

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**Dr. Juan Ramón de la Fuente Ramírez
Rector**

**Dr. René Drucker Colín
Coordinador de la Investigación Científica**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

**Dr. Manuel Martínez Fernández
Director**

**Dr. J. Antonio del Río Portilla
Secretario Académico**

“Una Mirada Atrás y Adelante 2000” es una publicación del Centro de Investigación en Energía editada por el Dr. Jesús Antonio del Río Portilla. Diseño de Portada: Jesús Antonio del Río Portilla.

Derechos reservados 2000. Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Impreso en México,

Printed in México.

Esta obra se terminó de imprimir en Diciembre de 2000 en Grupo Grabado de Morelos S.A. de C.V. ubicado en Sonora 225, Col. Flores Magón, 62370, Cuernavaca, Morelos, México, Tels. (7) 3211681 y 82

Se tiraron 300 ejemplares.

ISBN 968-36-8874-8

Indice

I. Prólogo	I
II. Una Mirada Atrás y Adelante: “Estaciones, Calendario y la Vida”, por P. Karunakaran Nair.	1
III. Una Mirada Atrás y Adelante: “10 Años Después...”, por Mariano López de Haro.	12
IV. Una Mirada Atrás y Adelante: “Los Misterios de la Tierra”, por Surendra P. Verma.	27
V. Una Mirada Atrás y Adelante: “Del Frío al Calor y del Calor al Frío”, por Roberto Best y Brown.	47
VI. Una Mirada Atrás y Adelante: “La Búsqueda de Fluctuaciones para Salir del Equilibrio”, por Jesús Antonio del Río Portilla	59

Prólogo

Esta es la segunda publicación del Centro de Investigación en Energía (CIE) dedicada a los investigadores que han sido promovidos al nivel Titular C. En esta ocasión "UNA MIRADA ATRÁS Y ADELANTE 2000" presenta las contribuciones de cinco académicos, tres que se habían promovido hace años y dos que lo hicieron en el presente año.

Como un reconocimiento a posteriori se incluyen los textos de los Investigadores Titulares C con que contaba el CIE en diciembre de 1996, cuando se creó. En aquel entonces, los Drs. Mariano López de Haro, Karunakaran Nair y Surendra Pal Verma eran los únicos investigadores en la máxima categoría. Durante este año, ellos dieron excelentes pláticas compartiendo sus experiencias a lo largo de su trayectoria académica. Tanto el Dr. Nair como el Dr. López de Haro llegaron al antiguo Laboratorio de Energía Solar (LES) en sus primeros años y paulatinamente ascendieron los niveles académicos. El Dr. Nair cultiva el área de Materiales Solares y el Dr. López de Haro la Termodinámica y Mecánica Estadística. El Dr. Verma se reincorporó a la UNAM en 1995 ya en la categoría de Investigador Titular C y dirige el grupo de Geoenergía del Centro.

Asimismo, se incluyen las reflexiones de aquellos dos que durante el año 2000 ascendieron al máximo nivel, el Dr. Roberto Best y Brown y el Dr. Jesús Antonio del Río Portilla. El Dr. Best, fundador del LES y también del CIE, presenta una trayectoria pionera dedicada a la investigación en refrigeración solar y bombas de calor. El Dr. del Río ha realizado una meteórica carrera académica, dedicada a la investigación en Termodinámica de Procesos Irreversibles y Transporte en Medios Compuestos.

Con estos dos números los actuales siete Investigadores Titulares C del Centro han presentado sus reflexiones sobre el pasado, presente y futuro de sus actividades académicas y sus remembranzas más importantes.

Es para el Centro un honor poder brindarles este pequeño, pero muy sentido reconocimiento y agradecerles su liderazgo.

Dr. Manuel Martínez Fernández
Diciembre, 2000.

UNA MIRADA ATRÁS Y ADELANTE

“Estaciones, Calendario y la Vida”

P. Karunakaran Nair

En este discurso abordaré los siguientes temas o preguntas.

1. Estaciones, Luna, Mes, Año y Calendario
2. La Vida en un Pueblo Hindú en 1956
3. Escogiendo a la Física como Carrera
4. Hacia la Energía Solar
5. ¿Qué Hay Dentro del Depósito por Baño Químico?
6. ¿Recubrimientos de Control Solar - Valen la Pena?
7. ¿Y qué Hacer al Jubilarse?

Estaciones, Luna, Mes, Año y Calendario

El calendario es, por definición, una tabla de los días, semanas y meses de un año. El concepto del día fue fácilmente asimilado por las plantas y los animales. El sol sale y se pone; los pájaros regresan a sus nidos, y llega la noche. Los pájaros empiezan a cantar de nuevo, se levanta el sol y empieza otro día. Conforme pasaban los días, también cambiaban las estaciones. Los animales, plantas y el

hombre primitivo tenía que prepararse para sobrevivir estos cambios de estación. Cuando las comunidades agrícolas se desarrollaron alrededor del mundo, se necesitaba de una buena planeación para llevar a acabo todas las actividades a tiempo y asegurar una buena cosecha. La luna fue la referencia obvia. El calendario antiguo está basado en ciclos lunares. Doce ciclos lunares, que cubren 354 días regresaban en aproximadamente la misma estación. Pero cada 36 ciclos lunares, necesitaba otro para alcanzar la misma estación. Entonces, muchos calendarios empezaron a intercalar algunos días en los ciclos lunares. A esto le llamamos un mes, y todo para que las estaciones se repitieran exactamente. Para el año 45 A. C. Julio Cesar introdujo el Calendario Juliano, con un sistema de intercalación de días que no requería de ajustes por 1000 años. En el siglo 16, el Papa Gregorio XIII revisó el calendario y abolió diez días que se acumularon a través de quinientos años, e introdujo la adición de un día al año de 365 días cada cuatro años. El calendario Juliano fue adoptado en la mayoría de Europa. El calendario Gregoriano no fue aceptado en Inglaterra hasta 1752 y en Rusia hasta 1917, cuando terminó la revolución Bolchevique.

En la India, el año del calendario empieza con el final del reinado de Krishna - que data desde hace más de 5100 años. El calendario del rey Vikramaditya fue introducido antes de que empezara la Era Cristiana, en 56 A.C. Un tercer calendario fue iniciado en el año 78. D.C. para conmemorar el reinado del emperador Kanishka de la Dinastía Saka. El año Saka es 1921 y hoy es el decimonoveno día del mes Pausham. La fe Islámica se esparció en la India, y produjo el Calendario Hégira, que empieza en el año 622 de esta era, D.C., cuando el Profeta Mohoma huye de la Meca a Medina. El año Hégira es 1420 y hoy es el tercer día del mes de Ramsan. Cada Principado en la India también tenía un calendario distinto. El Reyno de Travancore, que ahora forma parte del estado sureño, de Kerala, empezó un calendario en el año que corresponde a 825 A.D.

Hoy es el 24° día del mes Vrichikam del año 1175 en este calendario. Travancore se integró a la India Independiente en 1947 y después formó parte de la república de India en 1950. El calendario tradicional de Travancore, y no el Gregoriano, fue el único que había a la mano hasta 1950 en los pueblos para registrar los eventos como nacimientos en este estado. Todavía sigue siendo el calendario predilecto para establecer ocasiones importantes como el tiempo exacto en que se debe celebrar un matrimonio. El calendario especifica la posición de los planetas, estrellas y constelaciones, que supuestamente determinan la vida en la tierra de las personas. Cuando fui a registrarme en la escuela en 1954, mi fecha de nacimiento fue convertida del calendario tradicional al calendario Gregoriano. Perdí varios meses en la conversión. Por lo tanto, soy oficialmente más joven de lo que en realidad soy. Mi vida fue decidida por la posición de las estrellas y planetas en mi nacimiento; por esto no tenía que preocuparme al efectuar la corrección. Fui un poco más chico oficialmente de lo que se requería para entrar en las escuelas de Medicina o Ingeniería, cuando terminé mi curso preparatoria a universidad en 1965. Por lo tanto terminé estudiando física, en donde no existían este tipo de restricciones. Es algo del cual estoy contento, porque después leí en la Enciclopedia que, por la definición estricta de Ciencia, la física es la única ciencia que existe. Al menos así fue hasta que terminé mi doctorado en 1976.

La Vida en un Pueblo Hindú en 1956

Cuando estaba en cuarto de primaria en 1956, algo sensacional pasó en mi pueblo, Kadakkal. Sobre los montes, se levantaron altas torres de acero y tres cables de aluminio se extendían a lo largo de muchos kilómetros hacia al horizonte. Una gran caja extraña llamada transformador se colocó cerca del mercado de pueblo. Se pusieron postes más pequeños en cuatro direcciones alrededor de él y se extendieron cables más delgados a lo largo de ellos. A postes alternos, se fijaron

focos. En un año más, el pueblo de Kadakkal tenía lámparas eléctricas y dejaron de encender la lámpara de kerosene en la plaza. Tomó dos años más para que la electricidad llegara a mi casa. Terminé mi escuela secundaria en 1963, leyendo bajo una lámpara eléctrica. Sin embargo, todavía caminaba cinco kilómetros de ida y cinco de vuelta a la escuela; tomando casi una hora en ambas direcciones. Se compró un radio y habían noticias. Esencialmente, el estilo de vida sereno en el pueblo basado en el cultivo de arroz, yuca y pimienta negra continuó hasta 1980, cuando llegaron los televisores. Ahora hay CNN y BBC, que llegan por cable; y la gente ya no tiene tiempo para otra cosa más que para ver su programa favorito. La vida sí que ha cambiado; pero, me pregunto ¿es para algo mejor?

Escogiendo a la Física como Carrera

Además del asunto del calendario, había otra situación importante que me condujo hacia la física. Yo creo que a nivel escolar, para un estudiante normal, la química parecería más interesante que la física. Se podía uno maravillar al representar a los elementos por símbolos, aprenderse la tabla periódica y escribir ecuaciones químicas que describen la generación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno, etc. No había tales maravillas en la física. El movimiento del proyectil, los planos inclinados y la determinación de los módulos elásticos no producían ecuaciones asombrosas. Los experimentos sobre luz, que hubiesen sido interesantes si se hubieran introducido experimentos de espectroscopia, se limitaban a seguir rayos a través de un prisma de vidrio. Terminé mi preparatoria en 1965 con una calificación más alta en Química que en Física. Las calificaciones de matemáticas eran buenas de cualquier modo. Dado que mi edad oficial me mantenía alejado de la medicina y la ingeniería, tuve la opción de ir por química- la materia de preferencia en la ciencia en esos tiempos en mi estado. La mayoría de mis compañeros de clase fueron por ese camino. Yo pensé que debería ser diferente- no

seguir la misma ruta. La India estaba sumergida en el programa de energía nuclear en 1965. El programa espacial se estableció en la capital de Kerala, Trivandrum, donde yo estaba estudiando. Ambos abrirían oportunidades de empleo en áreas no tradicionales. El *University College* en Trivandrum ofrecía la mejor atmósfera para un estudiante de física de esos tiempos. En el año de 1966, el Colegio estaba celebrando su centenario. En la exhibición que se montó, yo fui un estudiante expositor en la sección de luz, espectroscopia y atómica. Estaba impresionado por lo que pude aprender - relacionando el color de la luz a la de los elementos que los emiten. Continué con ese interés y terminé mi maestría en física. Mi materia de especialización fue la espectroscopia, atómica y molecular. Por haber ligado el nombre de C. V. Raman en el estudio de espectroscopia, fue una experiencia alentadora. Concluí mis estudios formales en 1976 con una Maestría en Tecnología y un doctorado en el área de física de estado sólido y materiales fotoconductores en IIT Delhi.

Hacia la Energía Solar

Durante esas épocas era un hecho común que los estudiantes que concluyeran sus estudios en los IIT's y IISc buscaban seguir sus estudios posdoctorales en universidades estadounidenses. Yo tenía dificultades para pensar en eso. En mi pueblo, distribuían la revista Tierra Soviética cuando era niño. Los grandes logros del gobierno comunista en Rusia me inspiraban. El mensaje de Mao entraba goteando a través de muchas fuentes. Los principios del comunismo eran muy atractivos para mi estado, que tenía un alto nivel de alfabetización y por la presencia de un gran número de trabajadores del campo; sin derecho a la tierra sobre la cual ubicaban sus chozas. En la primer elección democrática del País mi estado eligió un gobierno comunista. Desde aquel entonces el estado ha sido gobernado mayoritariamente por un ministerio comunista. Pensar como un

comunista permitía a uno sentirse intelectual; pero no era una activista, sólo se reflejó en mi actitud. Nuestro Primer Ministro, Jawaharlal Nehru era igualmente amigable con John F. Kennedy, Nikita Krushchev y Cho-En-Lai. Sin embargo, la situación de la guerra de Vietnam se convirtió en un gran problema desde el punto de vista de principios. Yo no podía encontrar razones adecuadas por la cual los Estados Unidos se tenía que haber involucrado ahí. Cada día que el periódico traía la lista de los Americanos que morían o desaparecieron en la guerra, algunos de nosotros también pensaba en los sufrimientos del pueblo Vietnamita. Fue muy difícil justificarlo; y ahora sabemos que también habían muchos estadounidenses, incluyendo al presente presidente, que estaban en contra de buscar una solución armada al conflicto.

No mandé ninguna solicitud para una posición posdoctoral a ninguna universidad Estadounidense. Mis sentimientos me llevaron hacia aceptar un empleo en Nigeria. Para entonces, ya tenía compañera para llevar conmigo a este, llamado Continente Negro. Ella era química y ha estado conmigo en todos estos años. En el periodo de 1977-1985, trabajé en la Universidad de Jos en la región central de Nigeria. Descubrí que Africa estaba llena de ricas tradiciones y valores de vida. También me di cuenta de la peor desventaja de la zona: El respeto extremo hacia los mayores por su edad o su posición que dejaba al sistema muy vulnerable a la autocracia. La situación económica de Nigeria en los 1980's nos hizo considerar a la energía solar como un campo de investigación. La falla de Nigeria para convertirse en un gobierno democrático y el regreso de un gobierno militar nos llevó otra vez a un nuevo laboratorio en otro continente. El Laboratorio de Energía Solar, conforme nos habían dicho, presentaba una excelente oportunidad para llevar acabo investigación sobre la energía solar. El año era 1985, y llegamos a México. Ahora estamos aquí, habiendo completado 14 años, y con las esperanzas de completar muchos más años disfrutando este envidiable ambiente. La semana

pasada, me aceptaron en un comité para formular estrategias para el programa de energía renovable en México. Esta semana pudimos insistir en que nuestras ideas fuesen incorporadas al programa de posgrado; para que definiéramos la misión del posgrado en fotovoltaicos solares y para dar al estudiante el perfil necesario para satisfacer las necesidades de la sociedad. Podríamos sugerir en la reunión de Investigadores de Proyectos de CONACyT sobre los materiales en Octubre 1999, que el CONACyT considere otorgar financiamiento a proyectos en un esquema distinto a pequeñas empresas para convertir los desarrollos de investigación en las universidades y efectuar la transferencia de tecnología a la industria. Sugerimos que el CONACyT además, mandara resúmenes de los resultados de investigación de proyectos de CONACyT a las empresas Mexicanas pertinentes con el objetivo de promover la colaboración entre industria y academia. Nada ha resultado de esto hasta el momento. Cuando empezó la situación difícil de la UNAM en abril del año actual, me uní con algunos colegas y propusimos en escrito nuestros sentimientos hacia el conflicto y se presentó en la reunión de consejo interno en 25 de Mayo de 1999. Escuche que Dr. Raúl Suárez, tuvo la oportunidad de presentar estos ante la reunión de los académicos de los centros y institutos de la UNAM en Morelos, con el rector Dr. Juan Ramón de la Fuente, el pasado fin de semana. Uno puede elegir una actitud de no expresarse en situaciones conflictivas, pero cae el riesgo de sacrificar su conciencia e integridad totalmente a largo plazo. Gracias a todos ustedes por permitirnos expresarnos; ustedes son la razón fundamental de nuestra vida en México. Debemos nuestra situación académica actual también al depósito de películas delgadas semiconductoras por baño químico.

¿Qué Hay Dentro del Depósito por Baño Químico?

De acuerdo con Aristóteles la gente nace para hacer lo que debe hacer. La nobleza nace de la nobleza para ser nobles o aristocráticos. La historia nos ha hecho

dudar de esta teoría. En mi caso, dudo que nací para llevar a cabo depósito en baño químico. Dejé química en preparatoria en 1965 y empecé en 1986 en el LES sin saber como llegar a una solución 0.5 M en un vaso estándar a partir de una botella de reactivo y agua destilada. Si me acerco a una balanza para pesar algo o intento llenar una probeta, soy vulnerable a la crítica de esta química que piensa que todos los físicos no saben ser precisos. Le tengo que decir que sea razonable y que un error de 1 ml en 50 ml no es nada muy serio.

Los físicos nos conocen por idealizar la forma de los pollos vivos con sus piernas y largo cuello a través de una esfera para que sea fácil de estudiar diferentes aspectos como la transferencia de calor y otras propiedades de transporte. Nuestros remedios siempre han funcionado. No hay porque ser tan meticulosos, cuando se puede disfrutar la vida.

La técnica de depósito químico fue reportada por primera vez a principios de los 1900's y se convirtió en una tecnología para producir fotodetectores en los 1940's. En 1991, fue introducida a la estructura de las celdas solares y eventualmente produjo eficiencias de conversión récord de más de 17%. El depósito en sí puede ser clasificado como técnica de preparación de películas delgadas de alta eficiencia. Más de 60% de los iones metales y calcogenuros utilizados en el baño pueden convertirse en película delgada con grosor máximo de 1 micrómetro. Sin embargo, para llegar a tan altas eficiencias, uno necesita ser paciente. Es conveniente tener a algún químico para colaborar con uno, ya que los químicos y biólogos son por nacimiento más pacientes que los físicos. Son famosos por llevar a cabo análisis gravimétrico de 10 muestras distintas sobre el plazo de 10 días antes de dar un resultado final, aún pensando que pudieran haber hecho 20.

En un futuro las posibilidades de producir recubrimientos en áreas grandes a partir de depósito químico son buenas. La utilización de la energía solar requiere de una gran área de recolección, y he aquí una técnica que puede satisfacer esas

necesidades. La consistencia y perseverancia nos ha llevado de 1986 a 1999 a ser conocidos como uno de los laboratorios más importantes en esta técnica. ¿Es eso algo bueno? Probablemente no lo es. Depende de cómo se vea a la vida. Podemos hacer que una técnica parezca más sensacional de lo que en realidad es o viceversa. En el caso del depósito por baño químico, todavía sigue siendo una técnica no sensacional. Los principios químicos que están en su base son simples cuando se toman uno por uno, pero son complejos en su totalidad. Un intento para desarrollar un modelo matemático para el depósito por baño químico el año pasado nos dejó incómodos por el nivel de simpleza que tuvimos que asumir. Intentamos hacer más sensacional el baño químico para amigos visitantes controlando el depósito por computadora, pero hemos regresado a como era antes. Hay conceptos de producción de rollo a rollo y el concepto de emplazamiento de iones *in-situ* para llegar a espesores mayores al micrómetro. Sin embargo, la simpleza de esta técnica sigue siendo el mayor atractivo, tanto su mayor como limitación. Hay muchos colegas que han sido atraídos por esta simpleza.

Recubrimientos de Control Solar - ¿Valen la Pena?

La sabiduría es el fruto de la edad. No la había alcanzado en 1990 a la edad de 41. Después de la visita del Dr. José Sarukhan al LES, llegó una pregunta de la rectoría a través del Dr. Ariel Valladares, si iba ser posible cubrir el vidrio de la torre de rectoría con los recubrimientos que fueron mostrados durante la visita. Yo pense que ¿Por qué no? Pasó un año, y el Dr. Eduardo Ramos, en función del jefe del LES, tuvo que reportar al Dr. Valladares que no era posible. Obviamente, hicimos muchos intentos. Él Dr. Arturo Fernández tomó esto como parte de su tesis doctoral. El, junto con Oscar, tuvo que lavar muchas hojas de vidrio. Nayeli venía al laboratorio. Cuando se le preguntó en la escuela ¿A que se dedican tus papás? respondió que se dedica a lavar bastantes vidrios. Eventualmente encontramos que

fabricar vidrio laminado podía resolver el problema de la falta de estabilidad de los recubrimientos, con la característica adicional de vidrio de seguridad. También trabajábamos en otro concepto que podría tener mayor potencial comercial: poliéster recubierto pegado al vidrio de las ventanas. Si hubiera otro pedido por parte de la rectoría, sugeriríamos vidrio de seguridad para ahorro de energía, comodidad y seguridad adicional. Pediremos fondos especiales del PUE para establecer una pequeña compañía donde algunos de nuestros estudiantes formados en el laboratorio puedan trabajar. Nosotros daríamos el soporte técnico. Pronto, el negocio sería comprado por Vitro o Saint Gobain por 500 millones de pesos, con atractivas regalías para la UNAM. Así funcionan las cosas en el mundo desarrollado y es un sueño que todos en México tenemos.

