con una función que hicimos con el personal de la institución. Para completar el Planetario, colaboraron los Ingenieros Parachú y Báncora e integrantes de la Fundación Planetario, -también creada por Mario Castagnino.



Detalles del Segundo Seminario Internacional La Piel y el Sol/The Skin and the Sun, llevado a cabo en el Planetario de Rosario. Nota: me acompaña el destacado dermatólogo Fernando Stengel (parado a la derecha), en ese momento presidente de la Fundación del Cáncer de Piel de Argentina. Entre ambos, el destacado Presidente de la Asociación de Amigos del Observatorio y Planetario de Rosario, Hugo Marcuzzi.

Habiendo visitado en París durante mi estadía como becario doctoral el Palacio de los Descubrimientos, me quedé deslumbrado por las posibilidades que brindaba para que la Ciencia pudiera ser probada con experimentos por la sociedad. Cuando regresé a Rosario, propuse a las autoridades municipales que el edificio destinado inicialmente para albergar solamente al equipo planetario de proyección de fenómenos astronómicos que había sido adquirido por el visionario intendente Carballo en años anteriores, pudiera destinar un importante sector a un Museo Experimental de Ciencias. Las autoridades municipales y de la Fundación Planetario aceptaron la solicitud. Conseguí apoyo de muchas personas, instituciones y empresas, así como el aporte de un Subsidio otorgado por el Dr. Sadosky, quien se desempeñaba como Secretario de Ciencia y Técnica de la

Nación. En Setiembre de 1987 inauguramos este Museo, el primero en el país de su tipo, con una muestra Espacial, que aportó la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE, actualmente CONAE), siendo su director Arnoldo Valenzuela, mi excompañero del Instituto Balseiro y otra de la NASA, aportada por el Arquitecto Murillo en honor a su fallecida esposa Noemí Panela. No sólo exponíamos objetos científicos y tecnológicos históricos como grabadoras de hilo, caparazón de gliptodonte, esculturas prehistóricas, libro de enseñanza editado a mitad del 1400 (siglo XV) donde se explica la redondez de la Tierra, sino que posibilitamos a la población, principalmente a las escuelas e instituciones educativas de todos los niveles, que pudieran realizar prácticas con equipos láseres, computadoras (una novedad para esa época), holografía, fenómenos eléctricos,

observación con microscopios y telescopios, ahorro energético y energías renovables. Creamos un Sector denominado *Ciencianiño* que atraía la atención de los más pequeños.

Siendo director del Planetario y Observatorio Astronómico de Rosario, llevé a cabo en 1995 y 1996, -con el apoyo de un gran número de científicos especialistas en Ozono y Radiación solar y científicos y profesionales de la Salud dos Seminarios, uno nacional y otro internacional, denominados (en español e inglés): *La Piel y el Sol/The Sun and the Skin*. La idea fue relacionar Físicos e Ingenieros especializados en temas solares y atmosféricos (principalmente radiación solar ultravioleta y gas ozono) con dermatólogos y otros investigadores y profesionales de la Salud, de modo de que pudieran mostrar sus investigaciones y avanzar en el conocimiento científico.

fico de la preocupante situación de la radiación solar UV y el ozono. Concurrieron especialistas de nivel internacional como el Dr. Fernando Stengel de la Fundación del Cáncer de Piel y el Dr. Jay Herman de la NASA. Cuando hicimos la reunión final de despedida en el Planetario, actuó el Quinteto de Cuerdas Municipal. Habíamos combinado con su director que la última interpretación iba a desarrollarse con el Planetario mostrando una Noche estrellada. Recuerdo el asombro de los concurrentes, a tal punto que me comentó un asistente que nunca había presenciado un espectáculo de ese nivel.

Con la colaboración de científicos, profesionales y aficionados a la Astronomía, pudimos llevar el Complejo Astronómico Educativo a un alto nivel, ya que por primera vez organizamos la Reunión Anual de la Asociación Argentina de Astronomía e invitamos a un astronauta, Mark Lee de la NASA, para que dictara conferencias sobre su experiencia.

Tengo innumerables historias relacionadas con mi paso como

director. Durante quince años (entre 1984 y 1999) atendimos más de un millón y medio de personas, la mayoría alumnos/as de la escuelas primaria y secundaria. Algunas de estas historias son, en *el Observatorio*: las observaciones astronómicas en general y el pasaje del Cometa Halley en 1986 en particular, con la presencia de personas ancianas en una función especial del Planetario sobre dicho Cometa, quienes contaban que lo habían visto en su pasaje anterior en 1910; en *el Planetario*: la construcción de la excelente bóveda semiesférica del interior del edificio planetario, donde se logra proyectar el cielo y sus componentes con tal precisión que el cielo parece tan real que los niños y niñas preguntaban como se había puesto de noche tan rápido.... pensando que habíamos abierto el techo para ver el verdadero cielo y en *el Museo Experimental de Ciencias*: el impacto de ver la velocidad con la que giraba el medidor analógico de consumo eléctrico cuando activaban una estufa eléctrica, respecto de la muy baja velocidad cuando prendían una lámpara de bajo consumo.

Además, la aceptación de operarse con técnica láser se facilita luego de comprender su funcionamiento con un equipo real. Y a eso se suma la sorpresa de ver que detrás de un holograma no estaba el objeto que parecía tridimensional y la posibilidad de ver una estatua de la cabeza de la Venus de Brassempouy tallada en marfil de mamut (que es una copia del original que está en Francia), de unos 24.000 años de antigüedad, que muestra a una mujer que cuidaba su aspecto, dado que tenía su cabello trenzado o con un tocado, que mucho tiempo después se usó en Egipto (ver <https://lasesculturas.com/escultura/venus-de-brassempouy/>).

■ CIENCIA CIUDADANA Y DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

El Museo Experimental de Ciencias había permitido a la Comunidad hacer experimentos demostrativos de fenómenos físicos y observar objetos antiguos, pero era necesario salir con la Ciencia al exterior. Recuerdo que en una Clase de formación en experimentación científica de maestras de Escuela primaria, en el Taller



Complejo Observatorio Astronómico, Planetario y Museo Experimental de Ciencias de la Municipalidad de Rosario, con edificio en forma de cometa, del cual me desempeñé como director entre 1984 y 1999.

de carpintería de dicha escuela, una de las maestras se quedó después de hora para completar la construcción de un sencillo medidor de riesgo de exposición al Sol, aplicando la consigna que propuse (y que fue incorporada no sólo por la Sociedad Argentina de Dermatología, sino también en un libro de escuela primaria): ¡*Sombra corta es riesgo alto!* Me dijo que era una lástima que no tuviera un taller de carpintería en su Escuela y cuando le sugerí que consultara con el carpintero del barrio, me respondió ...¡mi padre!

