

Un análisis de la obra científica de Humberto Fernández-Morán, a los veinte años de su muerte

Drs. José Esparza¹, Raúl Padrón²

RESUMEN

Hace veinte años murió en Estocolmo, Suecia, Humberto Fernández-Morán (1924-1999), uno de los científicos venezolanos más renombrados durante la segunda mitad del siglo XX. Su más importante contribución a la ciencia en Venezuela fue la creación en 1954 del Instituto Venezolano de Neurología e Investigaciones Cerebrales (IVNIC) que después de la caída del gobierno militar de Pérez Jiménez se transformó en el actual Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). En febrero de 1958, Fernández-Morán salió de Venezuela en exilio voluntario, para trabajar en Estados Unidos hasta 1986. Su salida fue interpretada por algunos, como una injusta reacción hacia un eminente científico, por tan solo haber servido como Ministro de Educación en los últimos diez días del gobierno de Pérez Jiménez. Con los años, sus amigos y admiradores iniciaron una campaña para su reivindicación, incrementada a partir de 1964, cuando Fernández-Morán comenzó a visitar más frecuentemente a Venezuela, manifestando su deseo de regresar al país. Se escribieron varias biografías sobre su vida y obra, a veces rodeadas de mitos y leyendas, que atrajeron la atención popular. En este artículo analizamos la obra científica de Fernández-Morán, estudiando su producción científica, consultando en archivos y entrevistando a personas que trabajaron con él en Estados Unidos. Nos encontramos con un Fernández-Morán más humano, con sus éxitos y

fracasos, con una mente brillante y una visión y pasión por las cosas importantes. Este Fernández-Morán más real, puede servir de un mejor ejemplo a las generaciones jóvenes de científicos venezolanos.

Palabras clave: Crío-microscopia electrónica, Hospital General de Massachusetts, Humberto Fernández-Morán, Instituto Karolinska, IVIC, IVNIC, microscopia electrónica, Universidad de Chicago.

SUMMARY

Twenty years ago died in Stockholm, Sweden, Humberto Fernández-Morán (1924-1999), one of the most renowned Venezuelan scientists during the second half of the twentieth century. His most important contribution to science in Venezuela was the creation in 1954 of the Venezuelan Institute of Neurology and Brain Research (IVNIC) that, after the fall of the military government of Pérez Jiménez, was transformed into the current Venezuelan Institute of Scientific Research (IVIC). In February 1958 Fernández-Morán left Venezuela in voluntary exile to work in the United States until 1986. His departure was interpreted by some as an unfair reaction against an eminent scientist for just having served as Minister of Education in the last ten days of the government of Pérez Jiménez. Over the years his friends and admirers began a campaign on his support, which increased after 1964 when Fernández-Morán began

¹Profesor Adjunto de Medicina del Instituto de Virología Humana de la Escuela de Medicina de la Universidad de Maryland, Baltimore; Robert Koch Fellow del Instituto Robert Koch, Berlín; Ex-Investigador Titular del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas; Miembro Correspondiente de la Academia de Ciencias de América Latina y Miembro Correspondiente Extranjero de la Academia Nacional de Medicina de Venezuela.

Correo: José.esparza5@live.com

² Senior Research Scientist, Departamento de Radiología,

División de Biología Celular e Imagenología, Escuela de Medicina de la Universidad de Massachusetts, Worcester, MA; Investigador Titular Emérito del Centro de Biología Estructural “Dr. Humberto Fernández-Morán” del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas; Miembro de la Academia de Ciencias de América Latina; Miembro de la Academia de Ciencias del Mundo (TWAS) y Asociado Extranjero de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos.

Correo: Raul.padron@gmail.com

to frequently visit Venezuela, manifesting his desire to return to the country. Several biographies were written about his life and work, sometimes surrounded by myths and legends, which attracted the popular attention. In this article we analyze the scientific work of Fernandez-Moran, studying his scientific production, consulting in archives and interviewing people who worked with him in the United States. We discovered a more human Fernandez-Moran, with his successes and failures, with a brilliant mind and a vision and passion for important things. This more real Fernandez-Moran that we found, can serve as a better example to the young generations of Venezuelan scientists. **Key words:** Cryo-electron microscopy, electron microscopy, Humberto Fernandez-Moran, IVIC, IVNIC, Karolinska Institute, Massachusetts General Hospital, University of Chicago.

INTRODUCCIÓN

Hace veinte años, el 17 de marzo de 1999, murió en Estocolmo, Suecia, a los 75 años de edad, el venezolano y marabino Humberto Fernández Villalobos (conocido con el apellido compuesto “Fernández-Morán”), uno de los científicos venezolanos que tuvo más renombre internacional en la segunda mitad del siglo XX. Las personas que lo conocimos quedamos impresionados por su inteligencia, energía, visión, carisma y capacidad de convencimiento. Sin embargo, pocos podían asegurar que realmente conocían al verdadero Fernández-Morán, un hombre enigmático, al cual algunos de sus amigos y admiradores convirtieron en leyenda, creando mitos que fueron diseminados en reportajes y notas de prensa y revistas y más recientemente en las redes sociales, muchos de los cuales continúan reapareciendo de tiempo en tiempo. Nuestra intención con este artículo es conmemorar los veinte años de la muerte de ese brillante científico que fue Fernández-Morán, centrándonos en un análisis objetivo de su carrera y logros científicos, despojándolo de los mitos y leyendas. Sin embargo, no pretendemos escribir una nueva biografía que se sumaría a las varias ya existentes (1-7).

Ambos autores de este artículo, nos formamos científicamente como miembros del Instituto Venezolano de Investigaciones científicas (IVIC), creado en 1959 sucesor de la más importante contribución que hizo Fernández-Morán a la ciencia en Venezuela, como fue la creación en 1954 del Instituto Venezolano de Neurología

e Investigaciones Cerebrales (IVNIC). Desde que éramos jóvenes estudiantes de pregrado hasta Investigadores Titulares del IVIC crecimos oyendo historias sobre Fernández-Morán relatadas por los antiguos empleados del IVNIC que continuaron trabajando en el IVIC. Ambos autores llegamos a conocer a Fernández-Morán y aprendimos a admirarlo. Pero además, somos científicos de profesión, con estándares de validación de resultados basados en evidencia, los cuales hemos utilizado en el presente análisis.

En la búsqueda de información objetiva y documental sobre el científico marabino, hemos analizado sus artículos científicos, hemos buscado información adicional en diferentes fuentes pero, sobre todo, hemos entrevistado a personas que conocieron a Fernández-Morán, incluidas ocho que trabajaron con él en Estados Unidos. La búsqueda no fue fácil, algunas personas que lo conocieron ya han muerto, para otros no fue fácil recordar detalles de eventos que ocurrieron hace más de 50 años (aunque algunos los recordaban vívidamente) y en algunos casos, no obtuvimos respuesta. Esas entrevistas sirvieron para validar la información que ya habíamos documentado y también para conocer detalles importantes sobre la personalidad de Fernández-Morán que ayudan a explicar algunas de las decisiones que cambiaron el curso de su vida científica. En honor a la privacidad de nuestros informantes decidimos no atribuir opiniones a personas específicas, cuyos nombres y posiciones actuales están dados en la sección de Agradecimientos.

Nuestro objetivo es compartir esta información con aquellos interesados en la vida de nuestro ilustre compatriota, sobre todo con las nuevas generaciones de científicos venezolanos. Para facilitar la lectura de este artículo, decidimos usar un lenguaje accesible para discutir conceptos complejos, así como reducir a un mínimo las referencias a los numerosos trabajos científicos de Fernández-Morán. Hemos hecho un esfuerzo por presentar en forma balanceada sus aspectos científicos, encontrándonos con un Fernández-Morán más auténtico y real, con sus virtudes y defectos, sus éxitos y fracasos, que son propios de cualquier ser humano. Ese Fernández-Morán, despojado de los mitos y leyendas que le fueron asociados, emerge como un ejemplo más real para la juventud venezolana.

En nuestra opinión, las dos mejores biografías de Fernández-Morán fueron publicadas en el 2005 por Carlos Rivas (6), y en el 2011 por Jaime Requena (7), el primero Investigador Titular Emérito del IVIC y el segundo Ex-Investigador Asociado Titular del IVIC. Recomendamos su lectura para complementar la información dada en el presente artículo. De incalculable valor ha sido la consulta de un capítulo de un libro, escrito por el mismo Fernández-Morán en 1985, el cual es básicamente una autobiografía en la cual el autor quiso dejar constancia escrita de su legado científico, resumiendo en su título lo que él consideró fueron sus dos logros científicos más importantes: la ultramicrotomía y la críomicroscopia electrónica (8).

