



Dr. Juan Ramón de la Fuente  
Rector

Lic. Enrique del Val Blanco  
Secretario General

Mtro. Daniel Barrera Pérez  
Secretario Administrativo

Dra. Arcelia Quintana Adriano  
Abogada General

Dr. René Drucker Colín  
Coordinador de la Investigación Científica

Universidad Nacional Autónoma de México

Forjadores de la ciencia en la UNAM

Ismael Herrera Revilla

Instituto de Geofísica

Dr. René Drucker Colín  
Coordinador de la Investigación Científica

Ing. Jorge Gil Mendieta  
Secretario Académico

Dr. Raúl Herrera Becerra  
Secretario de Investigación y Desarrollo

Lic. Marcela Mendoza Figueroa  
Secretaria Jurídica

Sra. Alicia Mondragón Hurtado  
Secretaria Administrativa

Coordinación de la Investigación Científica

Forjadores de la ciencia en la UNAM

Ciclo de conferencias «Mi vida en la ciencia»

Julio 16 de 2003

Ismael Herrera Revilla

Instituto de Geofísica

Mi vida en la ciencia

Álvaro A. Aldama Rodríguez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Semblanza del doctor Ismael Herrera

México, 2003



Coordinación de la Investigación Científica  
Universidad Nacional Autónoma de México

Eminentes investigadores del Subsistema de la Investigación Científica que el 25 de abril de 2003 recibieron de manos del Rector, doctor Juan Ramón de la Fuente, el reconocimiento «Forjadores de la ciencia en la UNAM» participan en el ciclo de conferencias «Mi vida en la ciencia», que tiene lugar en la Sala del Consejo Técnico de la Investigación Científica. Estos cuadernillos recogen las conferencias preparadas por estos investigadores y las semblanzas que sobre ellos han aportado otros científicos.

D.R. © 2003, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Coordinación de la Investigación Científica,  
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.  
<http://www.cic-ctic.unam.mx>

ISBN (colección): 970-32-0849-5  
ISBN (volumen): 970-32-0844-4

Impreso y hecho en México

## Mi vida en la ciencia

Ismael Herrera Revilla  
Instituto de Geofísica

Conservo una foto en la que aparezco acompañado de mis hermanos cuando tenía yo cuatro años. Fue tomada en Guadalajara, en una de las frecuentes visitas que hacíamos, desde Tampico, a mi abuela paterna. Yo era el más pequeño, el más cabezón y el menos listo; al menos así me sentía pues, cuando había preguntas, las respuestas las tenían sólo mis hermanos. Nunca pensé entonces que la diferencia de edad pudiera tener algo que ver. Hubo, de cuando en cuando, sucesos que me dieron esperanzas, como cuando, en primero de primaria, la maestra Julia nos enseñó la numeración. Nos explicó que del diez seguía el cien, del cien el mil y que bastaba aumentar un cero para que el número se hiciera diez veces mayor. Yo pregunté qué pasaba si seguíamos aumentando ceros. Me quedé fascinado al saber que llegábamos al infinito. Era como si Dios estuviera a la vuelta de la esquina.

De cualquier manera, con la bandera de tontito navegué hasta que llegué a sexto. Las cosas cambiaron entonces, gracias a la forma de enseñar del profesor Carlos Dión Martínez, pues, con sorpresa, descubrí que yo tenía el “don”. Lo digo porque en sexto de primaria fue cuando me enteré de que tenía talento matemático. Al profesor le gustaba hacer competencias; ponía un problema de los llamados razonados y al primero que entregaba el resultado le valía diez puntos, al segundo seis y al tercero tres. Yo casi siempre era el primero. Me gustaba ver la gráfica, pegada siempre en el pizarrón, con los resultados acumulados. Por lo general, yo llevaba 150 puntos y el que me seguía, 50. Mis compañeros hacían dibujos con mi cabeza llena de chimeneas que echaban humo. Esto me infundió una gran confianza en mí mismo, que ha sido muy valiosa el resto de mi vida. Debo con-

fesar, sin embargo, que poco después también descubrí, con dolor, que la capacidad intelectual no lo es todo en la vida; en ese tiempo había una muchacha que me gustaba mucho, la cual, desgraciadamente, me la ganó un compañero más guapo que yo. También, una lección para toda la vida.

En secundaria y preparatoria fui un muchacho loco pero entusiasta. Aunque, es bueno reconocerlo, mi locamiento nunca fue excesivo, pues jamás tuve grandes problemas. En las clases, las calificaciones no me preocupaban, pero siempre hice lo suficiente para salir adelante en mis exámenes y lo peor que me llegó a suceder fue que en segundo de secundaria me reprobaron en Inglés, por lo que tuve que presentar examen extraordinario. En preparatoria, lo que me costó mucho trabajo fue la elección de la carrera profesional a la que habría de dedicarme; anduve por todos los bachilleratos que en aquella época se ofrecían: Medicina –mi padre era médico–, Ingeniería, Química y hasta Leyes. Terminé Ingeniería y me fui al Tecnológico de Monterrey. Mis papás me inscribieron como interno, pero mi muy querida madre me fue a entregar personalmente. Aprovechando esa circunstancia, cuando supe que muchos amigos míos que también se habían ido a Monterrey vivían juntos en una casa de asistencia, la convencí de cancelar la inscripción en el internado y de que me dejara irme a la casa de asistencia con mis cuates. Naturalmente, poco después destripé, lo cual, a la larga, fue afortunado, pues a ese *destripe* debo el haberme dedicado a la ciencia y a la investigación.

Desde luego, el periodo que pasé en Monterrey lo dediqué principalmente a la vagancia, por lo que, cuando se acercaban los exámenes, me entró un susto que agudizó mis sentidos y me permitió descubrir que la ingeniería civil no era mi vocación; hallazgo que me apresuré a revelar a mi papá, trasladándome, para tal efecto, a Tampico. Mi padre, que siempre fue estricto con sus hijos, aunque generoso, con mucha amabilidad me dijo que buscara una nueva vocación, pero que, mientras la encontraba, trabajaría como bodeguero en una tienda de abarrotes de mi ciudad natal. Claro que en esas condiciones estuve altamente motivado para investigar intensamen-



te mi orientación vocacional y todos los días hacía nuevos descubrimientos, cuyos resultados ponía a la consideración del doctor J. Antonio Herrera G., que era la manera como era conocido mi papá en mi tierra natal. Él, también todos los días, me explicaba pacientemente las razones por las cuales las carreras que yo escogía no eran opciones profesionales viables. Al fin, un día, se me ocurrió decirle: Ingeniería Química; y me respondió: adelante y alístate para irte a México.

Fue así como llegué a la entonces Escuela Nacional de Ciencias Químicas y a la UNAM, en la que he pasado el resto de mi vida. El periodo que estuve en Ciencias Químicas, salvo por haber conocido algunos amigos muy estimables, fue oscuro y triste. Afortunadamente, un día, al azar, Guillermo Septién González, quien era compañero mío y, por cierto, hermano del futbolista Carlos Septién, muy bien conocido entonces, me dijo que en el Palacio de Minería estaban enseñando las carreras de Física y Matemáticas. Me entró curiosidad y fui. Y así fue como descubrí la Facultad de Ciencias y mi verdadera vocación: la investigación, la ciencia, la física y, sobre todo, las matemáticas. ¡Y la noche quedó atrás, y se elevó en el horizonte un sol brillante y hermoso...! ¡El mundo se llenó de luz... y mi vida de entusiasmo! Superada la apatía, me puse a trabajar intensamente, sin descanso. La Facultad de Ciencias, en los años 50, era un lugar extraordinario. Nuestros profesores eran gente doctorada en universidades de primer nivel mundial: Princeton, Harvard, etc. Manejaban con soltura el pensamiento contemporáneo de las matemáticas y de la física. El ambiente era platónico, de verdadero amor a la ciencia. Por primera vez, se nos daba la oportunidad de hacer investigación científica, aquí mismo, en México, y todo mundo quería aprovecharla. La verdad, a los físicos les interesaba la ciencia y a los matemáticos el juego intelectual. Por lo que se refiere a mi persona, yo soy más matemático que físico. Me gustaría expresar con detalle todo lo que recibí de mis maestros de esa época, pero no puedo hacer este escrito demasiado extenso. Baste mencionar la enorme gratitud que guardo por todos ellos. Debo a ellos la vida llena de satisfacciones que he tenido.