¿Celdas Solares de Película Delgada Policristalina: ¿Todavía Hay Esperanzas?

Yo considero que hasta la fecha todavía no hemos visto el potencial de las películas delgadas por depósito químico. En un estudio de la eficiencia espectral de celdas solares de heterounión formados entre n-CdS y otras películas semiconductoras menos conocidas como absorbedores-p, encontramos que hay demasiados grupos que dan mucha de su atención a muy pocos candidatos. Hemos visto que es posible crear nuevos materiales semiconductores calentando películas multicapas de diferentes películas semiconductoras obtenidas por baño químico o una película semiconductor y película metálica evaporada térmicamente. Yo creo que la perseverancia en esta línea de investigación nos puede llevar a la tecnología de celda solar. Ésta será excelente para todo el mundo en vías de desarrollo, para los cuales la energía solar es la única forma para su desarrollo. Tal vez entonces tengamos paz y prosperidad en todo el mundo.

¿Y qué Hacer al Jubilarse?

En el depósito químico, la parte realmente interesante de la vida empieza cuando uno se retira. Yo no pensé que nacía para hacer esto, pero lo hice. No soy ni artista ni pintor. Algo del trabajo en depósito químico que dejamos archivado en 1990-1992 fue sobre el fenómeno conocido como depósito por baño químico fotoacelerado. Se basa en generar un fotovoltaje superficial sobre la película semiconductor, el cual produce condensación acelerada de los iones que se encuentran en la región iluminada. Las variaciones en grosor que resultan producen interferencia óptica y los diferentes tonos pueden producir una forma sugestiva de arte: le llamamos fotografía en película delgada. Producidas en vidrio de hoja de 40 cm x 60 cm y laminadas usando polyvinil buteril hacia un vidrio obscuro, cada obra de arte puede producir suficiente ingreso para sostener trabajo sobre las películas depositadas por baño químico. Tengo el permiso de Santha para invitarlos en este proyecto en el año 2015. Si, ya que empecé tarde, tengo que esperar hasta entonces para terminar mis 30 años de servicio a la UNAM.

Gracias por ofrecernos una vida placentera en México.

UNA MIRADA ATRÁS Y ADELANTE

“10 Años Después...”

Mariano López de Haro

Gracias a la iniciativa de mi buen amigo y colega Antonio del Río de que cuando un investigador del Centro de Investigación en Energía sea promovido a la categoría de Titular “C” haga una presentación pública y un escrito relativos a la trayectoria de acceso a este último peldaño académico de la UNAM, y a pesar de que en mi caso esta promoción ocurrió hace poco menos de diez años, me enfrento hoy al reto de esbozar en unas cuantas líneas mi historia académica y personal, lo que no resulta una tarea fácil. Pero lo hago con la serenidad que representa el sentirme apreciado por los miembros de la comunidad del Centro y con la esperanza de que los renglones que siguen hagan honor al homenaje del que me han hecho objeto mis compañeros, además de que confío en que sabrán perdonar las exageraciones inevitables que cometa al desarrollar el tema. Para situar la perspectiva del relato, es conveniente recordar que las historias personales se construyen a partir de hechos, circunstancias y gente que confluyen en un lugar y en un tiempo dado.

Nací en la Ciudad de México en 1952, siendo el tercer y último hijo de una familia llegada al país años atrás en el grupo de refugiados españoles que, a

consecuencia de la llamada guerra civil, tuvo que abandonar su patria. Mi padre era abogado y mi madre, por pertenecer a una generación en la que la vida se entendía de otra forma, se dedicaba a las labores del hogar. Esta última circunstancia me otorgó el grandísimo privilegio de contar con una mamá de tiempo completo, lo que estoy convencido de que influyó de forma definitiva en mi formación como individuo. También fue decisiva en este aspecto la educación liberal y de fomento a la crítica y a los valores éticos que obtuve de mis padres en la vida familiar.

De acuerdo a lo que era usual para los hijos de los refugiados españoles, estudié la primaria, secundaria y preparatoria en uno de los tres colegios que fundaron en México los exiliados, el Instituto “Luis Vives”, donde la tradición pedagógica de centros educativos como la Institución Libre de Enseñanza de Madrid y el Instituto Escuela fue continuada por antiguos maestros de las mismas. Allí, además de compañeros cuya amistad conservo hasta hoy, encontré verdaderos líderes académicos que encauzaron mi vocación hacia la física y las matemáticas sin descuidar los aspectos sociales y humanísticos, al tiempo que encarnaban la dignidad e integridad ética de quienes sufrían la injusticia y los rigores del destierro por sus ideas políticas. El impacto que maestros de la talla de Juan Bonet Bonell, Manuel Tagüeña Lacorte, Luis de Tapia Bolívar, Marcelo Santaló Sors y otros tuvieron sobre mi generación y muchas que le precedieron y sucedieron, se ha manifestado y continúa manifestándose en las exitosas trayectorias de quienes tuvimos la fortuna de ser sus alumnos.

Los estudios universitarios los realicé en la Facultad de Ciencias de la UNAM entre 1970 y 1976, donde obtuve las licenciaturas en Física (30 de Marzo) y Matemáticas (17 de Junio) del último año. También en este periodo me beneficié del contacto con profesores que en diversa medida dejaron su huella en mi formación profesional, entre los que destaco a Juan Manuel Lozano, Octavio Novaro, Sergio Aburto, Arturo Fregoso, Francisco Tomás, Emilio Lluís, Francisco

Zubieta, los hermanos Flavio y Germinal Cocho y, desde luego, Leopoldo García-Colín Scherer. Los últimos tres fungieron como directores de mis tesis de licenciatura, la de matemáticas (La función de exergía y los procesos industriales) los dos primeros y la de física (Las ecuaciones de Burnett en la hidrodinámica clásica) el último. Además de los profesores, la Facultad de Ciencias me proporcionó un ambiente en el que lo mismo se discutían aspectos científicos que cuestiones políticas y sociales. Allí viví la primera huelga grande de la UNAM en 1973 (en la que tomó fuerza el sindicalismo universitario) y también me inicié en las actividades de cuerpos colegiados, al participar en la creación de la estructura de Consejos Departamentales y resultar electo en asamblea como representante de los estudiantes en el Consejo Departamental de Física. Esta vertiente representativa me ha acompañado desde entonces. También allí obtuve mi primer empleo en la UNAM, al ingresar como ayudante de profesor el 16 de Abril de 1974.

Al concluir las licenciaturas y contando con una beca del Consejo Británico y un complemento de beca de la UNAM, llevé a cabo estudios de posgrado en la Universidad de Strathclyde, donde debido a las reglas de operación de la universidad me gradué como Doctor (Ph. D. in Pure and Applied Chemistry) en 1980, aunque la defensa oral de la tesis (On the high frequency dynamics of dilute polymer solutions) la realicé el 30 de Noviembre de 1979. Además de los estudios, la estancia en Glasgow me permitió viajar por Europa, experiencia grata e interesante, y la materialización de un sueño largamente deseado. Como en las ocasiones anteriores, también en Strathclyde encontré un ambiente propicio al desarrollo científico y personal, jugando en ello un papel muy importante la personalidad de mi supervisor de tesis doctoral, el Dr. David Pugh, de quien aprendí los elementos indispensables para realizar investigación en un ambiente de cordialidad, interés por mi persona y profesionalismo. Con él y con David Jones,

un posdoc de David Pugh que compartía oficina conmigo, publiqué mi primer artículo internacional en 1978.

A mi regreso a México, me incorporé como Profesor de Carrera Asociado “C” al grupo de Mecánica Estadística que encabezaba el Dr. Leopoldo García-Colín en la Facultad de Ciencias de la UNAM y en el que empecé a interaccionar tanto con él como con Rosalío Rodríguez, otra circunstancia afortunada. También en ese año de 1980 ocurrió un hecho trascendental en mi vida, ya que me casé en el mes de Mayo con Rafaela, nacida en el mismo pueblo que mi madre. En la Facultad de Ciencias estuve cuatro años, durante los cuales realicé una estancia posdoctoral en la Universidad Rockefeller (de 1981 a 1983) trabajando con el Dr. E. G. D. Cohen. Al final de esta estancia, nació en Nueva York nuestra hija Mayte, que con dos meses tuvo que enfrentar el smog de la Ciudad de México. Para cuando regresamos, la situación en la Facultad se había vuelto tensa y así cuando García-Colín fue invitado a trasladarse en 1984 al Instituto de Investigaciones en Materiales, Rosalío y yo decidimos seguirlo. A pesar de que ya habíamos logrado formar un equipo de trabajo bastante compenetrado, los sismos de 1985 y la casi simultánea creación del Laboratorio de Energía Solar del Instituto de Investigaciones en Materiales en Temixco fueron el detonante de mi decisión de salir definitivamente de la Ciudad de México e iniciar una nueva etapa académica en la recién inaugurada subdependencia a partir de 1986. En esta época nació nuestro segundo hijo, Rafael, a quien el ambiente de la *eterna primavera* le sentó bastante mejor que a su hermana la contaminación de México. Tras un periodo breve de adaptación y una nueva estancia posdoctoral en la Universidad Autónoma de Barcelona colaborando con el grupo del Dr. Miguel Rubí entre 1987 y 1988, poco a poco fui organizando y aglutinando un grupo de trabajo en Temixco (semilla de la actual Coordinación de Física Teórica) y consolidando mi perfil como investigador independiente. Entre los hechos anecdóticos y trascendentes de

este periodo, es preciso mencionar que durante el ciclo escolar 1990 – 1991 vino becado como posdoc para trabajar conmigo el Dr. Vicente Garzó, de la Universidad de Extremadura, quien fue el primer posdoc que hubo en el Laboratorio de Energía Solar. También en 1991 Antonio del Río concluyó su tesis doctoral bajo mi dirección, siendo ésta la primera tesis doctoral que yo dirigí y también la primera dirigida por personal del Laboratorio. Mis compañeros de trabajo y algunos otros colegas han sugerido que con esta labor productiva y continuada, contribuí de manera fundamental a la gestación exitosa del actual Centro de Investigación en Energía de la UNAM, que se separó del Instituto de Investigaciones en Materiales en Diciembre de 1996. Esta apreciación, independientemente de que la considero exagerada, me resulta no obstante muy satisfactoria desde el punto de vista personal.

En cuanto a mis aportaciones científicas cuya lista hasta el momento se incluye al final, cabe señalar que he cultivado esencialmente tres líneas de investigación teórica, todas dentro del área general de la Termodinámica y Mecánica Estadística: la teoría cinética de los gases^{1,4-7} la termodinámica de

¹ M. López de Haro , "Transport properties of dilute binary mixtures with one tracer component", *Kinam A* 6, 93-110, (1984). R. Castillo, M. López de Haro y E. Martina, "Transport coefficients of fluid mixtures", *Int. Journal of Thermophysics* 7, 851-861, (1986). R. Castillo, E. Martina y M. López de Haro, "Transport coefficients from kinetic theory", *Kinam A* 7, 61-73, (1986). R. C. Castillo, E. Martina y M. López de Haro, "Equilibrium distribution of the kinetic variational theory II (KVT II)", *Physica A* 152, 304-308, (1988). R. C. Castillo, E. Martina, M. López de Haro, J. Karkheck y G. Stell, "Linearized kinetic-variational theory and short-time kinetic theory" , *Phys. Rev. A* 39, 3106-3111, (1989). J. M. Kincaid, R-F. Tuo y M. López de Haro, "A test of the modified Enskog theory for self diffusion", *Mol. Phys.* 81, 837-850, (1994). V. Garzó y M. López de Haro, "Kinetic model for heat and momentum transport", *Phys. Fluids* 6, 3787-3794, (1994). V. Garzó y M. López de Haro, "Tracer diffusion under shear flow for general repulsive interactions", *Phys. Fluids* 7, 478-486, (1995). M. López de Haro y V. Garzó, "On shock waves in a dense gas", *Phys. Rev. E* 52 , 5688-5691, (1995). Montanero J.M., López de Haro M., Garzó V. y Santos A., *Simple and accurate theory for strong shock waves in a dense hard-sphere fluid*, *Phys. Rev. E* 60, 7592 - 7595 (1999). Marín C., Garzó V. y López de Haro M., *Shear-rate dependent transport coefficients in a binary mixture of Maxwell molecules*, *Phys. Fluids* 12 (3), 717 - 726 (2000). V. Garzó y M. López de Haro, "Mutual diffusion tensor of a dilute gas under uniform shear flow", en *Rarefied Gas Dynamics* 19, Vol. 1, editado por J. Harvey y G. Lord, (Oxford University Press, Oxford, 1995) pp. 50-56. M. López de Haro y V. Garzó, "Tracer diffusion far from equilibrium", en *CAM-94 Physics Meeting, AIP Conference Proceedings*, Vol. 342, editado por A. Zepeda, (AIP Press, New York, 1995) pp. 737-742. M. López de Haro , J. M. Kincaid y E. G. D. Cohen, "Diffusion coefficients of multicomponent hard-sphere fluid mixtures", *Nota Técnica* 83-

procesos irreversibles^{2,5-9} y las propiedades de transporte y equilibrio de sistemas fluidos simples y poliméricos^{3,10-17}. Dentro de la primera línea, realicé el primer

WA/HT-46 de las memorias de la Session on Properties of Fluid Mixtures, A. S. M. E. Winter Meeting, celebrada en Boston, Massachussets (13 al 18 de noviembre de 1983) pp. 1-5

² R. F. Rodríguez, M. López de Haro y L. F. del Castillo, "Compatibility between extended irreversible thermodynamics and kinetic theory : Uniform Couette flow", J. Non-Equilib. Thermodyn. 10, 1-14, (1985). M. López de Haro , R. F. Rodríguez y L. S. García-Colín, "Fluids with internal degrees of freedom. II. Rayleigh-Brillouin scattering", J. Chem. Phys. 86, 4216-4220, (1987). R. F. Rodríguez, M. López de Haro y O. Manero, "A thermodynamic approach to non-linear viscoelasticity", Rheologica Acta 27, 217-223, (1988). J. M. Kincaid, M. López de Haro y E. G. D. Cohen, Irreversible thermodynamics of polydisperse fluids", Int. Journal of Thermophysics 9, 1031-1040, (1988). M. López de Haro , R. F. Rodríguez y O. Manero, "Temperature effects in the Rayleigh problem for a convected Jeffreys fluid", Rheologica Acta 28, 233-237, (1989). J. A. del Río P. y M. López de Haro, "A generalization of the Richards equation within Extended Irreversible Thermodynamics", Water Resour. Res. 27, 2141-2142, (1991). J. A. del Río P. y M. López de Haro, "Extended Irreversible Thermodynamics as a framework for transport phenomena in porous media", Transp. in Porous Media 9, 207-221, (1992). O. Manero, R. F. Rodríguez y M. López de Haro, "Anisotropy and thermal stresses in the steady flow of viscoelastic fluids", J. Non-Equilib. Thermodyn. 18, 336-352, (1993). J. A. Montemayor-Aldrete, A. Mendoza y M. López de Haro, "Changes on dislocation energy and subgrain formation in Cu-16 at. %Al at T = 723 K and $\sigma = 39.2$ MPa according to the soft and hard region theory", Rev. Mex. Fís. 42, 598 - 616 (1996) . F. Vázquez, J. A. del Río y M. López de Haro, "Fluctuations far from equilibrium: Hyperbolic transport", Phys. Rev. E 55, 5033-5043 (1997). Cuevas S , Río J.A. del y López de Haro M., *Consequences of a generalised Ohm's law for magnetic transport*, J. Phys. D : Appl. Phys. 32, 639 - 643 (1999). Salas H., Cuevas S. y López de Haro M., *Entropy generation analysis of magnetohydrodynamic induction devices*, J. Phys. D : Appl. Phys. 32, 2605 - 2608 (1999). L. F. del Castillo, R. F. Rodríguez y M. López de Haro, "A new thermodynamic approach to linear viscoelasticity", en Theoretical and applied developments in rheology, editado por C. Rangel-Nafaile, C. A. Cruz Ramos y E. J. Vernon Carter, (Soc. Mex. Reol., México, 1986) pp. 13-16. R. F. Rodríguez, M. López de Haro y L. S. García-Colín, "Mutual diffusion in a binary mixture", en Recent developments in nonequilibrium thermodynamics: Fluids and related topics, Lecture Notes in Physics, Vol. 253, editado por J. Casas Vázquez, D. Jou y J. M. Rubí, (Springer, Berlín, 1986) pp. 343-348. J. A. del Río P. y M. López de Haro, "An Extended Thermodynamic Approach to Transport Phenomena in Porous Media", en Physical Phenomena in Granular Materials, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 195, editado por G. D. Cody, T. H. Geballe y Ping Shen, (M. R. S., Pittsburgh, 1990) pp. 283-288. J. A. Montemayor-Aldrete y M. López de Haro, "A statistical mechanical approach to dislocation creep and the total unloading test on Al-11wt Zn alloy", en Advances in Science, Technology and Applications of Zn-Al Alloys, editado por G. Torres Villaseñor, Y. H. Zhu y C. Piña, (U.N.A.M., México, 1994) pp. 115-120. R. F. Rodríguez, M. López de Haro y O. Manero, "Heat relaxation and anisotropy in polymeric materials", J. Non-Equilib. Thermodyn. 20, 245-251, (1995).

³ M. López de Haro y D. Pugh, "Frequency dependent energetics of a polymer chain represented by the Orwoll - Stockmayer hopping model", Polymer 20, 797-804, (1979). M. López de Haro , "Hopping models for ultrasonic absorption in dilute polymer solutions II", Kinam 3A, 71-86, (1981). L. Ponce-Ramírez, M. López de Haro y C. Lira-Galeana, "Phase equilibria in asymmetric mixtures", Rev. Mex. Fís. 37, S72-S84, (1991). A. Santos, M. López de Haro y S. Bravo Yuste, "An accurate and simple equation of state for hard disks", J. Chem. Phys. 103, 4622-4625, (1995). Bravo Yuste S., Santos A. y López de Haro M., *Structure of multicomponent hard-sphere mixtures*, J. Chem. Phys. 108 (9), 3683 - 3693 (1998). Santos A., Bravo Yuste S. y López de Haro M., *Radial distribution functions for a multicomponent system of sticky hard spheres*, J. Chem. Phys. 109 (16), 6814-6819 (1998). Gonçalves L.L., López de Haro M. y Tagüña-Martínez J., *Relaxation in kinetic models on alternating linear chains*, Phys. Rev. E (2000) (en prensa). M. López de Haro y D. Pugh, "On the origin of the frequency-dependent dynamical properties of dilute polymer solutions", en Advances in Rheology, Vol. 1: Theory, editado por B. Mena, A. García-Rejón y C. Rangel-Nafaile, (U.N.A.M., México, D.F., 1984) pp. 377-388. A. Castrejón, E. Ramos y M. López de Haro, "Multiple solutions in Benard convection", en Synergetics, Order and Chaos, editado por M. G. Velarde (World Scientific, Singapore, 1988) pp. 213-225. M. López de Haro , J. A. del Río P. y S. Whitaker, "A

estudio de los efectos de las distintas aproximaciones de Sonine para el coeficiente de difusión sobre la función de distribución de velocidades⁴, precisé las diferencias entre la teoría estándar y revisada de Enskog para gases densos mono y multicomponentes de esferas duras⁵ y incluyendo las expresiones explícitas para todos los coeficientes de transporte, realicé un análisis muy completo del problema de difusión de una trazadora en un gas en flujo cortante uniforme⁶ y resolví de

generalization of Darcy's law for a viscoelastic fluid", en Lectures on Thermodynamics and Statistical Mechanics. XXIII Winter Meeting on Statistical Physics, editado por M. Costas, R. F. Rodríguez y A. L. Benavides, (World Scientific, Singapore, 1994) pp. 54-70. M. López de Haro, A. Castrejón y E. Ramos, "Modelo teórico de un estanque solar", Memorias de la X Reunión Nacional de Energía Solar, (A. N. E. S., México D. F., 1986) pp. 67-71, reunión celebrada en Guanajuato, Guanajuato (1 al 5 de Octubre de 1986). O. Manero, R. F. Rodríguez y M. López de Haro, "Modelos viscoelásticos no isotérmicos en flujo elongacional", Memorias del II Simposio Latinoamericano de Polímeros SLAP '90 (Soc. Polimérica de México, México, D. F., 1990) pp. 762-767, evento celebrado en Guadalajara, Jalisco (7 al 12 de Octubre de 1990). A. E. Chávez, M. López de Haro y O. Manero, "Modelos dinámicos de soluciones diluidas de polímeros en flujo bidimensional", Memorias del II Simposio Latinoamericano de Polímeros SLAP '90 (Soc. Polimérica de México, México, D. F., 1990) pp. 778-783, evento celebrado en Guadalajara, Jalisco (7 al 12 de Octubre de 1990). L. F. del Castillo, O. Manero, R. F. Rodríguez, M. López de Haro, P. Goldstein y L. S. García-Colín, "Explicación teórica de la ecuación de Williams-Landel-Ferry", Memorias del II Simposio Latinoamericano de Polímeros SLAP '90 (Soc. Polimérica de México, México, D. F., 1990) pp. 784-789, evento celebrado en Guadalajara, Jalisco (7 al 12 de Octubre de 1990). A. E. Chávez, M. López de Haro y O. Manero, "Estudios reológicos de soluciones diluidas de polímeros", Memorias del V Coloquio de Investigación, (E.S.F.M.-I.P.N., México, D. F., 1996), evento celebrado en Zacatenco, México D. F. (4 al 8 de Marzo de 1996). E. Hernández Pacheco, M. López de Haro y R. Best Brown, "Propiedades termofísicas de la mezcla agua-bromuro de litio-etanol amina para su posible uso como fluido de trabajo en un transformador térmico", Memorias de la XXI Reunión Nacional de Energía Solar, (A. N. E. S., México D. F., 1997) pp. 373-377, reunión celebrada en Chihuahua, Chihuahua (1 al 3 de Octubre de 1997). M. López de Haro y J. M. Rubí, "Interacciones hidrodinámicas y el tamaño de las esferas para mancuernas de Rouse-Zimm en flujo cortante estacionario", Memorias del Seminario del Departamento de Polímeros 1986, editadas por M. A. Canseco y L. A. Dávalos, p. 89, Departamento de Polímeros, Instituto de Investigaciones en Materiales de la U. N. A. M. (1987). F. Manzini, A. Castrejón, M. López de Haro y E. Ramos, "2D-Model of a LMMHD generator, Laboratorio de Energía Solar, Instituto de Investigaciones en Materiales de la U. N. A. M., Reporte Interno (1987).