Recientemente participé como Asesor científico en un proyecto de Ciencia Ciudadana promovido por nuestra Universidad Nacional de Rosario y dirigido por la integrante de nuestro Instituto, Adriana Ipiña. Estuvo orientado a la medición del gas atmosférico Dióxido de Carbono (CO_2) en el ambiente y en mi charla con alumnos de los últimos años de la Escuela primaria, les comenté que cuando tenía la edad de ellos había unas 310 moléculas de este gas de efecto invernadero por cada millón de moléculas de aire, mientras que para el año 2024, los datos satelitales midieron unas 420 moléculas por cada millón de moléculas de aire. El Proyecto Ciencia Ciudadana facilitó medidores portátiles de CO_2 para que pudieran medir el contenido de este gas en la atmósfera. Comprobaron de este modo que efectivamente el valor medido (entre 400 y 460 partes por millón) mostraba que el contenido de CO_2 había crecido significativamente desde aquella época al presente y les informé que la explicación científica es la producción por la actividad humana de este y otros gases que se emiten a la atmósfera y que está generando el Cambio climático. Además, este resultado fue de sumo interés para capacitar a alumnos y alumnas en la Calidad del aire que se respira en el interior del aula, porque demostró

que el aire respirable era de buena calidad.

En relación a la Divulgación científica, desde muy joven acompañe mis actividades académicas y de investigación con la promoción de la Ciencia, dictando decenas de charlas y conferencias por año sobre temas tales como Astrofísica, Energía solar, Física de la atmósfera (en especial Ozono y Cambio climático) y Sustentabilidad. Quienes asistieron a estas charlas fueron de todas las edades y niveles educativos, desde Jardín de infante y Escuela primaria de mis nietitas y nietito, hasta Maestrías y Doctorados en Física, Ingeniería y otras Ciencias. Escribí también un gran número de artículos y participé de notas audiovisuales de divulgación, siendo uno de los artículos relativo a *Ciencia y Tecnología para mejorar la calidad de vida*. Sobre notas audiovisuales, el diario *La Capital* de Rosario publicó diversos artículos y me entrevistaron para podcasts, que pueden consultarse en la dirección de internet: <https://www.lacapital.com.ar/novedades/ruben-piacentini-volvi-rosario-porque-aca-estaba-todo-hacerse-n10035934.html>. Los científicos deberían involucrarse más en la divulgación científica para educar a estudiantes y la población en general, principalmente para dar argumentos basados en Ciencia y contrarrestar la desinformación que ciertos medios audiovisuales dan sobre eventos en la Naturaleza, tales como Cambio climático, Destrucción de la biodiversidad, Contaminación de los océanos y también sobre Riesgos para la salud humana y Terraplanismo. Comprobarían lo gratificante que es desarrollar estas actividades.

■ ESTADÍAS EN EL EXTERIOR

-En el International Center for Theoretical Physics (*Centro Internacional de Física Teórica*), Trieste, Italia

En el año 1973 obtuve una beca de la Organización de Estados Americanos (OEA) para asistir a un intensísimo Curso en el Centro Internacional de Física Teórica, Trieste, Italia, sobre: *Átomos, Moléculas y Láseres* de tres meses de duración, dictados por especialistas del más alto nivel, tres de ellos premios Nobel. El director del Centro en ese momento era el pakistaní Abus Salam, profesor en Gran Bretaña y luego Premio Nobel. Nos sorprendió a un compañero de Argentina y a mí, cuando nos citó a su oficina para pedirnos que evaluáramos el manuscrito de un libro que había recibido para su análisis. Proponía el autor una teoría donde comparaba la posible semejanza entre el Sistema Solar con sus planetas girando en órbitas y los electrones girando en órbitas (como lo introdujo Bohr a comienzos del siglo pasado) alrededor de un determinado núcleo. Pudimos rápidamente ver que no conocía la nueva teoría de la Mecánica Cuántica que describe la evolución de los electrones alrededor del núcleo atómico como una nube de probabilidad y no en órbitas definidas. Además, aún sin considerar el movimiento electrónico, la semejanza no es tal porque los electrones son todos idénticos y los planetas distintos unos de otros y porque no existen satélites como la Luna de la Tierra en el caso de los átomos, entre otros argumentos.

-En el Quantum Theory Project (*Proyecto Teórico de la Física Cuántica*) de la Universidad de Florida, Estados Unidos

Participé de este importante Proyecto por invitación del excelente investigador de origen argentino David Micha, realizando una visita científica a la Universidad de Florida ubicada en Gainesville, ciudad del centro de la Península, durante dos meses en 1981. Esta universidad es de muy alto nivel, estando entre las cinco primeras según el ranking de



Profesores (sentados) y alumnos y alumnas (parados) del Curso Internacional Átomos, moléculas y láseres, desarrollado en el Centro Internacional de Física Teórica (ICTP), Trieste, Italia, entre enero y abril de 1973.

2025 de *U.S. News & World Report*. Tuve la oportunidad de asistir a los renombrados *Sanibel Symposium* (Simposio Sanibel), donde presenté mis investigaciones en colisiones atómicas en representación molecular. Hicimos un trabajo de investigación con David en colisiones ion-átomo, pero en lugar de analizar la excitación electrónica (pasaje de un nivel energético a otro) o captura de un electrón por el ion incidente, nos enfocamos en el complejo problema de la ionización electrónica, que es la pérdida de un electrón del átomo, por el impacto del ion (Micha y Piacentini, 1982).

Durante mi estadía en esta Universidad tuve la oportunidad de asistir a un Curso que dictó el muy conocido Profesor Odum, especialista en temas de flujos energéticos en sistemas naturales y con participación humana, quien introdujo entre otros temas relevantes, el concepto de *Energía*. Esta variable mide la calidad de energía que se va transformando desde la fuente hasta el producto final, tal el caso de una dada unidad de Energía solar hasta llegar a una dada unidad mucho menor (miles de veces) de Energía del carbón vegetal, obtenido de la corteza

terrestre y generado a través de vegetales que crecieron por fotosíntesis.

-En el Goddard Space Flight Center (Centro de Vuelo Espacial Goddard) de la NASA

En este Centro de excelencia en investigación y desarrollo en temas de observación del espacio exterior y del planeta Tierra, tuve la excepcional oportunidad de participar como miembro del *Equipo científico del instrumento satelital TOMS* (Espectrómetro que registraba el ozono total a nivel planetario), en representación de nuestra Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Asistí varias veces a las reuniones anuales de Ozono medido con el instrumento TOMS, donde presenté resultados, -obtenidos en colaboración con mi doctorando Edgar Crinó de la Universidad de San Luis, de las mediciones de este gas atmosférico que se estaba destruyendo y dando por resultado un incremento de la radiación solar ultravioleta en gran parte del Planeta. Estas mediciones las realizaban los *espectrorradiómetros*⁸ Dobson que disponía el Servicio Meteorológico Nacional y que estaban ubicados en Buenos Aires, Puerto Madryn,

Ushuaia, Base Antártica Marambio y Base Antártica Belgrano II. Al comparar estas mediciones con los datos TOMS satelitales, nos dimos cuenta que diferían cada vez más, a medida que aumentaba la latitud del lugar de medida. Nos objetaron que no habíamos incorporado datos del resto del hemisferio Sur, por lo que al año siguiente llevamos los datos más ampliados con prácticamente la misma conclusión. Nuevamente nos pidieron que analicemos más en detalle si el problema se debía a otros factores, tal como mediciones dentro y fuera del famoso *agujero de ozono antártico* (una depresión significativa de la capa estratosférica del ozono en esta región del planeta, durante los meses de invierno y primavera). Al tercer año pudimos convencerlos, demostrando que la diferencia entre las mediciones terrestres y satelitales en el hemisferio Sur era debida a la forma en que se derivaban los datos de las mediciones del excelente TOMS. Se corrigió el algoritmo y los nuevos datos dieron buen acuerdo entre los datos obtenidos desde Tierra y los registrados desde el Espacio.