La vida de Fernández-Morán discurrió en varias etapas y países: Una primera etapa que comenzó en Maracaibo en 1924 y culminó en 1946, con su título de médico en Alemania y estudios relacionados. La segunda etapa fue la de sus estudios de posgrado en biofísica (específicamente en microscopia electrónica) en Suecia, hasta 1954. La tercera fue la de su estadía en el IVNIC de 1954 a 1958. La cuarta etapa fue la de su exilio voluntario en los Estados Unidos, donde trabajó en Boston y Chicago hasta 1986. Y finalmente, la quinta etapa fue la de su retiro en 1986 hasta su muerte en 1999. De sus 75 años Fernández-Morán tan solo vivió aproximadamente 12 años en Venezuela.

Sus primeros años (hasta 1945)

Fernández-Morán nació en Maracaibo, Venezuela, el 18 de febrero de 1924 y realizó la mayor parte de sus estudios primarios y de bachillerato en Nueva York, terminándose de graduar de bachiller en Alemania en 1939 a la edad de 15 años. Ingresó a la Universidad de Múnich, donde estudió bajo los rigores de la Segunda Guerra Mundial, graduándose de médico el 28 de junio de 1944 a la temprana edad de 20 años. Su tesis de grado, realizada bajo la dirección de Adolf Dabelow (1899-1984), histólogo del Instituto de Anatomía de Múnich y de Leipzig, versó sobre las formas celulares del tejido conectivo de las crestas de los gallos domésticos (8,9). El tópico que escogió para su tesis ya vislumbraba el interés del joven médico

por la investigación de laboratorio.

Al regresar a Venezuela en julio de 1944, Fernández-Morán se preparó para presentar en 1945 la reválida de su título de médico en la Universidad Central de Venezuela (UCV), lo cual le requirió estudiar Medicina Tropical y quizás otras materias del pensum de estudios de la UCV que no hubiese cursado en Alemania. En otro artículo reciente uno de nosotros (JE) propuso que durante esos primeros meses en nuestro país, Fernández-Morán se entusiasmó con la neuropsiquiatría por influencia de Carlos Ottolina (1903-1960), médico del Hospital Vargas y precursor de la psicocirugía en Venezuela, y quien probablemente fue quien le recomendó viajar a Estados Unidos para continuar su entrenamiento en ese área (10).

Universidad George Washington (Septiembre 1945-Junio 1946)

A mediados de 1945 Fernández-Morán se incorporó como *Research Fellow* en neurología y neuropatología en la Universidad George Washington, en la ciudad capital de los Estados Unidos, bajo la tutoría de Walter Freeman (1895-1972). Freeman, fue un médico estadounidense que después de obtener un PhD en neuropatología, fue el jefe del Departamento de Neurología de la Universidad George Washington. Angustiado por el pobre pronóstico de los enfermos mentales, Freeman se convirtió en el campeón internacional de la práctica de la lobotomía para el tratamiento de ciertas enfermedades mentales. Fernández-Morán permaneció en el servicio de Freeman por nueve meses, donde aprendió las técnicas de la lobotomía transorbitaria. Con esta técnica se podía llegar a los lóbulos frontales del cerebro a través de un pequeño orificio hecho en el techo de la órbita ocular, para así destruir o interrumpir la continuidad del tejido cerebral normal, con el propósito de alterar el comportamiento o tratar una enfermedad mental. La lobotomía transorbitaria era un procedimiento muy sencillo que permitía practicar la operación en las consultas externas de psiquiatría, sin requerir de la experiencia de un neurocirujano o el acceso a un pabellón quirúrgico. Es de notar que durante la estadía de Fernández-Morán en el grupo de Freeman, participó en dos presentaciones en reuniones científicas

locales, con ponencias sobre histopatología y no sobre temas clínicos o quirúrgicos, tituladas: “Cambios neuropatológicos en la anoxia del sistema nervioso central” (trabajo presentado en su curso de posgrado, en marzo de 1946) y “Cuerpos de inclusión celulares en epilepsia mioclónica” (trabajo hecho en colaboración con Walter Freeman y presentado a la Sociedad de Patólogos de Washington, en mayo de 1946). Esas presentaciones sugieren, de nuevo, que ya desde esa época, la verdadera vocación de Fernández-Morán era la investigación básica y no la práctica médica.

Hospital Psiquiátrico de Maracaibo (Junio 1946-noviembre 1946)

Al regresar Fernández-Morán a Maracaibo, a mediados de 1946, practicó 25 lobotomías en pacientes del Hospital Psiquiátrico de Maracaibo (11). Dichas operaciones fueron hechas con gran destreza y respetando los requerimientos éticos aplicables para el momento (10). En esa época, las lobotomías eran uno de los grandes avances en neurocirugía, hasta el punto que el neurólogo Portugués Egas Moniz ganaría el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1949 “por el valor terapéutico de la leucotomía (nombre con el cual también se conocía la lobotomía) en ciertas psicosis”. Esas operaciones, practicadas por un joven de tan solo 22 años de edad, con apenas dos años de graduado de médico, ya indicaban que Fernández-Morán pensaba en grande y que estaba dispuesto a traer a Venezuela los más recientes avances médicos de la época.

Instituto Karolinska, Suecia (Noviembre 1946-1954)

Algunas de sus biografías relatan que cuando Fernández-Morán hacía su entrenamiento en Estados Unidos, tuvo la oportunidad de visitar en la Universidad de Princeton a Albert Einstein y que este le recomendó completar su formación científica en biofísica en Suecia. Sin embargo, parece más probable que, basado en su reciente experiencia con las lobotomías, tanto en Washington como en Maracaibo, Fernández-Morán se inclinara a seguir explorando el campo

de la neurocirugía en un centro de reputación internacional como era la Clínica Neuroquirúrgica del Hospital Seraphim en Estocolmo, Suecia, dirigida por Hebert Olivecrona (1891-1980), quien en 1935 había sido nombrado como primer jefe de la Cátedra de Neurocirugía del Instituto Karolinska. Dicha clínica se había convertido en la meca para todas aquellas personas sedientas de conocimientos nuevos y deseosas de poner en práctica esos conocimientos.

A finales de 1946 Fernández-Morán viajó a Suecia y se incorporó como asistente extranjero en la clínica de Olivecrona en el Instituto Karolinska. El Instituto Karolinska está reconocido como la mejor universidad médica de Suecia y una de las más prestigiosas del mundo. Su asamblea de Profesores Titulares, conocida como la Asamblea Nobel, es la que confiere los Premios Nobel en Fisiología o Medicina.

No tenemos información sobre posibles actividades médicas o quirúrgicas de Fernández-Morán en la clínica de Olivecrona. Con toda seguridad podemos afirmar que Fernández-Morán no practicó lobotomías en Estocolmo, ya que las mismas estaban limitadas a los hospitales psiquiátricos de ese país. Años más tarde, en 1967, Fernández-Morán relató que él “era un médico que de la práctica médica se cambió a la investigación básica con el deseo de aprender más sobre los tumores del cerebro, movido por la impotencia al ver morir a los pacientes a pesar de todos nuestros esfuerzos” (12). Sin embargo, y quizás debido al desprestigio en que había caído la práctica de la lobotomía después de los años 50, ya que la misma comenzó a ser reemplazada por el uso de la clorpromazina y otras drogas antipsicóticas en el tratamiento de las enfermedades mentales, Fernández-Morán no se refería a su experiencia previa con enfermos mentales como una de sus razones para dedicarse a la investigación básica del cerebro, aunque por muchos años mantuvo una cordial relación epistolar con su antiguo profesor Walter Freeman. Para lograr esa transición de la práctica clínica a la investigación básica Fernández-Morán recibió el apoyo de Olivecrona, de quien obtuvo muestras de tejido cerebral para su estudio con el microscopio electrónico (8).