⁴ M. López de Haro, "Chapman-Enskog velocity distribution for tracer diffusion", J. Stat. Phys. 57, 907-920, (1989).

⁵ M. López de Haro, E. G. D. Cohen y J. M. Kincaid, "The Enskog theory for multicomponent mixtures. I. Linear transport theory", J. Chem. Phys. 78, 2746-2759, (1983). J. M. Kincaid, M. López de Haro y E. G. D. Cohen, "The Enskog theory for multicomponent mixtures. II. Mutual diffusion", J. Chem. Phys. 79, 4509-4521, (1983). M. López de Haro y E. G. D. Cohen, "The Enskog theory for multicomponent mixtures. III. Transport properties of dense binary mixtures with one tracer component", J. Chem. Phys. 80, 408-415, (1984). J. M. Kincaid, E. G. D. Cohen y M. López de Haro, "The Enskog theory for multicomponent mixtures. IV. Thermal diffusion", J. Chem. Phys. 86, 963-975, (1987). M. López de Haro y V. Garzó, "On the Burnett equations for a dense monatomic hard-sphere gas", Physica A 197, 98-112, (1999).

⁶ V. Garzó y M. López de Haro, "Tracer diffusion in shear flow", Phys. Rev. A 44, 1397-1390, (1991). V. Garzó y M. López de Haro, "Kinetic models for diffusion in shear flow", Phys. Fluids A 4, 1057-1069, (1992). V. Garzó y M. López de Haro, "Effect of mass-ratio dependence of the force law for tracer diffusion in shear flow", Phys. Fluids A 5, 1059-1061, (1993). J. A. del Río P. y M. López de Haro, "Hacia una ecuación de diseño para materiales selectivos de la radiación solar", Memorias de la XV Reunión

manera cerrada el problema del flujo de Couette para el modelo cinético elipsoidal, que es altamente no lineal⁷.

En lo que se refiere a la segunda línea, he contribuido a la consolidación de una extensión de la termodinámica irreversible clásica, la llamada termodinámica irreversible extendida, inicialmente con el Dr. García-Colín, Rosalío Rodríguez y el grupo de Bellaterra⁸ y posteriormente con mis estudiantes y colaboradores más jóvenes. En particular con estos últimos, Antonio del Río, Federico Vázquez y Sergio Cuevas, he desarrollado la formulación variacional de esta teoría⁹ y me he preocupado por darle un sustento microscópico o formal¹⁰, además de buscar sistemas o problemas donde las principales hipótesis de la teoría pueden ser

Nacional de Energía Solar, (A. N. E. S., México D. F., 1991) pp. 64-68, reunión celebrada en Zacatecas, Zacatecas (30 de Septiembre al 4 de Octubre de 1991). J. A. del Río P., M. López de Haro y F. Vázquez, "Sobre la termodinámica de no equilibrio del almacenamiento químico de la energía solar", Memorias de la XV Reunión Nacional de Energía Solar, (A. N. E. S., México D. F., 1991) pp. 289-292, reunión celebrada en Zacatecas, Zacatecas (30 de Septiembre al 4 de Octubre de 1991). L. S. García-Colín, L. F. del Castillo, M. López de Haro y R. F. Rodríguez, "Extended non-equilibrium thermodynamics: a comparison between two approaches", Departamento de Polímeros, Instituto de Investigaciones en Materiales de la U. N. A. M., Publicaciones Internas, No. 1 (1986).

⁷ V. Garzó y M. López de Haro, "Nonlinear transport for a dilute gas in steady Couette flow", *Phys. Fluids* 9, 776 - 787 (1997).

⁸ L. S. García-Colín, J. A. Robles Domínguez y M. López de Haro, "Phenomenological derivations of the Burnett and higher order hydrodynamic equations", *Kinam* 2, 407-413, (1980). L. S. García-Colín y M. López de Haro, "The Burnett equations in extended irreversible thermodynamics", *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 7, 95-104, (1982). L. S. García-Colín, M. López de Haro, R. F. Rodríguez, D. Jou y J. Casas-Vázquez, "On the foundations of extended irreversible thermodynamics", *J. Stat. Phys.* 37, 465-484, (1984). M. López de Haro, R. F. Rodríguez y L. S. García-Colín, "Effects of spatial variations in extended irreversible thermodynamics", *Physica A* 128, 535-540, (1984). R. F. Rodríguez, L. S. García-Colín, M. López de Haro, D. Jou y C. Pérez García, "The underlying thermodynamic aspects of generalized hydrodynamics", *Phys. Lett. A* 107, 17-20, (1985). D. Jou, C. Pérez García, L. S. García-Colín, M. López de Haro y R. F. Rodríguez, "Generalized hydrodynamics and extended irreversible thermodynamics", *Phys. Rev. A* 31, 2502-2508, (1985). R. F. Rodríguez, L. S. García-Colín y M. López de Haro, "Extended thermodynamic description of diffusion in an inert binary mixture", *J. Chem. Phys.* 83, 4099-4102, (1985). M. López de Haro, L. F. del Castillo y R. F. Rodríguez, "Linear viscoelasticity and irreversible thermodynamics", *Rheologica Acta* 25, 207-213, (1986). C. Pérez García, D. Jou, M. López de Haro, R. F. Rodríguez y L. S. García-Colín, "An extended thermodynamic approach for the longitudinal velocity correlation function", *Physica A* 135, 251-260, (1986).

⁹ J. A. del Río, M. López de Haro y F. Vázquez, "Non-Equilibrium thermodynamics of the soil-water system: A variational approach", *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 17, 67-76, (1992).

¹⁰ R. F. Rodríguez y M. López de Haro, "On the closure assumption in extended irreversible thermodynamics", *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 14, 37-44, (1989). J. A. del Río P. y M. López de Haro, "On the criteria for deriving approximations of different orders in Extended Irreversible Thermodynamics", *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 15, 59-72, (1990). M. López de Haro, J. A. del Río P., F. Vázquez y S. Cuevas, "On the contribution of the Mexican school to extended irreversible thermodynamics", *Rev. Mex. Fís.* 39, 63-76, (1993).

contrastadas. Estas contribuciones han sido consideradas por otros como importantes para establecer lo que en la literatura especializada se conoce como la Escuela Mexicana de Termodinámica Irreversible.

La tercera línea es más amplia y se inicia en los sistemas poliméricos con mi trabajo doctoral. En éste se desarrollan modelos simples para entender procesos de relajación en la región de frecuencias altas para soluciones poliméricas diluidas¹¹. Posteriormente evalué los efectos de interacciones hidrodinámicas de orden superior en las propiedades reológicas¹² e investigué modelos estocásticos simples para relajación dieléctrica y energética en cadenas poliméricas lineales¹³. De singular trascendencia dentro de estos trabajos es la demostración por primera vez de la conexión entre modelos microscópicos estocásticos *bona fide* y el llamado escalamiento de Nagel, que de manera empírica ha sido ampliamente usado para describir resultados experimentales, trabajo que desarrollé con Lindberg Gonçalves y Julia Tagüña y que tras una larga batalla contra los árbitros nos publicaron en *Physical Review Letters* en Febrero de este año¹⁴. En otro orden de ideas y para

¹¹ D. A. Jones, M. López de Haro y D. Pugh, "A simple model illustrative of some features of polymer dynamics", J. Polym. Sci. (Polym. Phys.) 16, 2215-2236, (1978). M. López de Haro, "Diffusion over barriers: Eigenanalysis of the Smoluchowski equation for bistable potentials", Physica A 111, 65-84, (1982). M. López de Haro, "Frequency dependent energetics of a polymer chain represented by the Ising model", J. Chem. Phys. 78, 546-552, (1983).

¹² M. López de Haro y J. M. Rubí, "Consistently averaged hydrodynamic interaction beyond the Oseen approximation for Rouse-Zimm-Bueche dumbbells in steady shear flow", J. Chem. Phys. 88, 1248-1252, (1988). M. López de Haro, A. Pérez-Madrid y J. M. Rubí, "Hydrodynamic effects in polymer solutions. I. Friction coefficients in steady elongational flow", J. Chem. Phys. 88, 7964-7969, (1988). A. E. Chávez, M. López de Haro y O. Manero, "Hydrodynamic interactions in dilute polymer solutions", J. Stat. Phys. 62, 1255-1266, (1991). M. López de Haro, J. Bonet-Avalos, A. Pérez-Madrid y J. M. Rubí, "Hydrodynamic interactions in polymer solutions", en Lectures on Thermodynamics and Statistical Mechanics. XVIII Winter Meeting on Statistical Physics, editado por A. E. González, C. Varea y M. Medina Noyola, (World Scientific, Singapore, 1989) pp. 151-163.

¹³ M. López de Haro, J. Tagüña-Martínez, B. Espinosa y L. L. Gonçalves, "A simple model for relaxation phenomena in linear polymers", J. Phys. A: Math.Gen. 26, 6697-6709, (1993); *Corrigendum*, *ibid.*, 7353 (1997). M. López de Haro, L. L. Gonçalves y J. Tagüña-Martínez, "Relaxational Heat Capacity and Universality in Linear Polymer Chains", Mod. Phys. Lett. B 10, 1441 - 1446 (1996). J. Tagüña-Martínez, M. López de Haro, B. Espinosa y L. L. Gonçalves, "Temperature dependence of the dielectric relaxation near the glass transition in linear polymers", en Lectures on Thermodynamics and Statistical Mechanics. XX Winter Meeting on Statistical Physics, editado por M. López de Haro y C. Varea, (World Scientific, Singapore, 1991) pp. 110-121.

¹⁴ Gonçalves L.L., López de Haro M., Tagüña-Martínez J. y Stinchcombe R. B., *Nagel plots, relaxation and universality in the kinetic Ising model on an alternating isotopic chain*, Phys. Rev. Lett. 84 (7), 1507 -

hacer contacto con algunos de los resultados de la termodinámica irreversible extendida pero evitando las críticas que pudieran hacerse a esta teoría, aproveché la experiencia de Antonio del Río y la relación que éste inició con el Dr. Steve Whitaker para estudiar la permeabilidad dinámica de un fluido de Maxwell en un medio poroso¹⁵, estudio que es pionero en este campo. Los resultados, que podrían encontrar aplicaciones prácticas muy importantes, indican un aumento sorprendente de esta cantidad para ciertas frecuencias con respecto al valor estático y, en el caso de un modelo simple de medio poroso, se caracterizó totalmente el fenómeno en términos de las propiedades termofísicas del fluido y de la geometría del medio. Por otra parte, en épocas más recientes y a raíz de la estancia posdoctoral de Vicente Garzó en Temixco, inicié una colaboración muy productiva con el grupo del Dr. Andrés Santos de la Universidad de Extremadura, con quienes estudié las propiedades termodinámicas y estructurales de fluidos simples y mezclas de esferas duras^{16,17}. De particular interés ha sido nuestra contribución a apoyar la existencia

1510 (2000). S. Bravo Yuste, A. Santos y M. López de Haro, "Demixing in binary mixtures of hard hyperspheres ", Europhys. Lett. (2000) (en prensa).

¹⁵ M. López de Haro, J. A. del Río P. y S. Whitaker, "Flow of Maxwell fluids in Porous Media", Transp. in Porous Media 25, 167-192 (1996). Río J.A. del, López de Haro M. y Whitaker S., *Enhancement in the Dynamic Response of a Viscoelastic Fluid Flowing in a Tube*. Phys. Rev. E 58, 6323-6327 (1998).

¹⁶ S. Bravo Yuste, M. López de Haro y A. Santos, "Structure of hard-sphere metastable fluids", Phys. Rev. E 53, 4820 - 4826 (1996). S. Bravo Yuste, A. Santos y M. López de Haro, "Direct correlation functions and bridge functions in additive hard-sphere mixtures ", Mol. Phys. 98, 439 - 446 (2000). S. B. Yuste, A. Santos y M. López de Haro, "Radial distribution functions in hard-sphere mixtures", Anales de Física. Monografías 4, J. A. Cuesta and A. Sánchez, editors, FisEs '97, VIII Reunión de Física Estadística (VIII Spanish Meeting on Statistical Physics), (CIEMAT, Madrid, 1998) pp. 169 - 170. Proceedings of the Meeting held at Universidad Carlos III de Madrid, Getafe, Madrid, Spain (25 al 27 de Septiembre de 1997). M. López de Haro , A. Santos y S. Bravo Yuste, "Una ecuación de estado simple para un fluido de discos duros", Memorias de la V Escuela de Verano en Física " La visión molecular de la materia", editadas por J. Recamier Angelini (U. A. E. M., Cuernavaca, Mor., 1997) pp. 104 -111. Evento celebrado en Cuernavaca, Morelos (12 al 30 de Agosto de 1996). M. López de Haro , A. Santos y S. Bravo Yuste, "A student-oriented derivation of a reliable equation of state for a hard-disc fluid", Eur. J. Phys. 19, 281-286 (1998). Montanero J. M., López de Haro M., Garzó V. y Santos A., *Strong shock waves in a dense gas: Burnett theory versus Monte Carlo simulation*, Phys. Rev. E 58 (6), (1998). Santos A., Bravo Yuste S. y López de Haro M., *Equation of state of a multicomponent d-dimensional hard-sphere fluid*, Mol. Phys., 96 (1), 1 - 5 (1999).

de una transición vítrea en el fluido de esferas duras, investigación en la que también colaboró mi entonces estudiante de doctorado Miguel Robles¹⁷.

Además de la impartición continuada de cursos en bachillerato, licenciatura y posgrado y de la dirección o codirección de tesis de licenciatura (3), maestría (2) y doctorado (4), misma que se ha materializado en publicaciones o trabajos presentados en congresos desarrollados en colaboración con los estudiantes, he procurado participar en la consolidación de la Física Estadística en México a través de la organización durante varios años de las Reuniones de Invierno de esta disciplina y de la edición de las memorias correspondientes. Cabe señalar que estas reuniones se han desarrollado ya durante 29 años de manera ininterrumpida, que en ellas han participado distinguidos invitados nacionales y extranjeros y que nos tocó a la Dra. Carmen Varea y a mí cargar con el peso que significó su supervivencia en un periodo particularmente difícil.

Otro aspecto que conviene comentar es mi amplia participación en cuerpos colegiados y comités evaluadores, tanto de la UNAM como de otras instituciones como el SNI, la UAM, la SEP y la Academia Mexicana de Ciencias. En esta última, fui coordinador de la Sección de Física durante el bienio 1998-2000. En particular, me causa una gran satisfacción el haber sido elegido como representante del personal académico tanto del Instituto de Investigaciones en Materiales como del Centro de Investigación en Energía ante el CTIC. En este órgano colegiado he podido conocer mucho mejor a la UNAM y su funcionamiento, a su cuerpo directivo, y participar en la toma de decisiones importantes tanto para la Universidad como para el desarrollo de la ciencia en el país.

¹⁷ M. Robles y M. López de Haro, "On the contact values of the derivatives of the hard-sphere radial distribution function ", J. Chem. Phys., 107, 4648- 4656 (1997). Robles M., López de Haro M., Santos A. y B. Yuste S., *Is there a glass transition for dense hard-sphere systems?*, J. Chem. Phys. 108 (3), 1290 - 1291 (1998).

Me parece pertinente señalar que, además del homenaje que el Centro me brinda en esta ocasión, he tenido la plena satisfacción de que mi labor ha sido reconocida a varios niveles. Por una parte, mi trabajo ha sido bastante citado en la literatura especializada (450 citas en artículos en revistas y varias más en libros). Por otra, alcancé el nivel más alto en mi carrera académica (Investigador Titular “C” en la UNAM en 1991 y Nivel III del SNI en 1993) y mi productividad me ha hecho merecedor del nivel D en el PRIDE por segunda ocasión (1998). También recibí la Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el Área de Ciencias Exactas y el Premio de Investigación de la Academia de la Investigación Científica en 1992, además de la Presea “Tlacaélel” en 1997, la Medalla Marcos Moshinsky en 1998 y el Premio a la Investigación Científica 2000 de la Sociedad Mexicana de Física. Por otro lado, la tesis doctoral de Antonio del Río, que como mencioné arriba fue la primera tesis de doctorado que dirigí, se hizo acreedora al Premio Weizmann en el Área de Ciencias Exactas en 1991.

Para concluir con esta retrospectiva, no puedo dejar de mencionar que estoy convencido de que los logros científicos no son el resultado de una labor individual y aislada, sino que es la colaboración y el trabajo conjunto lo que los produce. En este aspecto quiero enfatizar que he tenido la gran fortuna a lo largo de toda mi carrera de encontrar, más que colaboradores, amigos en varias partes del mundo. Y deseo por ello mencionar ahora explícitamente a todos mis coautores: David Jones (Australia), Lindberg Gonçalves (Brasil), Josep Bonet Ávalos, Santos Bravo Yuste, José Casas Vázquez, Vicente Garzó, David Jou, José María Montanero, Concepción Marín, Carlos Pérez García, Agustín Pérez Madrid, José Miguel Rubí y Andrés Santos (España), John Karkheck, John M. Kincaid, George Stell, R.-F. Tuo y Steve Whitaker (Estados Unidos), David Pugh (Gales), Eddie Cohen (Holanda), Robin Stinchcombe (Inglaterra), José Alejandre, Roberto Best, Rolando Castillo, Alfredo Castrejón, Sergio Cuevas, Enrique Chávez, Luis Felipe del

Castillo, Antonio del Río, Beatriz Espinosa, Minerva González, Patricia Goldstein, Eduardo Hernández, Carlos Lira, Octavio Manero, Fabio Manzini, Esteban Martina Boggetto, Alejandro Mendoza, Jorge Montemayor, Luis Ponce, Eduardo Ramos, Miguel Robles, Rosalío Rodríguez, Hugo Salas, Julia Tagüeña, Carmen Varea y Federico Vázquez (México). Además de estos entrañables amigos, quienes han tenido una inesperada pero muy importante contribución a mi carrera académica y me han hecho pasar momentos muy divertidos mientras desarrollábamos nuestros trabajos conjuntos, hay otros compañeros que de diversas formas también han aportado su generoso apoyo a mis logros personales. Me refiero a Hans Christian Öttinger y Rudi Schmitz (Alemania), Jim Dufty (Estados Unidos), Anita Mehta (India), Guillermo Aguilar, Rafael Barrio, Virgilio Beltrán, Francisco Bolívar, Ana María Cetto, Angel Dacal, Fernando del Río, Eugenio Cetina, Andrés García-Rejón, José Luis Gázquez, Marcelo Lozada-Cassou, Manuel Martínez, Magdaleno Medina Noyola, Iñaqui Olaizola, Pilar Ruiz Azuara y Tomás Seligman (México).

También es importante señalar que, sin un ambiente de trabajo propicio, es muy difícil consolidar una carrera académica. En este sentido y a pesar de algunos momentos de altibajos que afortunadamente pudimos superar, particularmente en el Laboratorio de Energía Solar que dio origen al actual Centro de Investigación en Energía, he encontrado esa atmósfera adecuada para mi desarrollo académico. En este sentido es justo recordar aquí a Enrique Sansores, quien me abrió las puertas del Laboratorio en 1986, y a todos mis compañeros del Centro que han hecho posible ese agradable ambiente de trabajo durante los últimos quince años. Y si un ambiente de trabajo propicio es indispensable para una carrera académica exitosa, también lo es contar con estabilidad emocional en casa. Así, mi éxito relativo también se ha logrado gracias a quienes por una parte representan lo más querido y el compromiso de hacerlo lo mejor posible todos los días y por la otra han sido las víctimas directas de las horas robadas para que mi carrera siguiera adelante: mi

esposa Rafaela y mis hijos Mayte y Rafael cuyo cariño y apoyo continuo me dan fuerzas para la brega diaria y sin los cuales nada de esto tendría sentido.