Entré yo a la Facultad de Ciencias como el pez entra en el agua. Todo se volvió fácil. Me convertí en un alumno destacado. Tuve el apoyo de Alberto Barajas, que era entonces el director, y de Roberto Vázquez, quien me consiguió una chamba en la SCOP, alcanzando así, de inmediato, la independencia económica, cosa que me apremiaba, pues estaba avergonzado de no poder soltar la ubre, a pesar de que mi padre me había mantenido ya cinco años en Ciencias Químicas. De los físicos, el que tuvo mayor influencia en mí fue Marcos Moshinsky, con quien inclusive inicié mi tesis de licenciatura. También me llené de amigos. Mi amistad con Víctor Neuman fue especialmente entrañable, junto con Federico Velasco. Por cierto que Federico es el culpable de que yo me haya dedicado a las matemáticas aplicadas. Él, Víctor y yo éramos inseparables, y juntos disfrutábamos activamente de la belleza del pensamiento matemático. Sin embargo, un día, a Velasco, que era muy crítico, se le ocurrió preguntar: “¿y esto para qué sirve?” Los tres coincidimos en que, aunque lo que hacíamos era muy lindo y lo disfrutábamos mucho, su valor práctico era escaso. Sin embargo, Neuman y Federico permanecieron inmutables. Yo, en cambio, que me había educado en el nacionalismo revolucionario de la época cardenista —en particular, el profesor Carlos Dión Martínez era comunista—, desde que había descubierto mi capacidad intelectual tenía la ilusión de contribuir al progreso del México nuevo, que estaba en gestación entonces, y me sentí decepcionado ante la perspectiva de dedicar mi vida a una actividad tan alejada de la realidad nacional. Cambiar nuevamente de carrera me parecía horrible, después de todo el tiempo que ya había desperdiciado estudiando profesiones que finalmente abandonaba. Fue así como se me ocurrió resolver el problema haciendo mis estudios de posgrado en Matemáticas Aplicadas; aunque debo confesar que no tenía idea de lo que eran ellas, pero suponía que, con ese nombre, seguramente serían, por una parte, matemáticas y, por la otra, útiles.

Poco después, Gonzalo Zubieta me ayudó a obtener el apoyo de Solomon Lefchetz y, con éste, la División de Matemáticas Aplicadas de una de las universidades más destacadas de los Estados Unidos,

la Universidad de Brown, me concedió una beca para hacer estudios de posgrado, a pesar de no haber terminado la licenciatura. Según Lefchetz, y estoy convencido de que tenía razón, la División de Matemáticas Aplicadas de Brown era lo mejor que había en matemáticas aplicadas en Estados Unidos en esa época. Por otra parte, la formación que recibíamos en la Facultad de Ciencias de la UNAM, en física y en matemática básicas, era extraordinaria y a eso atribuyo el hecho de haber sido el mejor alumno en la División y haber obtenido el doctorado en tiempo récord. También, el grado de doctor se me otorgó sin tener previamente la maestría; aun más, sin tener siquiera la licenciatura, que nunca terminé. Sería difícil describir el gran orgullo que me producía el que un estudiante mexicano fuera el mejor en el ambiente tan selecto y tan internacional que había en la *Division of Applied Mathematics* de Brown.

Ya con el grado de doctor, la vida se abrió de un golpe y, como si estuviera repleta, los acontecimientos se precipitaron con gran rapidez. Brown me ofreció reiteradamente el puesto de *professor* —lo cual consta en el diploma que me dieron cuando me nombraron “*the Distinguished Graduate Alumnus, 2001*”—, el cual decliné, pues estaba decidido a regresar y desarrollar mi carrera en México. Debo mencionar que Julián Adem, con quien después tuve una gran amistad, me propuso regresar al Instituto de Geofísica, lo cual no pude aceptar entonces. Tampoco acepté incorporarme al Instituto de Matemáticas y, en cambio, regresé al Instituto de Ingeniería de la UNAM —con el que estuve vinculado por más de veinte años—, con la intención de hacer aplicaciones relevantes para México. Sin embargo, no había completado mi primer año de trabajo en el Instituto cuando fui nombrado director del Instituto de Geofísica. Después, vino el Premio de Investigación de la Academia de la Investigación Científica (AIC), hoy Academia Mexicana de Ciencias y, de inmediato, mi incorporación al Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC), como vocal. Poco después fui presidente de la AIC. Cuando gané el premio de la AIC, hablé en nombre de los premiados ante el presidente de la República. Sergio Hernández Castañeda, un compañero muy queri-

do, me recomendó que usara la oportunidad para decir mis verdades, y le tomé la palabra. Mi mensaje fue muy bien recibido y fue objeto de transmisión radiofónica en cadena nacional. Ése fue el impulso que me llevó a la vertiente que desembocó en la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), proceso en el que tuve el honor de encabezar a la comunidad científica. Después, en 1976, gané el Premio Nacional de Ciencias.

En los últimos días del año de 1962, la Junta de Gobierno de la UNAM me nombró director del Instituto de Geofísica; apenas unos días antes había cumplido 31 años. Por ese hecho pasé a formar parte de la Coordinación de Ciencias, hoy conocida como Consejo Técnico de la Investigación Científica. Estaba formada por los directores de los nueve institutos que había entonces, uno de los cuales tenía, al mismo tiempo, el cargo de Coordinador de Ciencias. La primera vez que oí hablar de la Coordinación de Ciencias me pareció que debía ser un organismo fascinante pues, con una visión ingenua, supuse que desde él seguramente se hacía la planeación y se definían los temas de la ciencia y la investigación por desarrollar en la UNAM.

Cuando inicié mi participación en los cuerpos directivos de la ciencia mexicana, al más alto nivel, se hablaba de la necesidad de que la investigación que hiciéramos fuera de excelencia. Si bien siempre estuve de acuerdo con este punto de vista, me parecía que esa afirmación apenas servía para iniciar la discusión del tema. Hacer investigación de excelencia significa hacer bien la investigación y, evidentemente, cualquier tarea que emprendamos debemos hacerla bien. En la Facultad de Ciencias aprendí los métodos que se utilizan para alcanzar los paradigmas del pensamiento matemático contemporáneo, a saber: la claridad, la generalidad y la sencillez, y cuando los estudiaba no solamente me quedé deslumbrado por su belleza, sino también por su poder transformador. Pensé que esa forma de pensar transformaría a México. En el ámbito mundial, no me equivoqué. Desde entonces, esa forma de pensar ha cambiado al mundo. Es ella la que ha permitido analizar con éxito y en forma sistemática una gama inusitada de problemas, tanto científicos como tecnológicos, y que ha con-

ducido a la creación de herramientas poderosísimas, como la computación, que resuelven lo mismo problemas de salud, que industriales, del ambiente o de la localización y aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, eso no estaba ocurriendo en México. La ciencia se había quedado encerrada en sí misma. Por eso, a mí me parecía que era crucial discutir, en los cuerpos directivos, qué medidas debíamos tomar para lograr que la ciencia se integrara a nuestro país para transformarlo.