Debido a que Fernández-Morán ya había incursionado en la microscopía óptica, tanto en

Berlín como en Washington, lo más probable es que estuviese intrigado por el potencial que tendría la aplicación de un instrumento relativamente nuevo, como era el microscopio electrónico, el cual podía magnificar los objetos observados, de 1 500x con el microscopio óptico a 100 000x con el electrónico. El microscopio electrónico de transmisión fue inventado en Alemania en 1934 por Ernst Ruska (1906-1988) y Max Knoll (1897-1969), quienes recibieron el Premio Nobel en Física en 1986. No fue sino hasta 1939 cuando la casa Siemens fabricó los primeros microscopios electrónicos comerciales. En 1937 la Academia Real de Ciencias de Suecia había creado el Instituto Nobel de Física en Estocolmo, dirigido por el Profesor Manne George Siegbahn (1886-1978), quien en 1924 había ganado el Premio Nobel en Física por “sus descubrimientos e investigaciones en el campo de la espectroscopia de rayos X”. En 1939 Siegbahn había fabricado un microscopio electrónico magnético de su propia invención que tenía un diseño inusual y el cual había sido instalado en un laboratorio especial en el Instituto Nobel de Física. Fernández-Morán visitó al Profesor Siegbahn a finales de 1946 y después de una corta conversación este lo invitó a trabajar en el laboratorio de microscopia electrónica, con el cual estuvo afiliado como *Research Fellow* hasta 1954, adquiriendo así su experiencia inicial en esa disciplina. Fernández-Morán reconoció que la cuchilla de diamante, de la cual daremos detalles más adelante, fue desarrollada en ese ambiente de excelencia, después de haber recibido una sugerencia al respecto por parte del mismo Siegbahn, en cuyo laboratorio existía una larga experiencia en el uso de diamantes para otros propósitos experimentales (8). Todos los costos relacionados con el desarrollo de la cuchilla de diamante fueron sufragados por un fondo especial establecido por Luis Fernández Morán, el padre de Fernández-Morán (8). De 1948 a 1952 Fernández-Morán también fue *Research Fellow* en el Instituto de Investigaciones Celulares y Genética del Instituto Karolinska, bajo la dirección de Torbjörn Caspersson (1910-1997), donde realizó muchas de sus investigaciones. Durante ese tiempo, Fernández-Morán también sirvió como Delegado Cultural de la Delegación Venezolana en Suecia.

Los primeros estudios que hizo Fernández-

Morán de tejido fresco de tumores cerebrales, obtenidos de la Clínica Neuroquirúrgica de Olivecrona, fueron hechos con el microscopio electrónico de Siegbahn y comunicados a la Academia de Ciencias de Suecia por el mismo Siegbahn y por Hugo Theorell (1903-1982); este último en 1955, recibió el Premio Nobel en Fisiología o Medicina por su descubrimiento de las enzimas de oxidación. El artículo, que fue formalmente publicado en 1948 (13), fue el inicio de una serie de publicaciones sobre la ultraestructura del sistema nervioso que, siguiendo las normas de las universidades suecas, lo llevaron a recibir en 1952 su Doctorado en Filosofía (PhD), mención Biofísica, en la Universidad de Estocolmo, con una tesis que versó sobre la organización submicroscópica de las fibras nerviosas de vertebrados estudiadas con el microscopio electrónico (14). Es de notar, que los estudios de su tesis de grado no se hicieron solo en tejido nervioso de humanos sino también de varias especies animales (gatos, ratas y ranas). A partir de ese momento, Fernández-Morán continuó sus investigaciones en Suecia, tanto sobre la ultraestructura del sistema nervioso, como sobre la instrumentación relacionada con la microscopia electrónica, como el desarrollo de la cuchilla de diamante (15) y luego de un ultramicrotomo especialmente diseñado por él durante 1953-1954, diseño publicado en 1956, cuando ya estaba en el IVNIC (16). El prototipo del ultramicrotomo de Fernández-Morán, se conserva en el Centro de Biología Estructural “Humberto Fernández-Morán” (CBE) del IVIC junto con una de las máquinas de pulitura de cuchillas del Taller de cuchillas de diamante del IVIC.

Los estudios de Fernández-Morán sobre la ultraestructura del sistema nervioso se concentraron en la mielina, la capa rica en lípidos que rodea el axón de ciertas neuronas, que sirven de aislamiento para permitir la transmisión apropiada del impulso nervioso. Dichos estudios se basaron en observaciones hechas en los años 30 al 50, utilizando una variedad de técnicas, tales como análisis con luz polarizada y difracción de rayos-X, que habían llevado a la conclusión de que la cobertura de mielina está compuesta por capas concéntricas de lípidos que se alternan con finas capas, posiblemente mono-moleculares, de proteínas. Muchos de esos estudios previos

fueron realizados por Francis O. Schmitt que, como veremos más adelante, fue en gran parte responsable de la entrada de Fernández-Morán al Hospital General de Massachusetts después de haber dejado el IVNIC en 1958. Los estudios con el microscopio electrónico de Fernández-Morán, realizados en los años 50, confirmaron la estructura concéntrica de las vainas de mielina alrededor del axón (17-21).

Esos estudios con el microscopio electrónico requerían que los especímenes fueran seccionados en cortes muy finos (cerca de 60 a 100 nm) antes de poder ser examinados. Las primeras cuchillas u hojillas para ultramicrotomía eran de acero, pero en 1950 se introdujeron las cuchillas de vidrio que, con mejoras subsecuentes, todavía son usadas ampliamente hoy en día. En un artículo de unas 400 palabras publicado en 1953, Fernández-Morán describe uno de sus inventos más conocidos, la cuchilla de diamante (15). En dicho artículo Fernández-Morán puso como adscripción tanto el ser miembro del Instituto para Investigaciones Celulares del Instituto Karolinska, como del Departamento de Biofísica de la “Universidad de Caracas”, que curiosamente es el nombre que hasta 1826 había recibido la hoy UCV. Las cuchillas de vidrio existentes hasta el momento tenían los inconvenientes de su poca duración y la dificultad para cortar especímenes de cierta dureza (como tejido óseo). Esos problemas se solventaron con la escogencia del diamante para la fabricación de las cuchillas, basado en la dureza del mismo y en el hecho de que la naturaleza cristalina del diamante provee planos de clivaje naturales que pueden ser utilizados, luego de ser pulidos, como cuchillas con un filo excepcional, con un borde de corte de entre 1 y 5 mm. Esos minúsculos cuchillos de diamante se montan en un dispositivo especial para su uso en ultramicrotomas, para hacer los cortes ultrafinos para su observación con el microscopio electrónico. La tecnología de las cuchillas de diamante también se utilizó luego para el desarrollo de instrumentos quirúrgicos usados en intervenciones oftalmológicas y para diversos usos industriales. En paralelo al desarrollo de las cuchillas para cortes ultrafinos, también se desarrollaron y comercializaron numerosos modelos de ultramicrotomas y en 1956 Fernández-Morán desarrolló su propio ultramicrotomo de cabeza rotatoria que utiliza

un sistema de avance térmico (16).

Como discutiremos en detalle más adelante, una de las contribuciones más importantes de Fernández-Morán fue la de haber promovido por muchos años el concepto de la crío-microscopía electrónica, o microscopía de muestras congeladas-hidratadas, un concepto que estaba muy adelantado a su tiempo. Ya en 1952, todavía en Suecia, Fernández-Morán argumentaba que los métodos que se utilizaban para la preparación de especímenes para su observación con el microscopio electrónico, usaban técnicas de deshidratación y sustitución con otras sustancias, lo cual provocaba diversos artefactos. Para tratar de resolver ese problema, Fernández-Morán propuso el uso de muestras con su contenido de agua intacta, congeladas a baja temperatura (hielo seco, v.g. dióxido de carbono sólido), que después de cortarse con el ultramicrotomo eran directamente observadas con el microscopio electrónico, técnica que utilizó para sus estudios sobre la estructura de la mielina (22).

Para conmemorar los 250 años de existencia del Instituto Karolinska se publicaron cuatro volúmenes donde se recogió su historia, con capítulos escritos por los diferentes jefes de departamento (23). Aunque Olivecrona no se refirió a Fernández-Morán en su capítulo, Caspersson sí lo hizo en dos oportunidades: En un párrafo mencionó que “H. Fernández-Morán hizo estudios muy detallados con el microscopio electrónico del sistema nervioso, los cuales fueron de importancia fundamental para nuestro entendimiento de la estructura de las capas de mielina”. Curiosamente, Caspersson no hizo referencia a la cuchilla de diamante. En otro párrafo Caspersson se refirió a la tesis de Fernández-Morán para su PhD en 1952, la cual le confirió privilegios para dictar docencia. En el mismo párrafo Caspersson mencionó que Fernández-Morán regresó a su país para organizar el IVNIC.

Fernández-Morán fue durante toda su vida, fundamentalmente un microscopista electrónico de alto calibre. El entrenamiento que recibió en Suecia lo puso en una posición privilegiada en el campo relativamente nuevo de la microscopía electrónica.