Si el reto de describir la trayectoria para alcanzar los niveles más altos no es sencillo, mucho más complicado resulta hablar de lo que se espera en el futuro. Sin embargo, no puedo eludir esa mirada hacia adelante que se menciona en esta serie. Después de los negros nubarrones que se cernieron sobre la UNAM por la huelga de 1999, la esperanza de la democracia que brotó en las últimas elecciones nos invita a esperar mejores tiempos venideros. Pero no podemos ni confiarnos ni dejar de reflexionar acerca de los problemas estructurales que con cierta periodicidad provocan crisis de mayor o menor grado en nuestra Universidad. La inminente creación del Campus Morelos quizás nos ayude a consolidar la labor de investigación que llevamos a cabo en el Centro de Investigación en Energía y a mediano plazo (unos cinco años) me gustaría pensar en que nuestro Centro pudiera convertirse en Instituto. Para ello, todos deberemos aportar nuestro mejor esfuerzo y tener ideas muy claras. Es mi opinión que el grupo teórico no debe crecer desproporcionadamente, sobre todo en relación a los grupos experimentales o de ciencia aplicada, y que su labor debe encaminarse con mayor vigor hacia problemas de ciencia básica que permitan entender, dominar y proponer sistemas y procesos de uso y aprovechamiento de energía, particularmente de fuentes de energía renovables. Pero habiendo señalado lo anterior, no puedo menos que añadir que muchas veces problemas de ciencia básica, investigados por su interés intrínseco, dan lugar a desarrollos aplicados insospechados y permiten la ampliación de los horizontes de investigación. Por tanto, respaldado por los éxitos que como teóricos creo que hemos tenido, esperarí un voto de confianza para que podamos continuar desarrollando nuestro trabajo como hasta ahora. En el corto y mediano plazos, vislumbro el seguir trabajando en las tres grandes líneas en las que he estado interesado desde hace varios años. Como problemas concretos, me propongo

continuar explorando diversas formas de ecuaciones de estado para mezclas de fluidos con interacciones duras y transiciones fluido-fluido en estos sistemas. También intentaré complicar los modelos estocásticos que hemos estudiado para incluir efectos topológicos que nos permitan entender mejor la transición vítrea. En el área de termodinámica de procesos irreversibles, buscaremos procesos y dispositivos en los que, utilizando la producción de entropía, se puedan encontrar parámetros óptimos de diseño u operación. También intentaré profundizar en la relación entre teoremas de fluctuación-disipación y la entropía de la termodinámica irreversible extendida. Y en la teoría cinética, voy a tratar de modelar sistemas granulares con modelos de mezclas fluidas. Todos éstos me parecen problemas fascinantes que espero me mantengan activo durante los próximos años.

UNA MIRADA ATRÁS Y ADELANTE

“Los Misterios de la Tierra”

Surendra P. Verma

Agradezco que se me haya pedido relatar algo sobre mi vida, aunque es una tarea bastante difícil. Como científico no está uno muy acostumbrado a ello; siendo escritor o político quizás hubiera sido más fácil. De cualquier manera, haré un intento.

Yo nací en un pueblo llamado *Farrukhabad*, en el estado de *Uttar Pradesh* en la India, como el hijo primogénito de *Shri Deen Dayal* y *Shrimati Sarla Devi Verma*, y esto fue en 1945 cuando todavía Mahatma Gandhi y colaboradores estaban intentando liberar a la India que aún se encontraba bajo el dominio de los Británicos. Fue pronto en 1947 cuando llegó finalmente tal independencia, pero con la triste división de la India para crear Pakistán (en dos partes lejanas; el occidental – ahora llamado sólo Pakistán, y el oriental –ahora Bangla Desh).

A la edad de los 5 años, fui enviado a la escuela (creo que así se usaba en aquel entonces) en la ciudad de *Agra* (donde se ubica el famoso monumento *Taj Mahal*), en el estado de *Uttar Pradesh*. Sería, entonces, al inicio de mi segundo año de la primaria, cuando mis padres se mudaron, por un corto tiempo, a *Indore* – una ciudad algo lejana, ubicada en otro estado de la India. Sin embargo, regresaron a

Agra en el mismo año escolar. El niño, o sea un servidor, fue sometido a un examen de admisión por encontrarse a la mitad del año escolar. Dado que dominaba ampliamente la aritmética (considerada fundamental en el sistema educativo de la India en esas épocas), éste fue promovido para cursar el tercer grado, lográndose así cubrir dos años escolares en el mismo año – cosa que en aquel entonces se permitía como algo natural.

Terminando la primaria (era de 5 años de escolaridad en la India), resultó que mis padres se trasladaron nuevamente de *Agra* a otra ciudad (*Meerut*, ubicada al norte en el estado de *Uttar Pradesh* donde nací), y para el primer año de la secundaria me enviaron con mi bisabuela y tatarabuela (ambas por parte de mi madre; no hubiera sido necesaria esta aclaración de parentesco si estuviera narrando esto en el idioma *Hindi*), a un pueblo cercano a *Meerut*, llamado *Parikshat Garh* (un pueblo que se toma su nombre del fuerte que perteneció al Rey *Parikshat* – nieto de *Arjuna* – en tiempos mucho antes de Cristo). En la ciudad de *Meerut* fue donde cursé el resto de la secundaria, la preparatoria (*High School*, 1957–1959), y la pre-Universidad (*Intermediate*, 1959–1961). Fue precisamente en esta época que logré primero una beca del *mérito estatal* en 1959 (después de *High School*) y luego del *mérito nacional* en 1961, la cual mantuve durante todos mis estudios universitarios. Cabe señalar que, en aquel entonces, el Gobierno Central de la India tenía establecidas 400 becas del *mérito nacional* para estudiar en alguna universidad del país. Fue también en esta época que mi maestro de física había motivado en mi un especial interés en estudiarla, aunque mis calificaciones en la química se encontraban un poco arriba que en la física.

En la mayoría de las universidades de la India la licenciatura estaba programada para estudiar tres ciencias, y la Universidad de *Agra*, donde estudié, no era ninguna excepción. Cada una de estas ciencias debería cursarse a un mismo nivel – escogí la combinación de mayor “prestigio”, siendo ésta la física, la

química, y las matemáticas. Es interesante mencionar que, como era costumbre (resultaba con mayor “valor matrimonial”), algunos de los estudiantes más brillantes se iban, sin terminar la licenciatura en ciencias, a estudiar la licenciatura en medicina o en ingenierías en otros centros de enseñanza fuera de las universidades – por supuesto, mediante un proceso de selección riguroso y sumamente difícil, con exámenes a escala nacional.

En la maestría (1963–1965), escogí estudiar la física, siendo la opción de mayor demanda y prestigio en aquel entonces, logrando terminar estos estudios a la edad de los 20 años. Era ahora el momento de tomar una decisión importante en mi vida. Muchos compañeros habían optado por encontrar trabajo como profesor en el mismo colegio (*Agra College*) donde habíamos estudiado la maestría (los colegios en la India eran análogas a muchas universidades mexicanas de provincia, como me enteré después). Sin embargo, por azares del destino – y no por mi vocación de ser científico – decidí probar mi suerte en 1965 para buscar la admisión en el *Indian Institute of Science* – el Instituto científico de mayor prestigio en la India – ubicado en la ciudad de *Bangalore*, en el sur de la India – la región que hoy día se conoce como el “*Silicon Valley*” del Continente Asiático. Es interesante mencionar que los montos de las becas doctorales eran muy parecidas a los sueldos iniciales netos de los profesores con maestría (siendo aproximadamente 80 ó 90% de los sueldos). Tuve la suerte de ser admitido para realizar estudios de doctorado en el área de Geología Nuclear dentro del Departamento de Física, siendo éste de muy alto prestigio por la presencia de Sir C. V. Raman - el único premio Nobel de Física en la India, ganado por el llamado Efecto Raman o Espectroscopia Raman.

Creo que, durante mis estudios de doctorado (1965–1969), mi entrenamiento en diversos campos (física, química, geoquímica, geología, incluyendo la instrumentación), fue bastante útil – lo aprecié realmente mucho después en México. Tuve un excelente director de tesis: Prof. V. S. Venkatasubramanian,

quien siendo un Físico recibió el Premio Nacional de Geología, otorgado por la Sociedad Geológica de la India – un premio reservado, en ese país (la India), tradicionalmente para los geólogos. Durante los cuatro años que estuve en el Instituto, todos nosotros – los estudiantes – tuvimos periódicamente los “regaños colectivos” por el profesorado del Departamento de Física. Aunque mi preparación doctoral estaba ligada más a la Geología que a la Física, esto no me impedía presentar las entrevistas privadas, periódicas y obligatorias, con los profesores, cuyas especialidades varían desde la Espectroscopia Raman, Semiconductores, Física de Bajas Temperaturas, Rayos-X, Resonancia Paramagnética, hasta cosas más familiares desde mi punto de vista, como la Espectrometría de Masas, Radiactividad, Geocronología, y Geoquímica con temas de Coeficientes de Partición, y por consecuencia, recibir los regaños correspondientes por no dominar todas las especialidades o disciplinas de la Física. En alguna forma, la tarea de los profesores era hacernos dedicar más a la lectura, y no simplemente a los experimentos de cada uno. Y creo que, para mí, esta tarea de combinar los experimentos con la lectura no fue nada fácil, pues resultó que, en esta época de mi vida, me interesó mucho jugar el tenis, las barajas y en particular, un juego llamado “Bridge”. El vicio llegó a tal grado que participaba en competencias; poco faltó para convertirme en un jugador profesional.

Para no hacer la historia muy larga, después de esta vida de estudiante, y buscando la entrada como profesor en alguna universidad, alcancé un puesto de “*Lecturer*” en la Universidad de Punjab, ubicada en la moderna ciudad de *Chandigarh*, en el norte de la India, con el propósito de iniciar un nuevo laboratorio de geocronología, bajo la supervisión del Prof. Bhanot, quien había trabajado con el Prof. A. O. Nier (Universidad de Minnesota) – el inventor de un nuevo tipo de espectrómetro de masas (el más usado en la actualidad, con un imán tipo sectorial) y el Premio Nobel en Física. Pero el gusto no me duró mucho (mi estancia en

Chandigarh fue por sólo unos tres meses, octubre de 1969 – enero de 1970), pues aunque usted no lo crea, recibí una beca, sin haberla solicitado, por parte del Gobierno de Italia para estudiar en Pisa – cosa que nunca logré comprender con certeza de cómo fue que me llegó una beca del cielo, aunque sí pude adivinar cómo esto había sucedido.

En Italia fue donde estudié la geotermia como alumno del “primer” Curso Internacional Pos-Universitario sobre Geotermia (1970), organizado por el *Istituto Internazionale per le Recherche Geotermiche* en Pisa, bajo el patrocinio de la UNESCO. Y fue precisamente en Italia donde mi destino iba a ser marcado para terminar el resto de mi vida en México – lo digo obviamente por mi bien. El curso de la geotermia duraría menos de un año, y dado que yo ya no tenía a donde ir después de ahí, hablando profesionalmente, empecé a buscar oportunidades. Fui muy afortunado en contar con tres opciones (hacia el final de 1970) – regresar a la India como “repatriado” en el *National Geophysical Research Institute*, aceptar una beca “posdoctoral” para investigar geotermia en Nueva Zelanda, o abrir mi propio camino en el Instituto de Geofísica de la UNAM. Ganó el reto de abrir mi propio camino y de escalar desde un puesto con un nombre muy atractivo “Investigador Especial a Contrato” que, como después me enteré, no era más que equivalente a un Investigador Asociado “A” de tiempo completo (la categoría más baja en la UNAM), y eso fue por un periodo inicial de 6 meses solamente.

Hubo una tardanza de algunos meses en poder venir a México, dado que el Dr. Ismael Herrera, siendo el Director del Instituto de Geofísica, me había ofrecido el empleo, pero pronto cambiaría la Dirección del Instituto. El Dr. Julián Adem estaba de director cuando llegué a México el 1º de abril de 1971. Entre el regreso de Italia a la India y la venida de la India a México, aproveché a presentar mi examen de doctorado (defensa de tesis) para obtener el grado de Doctor en Ciencias (*Ph. D.*), lo cual logré en febrero de 1971. Conviene aclarar que yo había dejado

Bangalore en octubre de 1969, después de la presentación de mi tesis doctoral (preparada en una impresión por una máquina de escribir; las computadoras personales aún no existían en aquel entonces), la cual tenía que ser examinada por tres expertos, dos de los cuales deberían ser de instituciones extranjeras, de preferencia, del primer mundo. Esta política, aunque era muy sana para mantener un nivel competitivo internacional para las tesis doctorales, causaba largos tiempos de espera para el examen final.

En la UNAM, contando yo con una plaza sumamente baja (equivalente a Investigador Asociado “A”), cuando el Dr. Adem me pidió que me comprometiera para quedarme en México, por lo menos por algunos años. Mientras yo decidía a quedarme en México, un día de esos me dice el Dr. Adem: “Dr. Pal, ¿es usted realmente Dr.?” lo cual me sorprendió enormemente. Resulta que curiosamente mi título de Doctor (enviado a posteriori, a la carta de contratación por el Instituto de Geofísica, a mi Jefe inmediato en aquel entonces, el M.C. Luis del Castillo) no había sido integrado a mi expediente. Una vez rectificado este error, tuve un ascenso a la categoría de Investigador Asociado “C” (la categoría que realmente me correspondía a mi ingreso en el Instituto de Geofísica), en menos de un año de haberme incorporado a la UNAM. Y luego de haberse tomado en cuenta las publicaciones que había acumulado a mi crédito en otro año, ya contaba con la categoría de Investigador Titular “A”.

Es digno de mencionar que el proyecto de mi vida personal, en particular mi unión con *Terul* el 14 de febrero de 1974, y posteriormente el nacimiento de mis hijos: *Viresh* el 22 de junio de 1976 y *Sarika Devi* el 22 de febrero de 1978, influyó en forma positiva la decisión de quedarme definitivamente en México, aunque los vínculos con la India, mediante visitas periódicas a ver mis padres y otros familiares y amigos, nunca dejaron de existir, y siguen siendo una realidad hasta la fecha.

Desde mi incorporación en 1971, habíamos iniciado, en el Instituto de Geofísica, con la instalación y puesto en marcha de un laboratorio de paleomagnetismo. Varios estudiantes (David Terrell, Jaime Urrutia, Emilio Herrero, entre otros) y un técnico académico (Roberto Carrillo) se habían incorporado ya al equipo de trabajo. Pero, por alguna razón, la investigación paleomagnética no me satisfacía totalmente a mis inquietudes científicas (quizás debido a mi formación en Geología Nuclear), comencé, usando laboratorios del Instituto de Física de la UNAM y del ININ (Salazar), los análisis químicos de materiales geológicos mediante métodos nucleares. De esta manera, pude convencer a las autoridades universitarias de la gran utilidad de iniciar la investigación geoquímica y de proporcionar inversión necesaria para contar con la instrumentación básica para el conteo de rayos- γ . Pero como la palabra Geoquímica era prohibida para el Instituto de Geofísica en aquel entonces, siendo “propiedad única” del Instituto de Geología, bautizamos a nuestro grupo con el nombre de “Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear”. Llegamos así a realizar la investigación bastante sofisticada (para aquellos tiempos) en Geofísica Nuclear (aplicación de Métodos Nucleares a la Geoquímica), hasta que, un buen día, una huelga prolongada en la UNAM acabó con todo. Por falta de mantenimiento por nitrógeno líquido, se echaron a perder los costosos detectores de rayos- γ . Luego, a pesar de que la UNAM ofrecía reestablecer esto, decidí no hacerlo, y mejor tomar el año sabático en un buen laboratorio del extranjero.

Es importante destacar que para entonces, yo ya había alcanzado la categoría de Investigador Titular “B” en la UNAM (y esto había sido en enero de 1974). Así mismo, se había establecido un grupo bastante sólido de investigación, con David Terrell (Investigador Titular “A” en la UNAM y después investigador en el IMP, y actualmente ex-científico heredero de una “fortuna”), Jaime Urrutia Fucugauchi (actualmente Investigador Titular “C” e Investigador Nacional Nivel III, y Director

del Instituto de Geofísica), Emilio Herrero Berbera (actualmente Investigador Titular en la Universidad de Hawaii), Margarita López Martínez (actualmente Investigadora Titular en el CICESE y Investigador Nacional Nivel II), y José Pérez Reynoso (un excelente geólogo quien salió de la UNAM para probar suerte en la explotación de minas de plata en el Estado de Oaxaca).

Dado que desde 1975 (en menos de 4 años de haberme incorporado a la UNAM), yo ya había obtenido la “definitividad” en la UNAM con la categoría de Titular “B”, y en 1979 ya contaba con varios años de experiencia, solicité aspirar la máxima categoría, pero esto no fue posible. Creo que es bastante común que uno evalúe más alto a uno mismo. No reconociendo esta posible sobre-evaluación, apelé la decisión negativa, solicitando que mi expediente fuese revisado por personas externas a la UNAM. Sin embargo, esto no se tomó en cuenta; fueron los “expertos” con menor categoría a la solicitada, los responsables para ratificar nuevamente esta decisión negativa. Aquí cabe una reflexión, creo yo, que la UNAM, aún hoy día, requiere de un sistema de evaluación mucho más justo, equitativo, y sobre todo, transparente.

En esas fechas, tuve la suerte de ser invitado a E.U.A. (en 1979 – el mismo año de la solicitud de promoción a Titular “C”) con un nombramiento de “*Associate Professor*” en la Universidad de Minnesota, para impartir un curso sobre Geología Isotópica y realizar investigación en propiedades magnéticas de rocas en el laboratorio del Prof. Subir Banerjee, lo cual fue una experiencia muy positiva. Adicionalmente, durante este tiempo, se me confirmó la estancia de un año como “*Research Associate*” en la Universidad de Rhode Island, y lo más importante fue que, para ello, pude aprovechar mi año sabático y asociarme con el Prof. Jean-Guy Schilling (1979–1980). Creo que estas dos fueron las estancias que aportaron grandes cambios y superación académica en mi vida. Schilling ha sido pionero en el modelado geoquímico; pude aprender algunos aspectos básicos que

me han llevado a realizar aportaciones fundamentales para la ciencia geoquímica mexicana. Nuestra estadía en el pequeño pueblo de *Jamestown* (una preciosa isla ubicada en el estado de *Rhode Island*) fue algo determinante también en mi proyecto familiar, con mi esposa e hijos.

Logré que durante esta estancia, además de trabajar sobre el área de Galápagos en un proyecto de la Universidad de *Rhode Island*, usaría el laboratorio para mis propias muestras de México. Al regresar del sabático, volví a solicitar la promoción a Investigador Titular “C” y la logré. Como verán, el único cambio entre 1979 y 1981 había sido el reconocimiento por E.U.A. de haberme ofrecido las estancias, pagadas por ellos, en estas dos universidades de prestigio en las Geociencias.

Un año de residencia y posteriormente otra de 4 semanas en la Universidad de *Rhode Island*, me trajo la posibilidad de contribuir con varios trabajos importantes, siendo dos en “*Nature*” como único y primer autor respectivamente, y otro en “*Journal of Geophysical Research*”, además de varios otros en revistas internacionales en el campo de la Geoquímica.

A pesar de haber logrado la máxima categoría en la UNAM en 1981, consideré prioritario buscar una “salida” del Distrito Federal, con la mira de mejorar la calidad de nuestra vida, sobre todo para mi familia y, en especial, para mis hijos, y prever el futuro “no muy promisorio” de la Ciudad de México. Dado que no existían posibilidades reales de salir del D.F. tratando de seguir trabajando para la propia UNAM, busqué oportunidades en el CICESE (Ensenada) y el IIE (Cuernavaca). Y parece ser que me estaban “esperando” en el IIE – cosa curiosa que me hace creer en el destino. Ingresé al IIE para realizar estudios de radón en campos geotérmicos. Fueron varios años agradables en la realización de la Ciencia en el IIE. Fue precisamente aquí donde decidí concentrar todo mi esfuerzo en comprender el origen y la evolución de los magmas en el Cinturón Volcánico

Mexicano (CVM), que consta de unos 8,000 aparatos volcánicos y una amplia reserva de la energía geotérmica. En este sentido, busqué algunos apoyos importantes – por un lado, inicié la edición de un número especial de “Geofísica Internacional” sobre el CVM (resultaron finalmente cuatro números, y tuve que detener esta actividad para irme a Alemania; de lo contrario, estuviéramos sacando más números especiales todavía hoy día, aunque ¡qué bueno hubiera sido!), y por otro, encontré la entrada al prestigioso *Max-Planck-Institut für Chemie* en Mainz, mediante el patrocinio de la Fundación *Alexander von Humboldt* de Alemania. Fueron casi dos años de estancia (1986–1988) en el *Max-Planck* que me proporcionaron la quinta oportunidad más grande de mi vida, después de haber estudiado en el Instituto Indú de Ciencias, trabajado en la UNAM, establecido en México con Terul y haber criado dos hijos maravillosos, y logrado relativamente largas estancias en dos Universidades de E.U.A. Fue precisamente durante este periodo (en 1987) que se me otorgó el máximo nivel (III) de Investigador Nacional por el Sistema Nacional de Investigadores, habiéndome ingresado en nivel II en 1984 desde el inicio de este sistema.