Quisiera destacar la excepcional calidad de los científicos del

Goddard Space Flight Center y su disponibilidad para ayudar a un extranjero del otro lado del mundo, para que pueda perfeccionarse en el estudio e investigación con datos satelitales. A uno de ellos, Paul Newman, le solicité una entrevista y luego de explicarme las ecuaciones que describen la evolución y destrucción del ozono por contaminantes... ¡me regaló el libro sobre el que estábamos analizando el tema!

■ PROBLEMA PLANETARIO DE LA DESTRUCCIÓN DEL OZONO Y EL CONSIGUIENTE AUMENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA

- Destrucción (y recuperación) del ozono

Mi interés por la componente Ultravioleta de la radiación solar, -muy poco conocida en nuestra región a pesar de su importancia en relación a sus efectos biológicos (enfermedades, impactos en el crecimiento de los vegetales, degradación de polímeros expuestos al exterior como madera y plástico, entre otros), determinó que también me interesaran los componentes atmosféricos que atenuaban esta componente de la radiación solar: gases (principalmente ozono) y partículas atmosféricas (denominadas *aerosoles*).

La Organización Meteorológica Mundial (WMO), a través del Servicio Meteorológico Nacional y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), me convocaron en el año 1987 para participar en Tesalónica, Grecia de la Reunión de Científicos sobre el tema de la destrucción del ozono. Fui designado Miembro (*Principal Contributor*) de la Comisión Internacional de redactores del Informe mundial denominado *Ozone Assessment 1998* (Evaluación del Ozono 1998), ha-

biendo participado de la redacción del Capítulo *Variabilidad del Ozono y Tendencias Futuras*. También del *Ozone Assessment 2006*, en el Capítulo *Radiación UV superficial: Pasado, Presente y Futuro*. El hecho destacado de este informe mundial es que informamos que, según datos mundiales terrestres y satelitales, la destrucción del Ozono había detenido su ritmo hacia el final del siglo pasado (año 2000). Desde entonces y al presente (década del 2020) ha comenzado su recuperación en promedio, lo cual se debió a que se cumplió el Tratado de Montreal y sus Enmiendas posteriores promovido por Naciones Unidas, para que los países productores de los gases contaminantes (principalmente los gases freones) dejaran de producirlos y los reemplazaran por otros no contaminantes. Una contribución significativa al éxito del Tratado se debió al esfuerzo de cientos de especialistas y revisores de los Informes mundiales sobre *Evaluación del Ozono*⁹ y sobre *Efectos ambientales de la Destrucción del Ozono y su interacción con el Cambio climático*¹⁰, promovidos por los organismos internacionales antes mencionados (WMO y UNEP). En varios de estos informes sobre efectos ambientales de la destrucción del ozono, participé como evaluador (el último de ellos en 2022) y sugerí, al ver que contenían en una buena parte de los mismos la descripción de la interacción entre cambio climático y ozono estratosférico, que incluyeran en el título el tema del Cambio Climático.

- Radiación solar ultravioleta

La componente ultravioleta (UV) de la radiación solar (además de la visible y de la infrarroja), es la más energética por *foton*¹¹ incidente desde el Sol, a nivel de la superficie terrestre. El Grupo que dirigía (y

co-dirijo al presente) del Instituto de Física Rosario comenzó a investigar en este tema, en paralelo con las investigaciones del ozono, dado que la destrucción de la capa estratosférica de este gas determina un incremento de esta radiación. Por mi interés desde la época de estudiante y por las consultas de profesionales médicos dermatólogos, fuimos profundizando en este importante tema relacionado con la salud humana, tanto en las mediciones como en la modelización teórica de dichas mediciones y de sus efectos sobre sistemas biológicos.

Para adquirir datos en lugares donde las personas se exponen en mayor medida al Sol, realizamos mediciones en playas, midiendo con la ayuda de mi hijo Ariel, quien se convenció de la importancia de proteger a las personas y ahora fabrica ropa para niños y niñas con protección UV certificada internacionalmente.

La experiencia que íbamos acumulando con mediciones y con el desarrollo de modelos matemáticos me permitió concretar -en colaboración con estudiantes de doctorado y jóvenes investigadores (Cede, Lucini, Micheletti, Salum e Ipiña entre otros)- la publicación de nuestras investigaciones en revistas y capítulos de libros de nivel internacional, lo que posibilitó la realización de varias tesis doctorales, en el país y en el exterior. Pudimos realizar las mediciones empleando equipos provistos por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales y adquiridos con fondos de subsidios de CONICET y de Ministerio/Secretaría de Ciencia y Tecnología. Entre los resultados de mayor significación están los siguientes: a) Medición de la radiación solar UV total en Rosario con un instrumento que tuve que llevar a Estados Unidos para su

calibración, porque no fue posible exportarlo para dicha calibración; b) Investigación del comportamiento de la irradiancia de acción biológica eritémica, que es la señal de alarma por enrojecimiento de la piel debido a un exceso de exposición al Sol (Cede y col., 2002), c) Medición de la intensidad (científicamente denominada *irradiancia*) solar total y UV extremas en la Puna de Atacama, con presencia de nubes que incrementan por reflexión dicha intensidad, respecto de un día de cielo nublado (Piacentini y col., 2003). Es de señalar que los valores registrados fueron los mayores a nivel mundial hasta ese entonces... superando las mediciones de la irradiancia solar total efectuada fuera de la atmósfera terrestre por satélites; d) En colaboración con los doctorandos e investigadores Wolfram, Otero, Raponi, Ristori y el director Eduardo Quel⁴ del Centro de Investigaciones del Láser y Aplicaciones (CEILAP) ubicado en Villa Martelli, provincia de Buenos Aires, investigamos y publicamos sobre la cantidad de radiación solar UV, material particulado atmosférico y Ozono existente en la atmósfera de Buenos Aires y otras regiones del planeta; e) Con la colaboración de la Fundación del Cáncer de piel de Argentina y en particular del dermatólogo Fernando Stengel, el joven doctorando Alexander Cede, -que vino desde Austria a realizar investigaciones como parte de su tesis doctoral presentada en la Universidad de Innsbruck, desarrolló bajo mi dirección un programa de computación que permitió determinar para toda Argentina, el riesgo de exposición al sol a través del Índice UV. Dicho programa fue y es empleado actualmente por el Servicio Meteorológico Nacional para pronosticar este índice de riesgo solar para condiciones de cielo claro y cielo nublado (Piacentini y col., 2004), f) Con la doctorando María I. Micheletti y el destacado