Instituto Venezolano de Neurología e Investigaciones Cerebrales (IVNIC) (1954-1958)

La energía, visión y ambición de Fernández-Morán y su interés por regresar a Venezuela a aplicar lo que había aprendido en su posgrado en Estocolmo, comienzan a evidenciarse cuando en paralelo a su trabajo de laboratorio en Suecia, e incluso antes de obtener su PhD, empieza a vislumbrar lo que podría ser un centro de excelencia para investigaciones del cerebro en Venezuela, el cual describió en un artículo publicado en el primer volumen de la revista *Acta Científica Venezolana* en 1950 (24). Es curioso que su objetivo en la creación de este instituto fuese la neurología y las investigaciones cerebrales aunque en la práctica se enfocó más bien en técnicas estructurales como la microscopía electrónica y otras, así como en la puesta a punto y manufactura de las cuchillas de diamante. Ese artículo en *Acta Científica Venezolana* marca el inicio de una de las etapas más importantes para Venezuela de las actividades de Fernández-Morán, la cual ha sido bien reseñada por el mismo Fernández-Morán (8), así como también por Rivas (6) y Requena (7). El artículo del joven investigador, escrito a los 26 años, no pasó desapercibido en Venezuela, y en general su propuesta fue rechazada por algunos de sus pares científicos con trayectoria en Venezuela, al considerarla sobredimensionada, personalista, y no de acuerdo con los planes de la naciente comunidad científica venezolana, que preferiría reforzar la investigación dentro de las universidades existentes en el país. Es evidente que esa comunidad científica no estaba dispuesta a apoyar las ideas de un joven de tan solo 26 años, considerado como un advenedizo, que prácticamente nunca había vivido en Venezuela y que no conocía la realidad de la ciencia en el país. Sin embargo, Fernández-Morán no se desanimó por tal rechazo y perseveró en sus planes, siguiendo una estrategia que adoptaría por el resto de su vida, que fue la de tratar de convencer a la elite política y a otras personas de gran influencia en el país, incluyendo a la élite militar. Fernández-Morán continuó discutiendo sus planes para la creación del Instituto Venezolano de Neurología e Investigaciones Cerebrales (IVNIC) con el gobierno de Venezuela, presidido por el General Pérez Jiménez desde 1952. Fernández-Morán siempre apareció como un adepto a Pérez Jiménez,

aunque su campeón e interlocutor principal en el gobierno fue el Ministro de Sanidad, Pedro Antonio Gutiérrez Alfaro, quien proveyó los fondos necesarios para el IVNIC.

Durante esos años Fernández-Morán obtuvo reconocimientos científicos en Venezuela al ser nombrado Profesor Contratado de Biofísica de la Facultad de Medicina de la UCV en 1951 y ser electo en 1953 como Individuo de Número (XXVI) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela (ACFIMAN). El nombramiento como Profesor de la UCV fue más bien simbólico, ya que aparentemente solo dictó la clase inaugural. Su asociación con la ACFIMAN fue más estrecha y duradera y en 1987 fue nombrado por su Presidente, Víctor Sardi Socorro, como Consultor *ad honorem* de la ACFIMAN en los ramos de Ciencia, Tecnología y disciplinas conexas en el Exterior, con especial jurisdicción en Estados Unidos, Canadá, Suiza y Suecia.

Fernández-Morán ha descrito como en 1954, cuando tan solo tenía 30 años de edad, y atendiendo a una invitación que le hiciera Gutiérrez Alfaro, regresó a Venezuela para organizar el IVNIC, el cual fue oficialmente fundado en abril de 1954 (8) con todo el apoyo y beneplácito del gobierno, el cual lógicamente también esperaba obtener beneficios políticos de la creación de un instituto de investigación de tan alto nivel. La construcción del IVNIC comenzó de inmediato en un área situada a 11 kilómetros al suroeste de Caracas, cerca del entonces pueblo de San Antonio de los Altos y conocida como Los Altos de Pipe. Los trabajos incluyeron la construcción de las carreteras, infraestructura, edificios iniciales y otros servicios necesarios para el funcionamiento de un instituto de investigación de la envergadura planeada para el IVNIC. Para finales de 1955 las facilidades esenciales, especialmente el Laboratorio de Ultraestructura del Nervio, estaban concluidas y los trabajos de investigación comenzaron antes de las navidades de ese año. El primer artículo proveniente del IVNIC fue publicado en abril de 1956 en la prestigiosa revista "*Nature*" y versó sobre la ultraestructura de la retícula de los insectos, con Fernández-Morán como su único autor (25). La autoría única fue un denominador común de Fernández-Morán en casi todas sus publicaciones.

La planta física del IVNIC era impresionante e incluía edificios para laboratorios, bioterio, oficinas, talleres y viviendas para los investigadores. Desde su inicio el IVNIC contó con una biblioteca, precursora de la actual Biblioteca “Marcel Roche” del IVIC, que en ese momento estaba especializada en neurología. Asimismo se creó el “Taller de cuchillas de diamante”, para la puesta a punto y producción en cantidades suficientes de cuchillas para ser distribuidas sin costo alguno, a todos los investigadores calificados que las solicitaran desde cualquier parte del mundo, con la única condición, de obtener información de los usuarios para mejorar su calidad para cortes ultrafinos para microscopía electrónica

También se creó un Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear, con equipos construidos en el mismo IVNIC, ya que Fernández-Morán estaba interesado en esa tecnología para estudiar el papel del agua dentro de la estructura del sistema nervioso. Para dichos estudios además instaló un equipo de difracción de rayos-X de pequeño ángulo, que le permitió estudiar el arreglo lamelar de la mielina (26). Pero, sin duda alguna, la edificación que atrajo la mayor atención del país, contribuyendo a los mitos y leyendas, fue el reactor nuclear RV-1, cuya construcción fue solicitada por Fernández-Morán en 1955, como parte de un programa de colaboración con Estados Unidos conocido como “Átomos para la Paz”, aunque la construcción del mismo no llegó a concluirse hasta 1960, dos años después que Fernández-Morán se hubo marchado a Estados Unidos. Dicho reactor, que era de tipo experimental solo podía utilizarse básicamente como instrumento de investigación y docencia. El reactor RV-1 fue eventualmente convertido en una planta de irradiación.

Aunque los informes anuales del incipiente IVNIC listan la existencia de 8 laboratorios (Ultraestructura del Nervio, Neurofisiología, Virus Neurotrópicos, Bioquímica, Biofísica, Resonancia Magnética Nuclear, Temperaturas Bajas y Electrónica), en realidad en su plantel de investigadores fijos solo aparecía Fernández-Morán, quién estaba a cargo del Laboratorio de Ultraestructura del Nervio, del cual salieron varias publicaciones en revistas muy reconocidas internacionalmente. Otras publicaciones del IVNIC, la mayoría con Fernández-Morán como

único autor (que era como dijimos característico de él) o coautor (en muy pocos casos), trataron un amplio rango de tópicos, especialmente aquellos relacionados con las investigaciones neurológicas o con microscopía electrónica, que eran sus campos de investigación.

Dos de los investigadores invitados por Fernández-Morán para formar parte del IVNIC fueron los Drs. Gunnar Svaetichin (1915-1981) y Gernot Bergold (1911-2003). Svaetichin era un investigador de origen finlandés, discípulo de Ragnar Granit (1900-1991) (Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1967), que Fernández-Morán había conocido en Suecia y que era un experto en neurofisiología, especialmente en el campo de la visión de colores. Bergold (quien fuese tutor de uno de los autores, JE), de origen austríaco, trabajaba en Canadá cuando fue traído a Venezuela por Fernández-Morán. Bergold era una autoridad mundial en virus de insectos y también un reconocido experto en microscopía electrónica de virus. Otros nueve investigadores visitantes temporales, todos extranjeros, fueron atraídos ya sea por las extraordinarias facilidades del IVNIC o por la carismática personalidad de su director, que cada vez obtenía más el reconocimiento internacional. Completaba el personal del IVNIC un número importante de técnicos extranjeros altamente especializados. Pudiera pensarse que este patrón de rechazo a los científicos locales, fue la reacción de Fernández-Morán al rechazo al IVNIC de algunos de sus pares venezolanos. Como veremos más adelante esa característica de Fernández-Morán, de trabajar y publicar preferiblemente solo, también ocurrió en sus años en Estados Unidos.