Al regreso de Alemania, encontré desafortunadamente grandes cambios en las políticas de investigación en el IIE. Pero a pesar de ello, permanecí en esa institución, por un buen tiempo, como muestra de mi agradecimiento al apoyo institucional que se me había brindado en años anteriores, por medio de sus directivos: el Ing. Guillermo Fernández de la Garza y el Dr. Pablo Mulás del Pozo.

Aproveché mi experiencia en la Geoquímica para fundar en Cuernavaca en 1990, junto con otros miembros de la comunidad nacional, una nueva asociación “Instituto Nacional de Geoquímica, A. C.”, que, desde su inicio, ha venido reforzando la investigación y la enseñanza en esta importante rama de las Geociencias. Por otra parte, debo aclarar también que, durante todos estos años (desde mi llegada a México en 1971), no deje de participar activamente, como una

tarea complementaria, en la formación de jóvenes mediante la impartición de cursos y dirección de tesis, tanto nivel licenciatura como de posgrado, dado que creo firmemente que la renovación y el avance de la Ciencia y la Tecnología en una sociedad requieren de estas tareas fundamentales por parte de los investigadores establecidos. Y es por ello que sigo realizando actualmente estas tareas en forma continua.

Regresando a la problemática de los años noventa en el IIE, el divorcio definitivo de la Ciencia y la Tecnología demostrado y practicado allí, con la consecuente desafortunada eliminación de la Ciencia, siendo estos los hechos sumamente lamentables para el sector energético en México, me obligó eventualmente buscar una salida voluntaria de esta institución, la cual considero es condenada a morir si no se cambia su política.

Doy gracias a la inteligencia e iniciativa de los Doctores Antonio del Río y Roberto Best, por haberme invitado a impartir un seminario en el Laboratorio de Energía Solar (LES) en Temixco, Morelos, y luego haberme platicado “lo bueno” que era trabajar aquí. Realmente, me convencieron para que yo intentara ingresar al LES. Y esto es lo que hice precisamente el 14 de febrero de 1995; ingresé al LES a pesar del Dr. Ariel Valladares, y logré seguir aquí hasta conseguir la conversión del LES al Centro de Investigación en Energía, cuya historia todos ustedes ya conocen. Y aquí me tienen. Espero seguir siendo útil para la comunidad, tanto nacional como internacional. Gracias!

A continuación, quiero presentarles un análisis estadístico de mis trabajos y su impacto nacional e internacional, en la ciencia universal, y a través de ello, señalar los fracasos y los éxitos que pertenecen a mi carrera científica, así como también las implicaciones que tiene este análisis para la política científica mexicana.

El impacto de los trabajos realizados ha sido muy variable (ver Tablas 1–3; Figuras 1 y 2).

Este impacto se midió en función de número de citas externas, principalmente en revistas arbitradas. Como una norma, una cita externa se define como aquel trabajo de literatura que cita una publicación, donde ninguno de los autores del trabajo citado aparece en la lista de los autores del trabajo que la cita, generalmente posterior a la fecha del trabajo citado. La columna de autoría (Tablas 1–3) presenta el lugar que ocupé entre los autores de un determinado trabajo.

El análisis de los trabajos que tuvieron muy bajo impacto (<3 citas externas; Tabla 1) demuestra varios puntos importantes, entre los cuales destaca lo siguiente. No es una buena idea que los investigadores jóvenes con poca experiencia traten de publicar en revistas de relativamente bajo impacto como fue en los años setenta (y probablemente todavía lo es) la revista “Geofísica Internacional” (Geofís. Int.).

Tabla 1. Trabajos arbitrados con 0 - 2 citas externas				
Autor(es) del trabajo	Autoría	Año	Revista	# Citas
Venkatasubramanian et al.	2/4	1970	Proc. Symp. U.M.P.	2
.....				
Pal	1	1972	Geofis. Int.	1
Pal	1	1973	Geofis. Int.	0
Pal et al.	1/3	1974	Geofis. Int.	1
Urrutia F. + Pal	2/2	1976	Geofis. Int.	0
Urrutia F.+ Pal	2/2	1976	Geofis. Int.	1
Terrell + Pal	2/2	1978	Geofis. Int.	0
.....				
Carrillo et al.	3/3	1978	Rev. Sci. Instrum.	1
Haq et al.	m/n	1978	Geotimes	0
Pal + Urrutia F.	1/2	1978	P. E. P. I.	2
Terrell et al.	2/3	1978	Geofis. Int.	2
Pérez R. et al.	2/5	1979	Geofis. Int.	2
Terrell + Pal	2/2	1979	Geofis. Int.	1
Pal	1	1979	Geofis. Int.	1
Pal	1	1979	Adv. Earth. Planet. Sci.	1
Verma + Banerjee	1/2	1981	Init. Rept. DSDP	1
Verma + Banerjee	1/2	1982	P. E. P. I.	1
Verma	1	1982	Init. Rept. DSDP	1
Verma	1	1985	G.R.C. Trans.	0
Siebe + Verma	2/2	1988	Chem. Erde	0
Verma+Aguilar-Y-Vargas	1/2	1988	Chem. Erde	1
M.P. Verma et al.	3/3	1990	Geothermics	0
Verma et al.	1/3	1992	J. S. A. E. S.	0
Velasco + Verma	2/2	1993	Geofis. Int.	0
Verma et al.	1/6	1993	Geofis. Int.	0
Santoyo + Verma	2/2	1993	Geofis. Int.	0
Verma et al.	1/4	1993	Geofis. Int.	0
Andaverde et al.	2/3	1993	Geofis. Int.	0
De la Fuente-G. + Verma	2/2	1993	Geofis. Int.	0
Verma + Luhr	1/2	1993	Geofis. Int.	2
Besch et al.	2/6	1993	Geofis. Int.	1
Verma + Andaverde	1/2	1993	Geofis. Int.	0
.....				
Verma	1	1997	Geostand. Newslett.	1
Verma + Rodríguez-Gonz.	1/2	1997	Geothermics	1
Velasco + Verma	2/2	1997	Math. Geol.	0
Verma et al.	1/3	1998	Comput. & Geosci.	0
Verma et al.	1/3	1998	Chem. Erde	0
Verma et al.	1/3	1998	Geostand. Newslett.	0
Vasconcelos-F. et al.	3/3	1998	Bol. Soc. Esp. Min.	0

Verma	1	1998	Geofís. Int.	0
Verma	1	1998	Geofís. Int.	0
Márquez et al.	2/5	1999	J. V. G. R.	0
Verma	1	1999	J. V. G. R.	0

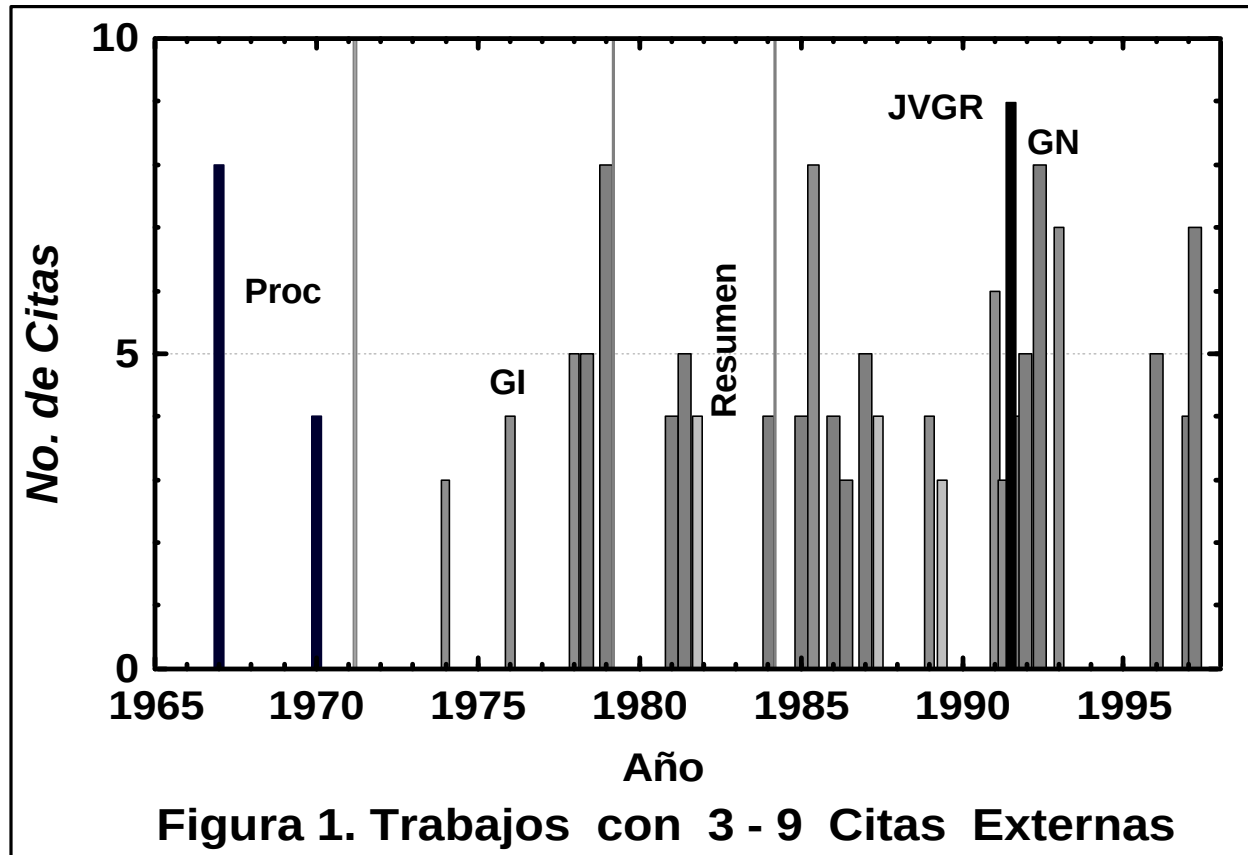
Tabla 2. Trabajos con 3 - 9 citas externas

Autor(es) del trabajo	Autoría	Año	Revista	# Citas
Pal et al.	1/3	1967	Proc. Symp. U.M.P.	8
Venkatasubramanian et al.	3/3	1970	Proc. II Symp. U.M.P.	4
.....				
Pal	1	1974	Geofís. Int.	3
Pal et al.	1/3	1976	Geofís. Int.	4
Herrero B. + Pal	2/2	1978	Geofís. Int.	5
López M. Et al.	4/5	1978	Geochem. J.	5
Terrell et al.	2/4	1979	Chem. Geol.	8
.....				
Verma	1	1981	Chem. Geol.	4
Verma	1	1981	Init. Rept. DSDP	5
Verma	1	1981	Resumen U.G.M.	4
Kutty et al.	4/4	1984	Lithos	4
Verma	1	1985	P. E. P. I.	4
Verma + Armienta H.	1/2	1985	Geofís. Int.	8
Verma + Verma	1/2	1986	J. Geol. Soc. India	4
MP Verma et al.	3/3	1986	Comput. & Geosci.	3
Guevara + Verma	2/2	1987	X-Ray Spectrom.	5
Verma + Dobson	1/2	1987	Resumen A.G.U.	4
Carrasco-Núñez et al.	3/3	1989	Rev. I. Geol. UNAM	4
Verma et al.	1/3	1989	Resumen E.G.S.	3
Anguita et al.	2/5	1991	Geofís. Int.	6
Castillo-Román et al.	2/3	1991	Geofís. Int.	3
Verma et al.	1/3	1991	J. V. G. R.	9
Santoyo et al.	2/4	1991	J. V. G. R.	4
Verma	1	1991	Lanthan. Actin. Res.	5
Verma et al.	1/4	1992	Geostand. Newslett.	8
Milán et al.	4/5	1993	Geofís. Int.	7
Jochum + Verma	2/2	1996	Chem. Geol.	5
Verma + Santoyo	1/2	1997	J. V. G. R.	4
Márquez et al.	4/4	1997	Geology	7

Table 3. Trabajos con 10 ó más Citas Externas				
Autor(es) del trabajo	Autoría	Año	Revista	# Citas
Venkatasubramanian et al.	4/5	1967	Can. J. Earth Sci.	12
Venkatasubramanian et al.	3/3	1971	Am. J. Sci.	41
.....				
Pal + Urrutia	1/2	1977	Proc. Int. Gond. Symp.	15
Urrutia + Pal	2/2	1977	E. P. S. L.	14
Pal + Terrell	1/2	1978	Geostand. Newslett.	52
Pal et al.	1/4	1978	Bull. Volcanol.	20
.....				
Verma	1	1981	Geostand. Newslett.	10
Verma + Schilling	1/2	1982	J. G. R.	56
Verma + López M.	1/2	1982	Bull. Volcanol.	14
Verma	1	1983	NATURE	37
Verma et al.	1/3	1983	NATURE	32
Verma	1	1983	Isot. Geosci. (Chem. Geol.)	10
Verma	1	1984	J. V. G. R.	18
Verma	1	1984	Isot. Geosci. (Chem. Geol.)	19
.....				
Rogers et al.	4/5	1985	NATURE	40
Verma	1	1985	Geofís. Int. (Preface)	22
Verma et al.	1/3	1985	Geofís. Int.	13
Aguilar-Y-Vargas + Verma	2/2	1987	Geofís. Int.	20
Verma	1	1987	Geofís. Int. (Review)	23
Saunders et al.	5/5	1987	J. V. G. R. + Cap.Libro	62
.....				
Verma + Nelson	1/2	1989	J. G. R.	45
Verma	1	1991	Geostand. Newslett.	12
Verma	1	1992	Geochem. J.	12

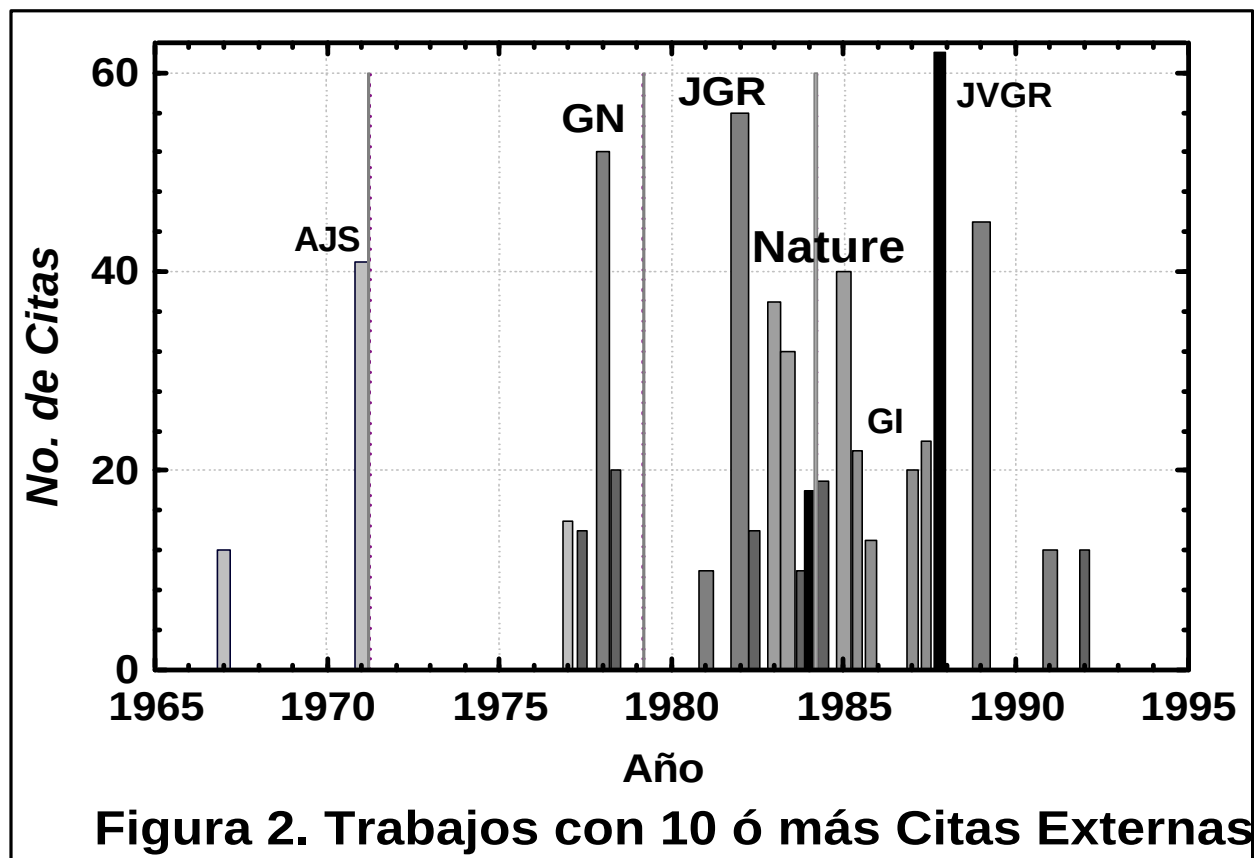
Sin embargo, el bajo número de citas también fue recibido por algunos trabajos publicados en revistas internacionales, como podrían ser “*Reviews of Scientific Instruments*” (Rev. Sci. Instrum.) y “*Physics of the Earth and Planetary Interiors*” (P. E. P. I.). El estado de los trabajos con pocas citas, publicados en 1997 y más recientemente, a pesar de haber sido publicados en revistas internacionales, podría explicarse por no contar aún con suficiente tiempo para citas externas que normalmente en Geociencias están desfasadas por varios años con respecto a la fecha de la publicación del trabajo citado.

El grupo de trabajos con un impacto mediano (3 a 9 citas externas; Tabla 2 y Figura 1) es interesante, ya que incluye, además de las publicaciones en revistas internacionales, algunos trabajos publicados en memorias de congresos (Proc.) y en la revista Geofísica Internacional, pero también curiosamente algunos resúmenes en congresos.



Por fortuna, se pudieron realizar varios trabajos con un alto impacto (10 ó más citas externas; Tabla 3 y Figura 2). Es grato constatar que el trabajo realizado durante mis estudios doctorales llegó a contar con un alto impacto, lo cual avala mi sólida formación académica. A finales de los años 70, fue importante que orientara mis esfuerzos a estudios de regiones geográficas de mayor interés internacional y que tratara de publicar más en revistas de alto impacto como “*Geostandards*

Newsletter” y “*Journal of Geophysical Research*”. Creo que fue determinante para el éxito de mi carrera académica llegar a publicar tres trabajos (con pocos autores) en la prestigiada revista “*Nature*”, siendo uno de ello como único autor y otro como primer autor (Tabla 3). Otra observación importante del impacto científico es que los trabajos en “*Nature*”, aunque bien citados, cuentan con menos citas que varios otros publicados en revistas especializadas (Figura 2). Es interesante ver también que todavía en 1999 (después de varios años) ningún trabajo publicado después de 1992 cuenta con un alto impacto (Tabla 3), aunque espero que algunos de los listados con mediano impacto (Tabla 2) lleguen a la categoría de alto impacto.



Esperando que este análisis de mis fracasos y éxitos sirva de algo para los jóvenes que vienen abriendo su camino hacia la cima, y que yo pueda seguir contribuyendo al fortalecimiento de la investigación en geoenergía en nuestro país, y por consecuencia, a la consolidación el grupo de Geoenergía de nuestro Centro, les doy a todos ustedes muchas gracias!

Antes de terminar este relato, quiero presentar un análisis de este grupo de Geoenergía que actualmente (a finales de 1999) está integrado por, además de un servidor (a partir del 14 de febrero de 1995), dos investigadores entusiastas (los Doctores Ignacio S. Torres Alvarado desde 1º. de febrero de 1997, y Edgar Santoyo Gutiérrez desde 1º. de agosto de 1998), un técnico académico dedicado (la M.C. Mirna Guevara García desde 1º de agosto de 1997), y varios estudiantes promisorios (destaca entre ellos, el M.C. Fernando Velasco). En el siguiente año (2000) se espera que se integren los Doctores Hetu C. Sheth (como Posdoctorante) y Alan Smith (como visitante) a este grupo de investigación.

Este grupo ha propuesto como su Misión lo siguiente: Lograr un nivel de excelencia con reconocimiento internacional en la creación de nuevas metodologías para el estudio de los recursos energéticos, y de esta manera, contribuir a un mejor aprovechamiento de la Geoenergía como una fuente alterna importante. De allí, se deriva lo primordial como:

Así mismo, se ha propuesto como objetivo de esta área: Crear y validar nuevas metodologías, así como mejorar las existentes, para la exploración y explotación de recursos energéticos de la Tierra; evaluar y mejorar la calidad de datos experimentales; fomentar la interdisciplinaridad entre las Ciencias de la Tierra, para una mejor solución de los problemas energéticos.