investigador Sasha Madronich del *National Center for Atmospheric Research* (Centro Nacional de Investigación Atmosférica), EE.UU., investigamos la *Sensibilidad biológica de la radiación solar ultravioleta a los cambios en el ozono estratosférico*, g) La bioingeniera Graciela Salum se interesó en investigar sobre la interacción de la radiación solar UV y los sistemas biológicos, iniciando en nuestro Grupo una larga carrera, desde su tesis doctoral hasta llegar a ser profesora e investigadora de universidades del país y del exterior y h) La joven Adriana Ipiña, quien desarrolló su tesis doctoral bajo mi dirección y también investigó en este tema, analizó este Índice UV en sitios de América Latina de gran importancia por la alta densidad de población, como la ciudad de México (Ipiña y col., 2021).

Respecto de investigaciones realizadas con la participación de personas del exterior, la dermatóloga Cecilia Cañarte de Ecuador varias veces me invitó a su lugar de residencia, la ciudad de Quito, para disertar en Congresos de su especialidad y para realizar trabajos conjuntos. Uno de los más importantes fue el que presentamos en el Congreso Mundial de Dermatología celebrado en Buenos Aires en 2007, sobre *Detección de cáncer de piel en pescadores del Pacífico ecuatoriano expuestos todo el año a alta radiación solar UV*.

■ OTRO GRAVÍSIMO PROBLEMA PLANETARIO: EL CAMBIO CLIMÁTICO

El problema del ozono está siendo solucionado con la aplicación del Tratado de Montreal y sus Enmiendas, según lo señala Naciones Unidas. Aun siguiendo con el aporte que realizo evaluando los Informes mundiales sobre Ozono y Radiación solar ultravioleta, comencé hace va-

rios años a interesarme por el otro gran problema que tiene impacto en prácticamente todo el planeta: el *Cambio Climático*. Si bien un cambio puede ser un incremento, nulo o una reducción, en el caso del clima se considera que estas palabras están relacionadas con un *Calentamiento global*, lo que corresponde esencialmente a un aumento de la temperatura promedio mundial (también indicada como *promedio global*). Existe un gran número de publicaciones científicas en revistas de reconocido prestigio internacional que muestran, no sólo que el cambio climático es real, sino que es producido esencialmente por la actividad humana. La realidad del calentamiento mundial en promedio terrestre, surge de las investigaciones de organismos e instituciones de alto nivel como NASA (Administración Nacional Aeronáutica y Espacial) y NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) de Estados Unidos, el Centro Hadley de Gran Bretaña y de Japón, entre otros.

Naciones Unidas solicita a través de la Organización Meteorológica Mundial que los países designen a científicos especialistas, para participar como autores o jurados del prestigioso Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio climático (IPCC, por sus siglas en inglés), que recibiera el Premio Nobel de la Paz en el 2007. Este Panel se reúne periódicamente y luego de una intensa actividad de análisis de las publicaciones sobre el tema y discusiones, los autores redactan versiones preliminares de Informes que son evaluados por jurados, quienes aprueban o hacen observaciones para perfeccionarlos. Tuve la gran satisfacción (¡y el arduo trabajo!) de supervisar varios de estos Informes sobre: *Las bases físicas del cambio climático; Impactos, adaptación y vulnerabilidad y Calentamiento glo-*

bal de 1.5 °C. Puede accederse a estos Informes en sus versiones completa o resumida, en la página web: www.ipcc.ch. Algunas anécdotas relacionadas con este tema son las siguientes:

-Durante una Conferencia sobre Cambio Climático, tuve que disentir a un Agregado científico de un importante país de Europa, que antes de mi charla desarrolló la idea propuesta por su profesor en temas de *Geología*¹², que el cambio climático era real, pero que se producía por un fenómeno natural y no por nosotros los humanos. Propuso que el aumento de la emisión de calor desde el interior de la Tierra hacia el exterior, calienta el aire ambiente,... pero está ocurriendo justamente al revés, el aire cada vez más caliente, transfiere calor al interior del suelo, como ocurre cuando llega un frente cálido a una región y calienta una pared del exterior al interior. Existen mediciones que muestran este comportamiento, realizadas en distintas regiones del mundo y en colaboración con dos investigadores (Iván Novara de nuestro Instituto y Daniel Berdichevsky de la NASA y de nuestro Instituto), proyectamos este comportamiento hacia el futuro, incluyendo el siglo próximo (Novara y col., 2023). Propuse a los demás autores de este trabajo que debíamos extender nuestras investigaciones hasta el 2200, por una charla que tuve con mi compañero del Balseiro, Arnoldo Valenzuela, quien me comentó que al verificar los datos de un seguro de vida que hizo para su nieta, -nacida a comienzos de este siglo, vio que el asegurador puso en el rubro *Expectativa de vida: ¡110 años!* Debemos pensar en las consecuencias negativas debidas a los cambios en el clima que deberán afrontar las generaciones presentes y futuras, si continuamos con el derroche de recursos naturales y con la contaminación ambiental.

-Al viajar a Ecuador como conferencista invitado al Congreso Internacional sobre Desarrollo Sostenible en el 2015, tuvimos la oportunidad, como parte de dicho Congreso, que nos trasladaran a las Islas Galápagos, declaradas Patrimonio natural de la humanidad por la UNESCO. Allí continuamos nuestras reuniones y visitamos este excepcional lugar donde puede comprobarse en forma directa la Teoría de Darwin de la *Evolución de las Especies*¹³. Los biólogos de la Fundación Darwin nos informaron que las tortugas marinas que habitan las costas de estas islas, estaban naciendo más hembras que machos.... y la explicación es el Cambio climático, dado que antes de producirse dicho cambio en el clima, al enterrar estas tortugas los huevos en la playa a distintas profundidades, los que estaban más arriba nacían hembras porque la temperatura promedio era de unos 29,5°C, mientras que los que estaban más abajo nacían machos a una temperatura promedio más baja, de 28,5°C. Con el calentamiento del aire que se propaga al interior del suelo, se ha calentado la zona inferior a la temperatura más alta y por consiguiente ¡nacen más hembras! Lo mismo está pasando en el Estado de Florida, EE.UU., donde casi no nacen tortugas macho y por ende los científicos encargados de la reproducción de estas tortugas tienen dificultades para evitar su extinción.

■ SUSTENTABILIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES (EDIFICIOS, VIVIENDAS, ETC)

El tema de la Sustentabilidad se ha ido incorporando cada vez más en las investigaciones que se llevan a cabo en sistemas que consumen recursos naturales (agua, aire, suelo, flora y fauna) y que contaminan el ambiente. La Física puede hacer un gran aporte en diversas áreas, en particular en relación al consu-

mo y conservación de la energía y al desarrollo de fuentes de energía renovables, tales como Solar, Eólica (o del viento), del Agua, Geotérmica (o del suelo) y Biomasa/Biocombustibles. En consecuencia, orienté mis investigaciones, cursos y clases y la dirección de jóvenes ingenieros, arquitectos y de otras profesiones hacia la Sustentabilidad en las Construcciones, dado que las mismas tienen un gran impacto en la calidad de vida de sus habitantes y en el porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero que generan el Cambio climático.

Uno de los primeros asesoramiento en construcciones fue el que tuve que realizar a CONICET -con la colaboración del Arquitecto Carcedo y siendo director del Instituto de Física Rosario (IFIR)- en relación con la posibilidad de completar la construcción del Edificio del IFIR, que estaba paralizada desde hacía décadas. Competimos con otras decenas de proyectos de Edificio de CONICET y fuimos superando etapas hasta terminar siendo seleccionados. Uno de los argumentos básicos que considero convenció a las autoridades de CONICET, fue la incorporación en el Proyecto de propuestas de medidas de eficiencia energética y de energía solar, entre otras.

Hicimos muchos otros asesoramiento y entre los que más recuerdo está el Edificio *Sustenta* -diseñado y construido en el centro de Rosario por la Arquitecta Feldman- al que aporté ideas sobre eficiencia energética y uso de energía solar. Además, el Edificio de la Cooperativa de Seguros *La Segunda*, que se diseñó y construyó con el objetivo de lograr la Certificación LEED más alta de nivel Platino. Esta certificación es una de las más reconocidas internacionalmente. Incorporando ideas de Sustentabilidad sobre sumi-

nistro energético (en base a fuentes solares, eólicas y geotérmicas), eficiencia energética y otras de real innovación como las que sugerí sobre: a) incluir sistemas de medición del comportamiento del edificio en sus consumos energéticos, los cuales deben estar disponibles, no sólo para evaluar el comportamiento del edificio y poder tomar medidas de mejora continua sino también para proveer de datos a estudiantes que se capaciten en la sustentabilidad de las construcciones, y b) incorporar al ingreso, para los asociados de la Cooperativa que esperan ser atendidos o visitantes del edificio, un sistema que brinde información audiovisual sobre la Organización y el funcionamiento del edificio.

Considero que una de las contribuciones más importantes que he realizado en el tema de la Sustentabilidad fue la introducción de dos nuevos índices denominados: *Available resource sustainability index* y *Natural green surface replacement index* (Índice de sustentabilidad del recurso disponible e Índice de reemplazo de la superficie verde natural). El primero permite determinar cómo se va agotando un recurso natural sobre-explotado en función del tiempo y el segundo, en qué proporción puede compensarse la superficie verde natural (original) del suelo, cuando son reemplazados los vegetales por construcciones (Piacentini, 2021).

Nuestra Facultad tiene un legendario Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) con más de medio siglo de trayectoria. Para lograr la formación de jóvenes profesionales e investigadores en el tema de la Sustentabilidad aplicada a las Construcciones, propuse a su director, el Ingeniero Adué, la creación de un Grupo, que fue aceptado y se denominó *Sustentabilidad, Eficien-*

cia Energética y Cambio Climático. Llegamos, junto con el Ingeniero Civil Marcelo Vega, a dictar un gran número de cursos, conferencias y charlas, a realizar publicaciones sobre estos temas y a tener que supervisar en nuestro Grupo, hasta 30 estudiantes en el mismo semestre.

■ FORMACION DE BECARIOS, DOCTORANDOS Y JOVENES INVESTIGADORES

He tenido la excepcional oportunidad de formar a estudiantes universitarios, becarios, doctorandos y jóvenes investigadores, sugiriendo y supervisando sus Trabajos finales de Licenciatura en Física y Proyectos de Ingeniería (varias decenas), sus Tesis de Maestría (3) y sus Tesis de Doctorado (16 aprobadas y 4 realizando sus trabajos de tesis al presente, 2025), como director o co-director. Además, varios otros estudiantes comenzaron a formarse bajo mi dirección y por diversas causas completaron sus tesis en el exterior (principalmente en los Grupos con los cuales he trabajado). Luego de completadas sus tesis doctorales y realizado sus perfeccionamientos posdoctorales en el exterior o en el país, a varios de ellos/as los/as he dirigido y dirijo actualmente en sus investigaciones._

Tuve también la posibilidad de dictar cursos de posgrado y doctorado y formar doctorandos y jóvenes investigadores en otras instituciones, además de nuestro Instituto. Recuerdo con afecto la excelente predisposición de las autoridades e investigadores del Instituto Balseiro (IB), Doctores López Dávalos⁵ y Ponce; del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), Dr. Sahade y Lic. Glielmeti; del Centro de Investigaciones en Láser y Aplicaciones (CEILAP), Doctores Quel, Wolfram, Otero, Rístori y Raponi; del Institu-

to de Energías No Convencionales (INENCO), Dr. Saravia⁶ y en el exterior del *Centro de Energías Renováveis, Universidade Federale de Pernambuco*, Recife, Brasil, Doctores Fraidenaich, Vilela y Tiba y de la Universidad Yachay Tech, Urcuquí, Ecuador, Doctores Albericio y Salum, entre otros.

■ DIRECCIÓN DE MAESTRÍAS

La Escuela de Posgrado de nuestra Facultad incorporó la Maestría *Energía para el Desarrollo Sostenible* en el 2007 y propuso que me hiciera cargo de la dirección y dictara la Asignatura inicial. Realicé estas actividades con gran dedicación durante varios años (2008-2018), logrando que se formaran Maestrandos (*Magisters*) que al presente desempeñan importantes funciones en organismos oficiales o en empresas. Con toda la experiencia acumulada en el tema y la necesidad cada vez mayor por la demanda nacional e internacional de especialistas en Energía Sustentable (que es la suma de la Energía renovable y la Eficiencia energética), propuse a la Universidad Nacional de Rosario que se creara una nueva Maestría internacional en *Transiciones Energéticas*. Dicha maestría posibilita la capacitación a profesionales e investigadores en el pasaje de las fuentes energéticas no-renovables y contaminantes del planeta (como las que emplean carbón, petróleo, gas y uranio) a las fuentes renovables y mínimamente contaminantes. Conseguimos obtener el apoyo de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Energía (OLADE) y la Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM), por lo que la Maestría tiene un importante número de cursantes de la región latinoamericana.