Para promover internacionalmente al incipiente IVNIC, Fernández-Morán organizó a los tres años de su creación, en marzo de 1957, un importante simposio internacional sobre ultraestructura del nervio y función de las células nerviosas, con la participación de 46 distinguidos científicos de todo el mundo, dos de ellos ganadores del Premio Nobel. Uno de los invitados a la reunión fue Francis O. Schmitt (1903-1995), un respetado microscopista electrónico y difraccionista de rayos-X, Profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts quien, como ya mencionamos, entre los años 30 y 40 había publicado varios artículos científicos en un campo de interés común con Fernández-Morán, como era el de

la estructura de las vainas de mielina alrededor de los nervios. La reunión, que tuvo una gran resonancia internacional, fue clausurada con la participación del General Pérez Jiménez, lo cual claramente demostraba la importancia que su gobierno daba a la ciencia a través del IVNIC

Pero el apoyo político y/o militar que tan hábilmente había conseguido Fernández-Morán para llevar a la realidad su sueño del IVNIC, también lo llevó a su caída cuando el gobierno de Pérez Jiménez fue derrocado el 23 de enero de 1958. El fin de la dictadura de Pérez Jiménez comenzó el primero de enero de 1958 con un alzamiento de la aviación. Aunque dicha sublevación fue controlada, la dictadura comenzó a tambalearse y Pérez Jiménez hizo varios cambios en su Gabinete, nombrando como Ministro de Educación al General Néstor Prato, quien venía de ser Gobernador del Estado Zulia. Ese nombramiento fue recibido con la burla de los estudiantes, haciéndose necesario su cambio inmediato. Fernández-Morán fue contactado por su amigo, el Ministro de Sanidad Gutiérrez Alfaro, quien sabiendo que el joven científico de 34 años gozaba de un inmenso prestigio nacional e internacional, le ofreció en nombre de Pérez Jiménez, el cargo de Ministro de Educación. A Fernández-Morán no le quedó otra opción que aceptar, en gratitud por el apoyo que había recibido para crear y establecer el IVNIC. El 16 de enero se dirigió al país con un mensaje grandilocuente, típico de Fernández-Morán: “Vivimos en la era atómica y de la conquista del espacio. Esto no es una hipótesis, sino ya una realidad que absorbe la atención de todo los pueblos. La consigna para nuestra juventud es categórica: prepararse mediante adiestramiento adecuado para cumplir a cabalidad su misión”. Fernández-Morán manifestó años después, no haberse arrepentido de esa decisión, ya que para él fue un privilegio haber podido servir al lado de Gutiérrez Alfaro, aunque su estadía en el Ministerio solo duró 10 días. Fernández-Morán dijo que durante ese tiempo experimentó el equivalente a un curso de posgrado intensivo en comportamiento humano colectivo, enfrentándose a comportamientos irracionales de la naturaleza humana (8).

Fernández-Morán permaneció en el IVNIC y en Venezuela hasta finales de febrero de 1958, cuando se marchó para Estados Unidos con toda su familia, en lo que ha sido descrito como un exilio

voluntario. De acuerdo a Rivas (6), Fernández-Morán no fue “despedido violentamente”, sino que se le ofreció un exilio dorado, nombrándole asesor técnico del IVNIC en misión en el extranjero, por un lapso de un año prorrogable, asignándole un sueldo mensual y sufragándole los gastos de su viaje y el de su familia a los Estados Unidos, aunque no sabemos si dicha oferta fue aceptada. Lo que sí es cierto es que por muchos años existió una fuerte tensión entre Fernández-Morán y muchos de los dirigentes de la ciencia en Venezuela.

Con la caída del gobierno de Pérez Jiménez en 1958, y la salida de Fernández-Morán del país, el IVNIC fue reorganizado, y en febrero de 1959 fue oficialmente reemplazado por un nuevo instituto, el IVIC, con cuatro prioridades: a) La creación de un núcleo estable de científicos (venezolanos), b) La formación de nuevos investigadores, c) Convertirlo en un Instituto multidisciplinario y d) Poner a funcionar el reactor atómico (27).

Es interesante comentar la primera prioridad mencionada. Cuando Marcel Roche (1920-2003) se encargó del IVNIC luego del 23 de enero de 1958, se encontró con la sorpresa de que, con excepción de Fernández-Morán, no quedaba un solo investigador en el Instituto. Para subsanar la situación de tener un instituto de investigación sin investigadores, se invitó a varios de los científicos del Instituto de Investigaciones Médicas “Fundación Luis Roche” en Caracas a incorporarse al naciente IVIC. Es así como Marcel Roche, Miguel Layrisse (1919-2002), Luis Carbonell (1924-2015), Raimundo Villegas (1931-2014), Karl Gaede (1913-1980), Gabriel Chuchani (1924-2017), Gloria Mercader de Villegas (1928-) y Rafael Apitz (1939-) pasaron a formar parte del nuevo cuerpo de investigadores del naciente IVIC. La Fundación Luis Roche era una pequeña fundación privada creada en 1952 para hacer investigación médica y que de esa forma se constituyó, junto con el IVNIC, como la segunda raíz del nuevo IVIC.

Una de las críticas que se le hizo a Fernández-Morán, fue la manera autoritaria con la cual manejaba al personal científico del IVNIC, hasta el punto que sus dos investigadores estrella, Svaetichin y Bergold, ya se habían marchado del IVNIC con anterioridad, por desacuerdos con Fernández-Morán. Sin embargo, luego

que el IVNIC se transformara en IVIC ambos investigadores regresaron para cumplir por muchos años más, hasta su fallecimiento, una fructífera labor científica en el IVIC. Como el tiempo borra muchas heridas, en 1998, en ocasión de haber sido invitado por uno de los autores (RP) para dictar las palabras inaugurales del nuevo Centro de Biología Estructural “Humberto Fernández-Morán”, Bergold reconoció que aunque Fernández-Morán “poseía una personalidad fuera de lo común, impredecible muchas veces y en ocasiones injusta (y que) nos trataba a todos con rigor y dureza... (en realidad) era un patriota convencido y estuvo fanáticamente resuelto a crear para Venezuela un instituto de investigaciones científicas al nivel de los mejores centros de ciencia del mundo”.

Igualmente, y como muestra de reconciliación, en 1985 Fernández-Morán reconoció que “el instituto que (él) había creado se había expandido y que bajo el nombre de IVIC en los últimos 25 años había provisto una nueva generación de científicos con todos los recursos necesarios para llevar a cabo trabajos de investigación y de docencia... jugando un importante papel en el desarrollo cultural y científico de Venezuela y países vecinos” (8).

Hospital General de Massachusetts, Boston (1958-1962)

Luego del turbulento inicio del año 1958, el próximo destino de Fernández-Morán fue el Hospital General de Massachusetts, en Boston. Este hospital, abrió sus puertas en 1821 y fue el primer hospital docente adscrito a la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard. Tenía un prestigioso servicio de neurocirugía establecido inicialmente en 1934, con William Jason Mixter (1880-1958) a su frente.

Indudablemente la decisión de viajar a Boston se debió a la invitación que recibiera de su amigo Francis O. Schmitt, Jefe del Programa de Investigaciones en Neurociencias del Instituto Tecnológico de Massachusetts quien, como ya mencionamos, un año antes había asistido como invitado al simposio que Fernández-Morán había organizado en el IVNIC sobre ultraestructura y función de las células nerviosas y eso indudablemente debió haber facilitado la

transición de Fernández-Morán a Boston. Otra persona que ayudó a Fernández-Morán en esa transición fue William H. Sweet (1910-2001), un reconocido neurocirujano y Profesor de la Escuela de Medicina de Harvard. La filosofía de Sweet, que resonaba con la de Fernández-Morán, era que la investigación básica era de gran importancia para mejorar el tratamiento de las enfermedades neurológicas, y a tal efecto había establecido en el Departamento de Neurocirugía laboratorios de biofísica, neurofisiología, microscopía electrónica, neuroquímica e inmunología.

Es así como Fernández-Morán entró al Servicio Neuroquirúrgico del Hospital General de Massachusetts. En ese momento el servicio estaba dirigido por James C. White (1896-1981), un neurocirujano con un especial interés en el tratamiento del dolor. El Servicio estaba formado por seis neurocirujanos (Sweet entre ellos) y cuatro Asociados (en biofísica, bioquímica, biología y química). Entre 1958 y 1962, Fernández-Morán fue Biofísico Asociado del Servicio Neuroquirúrgico del Hospital General de Massachusetts, docente visitante (*Visiting Lecturer*) en el Departamento de Biología del Instituto Tecnológico de Massachusetts, y Asociado de Investigación (*Research Associate*) en Neuropatología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard. A pesar de los títulos, tenemos entendido que Fernández-Morán nunca tuvo Estudiantes Graduados ni practicó la docencia en Boston, lo cual Fernández-Morán parecía considerar como una distracción de su objetivo principal que era la investigación.