Principales actividades de esta área se pueden resumir en lo siguiente: Se ha establecido que el estudio del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), en particular los campos geotérmicos de Los Azufres, Mich., y Los Humeros, Pue., la Sierra de

Chichinautzin situada en los Estados de Morelos y México, y el D.F., así como la evaluación de calidad de datos experimentales, nuevos geotermómetros, y desarrollo de nuevos programas de cómputo y metodologías analíticas, debe constituir la parte fundamental de nuestra investigación.

Table 4. Producción de Investigación del Área de Geoenergía			
Parámetros	Producción Total en el Año		
	1997	1998	1999
Número de Investigadores en el Área	2	3	3
Publicaciones Internacionales (<i>Science Citation Index</i>)	4	8	6
Revistas Nacionales y Extranjeras	7	5	--
Memorias Congresos Nacionales	3	1	--
Memorias Congresos Internacionales	--	1	--
Artículos Docencia e Investigación	--	--	1
Tesis dirigidas	3	3	3

Con el fin de lograr estos objetivos y cumplir con la misión de nuestro grupo, se ha dado un especial énfasis sobre la publicación de nuestra investigación en revistas internacionales, en particular, de alto impacto en el área de Geociencias. Se presenta información acerca de nuestra producción (Tabla 4) durante los últimos tres años (1997-1999), en función de los rubros que nuestro Centro está manejando para este fin.

Creo firmemente que hemos iniciado el largo proceso de consolidación de las diversas líneas de investigación en el Área de Geoenergía. Así mismo, estoy seguro que a mediano plazo (5 años) esta Área estará totalmente consolidadas y con una proyección importante tanto nacional como internacional.

Esperando que, con este relato, haya contribuido a un mejor conocimiento de los lineamientos del qué hacer y cómo hacer, para los jóvenes investigadores, les agradezco finalmente toda su atención.

UNA MIRADA ATRÁS Y ADELANTE

“Del Calor al Frío y del Fío al Calor”

Roberto Best y Brown

Del calor al frío, la utilización de energía solar térmica para refrigeración, del **frío al calor**, la bomba de calor que reutiliza corrientes ya frías o energía del ambiente y las recicla al proceso, son las áreas en donde he desarrollado mi trabajo como investigador.

La posibilidad de escribir una presentación sobre cómo es que he llegado a Investigador Titular “C” es bastante riesgosa para alguien que como yo, tiene problemas nada más para escribirle unas líneas a su mejor amigo en su cumpleaños, sin embargo, el compromiso con Antonio del Río estuvo siempre presente y trataré de cumplir con él.

Los Inicios

Quisiera empezar por contestar una pregunta que siempre se me ha hecho sobre el origen de mis apellidos; los Best, por lo menos los de mi familia, son descendientes de alemanes, mi abuelo, casado con española ya nacido en México, y mi padre, una persona mayor cuando se casó con mi madre, luchó siendo muy joven en la Revolución Mexicana, fue capitán en el Ejercito de Álvaro Obregón en

el noreste del país persiguiendo a Pancho Villa. Por el lado Brown, el padre de mi madre, Robert Brown originario de Ohio EEUU era profesor y misionero de la Iglesia protestante. Mi abuela inglesa, hija de un ingeniero que vino a instalar el ferrocarril. Mi madre nació en Coyoacán y por lo tanto mexicana de nacimiento, lo que me hubiera permitido ser presidente de la República sin los cambios que promovió Salinas a la Constitución.

Nací en 1950 en el seno de esta familia, el menor de tres hermanos, estudié la primaria en el Colegio Americano (desde entonces conozco a Raúl Rechtman) y en donde mi madre fue maestra por más de 40 años, la secundaria la cursé en la secundaria diurna número 13, y la preparatoria en la prepa 6 de Coyoacán. De cada etapa tengo excelentes recuerdos de grandes maestros, el último año de prepa fue difícil por ser 1968.

La decisión de estudiar ingeniería química fue fácil, además de que mi hermano Gustavo estaba terminando esta carrera, tuve la suerte de tener un gran grupo de amigos, entusiastas preparatorianos, que entramos juntos a la Fac. de Química convencidos de que esto era lo que queríamos. La Facultad nos ponía en contacto con la industria química y los profesores eran los mejores ingenieros de PEMEX, IMP, Sosa Texcoco, etc. Sin embargo, era poco lo que se hacía en investigación. Los profesores con doctorado en investigación eran escasos y tuvimos la oportunidad de recibir en los últimos semestres a una generación de profesores que nos dieron esta orientación.

En la Fac. de Química al terminar la carrera, decidí buscar un tema de tesis que fuera mas dirigido a investigación, al mismo tiempo daba clases en el CCH-Sur. Por suerte encontré un anuncio en la Facultad donde ofrecían una beca para hacer una tesis en el Centro de Materiales. El anuncio lo había puesto el Ing. Isaac Pilatowsky que necesitaba una persona de tiempo completo para un proyecto de utilización de energías naturales ¡Para producir frío! El tema sonaba muy

interesante y fui a la entrevista. Después de pasar varias semanas, me habló el Ing. Pilatowsky para decirme que había sido escogido para el proyecto, lo cual me llenó de orgullo. ¡No fue hasta después de varios meses que me contó que me había escogido ya que yo había sido el único estudiante que se presentó!

La Refrigeración Solar, del Calor al frío.

La fascinación sobre este tema se dio desde un inicio y aún sigue siendo fascinante para mí. Producir frío y mantener una temperatura por debajo del ambiente es algo que resulta a veces difícil de imaginar aunque sea ya algo común en todas nuestras casas. Lograrlo con energía solar térmica (no con celdas fotovoltaicas que produciendo electricidad pueden operar un sistema convencional) sonaba entonces y suena aun intrigante.

La idea que Isaac había tomado como proyecto había sido planteado primero por Feodor Goldis. El reto era doble, los sistemas de refrigeración para sistemas térmicos más apropiados eran los sistemas de absorción y de estos no había ningún antecedente en estos sistemas en México; el segundo era contar con colectores solares adecuados para operar arriba de los 100°C, tecnología que también era desconocida en México. Los trabajos que fueron básicos para este inicio fueron los de Farber en Florida, Chinnappa en Inglaterra y Trombe en Francia. Era 1973, año en que los países árabes empiezan la crisis petrolera con el embargo dándole un empuje al estudio de las energías renovables.

Se inició entonces un trabajo que aún continuo, después de los primeros experimentos en mi tesis de licenciatura, logrando simular el calentamiento de energía solar con resistencias eléctricas, utilizando la mezcla amoníaco / agua, mi refrigerante favorito siempre ha sido amoníaco, logrando temperaturas de más de – 20°C.

El trabajo realizado me dejó una gran cantidad de preguntas por contestar en el área de termodinámica, transferencia de calor, energía solar etc., reforzando mi necesidad de realizar estudios de maestría y doctorado. En esa época se publicó el primer trabajo de la UNAM en investigación experimental en el área de energía solar¹. Durante esta época nuestro jefe en el CIM era el Dr. Eric Mayer, investigador francés, basaba la investigación en lo que se hacía en Francia y tuvo una gran influencia en la elección de los que en ese entonces formábamos un grupo de jóvenes ingenieros químicos: Isaac Pilatowsky, Gabriel Olalde y yo, para realizar estudios en Francia. Para nosotros era común el término frigorías / hora, término de origen europeo, para la producción de frío utilizada generalmente en Francia y muy poco por los países angloparlantes en lugar de calorías / hora, o la famosa tonelada de refrigeración americana. Afortunadamente ahora todos utilizamos watts.

Para los que creíamos que este era un tema nuevo, descubrir que la primera máquina de absorción fue desarrollada en 1859 por Ferdinand Carré en Francia, utilizando amoníaco / agua y que escasos 20 años después instaló el primer sistema de refrigeración en un barco que realizó el primer transporte intercontinental de carne congelada de Buenos Aires al Puerto de Havre, nos parecía difícil de creer. Sin embargo, era notorio el desconocimiento en México y en la mayoría de los países de esta tecnología. Me imagino lo complejo de montar estos sistemas con el poco avance en materiales y accesorios tales como válvulas, conexiones, etc., problemas que aún se tienen actualmente. Los colegas del CIE saben a que me refiero cuando tenemos una fuga de amoníaco, que se detecta en partes por millón, sin embargo, son conocidos los artículos de Lorentzen defendiendo al amoníaco y refiriéndose a los bombardeos a plantas de refrigeración que utilizaban este gas en

¹ Best, R., Mayer, E., Juárez, M., Olalde, G., Pilatowsky, I., Contribución al Estudio de las Aplicaciones Térmicas de la Energía Solar, Memorias IV Conferencia Interamericana de Materiales, 608-618 (1975).

Alemania durante la segunda guerra mundial y que nunca reportaron explosiones secundarias. Actualmente hay una discusión y una división interesante entre Europa y EEUU sobre el uso de refrigerantes alternativos a los CFC; Europa se inclina por un mayor uso de refrigerantes naturales como los hidrocarburos y el amoniaco, la gran mayoría de los refrigeradores domésticos en Alemania utilizan hidrocarburos como refrigerante, algo impensable en EEUU por motivos de seguridad y miedo a demandas millonarias. Recientemente se han desarrollado sistemas que utilizan CO₂ como refrigerante, ¡el principal gas de efecto invernadero utilizado para reemplazar refrigerantes que dañan el ambiente! Suena interesante y presenta muchas ventajas una vez resueltos los problemas de alta presión.

La Maestría en Inglaterra

Volviendo al tema de la maestría, las posibilidades de hacerla en el extranjero eran varias, la primera era ir a Francia por los contactos con Eric Mayer, pero simultáneamente realicé el examen para becas en el Consejo Británico, sin saber cual seria el mejor lugar para realizar dichos estudios, ya que tanto Isaac como Gabriel tenían intenciones de ir a Francia. Cuando me avisaron que tenia ya beca del Consejo Británico, decidí que era mejor aceptarla y tener una orientación distinta a la línea francesa. Al no tener buenos contactos en Inglaterra sobre que institución escoger, la misma gente del Consejo me dio la información del curso de maestría en Ingeniería Mecánica en Cranfield Institute of Technology ahora Cranfield University llamado “Conservación de Energía y el Ambiente” y por los proyectos que se realizaban ahí me decidí por ir allá. La maestría me sirvió para resolver o por lo menos orientarme hacia los problemas planteados en la licenciatura. Más importante fue el contacto con mi supervisor el profesor Ian Smith, excelente maestro y además interesado en sistemas de absorción. La tesis fue relacionada con las bombas de calor por absorción utilizando mezclas de

bromuro de litio con cloruro de zinc y metanol como refrigerante, primera contacto para mí con el tema de aplicación de bombas de calor, otra maravilla termodinámica: producir calor a una temperatura mayor que la fuente de calor original agregando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. De este trabajo presentado en un congreso en Londres², tengo el recuerdo de presentarlo en una reunión donde presentaron ponencias personajes como Henry Tabor y J.C.V. Chinnappa, los gurús de la energía solar y la refrigeración solar respectivamente. De este trabajo, de 1977, obtuve mis primeras citas. La posibilidad de hacer el doctorado en Francia fue pospuesta, regresé a México y me incorporé como Investigador Asociado al Centro de Materiales. Era el año de 1977, y mientras en el mundo se seguían desarrollando las energías renovables, en México, todo era petróleo le economía estaba basada en el petróleo.

Iniciando la Carrera de Investigador en el CIM.

Al incorporarme al CIM, me dediqué al diseño de sistemas de refrigeración por absorción más eficientes, proponiendo sistemas que pretendían optimizar las temperaturas del sistema para aplicación solar. Trabajaba ya entonces en el grupo de energía solar mi hermano Gustavo, que regresó en 1975 de su doctorado en Inglaterra. Apareció también un joven ingeniero veracruzano que realizó la tesis bajo mi dirección en estos temas, me refiero al querido Francisco Ávila, que en paz descansa³. Diseñé y posteriormente se construyó un sistema de absorción continuo

² BEST, R., A Methanol Lithium Bromide Zinc Bromide Mixture Applied to Solar Absorption Heat Pumps, Proceedings of the First International Conference on Solar Building Technology, Vol.2, 437-443 (1997)

³ Best, G., BEST, R., Guiza, J., Análisis del Diseño del Absorbedor de un Sistema de Refrigeración por Absorción Amoníaco-Agua, Memorias IV Congreso de la ANIAC, 348-351 (1978). BEST, R., Termobombas de Absorción, Memorias IV Congreso de la ANIAC, 353-356 (1978). Best, G., BEST, R., Gefroy, E., Refrigeración y Aire Acondicionado Solar en el Centro de Investigaciones en Materiales, Memorias del II Congreso Latinoamericano de Energía Solar, 2, 585-588 (1979). Alarcón, D., BEST, R., Best, G., Pilatowsky, I., Ingeniería Química Solar, Memorias del Tercer Coloquio sobre Fisicoquímica de Fluidos, 75-102 (1979). Ávila, F., BEST, R., Best, G., Alternativa de Diseño para Refrigeradores de Operación Continua y Fuente Energética Intermitente, Memorias del V Congreso ANIAC, 272-275 (1979). Chin, M., Herrera, A., BEST, R., Best, G., Diseño de un Sistema de Capacitación Solar para un Refrigerador por Absorción, Memorias del V Congreso de la ANIAC, 279-283 (1979).

amoniaco-agua que incluía muchos elementos novedosos, tales como intercambiadores de película descendente que fue probado exitosamente y ha sido modificado constantemente. En este trabajo fue el primero en el cual colaboró ya Jorge Hernández y posteriormente Adrián Oskam⁴. Tuve la oportunidad de dirigir un proyecto de demostración en Mexicali en colaboración con el IIE, el primer sistema de aire acondicionado solar en México, en este proyecto colaboré con Rodolfo Martínez, Julia Quintana y Francisco Villaseñor entre otros⁵. Al mismo tiempo se llevaba a cabo el proyecto Sonntlan entre el gobierno de México y el Alemán. El proyecto fue un fracaso ante la poca oportunidad que se le dio a los grupos de investigación mexicanos de participar.

Cuernavaca y Sabático en el IIE.

Después de varios años de trabajo en Cd.Universitaria se planteó finalmente la construcción del Laboratorio de Energía Solar en Morelos, la oportunidad de mudar a mi familia del DF fue tomada de inmediato, fui el primer investigador en mudarme a Cuernavaca, teniendo que ir a Cd. Universitaria todos los días, porque no contábamos con instalaciones propias. Mi primer cubículo fue ubicado en un edificio de la UAEM, en Los Belenes. Finalmente decidí tomar mi sabático en el IIE, en el Departamento de Geotermia, ya que estaban interesados en hacer refrigeración con fluidos geotérmicos de desecho. La oportunidad de utilizar fluidos geotérmicos en los campos de los Azufres para una pequeña bodega frigorífica me permitió diseñar y probar otros componentes que mejoraron la eficiencia de los sistemas anteriores. Era un reto interesantísimo producir frío con

⁴ BEST, R., and Hernández, J., Experimental Studies on the Operating Characteristics of an Ammonia Water Absorption System for Solar Cooling, Trans Icheme, 69, Part A, 153-160 (1991). BEST, R., Rivera, W., Hernández, J., and Oskam, A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pumps Operating on Ammonia Sodium Thiocyanate: Part III, Simultaneous Heating and Cooling, J. Heat Recovery Systems and CHP, 13(1), 23-31 (1993).

⁵ BEST, R., Castrejón, A., Martínez, R., Villaseñor, F., Quintana, J., Pilatowsky, I., Aire Acondicionado Solar en Mexicali, Memorias III Reunión Latinoamericana de Energía Solar, 135-138 (1981).

salmuera de desecho. Creo, sin poder asegurarlo, que fue el primer sistema el mundo que producía temperaturas bajo cero con salmuera geotérmica⁶. Por estos resultados se interesó una compañía, Hielo Estrella, en utilizar esta tecnología en el campo de Cerro Prieto, Mexicali. Fue impresionante mantener una bodega frigorífica a -10°C cuando la temperatura exterior era del orden de los 40°C . El trabajo con Hipólito Fernández, Rolando Siller, y varios estudiantes fueron esenciales para el éxito del sistema en Los Azufres.

El Profesor F.A. Holland y las Bombas de Calor, del Frío al Calor.

Fue en ese tiempo en el IIE que conocí al Prof. Holland, Jefe del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Salford que había sido invitado por un ex-alumno, Alfonso García. El grupo de bombas de calor de la U. de Salford tenía una tradición en el estudio de bombas de calor por compresión y estaba iniciando el estudio de sistemas de absorción. La posibilidad de realizar el doctorado a través de un programa basado en el trabajo desarrollado en México combinado con una estancia de un año en Salford me pareció muy atractiva. El año en Salford 1985-86 trabajé con el Dr. Mar EISA estudiante de doctorado egipcio, y bajo la dirección del Prof. Holland, fue una de las etapas más importantes y productivas en mi carrera como investigador en lo que respecta a artículos publicados⁷. Durante los siguientes años se fortaleció el trabajo de bombas de calor

⁶ BEST, R., Heard, C.L., Fernández, H., and Siqueiros, J., Developments in Geothermal Energy in México Part Five: The Commissioning of an Ammonia/Water Absorption Cooler Operating on Low Enthalpy Geothermal Energy, J. Heat Recovery Systems, 6(3), 209-216 (1986)

⁷ Eisa, M.A.R., BEST, R. and Holland, F.A., Working Fluids for High Temperature Heat Pumps, J. Heat Recovery Systems, 6(4), 305-311 (1986). Eisa, M.A.R., BEST, R. and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers: Part I, Operating on Water Lithium Bromide, J. Heat Recovery Systems, 6(5), 421-432 (1986). Eisa, M.A.R., BEST, R. and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers: Part 2, Operating on Water Calcium Chloride, J. Heat Recovery Systems, 6(6), 443-450 (1986). Eisa, M.A.R., BEST, R., Diggory, P.J., and Holland, F.A., Heat Pump Assisted Distillation: Part 5, A Feasibility Study on Absorption Heat Pump Assisted Distillation Systems, Int. J. Energy Research, 11, 179-191 (1987). Eisa, M.A.R., BEST, R. and Holland, F.A., Open and Closed Cycle Mechanical Vapour Compression Heat Pump, Assisted Sea Water Purification Systems. Applied Energy, 27(3), 203-208 (1987). Eisa, M.A.R., BEST, R. and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump Systems Operating on Water Calcium Chloride. Applied

tanto en el laboratorio de Energía Solar como la creación de un grupo fuerte en el IIE. En el Laboratorio trabajaron en proyectos Salford, Wilfrido Rivera y Jorge Hernández, en el IIE Ramón Ayala, Rosa María Barragán y Sócrates Santoyo, con la colaboración de Christopher Heard y Javier Siqueiros.

La Consolidación de la Coordinación de Refrigeración y Bombas de Calor del CIE

Dentro de los años que he trabajado en el ahora Centro, ha habido un desarrollo muy importante en la investigación de nuevos refrigerantes que sustituyan los CFC y para la consideración de refrigerantes como el amoníaco (ya que los CFC afectan severamente la capa de ozono y la industria está interesada en encontrar nuevas alternativas). Los sistemas de absorción que usan amoníaco y agua presentan excelentes oportunidades para su uso por sus características de nulo impacto ambiental. Se ha logrado también un reconocimiento por los trabajos realizados en el área de bombas de calor por absorción, siendo el estudio de datos termodinámicos de nuevas mezclas una aportación importante en donde he colaborado con Wilfrido Rivera, Isaac Pilatowsky y más recientemente con Javier Rosemberg Romero⁸, estudiante de doctorado que realiza un interesante trabajo en

Energy, 28, 69-81 (1987). BEST, R., Eisa, M.A.R. and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump Systems Operating on Ammonia Water: Part I, Cooling, J. Heat Recovery Systems and CHP, 7(2), 167-175 (1987). BEST, R., Eisa, M.A.R., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump Systems Operating on Ammonia Water: Part 2, Heating, J. Heat Recovery Systems and CHP, 7(2), 177-185 (1987). BEST, R., Eisa, M.A.R., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump Systems Operating on Ammonia Water: Part 3, Simultaneous Heating and Cooling, J. Heat Recovery Systems and CHP, 7(2), 187-194 (1987). BEST, R., Eisa, M.A.R., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers: Part 3, Operating on Ammonia Water, J. Heat Recovery Systems and CHP, 7(3), 259-272 (1987). Eisa, M.A.R., BEST, R., Diggory, P.J., and Holland, F.A., Heat Pump Assisted Distillation: Part 7, a Feasibility Study on Heat Transformer Assisted Distillation Systems, Int. J. Energy Research, 11, 445-456 (1987).