■ INTERACCIÓN CON CIENTÍFICOS

-RONALD MCCARROLL

Ronald (Ron) McCarroll fue mi director de tesis doctoral en la *Section d'Astrophysique, Observatoire de Paris* (Sección de Astrofísica del Observatorio de París), ubicado en la ciudad de Meudon, cercana a París. El Dr. Mario Castagnino, quien pasaba varios meses por año realizando su tesis doctoral en la Universidad de París, fue quien me contactó con Ron. Así pude presentarme y obtener la beca que otorgaba el Gobierno de Francia. Muy joven, ya Ron había tomado notoriedad científica internacional a través de un trabajo que publicó con el renombrado Profesor Bates. Me comentó que en Belfast, Norte de Irlanda, donde trabajaba, se había instalado una de las primeras computadoras científicas y era tan precaria que permitía ir a la parte de atrás de dicha computadora para borrar la parte del programa de cálculo que no estaba funcionando. Yo veía que mis compañeros/as del Grupo de investigación lo consultaban muy de vez en cuando, pero como yo tenía una beca de sólo un año y me había fijado el objetivo de terminar la beca completando la tesis doctoral de primer nivel denominada *Tesis de Universidad*, lo consultaba muy a menudo y siempre encontraba en Ron una amplia predisposición a guiarme en la formación como investigador en colisiones atómicas. Luego de completar el tiempo de beca francesa y obtener el doctorado de la Universidad de París en el año 1970, tuve el gran apoyo de CONICET, al otorgarme una beca para realizar, continuando bajo la dirección de McCarroll, la tesis de doctorado de segundo (y muy alto) nivel, denominada *Tesis de Estado, Especialidad Ciencias Físicas*, la cual completé en 1972, realizando en poco tiempo, varias publicaciones internacionales. En el año siguiente

y habiendo regresado a Argentina, me invitó a que pasara nuevamente varios meses en su Grupo de investigación. Fuimos a presentar el resultado de nuestras investigaciones a la llamada Yugoslavia en aquel tiempo, en una Escuela de formación en colisiones atómicas, donde Ron participaba como Profesor. También tuve la posibilidad de asistir y presentar nuestros trabajos en un Congreso internacional en Damstadt, Alemania, en ambos casos impulsado por Ron, mi maestro y formador científico.

-JAY HERMAN

Jay Herman es un muy destacado científico del *Goddard Space Flight Center* (Centro de Vuelos Espaciales Goddard) de la NASA, desempeñándose al presente también en la University of Maryland-Baltimore. Su área de investigación es la de las mediciones y análisis de datos satelitales relativos a los componentes atmosféricos, principalmente ozono y material particulado microscópico también llamado *aerosol* y a la radiación solar ultravioleta. Quizás por ser también físico, tuvimos desde el principio gran afinidad científica. En un viaje de visita a diferentes centros científicos de Estados Unidos, tuve la posibilidad de visitar el Goddard.

Recuerdo con gratitud que Jay Herman, en mi primera visita a su Centro de investigación, sin conocer mis antecedentes dado que recién comenzaba a investigar el ozono y la radiación solar UV, me explicó en detalle cómo se podían analizar los datos satelitales. Me propuso darme un CD (disco compacto) con una gran cantidad de datos de estas variables medidas satelitalmente sobre Argentina y Antártida, pero tuve que decirle que le agradecía mucho dado que no teníamos en ese entonces una lectora de este tipo de discos en nuestro lugar de trabajo. ¡Se tomó el

tiempo de grabarme varias decenas de diskettes para que pudiera llevarme los datos a mi regreso! Desde ese entonces hemos realizado diversos trabajos en colaboración, el último de ellos durante la época de la pandemia de COVID-19, analizando la inactivación del virus responsable de dicha pandemia, SARS CoV-2, por radiación solar ultravioleta a nivel global en 270 ciudades del mundo (Herman y Piacentini, 2022).

-JAN VAN DER LEUN

El Profesor Dr. Jan van der Leun fue un excepcional científico que desarrolló sus actividades académicas y de investigación en la Universidad de Utrecht, Países bajos. Conocí a Jan en 2002, cuando fui invitado por primera vez a desempeñarme como Jurado del Informe mundial *Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2002 Assessment* (Efectos ambientales del agotamiento de la capa de ozono y sus interacciones con el cambio climático: Evaluación 2002), dado que era uno de los *Chairmen* (Presidentes) del Grupo de científicos encargados de la redacción de estos Informes. Además de participar a distancia en la evaluación, tuve la posibilidad de concurrir a los sitios de reunión en Canadá y Estados Unidos, donde los Jurados que fuimos seleccionados, tuvimos la oportunidad de exponer temas de investigación en relación a los Informes e interactuar con los autores.

Tuvimos largas charlas con Jan, dado que yo había analizado los datos estadísticos de la *incidencia de cáncer de piel no melanoma*¹⁴ en Estados Unidos que mostraban una clara tendencia negativa (reducción) a medida que las ciudades analizadas se ubicaban a latitudes mayores, desde la región subtropical hasta el límite con Canadá. Esta depen-

dencia confirmaba que el primer factor ambiental era la exposición a la radiación solar, pero observé una gran dispersión respecto de la recta de ajuste. Vimos con Jan que esta dispersión se podría explicar con la temperatura ambiente. Con el gran aporte del Profesor de Gruijl de la misma Universidad, publicamos un trabajo denominado "*Climate change and non melanoma skin cancer*" ("Cambio climático y cáncer de piel no-melanoma") (van der Leun y col., 2008). Los resultados de este trabajo fueron incorporados en el Informe 2010 del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente relativo a "*Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2010 Assessment*" ("Efectos ambientales del agotamiento de la capa de ozono y su interacción con el cambio climático: Evaluación 2010").

■ PREMIOS Y DISTINCIONES

Los premios y distinciones no sólo son una caricia para el alma, sino también un reconocimiento para todas las personas que colaboraron para que pudiera desarrollar mis actividades científicas y académicas: mi familia, en especial mi esposa Noemí por su acompañamiento y mis hijos Diego y Ariel e hija Silvana por soportar mis largos periodos de ausencia en viajes científicos y becarios/as, doctorandos, investigadores, profesionales, maestras, profesores, amigos y amigas.

Hemos recibido en 1982, los integrantes del Grupo de Energía Solar del IFIR y la Facultad el Premio a la Innovación Tecnológica otorgado en la Exposición Internacional de Palermo, Buenos Aires, en reconocimiento al equipo *Silo secador solar de granos* presentado en dicha exposición.

He recibido invitaciones realizadas por los organismos de Naciones Unidas *World Meteorological Organization* (Organización Meteorológica Mundial) y *United Nations Environment Program* (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) para participar como *Principal contributor* (Contribuyente principal) y Jurado de los Informes mundiales *Scientific Assessment of Ozone Depletion* (Evaluación de la Destrucción del Ozono) de los años 1998 y 2006 y *Environmental Effects of Ozone Depletion and its Interactions with Climate Change* (Efectos ambientales del agotamiento de la capa de ozono y sus interacciones con el cambio climático) o títulos similares, este último desde el año 2002 en intervalos de cada 4 años hasta el último en 2022 (salvo uno de ellos por incomunicación con los responsables de dichos Informes). Además, ambos Organismos de Naciones Unidas, a través del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, el renombrado IPCC que recibiera el Premio Nobel de la Paz en 2007, me convocó para ser *Expert reviewer* (Revisor experto) de 6 Informes mundiales recientes, relativos a *The Physical Science Basis of Climate Change* (La Base Física Científica del Cambio climático) y temas afines.