Bajo la dirección de Schmitt, Fernández-Morán estableció el laboratorio Mixter de Microscopía Electrónica, como parte de los Laboratories Mixter para Investigación Neuroquirúrgica del Departamento de Neurocirugía del Hospital General de Massachusetts, los cuales habían sido formalmente iniciados en 1957 con el apoyo financiero de la familia Mixter. El Laboratorio Mixter de Microscopía Electrónica, era relativamente modesto, consistiendo de dos cuartos con sendos microscopios electrónicos, un área para la preparación de especímenes, y un cuarto oscuro. Es de entender que después de venir de dirigir su gran centro de investigación en Venezuela, Fernández-Morán debería conformarse, por los momentos, con facilidades muy por debajo de lo que él podría aspirar y que

con frecuencia llamaba Los Laboratorios Mixer de Microscopia Electrónica (en plural) para dar la impresión de que se trataba de una responsabilidad mucho mayor (Figura 1).

Fernández-Morán dirigió el Laboratorio Mixer con la misma energía y autoritarismo que mostró en el IVNIC. Sus más cercanos asociados apreciaban su genialidad, pero tenían que lidiar constantemente con sus deseos de grandeza, su “temperamento incontrolable” y una clara dificultad para llevarse bien con muchos de sus colegas. A pesar de estar localizado en un hospital docente, Fernández-Morán no mostraba gran interés por la docencia, nunca dio clases formales y nunca supervisó ningún Estudiante Graduado. Prefería utilizar su tiempo explorando nuevas y mejores maneras de perfeccionar las técnicas de microscopia electrónica. Sin embargo, en privado era un hombre que amaba a su familia, que constantemente soñaba con regresar a Venezuela, y que podía ser muy generoso con sus técnicos a quienes ayudaba a superarse profesionalmente.



Figura 1. Humberto Fernández-Morán en 1961, trabajando en un microscopio electrónico Siemens Elmiskop I en el Laboratorio Mixer para Microscopia Electrónica del Hospital General de Massachusetts, en Boston. Fotografía cortesía de su antiguo colaborador Dr. Frederick Merk.

Con la energía y dedicación que le caracterizaba, Fernández-Morán continuó sus investigaciones en microscopia electrónica. Trabajaba con una intensidad excepcional, muchas veces hasta altas horas de la madrugada cuando disminuían las fluctuaciones eléctricas que afectaban el funcionamiento óptimo de los microscopios electrónicos. Otra estrategia utilizada por Fernández-Morán para aumentar su productividad científica era la de asociarse con investigadores reputados en otras disciplinas, donde él proveía la experticia en microscopia electrónica. Dos ejemplos notables fueron David E. Green (1910-1983), con quien colaboró en estudios sobre enzimología de la mitocondria y especialmente con Samuel Collins (1898-1984) con quien estableció una fructífera colaboración en sus trabajos de crío-microscopia electrónica.

Uno de los descubrimientos de Fernández-Morán que atrajo mucha atención fue su descripción en 1962, de lo que él bautizó como las “partículas elementales” de las mitocondrias (28,29), trabajo que hizo parcialmente en colaboración con David Green, quien era el Director del Instituto para Investigaciones sobre Enzimas de la Universidad de Wisconsin. Las mitocondrias son los organelos celulares donde se genera el ATP (adenosintrifosfato), donde se almacena la energía de las células. Fernández-Morán describió en la superficie de las crestas mitocondriales las partículas elementales como formadas por una cabeza esférica o poliédrica (8-10 nm de diámetro), unida a una pieza basal (4x10 nm) por un eje cilíndrico (de 5 nm de longitud y 3-4 nm de ancho). Fernández-Morán calculó que había entre 10 000 y 100 000 partículas elementales en cada mitocondria, y propuso que en esas partículas se agrupaban todas las enzimas involucradas en la cadena de transferencia de electrones y que ese modelo de estructura-función pudiese ser aplicado a otros sistemas. Este trabajo atrajo mucha atención, pero también la crítica de investigadores competidores, algunos de los cuales sugirieron que las llamadas partículas elementales eran artefactos de fijación y magnificación y que la explicación sobre su posible función no estaba plenamente justificada por la experiencia bioquímica. El debate que se suscitó en el momento probablemente fue la primera vez que una publicación de Fernández-Morán no era total e inmediatamente aceptada por

sus pares. De hecho, David Green se distanció de esos resultados. Eso debió haber sido un momento muy duro para Fernández-Morán quien quizás por primera vez experimentaba el aparente desacuerdo de sus colegas y así comenzaba a entender el comportamiento altamente competitivo de los científicos estadounidenses. Es de notar que cuando Fernández-Morán resumió en 1985 sus logros científicos más importantes, no incluyó su descripción de las partículas elementales de las mitocondrias (8).

Sin embargo, el tiempo básicamente le dio la razón a Fernández-Morán, cuando Efraim Racker (1911-1991) y sus colegas en el Instituto de Salud Pública de Nueva York, a finales de los años 60, demostraron que el eje y la base de dichas partículas elementales incluyen un dominio transmembrana que transporta electrones a través de las membranas de las crestas (porción F_0 de la molécula) y que la cabeza comprende la ATPasa F_1 que sintetiza ATP cuando los protones pasan a través de F_0 bajo el gradiente electroquímico.

Las imágenes originales de Fernández-Morán con el microscopio electrónico demostraron claramente la existencia de estas partículas, que algunos denominaron “Partículas Fernández-Morán”, así como la orientación asimétrica de estas proteínas de membranas. Esas imágenes iniciaron intensas investigaciones bioquímicas que condujeron a una mayor comprensión de las vías por las cuales la quimio-ósmosis está acoplada a la síntesis de ATP para llevar a cabo eficientemente la fosforilación oxidativa en muchos tipos de células. La estructura de las partículas elementales de Fernández-Morán abrió las puertas a los científicos a la complejidad y orientación asimétrica de las proteínas de membranas y ayudó a iniciar un estudio más amplio de los complejos oligoméricos dentro de las membranas.

Ese largo camino de descubrimiento finalmente llevó en 1997, más de treinta años después de las observaciones de Fernández-Morán, al Premio Nobel de Química otorgado a Paul D. Boyer (1918-2018) y John E. Walker (1941-) por “la elucidación del mecanismo enzimático de la síntesis de ATP” y a Jens C. Skou (1918-2018) por “el descubrimiento de la enzima transportadora de iones, $Na^+ K^+ ATPasa$ ”.

Una colaboración mucho más productiva y

duradera de Fernández-Morán fue con Samuel Collins, Profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts y conocido internacionalmente como el padre de los equipos para la licuefacción del helio, uno de los cuales Fernández-Morán había instalado en el IVNIC. Collins fue un cercano colaborador de Fernández-Morán en el desarrollo del crío-microscopio electrónico, colaboración que continuó cuando Fernández-Morán se trasladó a la Universidad de Chicago. En ocasión de la muerte de Collins en 1984, Fernández-Morán reconoció una deuda de gratitud por su colaboración en la instalación del “refrigerador Collins de circuito-cerrado de helio superfluido” que fue integrado con el crío-microscopio electrónico de 200 kV que Fernández-Morán había instalado en su laboratorio de la Universidad de Chicago. Fernández-Morán explicaba que dicho equipo había sido particularmente efectivo para explorar la organización molecular de los sistemas biológicos en este nuevo dominio de las temperaturas del helio superfluido, uno o dos grados por arriba del cero absoluto. Creemos que uno de los artículos científicos más importantes, aunque poco mencionados de Fernández-Morán, fue basado en un sesudo análisis presentado en una conferencia sobre congelamiento y deshidratación de material biológico organizada en 1960 por la Academia de Ciencias de Nueva York, donde discutió diferentes técnicas para la preparación de muestras biológicas para su observación con el microscopio electrónico usando congelamiento rápido con helio II (30).