⁸ BEST, R., Rivera, W., Pilatowsky, I., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers: Part 4, Operating on Ammonia Lithium Nitrate, J. Heat Recovery Systems and CHP, 10(5/6), 539-548 (1990). BEST, R., Porras, L., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump Systems Operating on Ammonia Lithium Nitrate: Part I, Cooling, J. Heat Recovery Systems and CHP, 11(1), 49-61 (1991). BEST, R., Rivera, W., Pilatowsky, I., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump Systems Operating on Ammonia Lithium Nitrate: Part II, Heating, J. Heat Recovery Systems and CHP, 11(2/3), 103-111 (1991). BEST, R., Rivera, W., Pilatowsky, I., and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption

los sistemas de absorción llamados transformadores térmicos. La eficiencia de un sistema de absorción siempre es menor que un sistema de compresión, si se toma la eficiencia global de la fuente energética que produce la energía eléctrica para el de compresión y la eficiencia global del sistema de absorción con su fuente térmica la cosa cambia y la diferencia se reduce. Pero se reduce mucho más si se utilizan sistemas de doble efecto y doble absorción o con integración térmica como los nuevos sistemas que estudiamos. El trabajo realizado en la tesis de maestría de Wilfrido Rivera abrió varias opciones para trabajos posteriores⁹. En lo concerniente a mejorar la eficiencia de los componentes de los sistemas de absorción los trabajos de Wilfrido Rivera en su doctorado para la determinación de coeficientes de transferencia de calor¹⁰, el trabajo de Jorge Hernández en el proyecto de absorbedores de película descendente, el trabajo reciente de Jorge Chan en la determinación de la eficiencia de evaporadores compactos y finalmente Nicolás Velásquez en el desarrollo de un sistema novedoso de mayor eficiencia tipo GAX (Generator-Absorber Heat Exchanger), que está listo para probarse en la plataforma, han aportado avances muy importantes en esta área de investigación.

Siempre está el otro componente que por falta de tiempo y personal hemos desarrollado poco, el requerimiento de sistemas de calentamiento solar eficientes en el rango de temperaturas mayores de 100 °C fuera de la capacidad de los colectores

Heat Pump Systems Operating on Ammonia Lithium Nitrate: Part III, Simultaneous Cooling and Heating, J. Heat Recovery Systems and CHP, 11(4), 199-212 (1991). BEST, R., Rivera, W., Hernández, J. and Holland, F.A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers: Part 5, Operating on Ammonia Sodium Thiocyanate, J. Heat Recovery Systems and CHP, 10(1), 61-70 (1992). BEST, R., Rivera, W., Hernández, J., and Oskam, A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pumps Operating on Ammonia Sodium Thiocyanate: Part I, Cooling, J. Heat Recovery Systems and CHP, 1-9 (1993). BEST, R., Rivera, W., Hernández, J., and Oskam, A., Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Pump System Operating on Ammonia Sodium Thiocyanate: Part II, Heating, J. Heat Recovery Systems and CHP, 13(1), 11-21 (1993).

⁹ Rivera, W., BEST, R., Hernández, J., Heard, C.L., and Holland, F.A., Thermodynamic Study of Advanced Heat Transformers: Part I, Single and Two Stage Configurations with Heat Recovery, J. Heat Recovery Systems and CHP, 14(2), 173-183 (1994). Rivera, W., BEST, R., Hernández, J., Heard, C.L., and Holland, F.A., Thermodynamic Study of Advanced Absorption Heat Transformers: Part II, Double Absorption Configurations, J. Heat Recovery Systems and CHP, 14(2), 185-199 (1994).

¹⁰ Rivera, W., and BEST, R., Boiling Heat Transfer Coefficients Inside a Vertical Smooth Tube for the Water/Ammonia/Lithium Nitrate Mixtures, International Journal of Heat and Mass Transfer, 42, 905-921 (1999).

planos. En este campo hay que destacar el trabajo realizado por Adrián Oskam en la operación y evaluación del banco de colectores tipo tubo evacuado. Los colectores CPC y los concentradores cilíndrico-parabólicos son opciones, con Naghelli Ortega estamos investigando los CPC que muestran muchas posibilidades de ser más baratos y eficientes comparados con los tubos evacuados además de poder calentar la mezcla amoniaco / agua directamente dentro de los tubos.

Otras Actividades dentro del CIE

La consolidación de la investigación en el CIE me ha permitido también apoyar al mismo a través de cargos académico-administrativos, fui el primer jefe del Departamento de Sistemas Energéticos, ocupé por varios años la Coordinación del Posgrado en Energía Solar y actualmente soy el representante de los investigadores en el CTIC.

La ANES, COFER y el Foro Solar del Milenio.

Como parte de la labor en el área de promoción de la energía solar tuve la buena suerte de ser electo presidente de la Asociación Nacional de Energía Solar, ANES, para el periodo 1999-2000, en medio de la organización del evento más importante que ha desarrollado la Asociación apoyado por el CIE, la CONAE y muchas otras instituciones, el ISES Solar Forum Millennium 2000, evento se celebró en septiembre del 2000, en la Cd. de México y que ocupó la mayor parte de mi tiempo. También fue una excelente oportunidad para mí participar como presidente de ANES en el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables, COFER, que conjuntamente con la Comisión Para el Ahorro de Energía ha servido para exponer claramente al gobierno a través de la Secretaria de Energía y otras instituciones la razón por la que se deben apoyar en forma más agresiva las tecnologías basadas en las energías renovables. He tenido la

oportunidad de colaborar en esto con el M. en I. Odón de Buen, Director General de la CONAE.

Agradecimientos

Seguramente en este breve resumen, he olvidado mencionar a muchos amigos y colegas que han sido parte de mi vida como investigador, les pido una disculpa. A mi familia que ha sido la mejor parte de mi vida, la menciono hasta ahora, a mi querida esposa Margarita, con quien he compartido los últimos 22 años, y a mis hijos Roberto y Alejandra que me han llenado de orgullo siempre. Este año en particular, ha sido triste en el sentido de que he perdido a muchas personas queridas, Francisco Ávila, el Ing. Nava, a mi amigo y supervisor en Cranfield, el profesor Ian Smith, y al Profesor Tony Holland, a quienes siempre les estaré agradecido por haberme dado todas sus enseñanzas y amistad.

UNA MIRADA ATRÁS Y ADELANTE:
“La Búsqueda de Fluctuaciones para Salir del Equilibrio”
Jesús Antonio del Río Portilla

Quiero agradecer la oportunidad de platicarles algo de mi persona y de cómo veo mi trabajo de investigación en el CIE, donde las principales líneas de investigación que cultivo pueden resumirse en dos grandes áreas: transporte en medios desordenados y procesos irreversibles. En esta ocasión intentaré entrelazar aspectos personales y darles un breve paseo por los intrincados caminos de la vida irreversible de un proletario de la Vallejo-Bondoquito que hoy festeja el haber alcanzado el nivel Titular C en la UNAM.

Mi primer trabajo publicado en una revista con arbitraje¹ fue el producto de mi tesis de licenciatura que se tituló “Mecánica Cuántica desde Sistemas No Inerciales”, bajo la dirección de Matías Moreno, quien me enseñó con excelente forma la programación del trabajo de investigación, lástima que me le escapé y no continué cultivando estas enseñanzas. Como verán la negación “No” aparecerá a lo largo de mi trayectoria; quizás también fue la primera palabra que aprendí a decir. El tema de sistemas no inerciales me recuerda mi temprana infancia cuando me fascinaba subirme a los juegos mecánicos que daban vuelta y disfrutaba sentirme

¹ “CLASSICAL CANONICAL TRANSFORMATIONS AND CHANGES IN REFERENCE FRAME”, M. Moreno y J. A. del Río P. Rev. Mex. Fís. 34, 107-114 (1988).

mareado para después caminar luchando por conservar el equilibrio. Esto lo hacía muy seguido en el jardín de niños. Por cierto, aquí repetiré las palabras de mi primera maestra de jardín de niños, Mercedes Portilla, que decía que yo me doctoré en Jardín, ya que asistí a esa escuela desde los 2 y 1/2 años y por lo tanto pasé en jardín de niños (no en guardería) casi cuatro años. Mi primera escuela se llamó “República de Uruguay”, un Jardín de Niños de la SEP enclavado en el barrio bravo de la Bondonjito, en la Cd. de México; el barrio de los grandes boxeadores de México con muy poco, por no decir nada, de cultural y científico. En ese barrio crecí en una familia de 5 hermanos, mi madre maestra normalista y mi padre empleado del DDF. Actualmente los tres hermanos somos miembros del SNI y mis hermanas, una es maestra normalista y la otra es profesora de la Facultad de Psicología, estudiante del doctorado. Les decía que me encantaba andar mareado buscando el equilibrio y precisamente sobre esto versó mi segundo trabajo publicado² donde discutimos sobre las diferentes definiciones de estado de equilibrio termodinámico; pero lo que realmente hicimos fue una bonita liga entre el concepto matemático de límite y el concepto de equilibrio local. Este artículo me remonta a mi época de trabajo en la Universidad Autónoma Chapingo. Ahí conocí a uno de mis grandes amigos: Federico Vázquez. Con él iniciamos trabajos de política científica e intentamos acercarnos a las tecnologías buscando propiciar un desarrollo sustentable. También de aquella época tengo dos gratos recuerdos de Manuel Martínez; el primero se refiere a que él fue el árbitro de un trabajo que tengo en prensa ¡desde 1988! Sucede que Federico y yo, en colaboración con otros colegas de Chapingo, experimentamos con un curso de preparatoria involucrando aspectos de tecnologías alternas para enseñar física y esta experiencia la enviamos a la Revista Ecología y Medio Ambiente, donde Manuel Martínez era parte del

² “ON THE STATES OF THERMODYNAMIC EQUILIBRIUM”, J.A. del Río, F. Vázquez H. y P. Sánchez P. Rev. Mex. Fis. 34, 670-676 (1988).

cuerpo de revisores. Según me enteré, él aceptó nuestro artículo y tengo la carta de aceptación de la editora, pero la revista dejó de publicarse y, nosotros, nos quedamos con el trabajo aceptado. Aquí surgieron preguntas sobre la importancia, calidad y continuidad de las revistas académicas mexicanas que posteriormente abordé y últimamente he contribuido, en colaboración con Ana Ma. Ramírez y Esther García, a establecer parámetros cuantitativos para analizar la relevancia de las revistas científicas³. Regresando al primer contacto que tuve con un hombre alto, en aquel entonces de abundante cabello largo y barbado, durante mi inscripción al Curso de Actualización en Energía Solar 1986, les comento que asistí presuroso, desde Chapingo, al Instituto de Investigaciones en Materiales en CU, ya que era el último día para pagar la inscripción y el encargado de hacer las inscripciones era precisamente Manuel. Seguramente él no lo recordará; pero yo estaba contento de haber llegado a tiempo y obtenido un lugar, aunque estoy casi seguro que en ese año él no inscribió a muchos más, ya que al llegar a Temixco el día del curso todo mundo estaba pagando su cuota o recibiendo una beca, mientras Federico y yo felices, o casi, ya contábamos con nuestra inscripción. Ese curso lo tomé principalmente para iniciar mi trabajo de tesis de maestría sobre la termodinámica irreversible extendida (TIE) bajo la supervisión de Mariano López de Haro. Sin embargo, ya desde esa época Mariano estaba muy ocupado y por azares del destino sólo pude trabajar con él unas dos horas en toda la semana. Durante los siguientes ocho meses trabajamos muy intensamente, de tal forma que el día de mi examen de Maestría fue el 28 de enero de 1987. Este día es histórico para la UNAM, ya que fue el día que el CEU inició la huelga de 1987 y a los tres días Mariano partía rumbo a España de año sabático, mientras yo participaba ya con el grado de Maestro, en las marchas del CEU, aunque había pagado con gusto

³ “RENORMALIZED IMPACT FACTOR”, A.M. Ramírez, E.O. García y J.A. del Río. *Scientometrics* 47, 3-9 (2000); “LA RELEVANCIA DE LAS REVISTAS CIENTÍFICAS MEXICANAS: ANÁLISIS CUANTITATIVO”,

dos salarios mínimos por mi examen de grado. Fui de los pocos que tuvieron que pagar las cuotas establecidas por el Rector Carpizo. Regresé a trabajar a Chapingo y a terminar de cursar las materias del doctorado en física. Ya estaba convencido de obtener el grado de doctor. También debo comentarles que en el curso de actualización había conocido a un investigador de la misma talla que Mariano y que explicaba el fenómeno de la transferencia de calor con tal detalle que a la mayoría de mis compañeros de curso eran incapaces de observar *las flores* dentro del bosque de ecuaciones de transporte. Eduardo Ramos mantuvo vivo mi interés por la física en seminarios que teníamos junto con Sergio Cuevas en la colonia Roma durante el año sabático de Mariano. En esos días salía a las 5 de la mañana desde Texcoco rumbo a Cd. Universitaria para tomar las clases de doctorado y regresaba en la tarde a Chapingo para impartir mis cursos de prepa.

Sobre mi formación preparatoria les puedo comentar que, ya desde los 70's las prepas como los CCH's de la UNAM no tenían una buena reputación y los recién formados Colegios de Bachilleres empezaban a surgir y las clases medias bajas, clase de donde provengo, intentaban escalar a mejores niveles económicos. Por el retraso que había para entrar al bachillerato de la UNAM, hice el examen de admisión al Colegio de Bachilleres y fui aceptado, cursé un semestre; pero me recordaba mucho a la secundaria y yo quería algo más libre y universitario. Así que presenté mi examen para la prepa de la UNAM, fui aceptado y cursé el bachillerato en la número 9. Para llegar a clases en la prepa compartía el viaje con reses que iban al Rastro o con los nuevos automóviles VW que venían de la planta en Puebla, ya que no me gustaba pagar los 60 centavos del trolebús y me iba de aventón de la Bondonjito a la prepa trepado en camiones de carga por el ahora Eje Tres Norte. La libertad a la que me refiero indicaba un poco de vagancia y los anhelos de conocer de todo adolescente. Escogí horarios que me permitían usar el dinero que ahorraba

en pasajes para ir a la Cineteca Nacional, en aquel entonces en Viaducto Tlalpan y Río Churubusco. Las matineés enriquecieron mi formación con buen cine. Al mismo tiempo que pasé rápidamente por la prepa asistía al Instituto para el Estudio de los Problemas de México, que patrocinaba el entonces INJUVE y donde recibí una buena dosis de información política de izquierda; asistí a las marchas de los electricistas, las del STUNAM, apoyé a la huelga de la ahora cooperativa Pascual, participé en varios círculos de estudio de las células PeReTistas, y conocí la realidad del campo mexicano apoyando a comunidades de la sierra Poblano-Oaxaqueña. Todos estos hechos marcaron algunas de mis actividades de investigación actual, principalmente durante mi estancia en la Universidad de Chapingo, donde junto con Federico hicimos que Chapingo apareciera en el ámbito de la Física y la Energía Solar⁴. También en aquella época leí algunos trabajos de Freud y me admiró la diáfana y metodológica forma del psicoanálisis de escudriñar la personalidad humana. En aquel entonces ni remotamente pensaba que mi vida quedaría ligada muy de cerca a esta disciplina. Pero debo confesar que nadie es profeta en su tierra y que Rita María, la compañera de mi vida, no se ha dejado convencer de que este físico teórico también tiene anhelos de contribuir a la teoría psicoanalítica. Es uno de los campos que he leído ampliamente y considero que existen conceptos que deben ser revisados y formulados en alguna forma más precisa. Tal es el caso de los conceptos de tiempo, energía y entropía que como bien notarán no me son muy ajenos y se usan con mucha libertad en el psicoanálisis; por supuesto desde el punto de vista de un físico. Regresando a mi

⁴ “UN DESHIDRATADOR SOLAR DE MANZANILLA PARA LA OPTIMIZACION DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EL AGROECOSISTEMA CUIJINGO, MEX.” A.A. Aguirre, J.A. del Río, A. González, P. Muñoz. Bajazol 1990. XIV Semana Nacional de Energía Solar. La Paz, Baja California Sur. Octubre 1990; “ESTUDIO VARIACIONAL DE LOS ESTADOS TRANSITORIOS DE NO EQUILIBRIO EN EL TRANSPORTE DE MATERIA Y ENERGIA EN SUELOS”. F. Vázquez, J.A. del Río y P. Sánchez. En el XIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Montevideo, Uruguay, Noviembre 1990, p 898-908; “SIMULACION DE UNA INCUBADORA SOLAR” J.A. del Río, J.T. Cano y F. Vázquez. XV Semana Nacional de Energía Solar. Oaxaca, Oax. Octubre 1992.

etapa preparatoria, mi formación continuó y la flecha del tiempo y la Segunda Ley de la Termodinámica implacablemente indicaban el irreversible camino a seguir.

La termodinámica de procesos irreversibles fue un descubrimiento que Mariano nos enseñó a Sergio Cuevas y a mí. Un día fuimos ambos y le comentamos que queríamos estudiar fenómenos físicos mezclando dos materias que habíamos cursado: la termodinámica y la mecánica de fluidos. Inmediatamente Mariano nos invitó a tomar su curso de Maestría sobre la termodinámica de procesos irreversibles, materia que marcó el resto de mi vida. De ese curso nació una gran amistad y mi solicitud de que Mariano me dirigiera mis tesis de maestría y doctorado; junto con esta amistad nació una fructífera colaboración sobre los procesos irreversibles⁵. En estos trabajos colaboramos los investigadores que cultivamos la termodinámica de procesos irreversibles en Morelos y todos hemos sido alumnos de Mariano. En esta misma vertiente mi estrecha colaboración con Federico nos condujo a formular la versión variacional de la termodinámica irreversible extendida en una serie de trabajos, el primero de ellos y el más citado apareció en la Revista Mexicana Física⁶. Por supuesto también publicamos otro artículo en la revista más importante del campo⁷, aunque este trabajo tiene mucho menos citas que el primero en el tema. Estos trabajos sentaron las bases de una serie de contribuciones originales que realizamos con estudiantes de licenciatura, otros jóvenes investigadores húngaros y al igual que con Mariano en torno a la

⁵ "ON THE CRITERIA FOR DERIVING APPROXIMATIONS OF DIFFERENT ORDERS IN EXTENDED IRREVERSIBLE THERMODYNAMICS". J.A. del Río P. y M. López de Haro. J. Non-Equil. Thermodyn. 15 (1990), 59-72. "ON THE CONTRIBUTIONS OF THE MEXICAN SCHOOL TO EXTENDED IRREVERSIBLE THERMODYNAMICS". M. López de Haro, J.A. del Río, F. Vázquez y S. Cuevas. Rev. Mex. Fís. 39 (1) 63-76 (1993); "CONSEQUENCES OF A GENERALIZED OHM'S LAW FOR MAGNETIC TRANSPORT IN CONDUCTING MEDIA". S. Cuevas, J.A. del Río y M. López de Haro. J. Phys D: Appl. Phys. 32, 639-643 (1999).

⁶ "A VARIATIONAL APPROACH TO THE TIME EVOLUTION EQUATIONS FOR NONCONSERVED VARIABLES IN EXTENDED IRREVERSIBLE THERMODYNAMICS". F. Vázquez H. Y J.A. del Río P. 36 (1990), 71-84.

⁷ "A NON-EQUILIBRIUM VARIATIONAL PRINCIPLE FOR THE TIME EVOLUTION OF AN IONIZED GAS". F. Vázquez y J.A. del Río. Phys. Rev. E 47, 178-183 (1993).

formulación variacional de la TIE⁸. Considero estos trabajos mis contribución al avance de la física fundamental, en particular dedicada a proponer esquemas teóricos para la descripción de procesos alejados del equilibrio. Cabe hacer mención que el último estudio realizado por Federico y Mariano⁹ aborda problemas en la formulación del teorema de fluctuación disipación y abre una nueva perspectiva y, posiblemente, un resurgimiento de esta línea de investigación para el grupo de Morelos en estudios de procesos irreversibles. Por supuesto, estoy apuntado para continuar este nuevo intento de describir situaciones más allá del equilibrio.