Así, cuando gané el Premio de Investigación de la Academia y tuve que hablar en nombre de los premiados ante el presidente de México, coincidí con el parecer de Sergio Hernández, en que era ésa una oportunidad extraordinaria para tratar un asunto tan importante. Dije entonces, entre otras cosas, que “a nosotros, como a muchos otros investigadores, en algún momento se nos había presentado la disyuntiva de regresar a México o quedarnos en algún país más avanzado y con mayores recursos para la investigación científica. Hubo temores y dudas, pero no nos arrepentimos, porque el panorama de la ciencia en México es el de una ciencia en intenso desarrollo y ya representa valiosísimo capital humano, que es indispensable que el país aproveche. Deben establecerse vínculos adecuados con la actividad general del país que permitan la circulación de las ideas y de las gentes...” Unos días después, fui nombrado vocal del Instituto Nacional de la Investigación Científica, organismo predecesor del actual CONACyT, encargado de la política científica en el Gobierno Federal. Cuando me informaron que recibiría el nombramiento de manos de Agustín Yáñez, entonces secretario de Educación Pública, me llené de júbilo. El INIC estaba constituido por diez vocales y el vocal ejecutivo. Entre los otros nueve vocales figuraban los científicos mexicanos más destacados de esa época; como Arturo Rosenblueth, que descansa en la Ronda de las Personas Ilustres. También estaban Carlos Graef Fernández, Guillermo Massieu, Guillermo Haro, José Ádem. Todos ellos, mucho mayores que yo. Participar con ellos en el INIC fue un gran honor.

Dos veces fui propuesto para la vicepresidencia de la AIC (la cual conllevaba la presidencia pues, según sus estatutos, al final de cada periodo el vicepresidente asumía la presidencia) y, en la segunda, gané la elección. La primera la ganó Alfredo Barrera, con quien posteriormente tuve una muy buena amistad. Por otra parte, entre los vocales del INIC, aparentemente, era yo quien tenía mayor interés en política científica y, seguramente por eso, representé a México en diversas reuniones internacionales sobre ese tema —de una de ellas conservo un recuerdo imborrable, pues tuve la satisfacción de codearme con Bernardo Houssay (el único premio Nobel latinoamericano en ciencia de esa época), quien llevaba la representación de Argentina, mientras yo llevaba la de México—. En septiembre de 1969, la Mesa Directiva de la Academia de la Investigación Científica fue convocada a una cena, en el restaurante San Ángel Inn, en la que estuvieron presentes el ingeniero Eugenio Méndez Docurro, vocal Ejecutivo del INIC, el doctor Guillermo Massieu Helguera, director general del IPN, el licenciado José López Portillo, subsecretario de la Presidencia, Alfredo Barrera, presidente de la Academia, yo, como vicepresidente, y dos o tres miembros más de la Mesa Directiva, entre ellos Juan Antonio Careaga. Guillermo Massieu y Eugenio Méndez nos informaron que, con base en los acuerdos tomados en la reunión de Punta del Este, Uruguay, de los presidentes de los países de América, en que se recomendaba que los diversos países invirtieran el 1.5 por ciento del PIB en investigación científica, el gobierno de México iba a destinar mayores recursos a la Ciencia. Pero que, para asegurar un mejor aprovechamiento de ese dinero, se iba a reorganizar al sistema científico mexicano. Que, para orientar dicha reorganización, solicitaban a la AIC, por nuestro conducto, la realización de un estudio que contuviera un diagnóstico de la situación actual y propuestas para la nueva organización de la ciencia en nuestro país. Me pareció que aquella solicitud me venía como anillo al dedo, puesto que Alfredo Barrera no se mostraba interesado en cuestiones de política científica. Fue así como, esa misma noche, pergeñé las bases de la propuesta con base en la cual se realizó lo que posteriormente se conoció como el Estudio del INIC.

Dos años antes se había realizado un estudio con objetivos similares, que encabezó el licenciado Manuel Bravo Jiménez, entonces director general del Centro Nacional de Productividad. En él, yo había encabezado el Comité de Ciencias de la Tierra. La reunión de clausura y conclusiones estuvo presidida por Javier Barros Sierra, rector de la UNAM, y por Guillermo Massieu, director general del Instituto Politécnico Nacional. El Fondo de Cultura Económica dedicó una serie especial de libritos para publicar tanto los resultados por área como las conclusiones generales del estudio. Las características generales de la organización adoptada para la realización del estudio, consistieron en establecer un comité para cada disciplina de la ciencia y, además, comisiones sectoriales que se ocuparon de los problemas transversales, tales como los problemas de educación, financiamiento, etcétera.

Me pareció que los alcances de ese estudio se habían visto limitados porque las opiniones vertidas en el mismo provenían, casi exclusivamente, de las entonces llamadas “vacas sagradas”; es decir, de las figuras científicas ya consagradas o que ocupaban puestos directivos, que eran unos cuantos en esa época —seguramente, mi inclusión en ese grupo se debió a que ocupaba puestos directivos pues, evidentemente, era demasiado joven para que se me considerara vaca sagrada—, lo que dio lugar a que las opiniones recogidas fueran repetición de las predominantes en el medio y abundaran los lugares comunes. Sin embargo, había elementos de la forma de organización de ese trabajo que nos podrían resultar útiles, sólo que había que modificar la organización, de manera que se propiciara profundizar el análisis y ampliar el número de participantes activos. Dividir a la ciencia mexicana en áreas era muy sencillo. Además, conocíamos ya suficientemente a la “comunidad científica” —término que, por cierto, se acuñó entonces—, como para poder ubicar en cada una de esas áreas a una persona conocedora y con prestigio que nos ayudara a organizarlas y coordinarlas. Entonces, la propuesta que hice consistió en, después de dividir a la ciencia mexicana en sus disciplinas más o menos convencionales, nombrar un coordinador de cada una de ellas

y pedirle que nos ayudara a dividir su disciplina respectiva en especialidades. A su vez, cada especialidad tendría un responsable. Estos responsables formarían el comité de la disciplina correspondiente, que sería presidido por el coordinador de la disciplina. Los responsables de cada especialidad, a su vez, formarían un grupo de trabajo que realizaría el estudio de la misma. Además, se formarían las comisiones sectoriales para estudiar los problemas transversales. De esta manera, se formó una organización piramidal, en la que participaron activamente un gran número de personas (más de setecientas, de acuerdo con el Estudio del INIC) y, para darle mayor dinamismo, se previeron mecanismos que facilitaran la comunicación e intercambio de ideas entre los diferentes niveles. Esta organización tuvo mucho éxito y despertó mucho entusiasmo en la comunidad científica. Los trabajos del estudio se iniciaron oficialmente en enero de 1970 y se concluyeron en el mes de septiembre siguiente.

Una de las conclusiones del Estudio del INIC era la necesidad de crear un organismo central del sistema científico y tecnológico. Con base en ella, formulamos el proyecto de la ley que creó al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Fui nombrado el director técnico fundador del mismo. Estuve solamente año y medio pero, durante ese periodo, tuve experiencias muy interesantes, algunas de ellas inolvidables. Recuerdo una que, aunque intrascendente, para mí fue conmovedora. Me refiero a la ocasión en que fue a visitarme a mi oficina Charles Lindbergh, quien para mí era un personaje mítico. Yo nací en 1931 y su proeza fue en 1927. En mi infancia, él era un héroe inigualable, y yo jugaba con mis avioncitos pensando en él. Tenerlo en mi oficina era increíble. El motivo fue que él presidía entonces una sociedad ornitológica y solicitaba apoyo del CONACyT.

Mi periodo como director técnico de CONACyT es el único en el que he dejado la investigación, pues pensé que mi responsabilidad ante el país era tan importante que requería mi dedicación total y absoluta. Pero, a medida que el tiempo pasaba y CONACyT se burocratizaba, me sentía cada vez más inquieto, pues sentía que estaba traicionando mi vocación de investigador, a pesar de sentirme tan



afortunado de haberla encontrado y de poder realizarla. Decidí, entonces, regresar a la Universidad a continuar mi carrera de investigador. Para cerrar el capítulo de CONACYT, debo decir que, por una parte, para mí fue un orgullo y un honor haber encabezado a la comunidad científica en el proyecto que condujo a su creación. Por otra parte, aunque no alcanzamos lo que nos proponíamos, y seguimos sin alcanzarlo –basta ver el Documento Final del Estudio del INIC para comprender a qué me refiero–, sin embargo, la creación del CONACyT marca un hito en el desarrollo de la investigación científica en México. Éste reemplazó al INIC y su fundación significó un importante impulso para el desarrollo de la investigación en México. Cuando cerramos el INIC, por ejemplo, el número de becas no llegaba a 400 y, al crearse CONACyT, ese número aumentó de manera muy significativa.