Una de las distinciones más importantes fue la otorgada en 1989 por el Gobierno francés, a través de su Embajada en Argentina, designándome *Chevalier de Palmes Académiques* (Caballero de Palmas Académicas), en reconocimiento a las décadas de investigación científica en relación con científicos franceses y por la promoción del intercambio científico entre Francia y Argentina.

Entre los demás premios y distinciones, están los siguientes: Designado Miembro correspondiente de la Academia Nacional de Cien-

cias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires, en 2003 y Miembro y fundador (por invitación) de la recientemente creada Academia de Ciencias Médicas de la Provincia de Santa Fe (en 2017) donde me desempeño como Coordinador de su Comisión de Ambiente y Salud; *William T Pecora Award* (Premio William T Pecora) de la NASA, como integrante del Equipo satelital TOMS en el *Goddard Space Flight Center* otorgado en 2006; *Convener* (Co-organizador) de la *Special Session on Solar global and UV radiation and their effects on humans, ecosystem, and climate change* (Sesión especial sobre radiación solar global y UV y sus efectos sobre humanos, ecosistemas y cambio climático), en el *American Geophysical Union Meeting of the Americas* (Reunión de las Américas de la Unión Geofísica Americana), Foz do Iguaçu, Brasil, que se llevó a cabo en 2010; Premio a la *Contribución al Desarrollo Sustentable*, por parte de la Municipalidad de Rosario y el Pacto Global de Naciones Unidas, Sede Argentina, en 2014; Profesor Honorario designado en 2015 por la Universidad Nacional de Rosario en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura y desempeñándome además en el Centro de Estudios Interdisciplinarios; *Renewable Energy Pioneer* (Pionero en Energía Renovable) siendo esta designación otorgada por la *International Solar Energy Society* (Sociedad Internacional de Energía Solar) en 2020; Expositor oral invitado por las *National Academies of Science, Engineering and Health* (Academias Nacionales de Ciencia, Ingeniería y Medicina) de Estados Unidos, para participar del *Workshop: Evolving Technological, Legal, and Social Solutions to Counter Online Disinformation*, en el *Panel on Educational Interventions* (Evolución de soluciones tecnológicas, legales y sociales para contrarrestar la desinformación en línea,

en el Panel sobre Intervenciones Educativas), en 2024.

Fueron premiados varios trabajos realizados en colaboración con dermatólogos, que hemos presentado en el *21th World Congress of Dermatology* (21avo Congreso Mundial de Dermatología) que se llevó a cabo en Buenos Aires, en 2007. Además, las autoridades que organizaron este Congreso Mundial (¡que convocó a más de 15 mil asistentes!), me invitaron a organizar, en colaboración, un Simposio Internacional titulado *Ozone and Climate changes impact in the skin* (Impacto de los Cambios en Ozono y Clima en la piel).

■ FUTURO. PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN

Por mi experiencia acumulada durante décadas, sugiero las siguientes investigaciones:

a) Profundizar las bases físicas del cambio climático y de la contaminación planetaria del aire que respiramos, del agua que bebemos, del suelo que nos sirve de soporte

para nuestra alimentación y absorbe carbono reduciendo el impacto del Calentamiento global, de la flora, de la fauna y de las construcciones realizadas por el humano, para mitigar sus efectos globales al mínimo posible y buscar soluciones.

b) Investigar el cerebro en periodos de sueño, para determinar cómo puede generar imágenes en nuestra mente que nunca hemos visto o participado, por ejemplo, de una competencia deportiva, un viaje, un encuentro con personas que no conocemos o que están fallecidas, etc. Un posible efecto positivo de estas investigaciones puede ser conseguir la forma de evitar las famosas *pesadillas*.

c) Investigar sobre enfermedades en general y mentales en particular en relación con el ambiente (aire, agua, suelo, flora y fauna), aplicando conocimientos físicos.

d) Investigar en profundidad los fenómenos naturales (terremotos, tsunamis, etc.) y climáticos (inundaciones, sequías, tormentas y vientos

intensos, descargas eléctricas, etc.) extremos para tratar de minimizar y si fuera posible, eliminar los impactos negativos sobre la población, los demás seres vivos y las infraestructuras.

e) Mejorar sustancialmente la educación práctica a todos los niveles educativos, dado que las acciones con las manos necesitan de una gran contribución del cerebro para resolver situaciones, que en general son más complicadas que las descripciones teóricas de dichas acciones, tales como por ejemplo construir un objeto, desplazar cuerpos y seleccionar materiales.

■ AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a quienes contribuyeron de una u otra forma, para que pudiera desarrollar durante más de medio siglo mis actividades de docencia, investigación y divulgación científica. En especial a mis padres, mi familia, estudiantes, becarios, doctorandos, investigadores, profesionales, técnicos y quienes, sin tener una formación universitaria,



Foto durante la entrega de certificados de ingreso a la Academia de Ciencias Médicas de la Provincia de Santa Fe, en el acto de presentación de los Académicos en el Círculo Médico de Rosario (<https://acacimesfe.org/quienes-somos/>).

-con sus conocimientos de la vida práctica y sus colaboraciones, permitieron que se concretaran obras, se desarrollaran instituciones y se capacitaran personas interesadas en ampliar sus conocimientos, aportar al desarrollo científico/tecnológico y cuidar nuestra excepcional nave espacial: el planeta Tierra.