Al abordar este relato, me parece muy lejano el tiempo en que jugaba canicas a la hora del recreo en la escuela primaria 21-102 "La Prensa", escuela pública creada con aportaciones del periódico del mismo nombre, situada en el barrio bravo de la Vallejo. Ahí cursé la primaria al lado de compañeros y amigos que hace más de 25 años no vuelvo a ver y bajo la tutela de tres ejemplares maestras. Sólo tuve tres maestras en la primaria, Mercedes Lara, Julia Andrade y Rosa Trejo, ellas tres junto con la voluntad de una madre, maestra vigilante cotidiana de mi educación, generaron las bases de mi carrera académica. En aquellas épocas, al terminar mi educación primaria, estaba muy orgulloso de haber metido el gol ganador del primer lugar en fútbol de la zona escolar y ganar la Ruta Hidalgo. Aunque las maestras de mi primaria fueron muy buenas estaban muy lejos

⁸ "THE NON-EQUILIBRIUM THERMODYNAMICS OF THE SOIL WATER SYSTEM: A VARIATIONAL APPROACH". J.A. del Río, M. López de Haro y F. Vázquez. J. Non-equilib. Thermodyn. 17, 67-76 (1992); "NON-LINEAR HEAT WAVES IN EXTENDED IRREVERSIBLE THERMODYNAMICS". F. Vázquez, J.A. del Río y A.A. Aguirre. J. Non-Equilib. Thermodyn. 20, 252-262 (1995); "POISSON STRUCTURE FOR HYPERBOLIC HEAT CONDUCTION". F. Vázquez y J.A. del Río, Rev. Mex. Fís. 42, 12-23 (1996); "COMMENTS ON THE EXISTENCE OF HAMILTONIAN PRINCIPLES FOR NON-SELFADJOINT OPERATORS". F. Vázquez, J.A. del Río, K. Gámbar y F. Márkus. J. Non-Equilib. Thermodyn. 21, 357-360 (1996); "FLUCTUATIONS FAR FROM EQUILIBRIUM: HYPERBOLIC TRANSPORT" F.Vázquez, J.A. del Río y M. López de Haro. Phys. Rev. E 55, 5033-5043 (1997); "PATH INTEGRAL APPROACH TO FLUCTUATIONS IN RELATIVISTIC TRANSPORT". F.Vázquez y J.A. del Río, Physica A 253, 290- (1998); "CLASSICAL FIELD THEORY AND STOCHASTIC PROPERTIES OF HYPERBOLIC EQUATIONS OF DISSIPATIVE PROCESSES". F. Márkus, K. Gámbar, F. Vázquez y J.A. del Río. Physica A 268, 482-498 (1999).

de conocer la ciencia y, de este modo, esta parte de mi educación fue deficiente. Por estas razones me he preocupado por promover la enseñanza de la ciencia en la educación elemental, ofreciendo diversas pláticas a maestros de jardín de niños y primaria, y he publicado un trabajo sobre la enseñanza de la física en bachillerato¹⁰. Todo esto con un enfoque orientado a las energías renovables o tecnologías apropiadas. Mis inclinaciones a la docencia fueron fomentadas desde la infancia, pero focalizadas por dos personajes durante mis estudios de licenciatura¹¹ en la Facultad de Ciencias, UNAM: Juan Américo González y Dario Moreno. En la licenciatura fue donde conocí a Sergio en el curso de mecánica clásica y en los aventones en su Chevrolet 57. Esto implica que yo había subido de categoría, en la licenciatura ya no compartía aventones con reses, ahora viajaba en un Chevrolet 57, claro, después de haber dormido desde las 6:00 hrs. en el trolebús que cruzaba la Cd. de México desde el Poli hasta Tasqueña, donde alcanzaba al buen Sergio. Así pasé la licenciatura desfilando por el Consejo Departamental de Física como representante estudiante, fogueándome en el asambleismo y buscando que lo académico prevaleciera a lo demagógico.

En aquel entonces buscaba aplicaciones de la física, pero es hasta recientemente que he iniciado ya con seriedad, en colaboración con Oscar Jaramillo, algunos estudios teóricos sobre las aplicaciones de las fibras ópticas para conducir la energía solar concentrada¹². Sinceramente considero que esta forma de

⁹ F. Vázquez y M. López de Haro. Hydrodynamics Fluctuations and Extended Irreversible Thermodynamics J. Non-Equilib. Thermodyn. (en prensa, 2001).

¹⁰ "LA CONTEXTUALIZACION DE LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN EL MEDIO RURAL: UNA EXPERIENCIA". J.A. del Río P., A.A. Aguirre V. F. Vázquez, P. Sánchez. Reforma y Utopía: reflexiones sobre educación superior. Num. 10. 81-91 (1994).

¹¹ Premio "MEDALLA GABINO BARREDA", por los estudios de licenciatura, UNAM 1984.

¹² "A MODEL FOR HEATING OPTICAL FIBERS TO CONDUCT CONCENTRATED SOLAR ENERGY" O.A. Jaramillo y J.A. del Río, in World Renewable Energy Proceedings Ed. A.A.M. Sayigh (Pergamon, Oxford, 1998) pp. 2243-2246; "APPLICATION OF FIBER OPTICS IN THE HYDROGEN PRODUCTION BY HOTOELECTROLYSIS" O.A. Jaramillo, L.G. Arriaga, P.J. Sebastian, A.M. Fernández y J.A. del Río. Int. J. Hydrogen Energy 23, 985-993 (1998); "THERMAL STUDY OF OPTICAL FIBERS TRANSMITTING CONCENTRATED SOLAR ENERGY", O.A. Jaramillo, J.A. del Río y G. Huelsz. J. Phys D: Appl. Phys. 32, 1000-1005 (1999); "NON-LINEAR MODEL FOR ABSORPTION IN SiO₂ OPTICAL FIBRES: TRANSPORT OF

transportar energía solar puede ser de utilidad para aplicaciones específicas. Sin embargo, cabe mencionar que en este tema nos ha sido mucho más fácil convencer a la comunidad internacional que a algunos colegas del CIE de que hacemos un buen trabajo sobre este relevante tópico y que planteamos aplicaciones muy diversas, y posibles generadoras de nuevas tecnologías.

Esta situación me recuerda uno de mis fracasos en mis anhelos de formar grupos de excelencia. En el Área de Física de la Preparatoria Agrícola de Chapingo intentamos construir un grupo dedicado a la investigación¹³; pero por nuestra inexperiencia nos ganó el ímpetu y afloró la imposición de nuestra forma de pensar pretendiendo obligar a los colegas a trabajar en esta dirección. Esta actitud solamente relegó por algún tiempo a la mediocridad, pero actualmente en el Área de Física de la UACH no se desarrollan trabajos de investigación y sólo dejé ahí tres muy buenos amigos, pero no pude dejar la tradición en el quehacer científico. Por esto actualmente no estoy de acuerdo en dejar que jóvenes impetuosos luchen en ambientes hostiles para la creación de tradición científica en nuestras anquilosadas universidades de provincia. Sin embargo ofrezco mi apoyo a mis colegas con algo más de experiencia que incursionan en esta titánica tarea. Además de mis inicios en la termodinámica de No equilibrio (aquí nuevamente está el NO) en Chapingo inicié el estudio de fenómenos de transporte en medios porosos donde he tenido muchos logros, inicialmente con Mariano¹⁴ y posteriormente con Stephen

CONCENTRED SOLAR ENERGY”, O.A. Jaramillo, J.A. del Río y G. Huelsz. *Solar Energy Mat. and Solar Cells* (2000).

¹³ Premio “Efraim Hernández Xolocotzin 1990”, primer lugar en investigación básica, con el trabajo “MODELO PARA EL FLUJO TRANSITORIO DE AGUA EN SUELOS”. F. Vázquez y J.A. del Río.

¹⁴ “A GENERALIZATION OF THE RICHARDS EQUATION WITHIN EXTENDED IRREVERSIBLE THERMODYNAMICS”. J.A. del Río P. y M. López de Haro. *Water Resour. Res.* 27, (8) 2141-2142 (1991); “EXTENDED IRREVERSIBLE THERMODYNAMICS AS A FRAMEWORK FOR TRANSPORT PHENOMENA IN POROUS MEDIA”, J.A. del Río P. y M. López de Haro. *Transport in Porous Media* 9 (3) 207-221 (1992); “SOBRE EL FLUJO TRANSITORIO DE AGUA EN SUELOS”. J.A. del Río, M. López de Haro y F. Vázquez. *Ingeniería Hidráulica en México* 8 (2) 36-42 (1993).

Whitaker de la Universidad de California^{15,16}. Con Steve realmente aprendí a dar clases y a escudriñar en la teoría del transporte en medios porosos. El trabajo donde describimos un incremento dramático en la permeabilidad dinámica en los fluidos viscoelásticos¹⁷ provocado por la resonancia elástica en estos fluidos, aunque aparentemente estimulado por mis investigaciones previas en medios porosos, realmente fue motivado por una pregunta que le hice a mi madre hace más de treinta años: ¿Por qué nuestro corazón late cada segundo? Unos días después de haber publicado el trabajo sobre la permeabilidad dinámica de fluidos viscoelásticos en medios porosos con Steve y Mariano, leí que la sangre era viscoelástica y que en primera aproximación podía ser descrita como un fluido de Maxwell. Inmediatamente esto me recordó mi añeja pregunta y por intuición dije "claro, el corazón bombea a la frecuencia óptima". Con esta idea preconcebida me puse a trabajar y después de una ardua búsqueda encontré los parámetros físicos de la sangre asociados al modelo de Maxwell y confirmamos precisamente que el corazón bombea en el rango óptimo de frecuencias, dadas las propiedades de nuestra sangre y los diámetros de nuestras venas y arterias. Este trabajo, en mi opinión, puede tener muchas y novedosas aplicaciones en ámbitos tan diferentes como la extracción de petróleo, la inyección de plásticos y la diálisis artificial. Actualmente, con Sergio exploramos los efectos de un campo magnético sobre esta permeabilidad dinámica y con Guadalupe Huelsz estamos intentando medir el incremento en la permeabilidad dinámica.

¹⁵ "BULK AND SURFACE DIFFUSION IN POROUS MEDIA: AN APPLICATION OF THE SURFACE AVERAGING THEOREM". J.A. Ochoa, J.A. del Río y S. Whitaker. Chem. Engng. Sci. 48 (11) 2061-2082 (1993); "FLOW OF A MAXWELL FLUID IN POROUS MEDIA". M. López de Haro, J.A. del Río y S. Whitaker. Transport in Porous Media 25, 167-192 (1996); "MAXWELL'S EQUATIONS IN TWO-PHASE SYSTEMS I: LOCAL ELECTRODYNAMIC EQUILIBRIUM", J.A. del Río y S. Whitaker. Transport in Porous Media 39, 159-186 (2000); "MAXWELL'S EQUATIONS IN TWO-PHASE SYSTEMS II: TWO EQUATION MODEL", J.A. del Río y S. Whitaker. Transport in Porous Media 39, 259-287 (2000).

¹⁶ "ENHANCEMENT IN THE DYNAMIC RESPONSE OF A VISCOELASTIC FLUID FLOWING IN A TUBE". J.A. del Río, M. López de Haro y S. Whitaker, Phys. Rev. E 58, 6323-6327 (1998).

¹⁷ Idem 16.

Cuando alguien me pregunta qué es un medio poroso inmediatamente les digo la tierra, las rocas... precisamente colgada de una roca fue como conocí a Rita María en el grupo de montañismo de la UNAM al final de la carrera. En aquel entonces andábamos en poros muy grandes, explorando cuevas y subiendo volcanes, desde entonces ella me acompaña, gracias a su cariño y comprensión he podido trabajar y ser distinguido con algunos premios en investigación¹⁸.

El hablar de estos temas tan diferentes, me recuerda mi educación en la Secundaria No. 100 “Luis de Camoen's”. Esta escuela está situada en los límites entre las colonias Peralvillo y Vallejo, al norte de la Cd. de México. En esta escuela tuve mi primer contacto con las matemáticas, donde tuve dos excelentes maestros (Ignacio Loyola “el Santo” y Montes de Oca), ellos realmente fomentaron mi pensamiento matemático. También tuve excelentes maestras de Biología (Olga Mendoza y Ma. de la Luz Acosta); de hecho los conocimientos que tengo en esta rama del saber datan de aquellas épocas. Otros dos maestros dejaron una profunda huella en mi formación: Francisco Pichardo y Antonio Domínguez Hidalgo, en música y literatura, respectivamente. En esta escuela oficial impartían con mucho agrado y disposición otras materias decididos maestros que pretendían instruir a salvajes adolescentes disfrazados de corbata caqui que jugábamos fútbol en el ancho camellón de Río Consulado (ahora el Circuito Interior).

En el Taller de radio de la secundaria, en medio de bulbos, condensadores y resistencias, oí por primera vez la palabra silicio, relacionada con los transistores, dispositivos electrónicos muy modernos para aquella época y que por cierto, no aprendimos a usar. Por supuesto, en aquel entonces no imaginaba que quince años

¹⁸ Premio Anual Casa de la Ciencia de Morelos (1991), segundo lugar en investigación básica, con el trabajo “SOBRE EL FLUJO TRANSITORIO DE AGUA EN SUELOS”. J.A. del Río, M. López de Haro y F. Vázquez. Premio Anual Casa de la Ciencia de Morelos (1992), segundo lugar en investigación básica, con el trabajo “PROPIEDADES FISICAS DE NUEVOS MATERIALES: CONDUCTIVIDAD EFECTIVA DEL SILICIO POROSO”. J. Tagüña y J.A. del Río. Premio Anual Casa de la Ciencia de Morelos (1993), tercer lugar en investigación básica, con el trabajo “UNA RUTA PARA LA DETERMINACION DE LA MICROGEOMETRIA DE UN MEDIO POROSO USANDO UN FLUIDO VISCOELASTICO”. M. López de Haro y J.A. del Río.

después conocería a Julia Tagüña al incorporarme al grupo de Física Teórica del LES y que trabajaríamos sobre este abundante material. En aquel tiempo, Julia regresaba de un congreso y me comentó que habían descubierto que el silicio poroso era luminiscente a temperatura ambiente, así que combinamos nuestras experiencias y atacamos uno de los problemas de moda en los tempranos noventas: la descripción teórica del transporte en silicio poroso, material nanocompuesto luminiscente en el visible que promete múltiples aplicaciones. Este tema ha sido uno de los más productivos en mi carrera de investigación¹⁹ y me ha abierto la posibilidad de obtener, en colaboración con Julia y Eduardo Lugo, la concordancia entre nuestros primeros experimentos y nuestras predicciones teóricas. Por supuesto aún hoy día el estudio del transporte en éste y otros nanocompuestos es un tema abierto a la investigación.

Ya entrados en la modelación de propiedades efectivas de medios compuestos, Julia y yo aprendimos otra técnica de aproximación y graduamos a Miguel Robles de la Maestría en Energía Solar²⁰; dicha técnica la combiné después con algo que le aprendí a Mariano (aproximantes de Padè) para trabajar durante un mes en Londres, además de conocer razonablemente la ciudad y colaborar con Robert Zimmermann del Imperial College. Obtuvimos una fórmula muy sencilla y

¹⁹ "EFFECTIVE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POROUS SILICON: A NOVEL THEORETICAL APPROACH". J.A. del Río, J. Tagüña-Martínez y J.A. Ochoa-Tapia. *Solid State Comm.* 87 (6) 541-545 (1993); "TRANSVERSE COMPONENT OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POROUS SILICON". J. Tagüña-Martínez, J.A. del Río y J.A. Ochoa-Tapia. *Solid State Comm.* 90, 411-415 (1994); "EFFECTIVE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POROUS SILICON: A THEORETICAL APPROACH". J. Tagüña-Martínez, J.A. del Río y J.A. Ochoa-Tapia. *Physica A* 207, 163-167 (1994); "DYNAMIC EFFECTIVE CONDUCTIVITY OF POROUS SILICON". J. Tagüña-Martínez, J.A. del Río y J.E. Lugo. *J. Non-Crystalline Solids*, 182, 206-211 (1995); "INFLUENCE OF SURFACE COVERAGE ON THE EFFECTIVE OPTICAL PROPERTIES OF POROUS SILICON MODELED AS A Si-WIRE ARRAY". J.E. Lugo, J.A. del Río y J. Tagüña-Martínez. *J. Appl. Phys.* 81, 1923-1928 (1997); "SURFACE CONTRIBUTION TO EFFECTIVE OPTICAL PROPERTIES OF POROUS SILICON". J.E. Lugo, J.A. del Río y J. Tagüña-Martínez, *Solar Energy Mat. and Solar Cells* 52, 239-249 (1998); "INFLUENCE OF NON-LINEAR LOCAL PROPERTIES ON EFFECTIVE TRANSPORT". J.E. Lugo, J.A. del Río y J. Tagüña-Martínez. *Transport in Porous Media* 31, 89-108 (1998); "EFECTOS DE LA FORMA Y LA SUPERFICIE EN LAS PROPIEDADES OPTICAS DEL SILICIO" J. Tagüña-Martínez, J.E. Lugo Y J.A. del Río, *Rev. Mex. Fís. Suplemento* 3 (Mexico, 1998) pp. 39-41.

²⁰ "EFFECTIVE CONDUCTIVITY MODELLING OF POLYCRYSTALLINE ZnO THIN FILMS". M. Robles, J. Tagüña-Martínez y J.A. del Río. *Thin Solids Films* 293, 320-326 (1997).

simple²¹ que después de tres años a duras penas ha logrado convencer a la crítica Julia, pues finalmente con ella hemos ajustado algunos de nuestros experimentos. Aprovecho estas líneas para expresar mi deseo de que algún día se presente la oportunidad de colaborar con colegas de otros departamentos del CIE y aplicar conocimientos estructurales para describir las propiedades de transporte de películas delgadas semiconductoras y, por supuesto, un sueño describir el mundo cuántico con perspectivas promedios.

Debo decir que mi contacto con Julia me ha inclinado a intentar hacer divulgación de la ciencia²²; pero los que realmente me han motivado a hacer un esfuerzo en esta dirección son mis hijos Ehécatl y Rita María con quienes me divierto haciendo experimentos, conociendo animales y plantas en la diversidad de la naturaleza y, por supuesto, tratando de contestar sus intrigantes preguntas. Ésta es una actividad que deseo incrementar.

Recientemente, he incursionado en el estudio de los sistemas complejos, en particular en la simulación del tránsito vehicular en carreteras²³, en colaboración con Ma. Elena Lárraga y Anita Mehta, donde hemos encontrado la riqueza de los conceptos físicos en la simulación a través de los autómatas celulares de estos complejos sistemas.

Mi trabajo en el CIE no ha sido solamente académico, como bien saben, a petición de Manuel e insistencia de Julia he colaborado desde la Secretaría Académica con la intención de fortalecer al CIE durante casi 2 y ½ años. Previamente, fui el último representante del LES ante consejo interno del IIM. Al

²¹ "FORMULA FOR THE CONDUCTIVITY OF A TWO-COMPONENT MATERIAL BASED ON THE RECIPROCITY THEOREM". J.A. del Río, R.W. Zimmerman y R.A. Dawe, Solid State Comm. 106, 183-186 (1998)

²² "INVESTIGACIÓN DESDE LA INFANCIA" J.A. del Río. Periódico EL REGIONAL DEL SUR, Miércoles 12 de enero del 2000, Miércoles 23 de Febrero del 2000, Miércoles 8 de marzo del 2000, Miércoles 22 de marzo del 2000, Miércoles 12 de abril del 2000, Miércoles 19 de abril del 2000, Miércoles 3 de mayo del 2000, Miércoles 14 de junio del 2000, Miércoles 28 de junio del 2000.

²³ "POSSIBLE SELF-ORGANISED CRITICALITY AND DYNAMICAL CLUSTERING OF TRAFFIC FLOW IN OPEN SYSTEMS", M.E. Lárraga, J.A. del Río y Anita Mehta. <http://xxx.lanl.gov/abs/physics/9910049>.

desempeñar estas funciones siempre recordé los días en que era Secretario del Consejo Departamental de la Preparatoria Agrícola en Chapingo y Consejero Estudiante en la Facultad de Ciencias, actividades que realicé en fraternal colaboración con Federico y Sergio.

Antes de terminar, quiero hacer un resumen de mi breve historia en el LES-CIE: fui el primer Maestro graduado con un trabajo dirigido en el LES (1987) y el primer doctor que realizó su tesis en el LES (1991)²⁴. En agosto de 1991, ingresé como Investigador Asociado C al LES; en agosto de 1994 obtuve mi definitividad y mi promoción a Investigador Titular A; en agosto de 1997 obtuve mi promoción a Investigador Titular B y este caso fue revisado en la sesión de instalación de la Comisión Dictaminadora del CIE y, finalmente en este año antes de cumplir 40 años, mi promoción a Investigador Titular C.

Como notarán después de haber leído estas líneas que espero ilustren mi forma de ser, me complace pasar de un trabajo de investigación a uno administrativo o bien a unos momentos de actividad política. También mi investigación no ha sido unidireccional y por lo tanto tampoco espero continuar con una línea específica. Me gustaría profundizar en las transformaciones unitarias para generar un formalismo capaz de describir desde sistemas no inerciales los sistemas cuánticos, escudriñar diferentes variables físicas que definan los estados fuera de equilibrio, desarrollar un filtro, no tan fino, para describir el transporte en medios porosos, encontrar el justo medio entre la descripción cuántica y clásica en las nanoestructuras, aplicar conceptos termodinámicos a la economía y cienciometría, desarrollar algunas aplicaciones en energías renovables, simular sistemas complejos con reglas simples y, por supuesto, encontrar la paz y tranquilidad para disfrutar de mi familia, de mis amigos y de mis colegas del CIE.

²⁴ Premio Weizmann 1991 a la mejor tesis doctoral en el área de Ciencias Exactas.

Por último, quiero agradecer a mis amigos más cercanos lo que les he robado:

Rita María	Amor, comprensión, empuje y tenacidad
Ehécatl	Nobleza y firmeza.
Rita	Alegría y perseverancia.
Yolanda	Amor, trabajo y dedicación.
Federico	Crítica y paciencia.
Julia	Optimismo y trato humano.
Manuel	Tolerancia y organización.
Mariano	Rectitud y honestidad.
Sergio	Modestia y meticulosidad.
Steve	Disciplina y trabajo.