Cuando regresé a la UNAM decidí dedicarme en cuerpo y alma, como nunca antes, a mis labores de investigación. Yo había tenido responsabilidades administrativas muy temprano en mi carrera, que, sin duda, habían mermado mi producción científica, y quería darme a mí mismo la oportunidad de ver hasta dónde podía llegar si dedicaba toda mi energía a la labor creativa. ¡Y me di ese gusto! ¡Pasé once años totalmente dedicado a la investigación! Debo aclarar que incluyo aquí mi labor docente, la cual, en proporciones adecuadas, no tan sólo no estorba a la investigación sino que la enriquece. Durante esos once años me mantuve firme en mi decisión, a pesar de recibir diversas invitaciones. Además de algunas otras, cuando Guillermo Soberón era rector de la UNAM me invitó a participar en las ternas de los institutos de Matemáticas Aplicadas (1976) y de Geofísica (1977), las cuales decliné. Al pasar el tiempo, sin embargo, empecé a sentir la necesidad de influir en la marcha de nuestras instituciones, por lo que hice un intento, fallido, para participar en la terna para director del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS), en 1982. Finalmente, en 1983, acepté que se me incluyera en la terna para director del Instituto de Geofísica, a cuya dirección regresé por un periodo de seis años, en

junio de 1983. En marzo de 1996 fui nombrado director del II-MAS, en esta ocasión por un periodo de cuatro años, pues en la época del rector Jorge Carpizo hubo cambios en la reglamentación universitaria que redujeron los periodos.

Por lo que respecta a mi vida estrictamente académica, muy temprano en mi carrera tuve la suerte de obtener, en colaboración con mi compañero de estudios Morton Gurtin, un resultado trascendente en ciencia de materiales. A fines de 1961, cuando estaba próximo a regresar a México, Morton, que había hecho su tesis doctoral en viscoelasticidad, me platicó que había la creencia de que los materiales viscoelásticos no eran capaces de transmitir frentes de onda, y sucintamente me explicó el problema. Yo, un poco bravuconamente, le dije que *evidentemente* sí podían transmitirlos. Él, debido a mi prestigio en Brown, lo tomó muy en serio y, a fines de noviembre de 1963, decidí visitarme *ex-profeso*, por un periodo de tres meses. Como yo ya tenía responsabilidades administrativas como director del Instituto de Geofísica, fue una tarde, en mi cubículo del Instituto de Ingeniería, cuando pudimos, al fin, iniciar la investigación. La memoria del material se representaba como una integral de la rapidez de cambio de la deformación, y así la escribió él en el pizarrón. Le dije: “esa derivada con respecto al tiempo nos estorba, integremos por partes, para eliminarla”; lo cual hicimos. Luego dije: “tomemos ahora el salto”; y, al hacerlo, salió de inmediato la velocidad de propagación de los frentes de onda. Con esto, el camino quedó despejado para desarrollar la teoría general de la propagación de ondas en materiales viscoelásticos. El resultado básico inicial lo obtuvimos en 1964 y lo publicamos en el *Quarterly of Applied Mathematics*. Esto abrió un amplio campo de investigación en el ámbito mundial, en el que posteriormente trabajaron muchos investigadores de prestigio. Nuestros resultados fueron tan importantes que la *Enciclopedia de Física* (Handbuch der Physik), de Springer Verlag, dedicó una sección para reproducirlos y comentarlos. También, una de las personalidades más destacadas de las matemáticas aplicadas de esa época y considerado el padre de la versión contemporánea de la mecánica de los medios continuos, Clifford

Truesdell, se nos unió, para continuar las investigaciones. Así se formó el grupo “Coleman, Gurtin, Herrera and Truesdell”. Aún hoy, a cuarenta años de distancia, esos trabajos siguen recibiendo citas.

Aunque ése fue un acontecimiento muy favorable para mí, mi mayor deseo era hacer aplicaciones de la ciencia que fueran relevantes para México. Y la viscoelasticidad no parecía tener mucha relevancia aquí. Mi primer trabajo para el Instituto de Ingeniería fue el desarrollo de un modelo para predecir las avenidas de los ríos, que, según se me decía, era muy útil para el diseño de los puentes, entre otras obras. Utilicé el método de características, que había usado en mi tesis doctoral, en que abordé el flujo supersónico para el diseño de aviones. Curiosamente –y esto muestra la versatilidad de las matemáticas aplicadas, en las cuales un mismo método se puede usar en campos muy diversos de la actividad humana–, también fue el método de características el que me permitió resolver la controversia de la ciencia de materiales a que me he referido antes.

México es un país altamente sísmico, por lo que comprender los fenómenos sísmicos y protegerse de ellos en las mejores condiciones posibles es indispensable. Yo me encontré con ellos por dos motivos. Por una parte, en el Instituto de Ingeniería trabajaba, como director, una de las autoridades de ese campo más reconocidas mundialmente. Me refiero, claro está, a mi gran amigo, de quien tanto aprendí, Emilio Rosenblueth. Por la otra, el Instituto de Geofísica, del cual yo ya era director, tenía a su cargo el Servicio Sismológico Nacional. Con Emilio hice trabajos pioneros en el ámbito mundial para predecir la respuesta sísmica de valles sedimentarios, como el Valle de México, que han sido básicos para la formulación de los reglamentos de construcciones de muchas ciudades, incluyendo la Ciudad de México. Por otra parte, para impulsar la Sismología, la cual en el Instituto de Geofísica se encontraba en pañales, trabajé en investigaciones sobre propagación de ondas elásticas en medios estratificados, que les sirven de guía. Creo que el resultado más sobresaliente que obtuve en ese campo consistió en unas relaciones de ortogonalidad para ondas de Rayleigh, las cuales publiqué en el *Bulletin of the Seismological So-*

*ciety of America*, a las que otros investigadores les han llamado “*Herrera’s Orthogonality Relations*”. Las relaciones de ortogonalidad para ondas de Love son clásicas pero, para ondas de Rayleigh, eran desconocidas. Mis resultados fueron utilizados en diversas partes del mundo para resolver problemas de difracción elástica en medios estratificados.

Siendo director del Instituto de Geofísica, me puse a revisar las disciplinas de la Geofísica que nominalmente se cultivaban en el Instituto y entre ellas me encontré con la Geohidrología. Como yo no sabía bien qué era eso, me puse a indagar y me encontré con que era el estudio del agua subterránea. Cuando hicimos la reflexión, en compañía de algunos colaboradores, como Rodolfo del Arenal, de que al menos 60 por ciento de nuestro territorio es árido o semiárido, nos resultó evidente que ése era un campo extraordinariamente importante para México. Pregunté cuántos investigadores dedicados a ese tema teníamos en el Instituto y el resultado fue que eran claramente insuficientes, especialmente si tomábamos en cuenta que nuestro instituto era un instituto nacional, en el sentido de que era prácticamente el único instituto de geofísica en el país. Yo no veía qué podía hacer para cambiar esa situación. Lo único que se me ocurrió fue meterme yo mismo a investigar la Geohidrología, lo cual parecía factible, pues me había enterado vagamente de que se usaban algunos modelos matemáticos para predecir el comportamiento de los pozos de agua subterránea. Rodolfo del Arenal me propuso que invitáramos a Germán Figueroa para que me explicara algunos problemas de interés. Él estudiaba el hundimiento de la Ciudad de México, por lo que me explicó el modelo matemático de los acuíferos semi-confinados, que es el nombre técnico que reciben los acuíferos cubiertos por arcillas de baja permeabilidad, como los de la Ciudad de México. La experiencia fue muy bonita, pues se me ocurrió formularlos como ecuaciones integro-diferenciales y, como en el caso de la controversia sobre los frentes de onda, en la primera tarde que nos reunimos se obtuvieron resultados trascendentes. Los publicamos en la revista de mayor prestigio mundial en el tema: “*Water Resources Research*”, que