■ REFERENCIAS

- Cede, A.; Luccini, E.; Nuñez, L.; Piacentini, R.D. y Blumthaler, M. (2002) "Monitoring of Erythral Irradiance in the Argentina Ultraviolet Network". *Journal of Geophysical Research* 107, 4165. <https://doi.org/10.1029/2001jd001206>
- Cortés, A.; Gaspar, R.; Lara, M.A. y Piacentini, R.D. (1986) "Solar Grain Drying in Humid and Hot-Temperate Climates I. Wheat Drying". *Drying Technology: An International Journal* 4, 415-438.
- Herman, J. y Piacentini, R.D. (2022) "UVB (290–315 nm) Inactivation of the SARS CoV-2 Virus as a Function of the Standard UV Index". *Air Quality, Atmosphere & Health* 15, 85-90. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01099-3>. 2021
- Ipiña, A.; López-Padilla, G.; Retama, A.; Piacentini, R.D. y Madronich, S. (2021) "The Ultraviolet Radiation Environment of a Tropical Megacity in Transition: Mexico city 2000-2019". *Environmental Science and Technology* 55, 10946–10956.
- Mc Carroll, R.; Piacentini, R.D. y Salin, A. (1970) "Differential Cross Sections in Proton - Hydrogen Collisions". *Journal of Physics B* 3, 137.
- Micha, D. y Piacentini, R.D. (1982) "Ionization in Heavy Particle Collisions: Multichannel Treatment with Discretization of the Electronic Continuum". *Physical Review* 25, 204.
- Novara, I.; Berdichevsky, D. y Piacentini, R.D. (2023) "Subsurface Temperature Change Attributed to Climate Change at the Northern Latitude Site of Kapuskasing, Canada". *Atmósfera* 38, 299-309. <https://doi.org/10.20937/ATM.53211>
- Piacentini, R.D. y Salin, A. (1977) "Multistate Molecular Treatment of Atomic Collisions in the Impact Parameter Approximation. II Calculation of Differential Cross Sections from the Transition Amplitudes for the Straight Line Case". *Computer Physics Communication* 13, 57.
- Piacentini, R.D.; Cede, A. y Bárcena, H. (2003) "Extreme Solar Global and UV Irradiances due to Cloud Effect Measured near the Summer Solstice at the High Altitude Desertic Plateau Puna of Atacama". *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics* 65, 727-731.
- Piacentini, R.D. (2021) "The Introduction of Indexes to Measure Environmental Sustainability. The Cases of the Available Resource Sustainability Index and Natural Green Surface Replacement Index". *Nova Publishers (Serie Advances in Environmental Research)* 86, 7. <https://doi.org/10.52305/NOQC5676>
- Rivarola, R. y Piacentini, R.D. (1979) "Differential and Total Cross sections in He²⁺ - He collisions". *Physical Review* 20, 1816.
- van der Leun, J.; Piacentini, R.D. y de Gruijl, F. (2008) "Climate Change and Human Skin Cancer". *Photochemical and Photobiological Sciences* 7, 730-733.

■ NOTAS

1 Tómbola: Un juego con tarjetas que contienen ciertos números (del 1 al 99) y un bolillero con estos números, los cuales deben ser extraídos uno por uno. Los participantes seleccionan 3 tarjetas y el que primero completa todos los números, es el ganador.

2 Esta desgarradora historia la contaron integrantes de la Fuerza de Paz de Argentina destacadas en ese país.

3. Kits de iluminación solar y carga de celulares: está constituido por un lumiducto solar (tubo con material reflectante interior) para iluminar lugares con falta de iluminación durante el día y lámparas solares (constituidas por una celda solar fotovoltaica, batería, diodos leds y sistema electrónico) para iluminación nocturna. Además, el sistema puede ser empleado para cargar celulares, tal como lo muestra el video que realicé y está publicado en la web del Instituto de Física Rosario, IFIR, dependiente de CONICET y de la Universidad Nacional de Rosario (https://ifir-conicet.gov.ar/media/notasdestacadas/video_ruben_dubai.mp4). En un plan global de 10 años (a un costo anual de sólo unos dólares por sistema y de algunos cientos de millones de dólares por año, muy inferior al realizado en gastos militares), pueden distribuirse a través de Naciones Unidas o Fundaciones internacionales en todo el Planeta. No sólo los niños y niñas podrán extender sus horas de estudio, sino también el resto de la familia podrá emplear este sistema para el trabajo y la reunión.

4. Algunas empresas dedicadas a la investigación y desarrollo de Reactores de fusión nuclear son: Commonwealth Fusion Systems (CFS), derivada del MIT (Massachusetts Institute of

Technology, EUA) (<https://cfs.energy>) y Tokamak Energy, Gran Bretaña (<https://tokamakenergy.com/>).

5. Ejemplos de Minireactores de fusión nuclear son los que se están desarrollando para impulsar cohetes y así reducir significativamente los tiempos de viajes espaciales (empresa Avalanche Fusion <https://avalanchefusion.com/>), para proveer de energía fija en el rango de los 5-15 kW de potencia (empresa Pulsar Fusion <https://pulsarfusion.com/>) y para suministrar electricidad a Microsoft en esta década del 2020 (empresa Helyon Energy <https://www.helionenergy.com/>)."

6. Un importante libro sobre la vida y obra de Enrique Gaviola y su relación con el Observatorio Astronómico de Córdoba tiene por título: "Enrique Gaviola y el Observatorio Astronómico de Córdoba: su impacto en el desarrollo de la ciencia argentina", de Omar Bernaola, Ediciones Saber y Tiempo, 2001 (ver https://books.google.com.ar/books/about/Enrique_Gaviola_y_el_Observatorio_Astron.html?id=N7NcAAAAAAAJ&redir_esc=y). También se destaca su trayectoria científica en el artículo on-line: <https://www.uncuyo.edu.ar/olimpiadas/upload/1-puesto-nivel-1-los-descubrimientos-de-enrique-gaviola.pdf>.

7. Más detalles en los Podcasts (Partes 1, 2 y 3): <https://www.youtube.com/watch?v=-eFaEOUd2qY>, https://www.youtube.com/watch?v=Ciu_LqOpjKo&t=82s y <https://www.youtube.com/watch?v=F58gc3OdkLY>.

8. Espectrorradiómetro: instrumento medidor de la radiación solar en el rango del espectro electromagnético ultravioleta para determinar la cantidad de ozono presente en la Atmósfera.

9. Ozono: la destrucción del ozono estratosférico y su lenta recuperación puede verse en el Informe de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), que se publica periódicamente y cuya última edición está disponible en: <https://www.unep.org/resources/publication/scientific-assessment-ozone-layer-depletion-2022>.

10. Efectos ambientales de la destrucción del ozono: el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) también convoca a especialistas mundiales para que redacten y evalúen el Informe sobre *Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change*. En particular el último de estos informes mundiales en el que he participado como Evaluador, es el *Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change. 2022 Assessment Report*, disponible en: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/EEAP-2022-Assessment-Report-May2023.pdf>.

11. Fotón: es la partícula energética de toda radiación electromagnética (desde radiofrecuencia hasta radiación gama), a la cual Albert Einstein le asignó una energía proporcional a la frecuencia de dicha radiación.

12. Geología: Ciencia que estudia el interior y la corteza terrestre.

13. Evolución de las Especies: esta teoría desarrollada por Darwin propone que las distintas especies que habitan el Planeta, se adaptan al lugar y al clima donde se desarrollan o se extinguen.

14. Cánceres de piel no-melanoma: son los de tipo Espino-celular y Baso-celular, menos agresivos pero más frecuentes que los de tipo Melanoma (https://www.cancerdepiel.org.ar/tipos_cancer_de_piel.php).

■ NOTAS

1 Ver Reseña de Roberto Garibotti en <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2023/09/02-RESENA-Garibotti-CelResenasT11N3-2023.pdf>

2 Ver Reseña de Gloria Dubner en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-6-no-2-2018/> [NdE]

3 Ver Reseña de Roberto Rivarola en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-8-no-1-2020/> [NdE]

4 Ver Reseña de Eduardo Quel en <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2022/12/05-RESENA-Quel-CelResenasT10N4-2022.pdf> [NdE]

5 Ver Reseña de Arturo López Dávalos en <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-2-no-2-2014/> [NdE]

6 Ver Reseña de Luis Saravia en <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2022/09/06-RESENA-Saravia-CelResenasT10N3-2022.pdf> [NdE]