Después de cuatro años en el Hospital General de Massachusetts, Fernández-Morán estaba decidido a buscar otro destino, el cual finalmente fue la Universidad de Chicago. No están totalmente claras las razones por las cuales Fernández-Morán decidió mudarse de Boston a Chicago. Quizás la más importante era que la Universidad de Chicago ofrecía mejores oportunidades académicas y de trabajo para Fernández-Morán. En conversación con personas que estuvieron cerca de la situación, hay otras dos o tres posibles explicaciones. La afiliación de Fernández-Morán con el Hospital General de Massachusetts no era la más propicia para avanzar en el escalafón académico de Harvard. Otra posibilidad es que el rechazo que recibió, al menos inicialmente para la época, la descripción

de las partículas elementales de la mitocondrias, fue un obstáculo importante para conseguir la promoción académica que Fernández-Morán consideraba que merecía y a la que por lo tanto aspiraba. Finalmente, podría haber razones financieras. En Estados Unidos es frecuente que aunque una institución académica ofrezca una posición, resta al investigador conseguir suficiente financiamiento externo, tanto para cubrir los salarios como para los gastos de funcionamiento de su laboratorio. Fernández-Morán era nuevo en ese sistema y en el pasado no había tenido que conseguir dichas subvenciones, aunque sí logró conseguir financiamiento de los Institutos Nacionales de Salud, del Instituto Nacional del Cáncer y de la Comisión de la Energía Atómica. Sin embargo, una subvención importante de los Institutos Nacionales de Salud no le fue renovada debido a que Fernández-Morán no había cumplido con los objetivos programados. No siendo un burócrata, sino un científico apasionado, Fernández-Morán estaba menos interesado en cumplir con metas artificialmente establecidas, que en avanzar realmente los límites de la ciencia. Aunque este podría ser un punto poco importante a dilucidar, en realidad es un ejemplo de que no todo es gloria y reconocimiento cuando un científico entra a competir en los ambientes académicos de Estados Unidos, lo cual pudo indudablemente haber sido una etapa muy difícil en la carrera de Fernández-Morán.

Escuela de Medicina Pritzker de la Universidad de Chicago (1962-1986)

El mismo Fernández-Morán reconoció que su traslado a la Universidad de Chicago se debió a los buenos oficios de William Bloom (1899-1972), quien como parte del Proyecto Manhattan, era bien conocido por sus investigaciones sobre el efecto de las radiaciones ionizantes en células y tejidos. Bloom también era el editor de un conocido libro de texto sobre histología y como era de suponer, también estaba interesado en la microscopía electrónica. En la época en que llevó a Fernández-Morán a la Universidad de Chicago, Bloom era Profesor de Servicios Distinguidos en el Departamento de Anatomía y también formaba parte del Comité de Biofísica de la Universidad. La Universidad de Chicago desarrolló una tradición en biofísica como parte del Proyecto

Manhattan, que eventualmente evolucionó a finales de los años 50 y principios de los 60, en el Comité de Biofísica, donde William Bloom tenía una gran influencia.

El Departamento de Biofísica quedó finalmente establecido entre 1963 y 1964, bajo la jefatura de Raymond Zirkle (1902-1988), Profesor de Biofísica, junto con William Bloom y otros dos Profesores. El Departamento incluía además tres Profesores Asociados (Fernández-Morán entre ellos), tres Profesores Asistentes y quince *Fellows* y Estudiantes Graduados (31). Los Profesores estaban a cargo de dictar diferentes cátedras y por primera vez Fernández-Morán tuvo a su cargo una cátedra formal, sobre “Ultraestructura de la Célula”, un curso completo de 21 horas de duración. Fernández-Morán fue rápidamente promocionado a Profesor de Biofísica y en 1968 recibió el honor de ser nombrado Profesor A.N. Pritzker de Biofísica en la División de Ciencias Biológicas de la Escuela Pritzker de Medicina, un nombramiento vitalicio con sueldo (*endowed chair*).

Es en la Universidad de Chicago donde Fernández-Morán logra desarrollar sus planes para construir el laboratorio de sus sueños dedicado a la crío-microscopía electrónica (32). La crío-microscopía electrónica opera a temperaturas criogénicas, por debajo de los -180 °C, utilizando nitrógeno o helio líquidos para enfriar los especímenes. Esto permite el análisis de muestras disminuyendo los efectos nocivos de radiación del haz de electrones sobre la muestra a estudiar. Los laboratorios de Fernández-Morán se construyeron en los edificios de los “Institutos de Investigación” de la Universidad de Chicago y eran conocidos como el “cuarto limpio”, donde los visitantes debían vestirse de manera especial para evitar cualquier contaminación externa con polvo. En 1985 Fernández-Morán describió su “Facilidad de Microscopía Electrónica de Alta Resolución”, como construida sobre 185 metros cuadrados, con un total de 5 microscopios electrónicos todos provistos con accesorios para alta resolución y difracción de especímenes biológicos e integrados a una fuente de poder central. Fernández-Morán estimó que el valor de los equipos, la mayoría comprados con fondos públicos estadounidenses (especialmente de la NASA, pero también de los Institutos Nacionales de Salud y de la Comisión

de la Energía Atómica) a un costo de 4,3 millones de dólares (casi 10 millones de dólares de hoy).

Ya mencionamos que desde 1952 Fernández-Morán venía proponiendo el uso de bajas temperaturas para la observación directa de especímenes biológicos congelado-hidratados con moléculas de agua “vitrificadas” (22,30,33-35). En 1963 Fernández-Morán avanza el concepto de la crío-microscopia electrónica construyendo luego el primer crío-microscopio electrónico con lentes superconductoras operadas a temperatura de helio líquido en la Universidad de Chicago (36,37). Este prototipo de crío-microscopio electrónico experimental le permitió registrar las primeras crío-micrografías electrónicas de cristales de catalasa congelado-hidratados a 8 nm de resolución, que también se usó como referencia en los años subsiguientes para evaluar la resolución alcanzada por los nuevos crío-microscopio electrónicos.

Esos trabajos pioneros de Fernández-Morán fueron eventualmente seguidos por otros avances que finalmente llevaron en el año 2017 a la concesión del Premio Nobel de Química a Jacques Dubochet (n1942), Joachim Frank (n1940) y Richard Henderson (n1945) por “el desarrollo de la crío-microscopia electrónica para la determinación de la estructura en alta resolución de biomoléculas en suspensión”. En el documento técnico emitido por la Real Academia Sueca de las Ciencias para justificar el Premio Nobel, entre los antecedentes al trabajo de los científicos premiados, se reconocen los esfuerzos tempranos de Fernández-Morán en crío-microscopia electrónica (38).

Aceptando que el edificio de la ciencia se construye en base al trabajo de muchos investigadores a través de muchos años, y que tan solo algunos pocos reciben el honor del Premio Nobel cuando el conocimiento alcanza el necesario grado de madurez, no deja de llamar la atención que Fernández-Morán fue pionero en dos descubrimientos que muchos años después se hicieron merecedores del Premio Nobel, el mecanismo estructural de la síntesis del ATP y la preservación y dilucidación de la estructura atómica de biomoléculas por medio de la crío-microscopia electrónica. Uno se siente tentado a especular que Fernández-Morán fue un hombre adelantado a su tiempo, tanto en su ciencia como

en sus planes para la creación de un instituto avanzado de investigaciones científicas en Venezuela.

Otro caso del cual se habló bastante y que contribuyó a los mitos y leyendas asociadas a Fernández-Morán, fue su contribución al análisis de rocas lunares obtenidas por la misión Apollo. Los Institutos de Investigación de la Universidad de Chicago ofrecían oportunidades para que un investigador biomédico como era Fernández-Morán estableciera colaboraciones con colegas geofísicos para participar en la aventura del espacio que estimulaba la imaginación de muchos en los años 60 y 70. Además, la NASA ofrecía oportunidades de subvenciones que eran un aliciente para los investigadores. Fernández-Morán recibió subvenciones de la NASA, participando como Investigador Principal de sus propios proyectos (no de la NASA misma, como se ha dicho) para “investigar la biología molecular relacionada con el espacio, incluyendo consideraciones sobre la organización molecular de materiales extraterrestres”. Fernández-Morán aprovechó la capacidad de la cuchilla de diamante para realizar cortes de material lunar, para así examinar bajo el microscopio electrónico su estructura, especialmente la de piroxenos que son el mineral más común en la superficie lunar (39).

Sin embargo, la interacción de Fernández-Morán con otros colegas en el Departamento de Biofísica de la Universidad de Chicago no era buena, con algunos de sus colegas que prefirieron “mantenerse a distancia” de Fernández-Morán, quien tenía la reputación de no permitir a otros el uso de sus valiosos microscopios, lo cual no era bien visto en un grupo que se preciaba de ser altamente interactivo. Esa actitud no favoreció el reclutar y/o retener Estudiantes Graduados. Esto contrastaba con la actitud de otros Profesores que se comportaban como “mentores modelos”. Aunque otros Profesores en el Departamento trataban de convencer a los Estudiantes Graduados de tomar el curso que Fernández-Morán ofrecía en microscopia electrónica, estos eran rápidamente desanimados por la distancia que mantenía el Profesor, quien no parecía disfrutar de la docencia y siempre estaba ocupado con otros proyectos.