publica la America Geophysical Union. Aparecieron en agosto de 1969, en el mismo número en que Paul Witherspoon y Shlomo Neuman publicaron la tesis de este último, que versa sobre el mismo tema. Posteriormente, ya como amigos y en pláticas privadas, ha quedado claro que se preocuparon, pues pensaron que les habíamos “comido el mandado”. En realidad, no es así, son enfoques y métodos distintos. A nuestro enfoque, en forma ya más desarrollada, se le ha llamado con mi nombre. En una ocasión, en que visité la Universidad de Delaware, me dio gusto ver en el programa de la materia de Geohidrología el tema: “Herrera’s Integro-differential Equations”. Algunos autores, en algunos libros, me consideran como originador de la “Teoría de Sistemas de Acuíferos”, junto con Neuman y Witherspoon. Nuestro enfoque tiene la ventaja de que es muy adecuado para aplicaciones en modelación numérica y computacional de acuíferos. En particular, el método numérico basado en las ecuaciones integro-diferenciales que desarrollamos Robert Yates y yo, es sumamente eficiente, y es por eso que el programa computacional para acuíferos semi-confinados del US Geological Survey se construyó con base en él, según consta en el manual del mismo.

No quisiera extenderme mucho más; solamente me referiré a otras dos experiencias de las que guardo un recuerdo encantador. La primera, es la ocasión en que por insistencia de Daniel Reséndiz me metí a investigar los modelos teóricos de comportamiento de materiales, tales como suelos, y desarrollé una familia de modelos que es aplicable a arcillas. Había un modelo muy usado, conocido como Cam-Clay (de Cambridge y arcilla), que fue desarrollado en Cambridge por Roscoe y Burland, pero que tenía la limitación de no ser capaz de predecir cierto tipo de deformaciones, que en el experimento se observaba que eran importantes. Cogí el Cam-Clay y mostré que era un caso particular del modelo más general que yo había desarrollado, pero que, como el de Cambridge había sido elaborado en experimentos sucesivos, en que paso a paso se iban introduciendo nuevas hipótesis al modelo teórico, en uno de esos pasos se había introducido una que era contradictoria con las demás. Removí la hipótesis contradictoria y

mostramos que el modelo, así modificado, sí predecía las deformaciones mencionadas. Publicamos esos resultados en la literatura internacional de mecánica de suelos y, poco después, recibí invitación de Cambridge para ir a explicárselos. Debo reconocer que me sentí muy contento de ir a la Universidad de Cambridge a “enseñarles cómo se hacen bien las cosas”. La otra experiencia es cuando descubrí un tipo de choques, como los que producen los aviones supersónicos, que ocurren en los yacimientos petroleros y que no habían sido descritos en la literatura internacional. Estos resultados, que publiqué hace algún tiempo en el *Journal of Petroleum Engineering*, los presenté el año pasado en el Departamento de Ingeniería Petrolera de la Universidad de Stanford.

Clasifico mi producción científica en tres grandes categorías: metodología básica, aplicaciones a otras ciencias y a la Ingeniería, y aplicaciones específicas. Hasta aquí me he referido a contribuciones de la segunda categoría exclusivamente. Por lo que se refiere a aplicaciones específicas, como los modelos del sistema de acuíferos de la Ciudad de México, los problemas de abastecimiento de agua de la misma —el cual, por cierto, obtuvo el Premio de Ecología de la Fundación Miguel Alemán—, o el modelo del campo geotérmico de Cerro Prieto, prefiero dejarlas para otra ocasión, pues no quisiera exceder los límites recomendados para estos apuntes autobiográficos. A continuación, me limito a describir la aportación que considero de mayor envergadura que he hecho a la teoría y los métodos de la matemática aplicada. Sé que muchos de mis colegas matemáticos, que no son aplicados, prefieren que se refiera uno a ellos como *matemáticos básicos*, en vez de *matemáticos puros*. Aunque quisiera complacerlos, sin embargo, debo reconocer que tengo cierta resistencia a expresarme de esa manera. La razón es que *resultado básico* es uno que tiene repercusiones amplias, en diferentes ámbitos, y sirve, o puede servir, de base para muchos otros resultados u otras edificaciones teóricas. Reconociendo que esta acepción es correcta, resulta evidente que tanto en matemáticas puras como en matemáticas aplicadas existen resultados básicos. La teoría que voy a describir, resultado de una larga

línea de investigación, es, sin duda, una contribución *fundamental*, pero en matemáticas aplicadas.

Cuando me reincorporé a la UNAM en 1973, después de haber organizado el CONACyT, con una participación muy amplia de la comunidad científica, me resultaba claro que el futuro de la aplicación de las matemáticas a los problemas de la ciencia y la ingeniería descansaría, principalmente, en los modelos computacionales de los sistemas de interés en esos campos del quehacer humano. Por eso, quería entrar en el tema, pero no sabía cómo. Los modelos básicos de esos sistemas están constituidos por ecuaciones diferenciales parciales y su construcción, utilizando las computadoras electrónicas, requiere de un paso intermedio: la transformación de dichas ecuaciones en sistemas con un número finito de grados de libertad. A este último proceso se le llama discretización y se realiza por medio de los “Métodos Numéricos de las Ecuaciones Diferenciales Parciales”. Por eso fue que, a mediados de los años 70, estuvieron en boga los principios variacionales, pues utilizándolos era fácil derivar las discretizaciones. Para el tratamiento de sistemas en evolución —es decir, fuera del equilibrio—, tuvieron mucho uso los llamados “*Gurtin’s Variational Principles*”. Morton E. Gurtin, fue el compañero de Brown que vino a resolver conmigo la controversia de los materiales viscoelásticos y, cuando estuve allá en 1964, como *visiting professor*, yo vi cómo los derivó. Utilizando la Transformada de Laplace, convertía los sistemas en evolución en sistemas en equilibrio, para los cuales había principios variacionales ya conocidos. Al tomar la transformada inversa, obtenía principios para los sistemas originales, los cuales quedaban expresados en términos de convoluciones. Yo me di cuenta de que lo esencial para obtenerlos era introducir un producto interior, con respecto al cual el operador diferencial fuese simétrico. Las convoluciones hacían la función de tal producto interior. Sin embargo, al tomar la transformada inversa, Morton había introducido una convolución de más, por lo que publiqué un artículo con título “*A Simplified Version of Gurtin’s Variational Principles*”, que el propio Gurtin comunicó a la revista *Archive for Rational Mechanics and Analysis*. Esto fue en 1974 y, desde en-

tonces, inicié una larga línea de investigación personal, en la cual han participado en diferentes periodos diversos colaboradores y alumnos.

Mi intención inicial fue desarrollar un marco teórico en el que tuvieran cabida todos los principios variacionales conocidos hasta entonces y los que se desarrollaran en el futuro. Parecía que estaba cerca de lograrlo, cuando Emilio Rosenblueth me pasó un artículo que acababa de ser sometido a la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* de los Estados Unidos, de la cual él tenía el alto honor de ser miembro asociado. Este artículo, de ocnografía física, contenía un principio variacional que no era posible incorporar en mi teoría, por lo que era necesario generalizarla. Como es bien sabido, el método para alcanzar la generalidad es el pensamiento abstracto, por lo que fue necesario ir a un nivel de mayor de abstracción, en el cual el principio variacional mencionado sí quedó incorporado. Publiqué entonces una serie de artículos en los "*Proceedings of the NAS*", en uno de los cuales, que apareció en 1980, introduje un nuevo criterio de completez, que entonces llamé *c-completeness* (completo en *conectividad*). Este criterio ha tenido un papel muy importante en el desarrollo ulterior de la teoría y sus aplicaciones. Así, es elemento central del Método de Trefftz, como lo ha reconocido ampliamente el profesor Jirousek, del Tecnológico de Zurich, y el líder indiscutido de las aplicaciones de dicho método. En mi libro, lo llamé "*T-completeness*", por Trefftz, y, más recientemente, con mis colaboradores y alumnos, "*TH-completeness*". Fue así como mi teoría se convirtió en la "*Teoría Algebraica de Problemas de Frontera*" (o problemas de contorno, como les llaman los españoles). La teoría, en esta primera etapa de su desarrollo (hasta 1984), estaba limitada a operadores diferenciales autoadjuntos, a pesar de lo cual tuvo ya considerable reconocimiento y muchas aplicaciones a lo largo de tres líneas principales: principios variacionales, métodos de frontera para la solución de problemas de contorno y desarrollo de sistemas de funciones biortogonales. La American Mathematical Society me invitó a presentar mi teoría en una sesión especial sobre "Fórmulas de Green y Adjuntos Abstractos", de su 13° Congreso Anual, el cual tuvo lugar en Denver,



en enero de 1983. Robert P. Gilbert, profesor de la Universidad de Delaware, en Newark, cuyo trabajo en métodos teóricos de las ecuaciones diferenciales parciales es ampliamente reconocido, me pidió permiso para utilizar mi teoría en la presentación de los sistemas T-completos (o TH-completos), concepto que, como ya mencioné, originé en 1980, en su libro sobre el tema, publicado con Heinrich Begehr, de la Freie Universität de Berlín. En él figura un párrafo sumamente elogioso (p. 115): “*The function theoretic approach which was pioneered by Bergman and Vekua, and then further developed by Colton, Gilbert, Lanckau and others, may now be effectively applied because of this result of the formulation by Herrera as an effective means to solving boundary value problems*”. Debo añadir que los autores citados, particularmente Bergman y Vekua, tienen un altísimo prestigio. También, la editorial británica Pitman me invitó escribir un libro, “*Boundary Methods: An Algebraic Theory*”, en el que se presenta mi teoría en forma integrada para operadores auto-adjuntos, el cual se puso a la venta en una ceremonia, en Londres, en 1984.

En diciembre de 1981, recibí el premio “Luis Elizondo”, en Monterrey. Ese mes lo pasé en Ensenada, en el Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE). Fue una estancia muy agradable, en compañía de la doctora Socorro Lozano (con quien me casé el 7 de agosto de 1982), durante la cual se me ocurrió cómo extender mi Teoría Algebraica a operadores no simétricos. De regreso de mi viaje de bodas, visité la Universidad de Princeton por primera vez y, en la conferencia que allí impartí, presenté, también por primera vez, la extensión de mi teoría. Creo que causó considerable impacto, pues poco después vino a visitarme el profesor George F. Pinder, con un grupo de sus colaboradores. Además, fui nombrado Miembro del *Advisory Council* del *Department of Civil Engineering and Operations Research*, de Princeton, y fui invitado por la prestigiosa casa editorial, John Wiley, Nueva York, para organizar una revista científica dedicada a la mecánica numérica. Me pareció muy bonito que se llamara *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, por lo que propuse dicho título. Descubrimos que el nom-

bre no estaba ocupado, lo que nos sorprendió gratamente, pues temíamos que, debido a lo atractivo del mismo, ya hubiera otra revista que lo hubiera adoptado. George y yo consideramos que sería conveniente, para el éxito de la revista, que, además, hubiera un editor europeo. Así, en un viaje a Inglaterra, me detuve en Heathrow, donde John Whiteman, profesor de Brunel University, se reunió conmigo y allí mismo le propuse que se incorporara con nosotros, también como editor. Iniciamos la publicación de la revista en enero de 1985 y los tres hemos sido los editores desde entonces, fungiendo George como editor en jefe.

En el primer volumen de nuestra revista, publicado en 1985, aparecieron tres artículos míos dedicados a presentar la extensión de mi Teoría Algebraica de Problemas de Frontera a operadores no simétricos. Allí se derivan fórmulas de Green, de gran generalidad, aplicables en espacios de funciones discontinuas. La idea básica de los métodos de solución de ecuaciones diferenciales, introducidos y desarrollados en esta línea de investigación, es bastante sencilla. Consiste en desarrollar funciones de peso que tengan la propiedad de proporcionar la información acerca de la solución exacta del problema que uno desee. Para poder hacerlo es necesario analizar la información que las diversas funciones de peso suministran. Las fórmulas de Green-Herrera, que introduje en el primer volumen, constituyen la herramienta fundamental para realizar dicho análisis. La familia de métodos numéricos, que se derivan utilizando este procedimiento, fue bautizado posteriormente con el nombre de *Localized Adjoint Method (LAM)*, por Richard E. Ewing, un matemático aplicado bastante conocido que, en la actualidad, es vicepresidente de Investigación de la Universidad Texas A&M. Esta denominación es bastante apropiada, pues el método LAM hace uso de las soluciones locales de la ecuación diferencial adjunta. Un método LAM que utiliza funciones de peso obtenidas analíticamente se publicó en 1985 en la serie de artículos mencionada y otro, que utiliza colocación, en 1987. La familia LAM es de gran generalidad, aplicable a cualquier ecuación diferencial lineal, o sistema de tales ecuaciones, independientemente de su tipo

(elíptica, parabólica o hiperbólica) y con coeficientes posiblemente discontinuos. Así, incluye elasticidad, fluidos, yacimientos petroleros, etcétera.

Michael A. Celia, de Princeton, alumno de Pinder, colaboró conmigo en la aplicación del LAM a problemas estacionarios de transporte dominado por advección, el cual es un problema importante en estudios de contaminación de diversos sistemas ambientales y en ingeniería petrolera, pero, además, de considerable dificultad numérica. Demostramos que, para esa clase de problemas, LAM es sumamente efectivo. Sin embargo, el caso transitorio es aun más importante y tiene mayor dificultad. El propio Mike Celia, Dick Ewing (entonces en Wyoming), Tom Russell (Thomas F. Russell, de la Universidad de Colorado en Denver) y yo coincidimos en Cocoyoc, en una de las reuniones de la serie llamada MÁXIMA, que organizábamos anualmente George Pinder y yo. Allí me propusieron que conjuntamente iniciáramos una serie de investigaciones cuyo propósito fuera combinar LAM, que yo había desarrollado, con el método de características, para diseñar un procedimiento para el tratamiento de problemas de transporte dominado por advección y dependiente del tiempo. Al método resultante le llamamos *Eulerian-Lagrangian Localized Adjoint Method (ELLAM)* y al grupo formado por nosotros cuatro, *ELLAM-Group*. Al método ELLAM se le reconoce en la actualidad como el método más efectivo existente para el tratamiento de esta clase de problemas, cuando dependen del tiempo. Algo similar se puede decir de LAM, para el caso estacionario de transporte dominado por advección. La cantidad de literatura científica publicada respecto de ELLAM hasta ahora, así como la rapidez con que ha venido apareciendo en los últimos años en las revistas científicas especializadas, es impresionante. Por otra parte, como ya mencioné, mi Teoría Algebraica proporciona un marco teórico muy adecuado para el desarrollo del Método de Trefftz, por lo que he recibido considerable reconocimiento en ese método. En particular, en las tres conferencias mundiales que ha habido hasta ahora sobre dicho método (Cracovia-1996, Lisboa-

1999 y Essex-2002), se me ha encargado dictar las conferencias inaugurales correspondientes.

Los Métodos de Descomposición de Dominio (MDD) han sido objeto, en los últimos años, de mucha atención en el ámbito mundial, porque son la vía más efectiva para aplicar el cómputo en paralelo a los modelos de los sistemas continuos de la ciencia y la ingeniería. Además, y con mayor generalidad, la descomposición de dominio es un concepto básico que interviene en prácticamente todos los métodos numéricos de las ecuaciones diferenciales parciales, por lo que yo, con mis colaboradores, he insistido en la importancia de ahondar en este aspecto del problema, pues la mayor parte de las investigaciones de los MDD han sido motivadas por el cómputo en paralelo. Como, por otra parte, mi Teoría Algebraica de Problemas de Frontera proporciona un marco teórico sumamente adecuado para los Métodos de Descomposición de Dominio, se nos ha abierto un campo de investigación sumamente amplio. Este punto de vista lo presenté en época reciente, y es debido a ello que es la línea de investigación más vigorosa que desarrollo en la actualidad, con la colaboración de los doctores Robert Yates y Martín Díaz Viera, así como con algunos alumnos de doctorado. De esta manera, hemos desarrollado una teoría unificada muy elegante y general de los métodos descomposición de dominio, aplicable a cualquier ecuación diferencial parcial o sistema de tales ecuaciones, independientemente de su tipo. En ella, esa clase de métodos se divide en dos categorías: directos y de Trefftz-Herrera (o indirectos). De estas dos grandes vertientes, la segunda es sencillamente una versión más avanzada de LAM que, como he indicado, la originamos aquí en México. Es por ello que en la “14<sup>th</sup> International Conference on Domain Decomposition Methods”, realizada en 2002, dicté una conferencia plenaria y magistral con el título “*The Indirect Method of Domain Decomposition*”.

Para terminar, quiero decir que, cuando descubrí mi capacidad matemática, sentí, junto a un gusto indescriptible, temor. Se hablaba insistentemente entonces de las figuras históricas que, habiendo sido notables, sin embargo habían vivido, en el ámbito íntimo, vidas des-

garradas. Tal vez por eso la felicidad personal siempre ha tenido un gran valor para mí. He querido hacer ciencia, pero en forma placentera. También, me ha preocupado mantener un equilibrio entre los valores de la ciencia y los valores humanos. Como matemático, mi mayor anhelo ha sido hacer matemáticas profundas que, al mismo tiempo, tengan relevancia para otras ciencias y para el bienestar humano. Considero mi mayor fracaso el no haber podido contribuir, en forma más amplia, al avance y bienestar de mi país, pero no estoy insatisfecho; he ido tan lejos como mis fuerzas y mi capacidad me lo han permitido. Además, he vivido una vida rica y variada. La ciencia, y en particular las matemáticas aplicadas, han contribuido principalmente a su riqueza y su variedad. He tenido muchas satisfacciones, pero ninguna como la satisfacción diaria de vivir la investigación. Mi país y la UNAM me han proporcionado el nicho protector tan necesario para desarrollar una carrera intensamente científica.



## Semblanza del doctor Ismael Herrera

Álvaro A. Aldama Rodríguez  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Hace algunos años asistí a una conferencia ofrecida por el doctor Ismael Herrera, en la que discutía el lugar que en la ciencia tienen las matemáticas aplicadas. El doctor Herrera hizo una reflexión durante la conferencia que me impactó mucho, pronunciando las siguientes palabras: “muchos se enamoran de la belleza de las matemáticas; yo me enamoré del poder de las matemáticas”. Este pensamiento describe en gran medida la postura de Ismael Herrera Revilla, científico eminente, hombre comprometido con su país, persona de bien.

Ismael Herrera Revilla es, primeramente, Ismael. Al respecto, resulta interesante recordar la historia del Ismael bíblico, el primer hijo del patriarca Abraham. El recuento del libro del Génesis nos enseña que Ismael, que significa “Dios oye”, y su madre Agar anduvieron vagando por el desierto de Beer-seba, en lo que hoy es Israel. Allí, Dios le dijo a Agar: “Levántate, alza al muchacho y ásele de tu mano, porque en gran gente lo tengo de poner” (Gén. 21:18). Esto confirmó una profecía que Dios había antes dado a Abraham, padre de Ismael, con las palabras: “Y en cuanto a Ismael, también te he oído: he aquí que le bendeciré y le haré fructificar y multiplicar mucho en gran manera... y ponerlo he por gran gente” (Gén. 17:20).

Las similitudes son de llamar la atención. Según el testimonio del propio Ismael Herrera, antes de encontrar su verdadera vocación en las matemáticas, intentó, sin encontrar satisfacción, iniciar las carreras de Ingeniería Civil y de Ingeniería Química, y también estudió Física. Este periodo representó el desierto de Beer-seba para Ismael Herrera. Finalmente, convergió en el estudio de las matemáticas y, una vez concluidos sus estudios de licenciatura, valientemente decidió estudiar un doctorado en Matemáticas Aplicadas. Y digo valien-

temente, porque lo común era que los matemáticos se especializaran en alguna rama de las matemáticas puras. La decisión de Ismael obedeció al deseo de realizar aportaciones útiles al desarrollo de su querido México. En analogía con el Ismael bíblico, Ismael Herrera ha fructificado y multiplicado grandemente en la ciencia y se ha ganado su lugar como un gran matemático, particularmente un notable forjador de las matemáticas aplicadas.

En este punto quisiera citar a los célebres matemáticos aplicados Lin, del MIT, y Segel, del Weizmann Institute of Science, quienes en su texto clásico *Mathematics Applied to Deterministic Problems in the Natural Sciences*, dentro de la sección introductoria, dedicada a explicar el enfoque, el propósito y la práctica de las matemáticas aplicadas, explican que “el proceso de usar matemáticas para incrementar el entendimiento científico se puede convenientemente dividir en los siguientes pasos:

(i) La *formulación* de problemas científicos en términos matemáticos.

(ii) La *solución* de los problemas matemáticos así creados.

(iii) La *interpretación* de la solución y su verificación empírica en términos científicos.

(iv) La *generación de nuevas matemáticas* que sean científicamente relevantes a través de creación, generalización, abstracción y formulación axiomática”.

El proceso descrito permite al matemático aplicado hacer aportaciones significativas a diversas ciencias, a la ingeniería y a las matemáticas fundamentales. Pocas personas han desempeñado el rol del matemático aplicado descrito por Lin y Segel tan espléndidamente como Ismael Herrera.

En efecto, colaborando con expertos de diversas disciplinas, Ismael Herrera ha hecho aportaciones notables a múltiples campos del conocimiento. En mecánica del medio continuo, demostró que los materiales viscoelásticos son capaces de propagar frentes de onda. En sismología, desarrolló una teoría para el estudio de ondas elásticas en la corteza y manto superior de la Tierra. En ingeniería sísmica,



construyó un método para predecir espectros de temblores en valles sedimentarios y suelos estratificados, como los encontrados en la Ciudad de México. En hidráulica, desarrolló un método para predecir la propagación de avenidas en ríos y canales. En hidrología subterránea, fue el autor de una teoría pionera de sistemas de acuíferos, con especial énfasis en acuíferos semiconfinados, como el del Valle de México. En ingeniería petrolera, demostró que pueden existir choques en la solución de problemas que surgen alrededor de la simulación de yacimientos petroleros. En mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones, hizo notables contribuciones a la teoría constitutiva de los suelos, las cuales fueron verificadas experimentalmente. Los descubrimientos del doctor Herrera en estos campos han sido la base para, entre otras cuestiones, el desarrollo del reglamento de construcciones de la Ciudad de México, la modelación matemático-computacional de los campos geotérmicos de Cerro Prieto y los Azufres y del sistema acuífero del Valle de México, así como de modelos que se emplearon para diseñar la construcción por bombeo de lagos artificiales en el vaso del que fuera el lago de Texcoco, amén del modelo para sistemas acuíferos empleado por el *United States Geological Survey*.

Las contribuciones del doctor Herrera al análisis numérico y a la modelación numérica de sistemas continuos han sido amplias y profundas. Su mayor logro ha consistido en construir un marco teórico general de aproximaciones discretas de sistemas continuos que se conoce como la “Teoría Algebraica de Problemas de Valores en la Frontera”, que ha permitido desarrollar una multitud de métodos a la vez elegantes y eficientes para la solución de problemas descritos por ecuaciones diferenciales parciales. En particular, Ismael Herrera ha hecho contribuciones a la formulación variacional de sistemas discretos a los métodos de frontera, particularmente el de Trefftz, al desarrollo de métodos de función de prueba óptima, al muy citado método euleriano-lagrangiano-localizado-adjunto o ELLAM, por sus siglas en inglés, y a los métodos de descomposición de dominio. En particular, el método ELLAM ha permitido abordar difícilísimos problemas de transporte dominados por advección.

Los reconocimientos que el doctor Herrera ha recibido por su actividad científica son múltiples. Es investigador emérito de la UNAM y del Sistema Nacional de Investigadores. Sólo por mencionar algunos otros galardones, en 1968 recibió el Premio de Investigación de la Academia de la Investigación Científica; en 1969, el Premio Banamex; en 1976, el Premio Nacional de Ciencias; en 1981, el premio “Luis Elizondo” y, en 1994, la Cátedra Patrimonial de Excelencia, Nivel I, del CONACyT. Sus publicaciones alcanzan los centenares y las citas a sus trabajos, varios miles. Ha sido miembro de comités editoriales de múltiples y muy prestigiadas revistas científicas. En particular, es editor de la revista *Numerical Methods for Partial Differential Equations*. Ha dirigido el Instituto de Geofísica y el de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la UNAM. Fue el primer director técnico del CONACyT. Ha sido miembro de diversos consejos consultivos y juntas de gobierno de instituciones de investigación y de enseñanza superior. Finalmente, ha presidido diversas sociedades científicas. Al respecto, destaca el hecho de ser la única persona que ha presidido tanto la hoy Academia Mexicana de Ciencias y la hoy Academia de Ingeniería.

Pero Ismael Herrera Revilla es, también, Herrera. De acuerdo con el *Diccionario etimológico comparado de los apellidos españoles, hispano-americanos y filipinos* del maestro Gutierre Tibón, Herrera proviene de “hierro” y éste, a su vez, del latín *ferrum*. Al respecto, es pertinente señalar que el doctor Herrera ha tenido una verdadera voluntad de hierro, al siempre defender la postura que establece que la ciencia debe estar al servicio del país, aun cuando ha encontrado oposición. Una publicación inspiradora, cuyo autor es el doctor Herrera, se intitula *El nacionalismo científico*, en la que hace una apología del papel que la ciencia debe jugar en favor del desarrollo de México. Como antes se comentó, éste fue el motor que impulsó a Ismael a estudiar y practicar las matemáticas aplicadas.

El doctor Herrera no ha limitado su postura nacionalista a expresar sus ideas en publicaciones, sino que la ha demostrado con hechos. Siempre preocupado por la definición de una política científi-

ca y tecnológica congruente con las necesidades del país, participó en el diseño y fundación, así como la dirección temprana, del CONACYT. También consolidó al Instituto de Geofísica como líder iberoamericano en la materia e impulsó el desarrollo de la investigación geohidrológica en México, de relevancia significativa en un país con un territorio mayoritariamente árido y semiárido; creó el posgrado en Geofísica, participó en la creación de la carrera de Ingeniero Geofísico y en la organización del posgrado en Ingeniería y Ciencia de la Computación. Característicamente incansable, Ismael trabaja actualmente en la creación de un posgrado en Matemáticas Aplicadas.

Finalmente, Ismael Herrera Revilla es, asimismo, Revilla, apellido de origen castellano. Se sabe que en todos los lugares donde se establecieron casas solariegas, los Revilla fueron considerados buenos hijosdalgo, esto es, buenos caballeros, gozando preeminencias en su calidad de tales. El doctor Herrera ha sido siempre una persona de bien, caballeroso en sus relaciones personales y generoso con su conocimiento.

Los que hacemos análisis numérico sabemos que las soluciones numéricas de ecuaciones diferenciales parciales deben poseer tres propiedades fundamentales: convergencia, congruencia y estabilidad. Después de algunas iteraciones, y para fortuna de la ciencia y de México, Ismael *convergió* a las matemáticas aplicadas. Herrera siempre ha sido *congruente* con su pensamiento nacionalista. Finalmente, Revilla continuamente ha demostrado su *estabilidad* como hombre caballeroso y generoso.

La Universidad Nacional Autónoma de México honra con plena justicia no sólo a un forjador de la ciencia en su ámbito, sino a alguien que con su actividad ha trascendido las fronteras de la nación, al padre de las matemáticas aplicadas en México: Ismael Herrera Revilla. ¡Enhorabuena Ismael!



## Ciclo de conferencias «Mi vida en la ciencia»

Fecha	Investigador	Dependencia
20 de Mayo	Dr. Marcos Moshinsky Borodiansky	Instituto de Física
21 de Mayo	Dr. Julián Adem Chahín	Centro de Ciencias de la Atmósfera
22 de Mayo	Dr. Teófilo Herrera Suárez	Instituto de Biología
27 de Mayo	Dr. Fernando Alba Andrade	Instituto de Física
28 de Mayo	Dr. Gonzalo Zubieta Russi	Instituto de Matemáticas
29 de Mayo	Dr. Alfonso Escobar Izquierdo	Instituto de Investigaciones Biomédicas
3 de Junio	Dra. María Teresa Gutiérrez Vázquez	Instituto de Geografía
4 de Junio	Dr. Emilio Lluís Riera	Instituto de Matemáticas
5 de Junio	Dr. Arcadio Poveda Ricalde	Instituto de Astronomía
10 de Junio	Dr. Carlos Guzmán Flores	Instituto de Investigaciones Biomédicas
11 de Junio	Dr. Juan Manuel Lozano Mejía	Instituto de Física
12 de Junio	Dr. Humberto Cárdenas Trigós	Instituto de Matemáticas
17 de Junio	Dr. José Negrete Martínez	Instituto de Investigaciones Biomédicas
18 de Junio	Dr. Zoltan de Cserna-de Gömbös	Instituto de Geología
19 de Junio	Dr. Fernando Walls Armijo	Instituto de Química
24 de Junio	Dr. Alfonso Mondragón Ballesteros	Instituto de Física
25 de Junio	Dr. Alfonso Romo de Vivar Romo	Instituto de Química
26 de Junio	Dr. Eucario López Ochoterena	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
1 de Julio	Dr. Barbarín Arreguín Lozano	Instituto de Química
3 de Julio	Dra. Gloria Alencáster Ybarra	Instituto de Geología
8 de Julio	Dr. Luis Estrada Martínez	Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico
9 de Julio	Dr. Fernando Enrique Prieto Calderón	Instituto de Física
15 de Julio	Dr. Armando Gómez Puyou	Instituto de Fisiología Celular
<b>16 de Julio</b>	<b>Dr. Ismael Herrera Revilla</b>	<b>Instituto de Geofísica</b>
17 de Julio	Dr. Jaime Mora Celis	Centro de Investigación sobre Fijación del Nitrógeno
13 de Agosto	Dr. Luis de la Peña Auerbach	Instituto de Física
14 de Agosto	Dr. Agustín Ayala Castañares	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
19 de Agosto	Dr. Jorge Rickards Campbell	Instituto de Física
20 de Agosto	Dra. Guillermina Yankelevich Nedvedovich	Instituto de Investigaciones Biomédicas

Lugar: Sala del Consejo Técnico de la Investigación Científica, 18:00 horas.

Son también «Forjadores de la Ciencia en la UNAM» el Ing. Marcos Mazari Méner, del Instituto de Física, y el Dr. Tirso Ríos Castillo, del Instituto de Química.



«Forjadores de la ciencia en la UNAM: Ismael Herrera Revilla»

se terminó de imprimir en julio de 2003

en los talleres de Formación Gráfica, S.A. de C.V.,

Matamoros 112, Col. Raúl Romero, C.P. 57630,

Cd. Nezahualcóyotl, Estado de México.

Se tiraron 300 ejemplares más sobrantes para reposición.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de

Augusto A. García Rubio Granados,

Secretario Técnico de Publicaciones y Ediciones.