En realidad, Fernández-Morán nunca llegó a aceptar la jerarquía académica dentro del

Departamento de Biofísica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chicago y con frecuencia actuaba como un “agente libre”. En vez de identificarse como miembro del Departamento de Biofísica, prefería hacerlo como miembro de los Institutos de Investigación de la Universidad de Chicago, que en realidad era un consorcio formado por el Departamento de Biofísica, el Instituto Enrico Fermi para Estudios Nucleares, el Instituto para Investigaciones en Computación, y el Instituto para el Estudio de los Metales.

Asimismo, la relación de Fernández-Morán con los estudiantes tampoco era buena. Al principio los estudiantes tenían grandes expectativas con Fernández-Morán pero rápidamente se daban cuenta que era muy difícil trabajar con él. Como grandes conocedores de la psicología de sus profesores, los estudiantes, que estaban en conocimiento del poder y autoridad que Fernández-Morán había tenido durante su estadía en Venezuela, lo apodaban “El Supremo”. Asimismo, cuando Fernández-Morán comenzaba a especular y a describir sus grandes ideas, era difícil para los estudiantes diferenciar lo que podría ser realidad y no una simple fantasía de una mente creativa. En todo caso, era conocido que Fernández-Morán constantemente buscaba nuevas ideas en otros campos, a veces “prestando” ideas de otros investigadores que él desarrollaba, lo que pudo haber sido causa de roces.

Los inicios de los años 70 marcan un descenso en la actividad científica original de Fernández-Morán. Su mente comienza a ocuparse de planes más ambiciosos sobre el desarrollo de la ciencia en general, los cuales presentaba en congresos y eventos especiales, pero menos frecuentemente en publicaciones en revistas científicas arbitradas, algo que se hizo obvio a los colegas de su departamento. Al mismo tiempo, por su carácter difícil, tenía dificultades para retener al personal técnico de su laboratorio, y finalmente sus fuentes de financiamiento para las investigaciones comenzaron a disminuir hasta prácticamente desaparecer. Una observación interesante es que cuando Fernández-Morán ingresó a la Universidad de Chicago era considerado una estrella (lo cual manejaba con un cierto grado de arrogancia), pero que su prestigio disminuyó rápidamente, quizás debido a las dificultades que tenía para establecer relaciones

interpersonales, así como también para convertir ideas en realidades..

El 7 de julio de 1981 Fernández-Morán envió una carta al Dr. Robert Uretz, Decano de la Escuela de Medicina Pritzker de la Universidad de Chicago, quien había sido colega de Fernández-Morán en el Departamento de Biofísica, anunciando con cinco años de anticipación, su deseo de retirarse al cumplir 62 años de edad, el 18 de febrero de 1986, dando como motivo “su deseo de regresar a su país natal para llevar a cabo compromisos contraídos con anterioridad”. Dicha renuncia fue aceptada y se le comunicó a Fernández-Morán que al retirarse de la Universidad podría continuar llevando el título de Profesor Emérito de Biofísica. Para cerrar ese período, en junio de 1985, Fernández-Morán hace la transferencia formal de su costoso equipo a la División de Ciencias Biológicas de la Escuela de Medicina.

Aunque no conocemos las razones, era conocido que en sus últimos años en Chicago, y quizás ya desde los primeros años de la década de los 70, Fernández-Morán estaba buscando otros destinos, con especial preferencia por regresar a Venezuela.

Deseos de regresar a Venezuela

Desde el mismo momento en que Fernández-Morán marchó a su “exilio voluntario” en 1958, siempre albergó la posibilidad de regresar a Venezuela. Habiendo ya disminuido el estigma político de su participación en el gobierno de Pérez Jiménez, Fernández-Morán comienza a visitar a Venezuela, siendo su primera visita a finales de 1964. En esa oportunidad Fernández-Morán tuvo una intensa campaña de prensa, donde los periódicos presentaron una imagen muy atractiva del investigador, promocionando su idea de crear un gran proyecto de un Politécnico que estaría situado en el Hotel Humboldt en el cerro Ávila (o Waraira Repano) a un costo de cuatro mil millones de dólares, de los cuales Venezuela solo debería sufragar 30 millones y el resto, según Fernández-Morán, lo pagarían otras instituciones que ya habían sido contactadas, con la colaboración de una larga lista de ganadores del Premio Nobel. Marcel Roche investigó la situación a fondo llegando a la conclusión, para

usar sus palabras, de que todo era un “*bluff*” (40).

En 1968 volvió para dictar conferencias en Caracas, en la Academia de Medicina del Zulia, en Mérida, San Cristóbal, Coro y Cumaná, continuando su prédica para convencer al país de la necesidad de crear un Complejo Politécnico de avanzada para la formación científica y tecnológica de los jóvenes venezolanos (41). Fernández-Morán regresó a Venezuela en 1971, visitando Maracaibo, San Cristóbal y Valera, donde dictó una charla titulada “Las oportunidades y retos de la Ciencia y la Tecnología”, en la que insistiría en sus sueños y lo haría señalando como durante 18 años había tratado por todos los medios a su alcance de interesar al Gobierno Nacional en proyectos de interés Científico y Tecnológico, sin obtener ninguna respuesta. En esos días escribió: “...Soy un misionero y un solitario en mi propia tierra, como lo fue Miranda y como lo fue Bolívar ... Persistiré en mi firme empeño de cumplir callado mi misión, como investigador científico y educador, ocultando con la jovialidad de Sancho mi tristeza neta de Quijote” (41).

Durante el año 1974, Fernández-Morán presentó un proyecto ante la ACFIMAN, sin obtener respuesta alguna. Pero, como era de esperar, Fernández-Morán no se desanimó y entonces recurrió a sus aliados militares. Identificándose como Asesor Científico del Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas, del Ministerio de la Defensa, en 1975 presentó otro proyecto sobre el desarrollo de centros nucleares y formación de personal especializado en Venezuela, enfocándose en los campos de energía nuclear, coherencia, astrofísica y satélites y bancos de comunicación y datos. Para ello solicitó ser nombrado Comisionado Ad Honorem de la Presidencia de la República para asuntos Científicos y Tecnológicos en el exterior, aunque dichos planes tampoco se concretaron. Es de notar que Fernández-Morán hacía esas propuestas cuando todavía era Profesor en la Universidad de Chicago.

Fernández-Morán volvió a Venezuela en 1978 participando en Maracaibo en el Primer Congreso de Neurociencias y luego viajó a Caracas invitado por el Centro Médico Docente La Trinidad, donde habló sobre virus oncogénicos, biología molecular, microscopía electrónica, bancos de datos, computadoras y satélites. En

esa conferencia los dos autores de este artículo (JE y RP) coincidieron con Fernández-Morán. Al final de su conferencia Fernández-Morán mostró, visiblemente emocionado, diapositivas de como construyó el IVNIC mencionando amargamente que nunca se le permitió visitar de nuevo el Instituto. Uno de los presentes en la conferencia (RP), a la sazón estudiante graduado culminado su doctorado en Fisiología y Biofísica, lo interrumpió invitándolo a visitar el Instituto. Para sorpresa de todos, al día siguiente llegó al IVIC la comitiva de Fernández-Morán, en un vehículo militar con dos escoltas motorizadas para visitar el Laboratorio de Estructura Molecular donde uno de los autores (RP) trabajaba. En ese viaje Fernández-Morán declaró a la prensa que había sido escogido por la NASA para volar en el transbordador (*shuttle*) espacial, lo cual también fue desmentido por Roche (40).

En 1983 Fernández-Morán visitó de nuevo a Venezuela, invitado a participar en la primera entrega del Premio Lorenzo Mendoza Fleury de la Fundación de las Empresas Polar y un año más tarde visitó a Maracaibo, donde se encontró con varios investigadores, entre ellos a Américo Negrette (1924-2003) un eminente neurólogo e investigador que había fundado el Instituto de Investigaciones Clínicas de la Facultad de Medicina de la Universidad del Zulia, cuyos inicios se remontan a 1959. Negrette, quien en el pasado había antagonizado a Fernández-Morán recuerda la reunión con estas palabras: “Escuchando a este hombre en esa noche, viendo el entusiasmo por la ciencia, cualquiera puede ser mezquino, pero solamente los grandes saben ser generosos a tal grado, - el hombre que descubrió las partículas elementales de las mitocondrias... que ha desarrollado adelantos de la tecnología científica que son utilizados por científicos en todo el orbe, bajó del pedestal que le han forjado sus propios méritos, tan llanamente, tan espontáneamente, para estimular a unos hombres simples, - que su grandeza se hizo mayor... Esa será una noche inolvidable, increíble. Ver aplaudiendo a sus científicos, un pueblo que ha sido entrenado para aplaudir solamente a deportistas, políticos y faranduleros, es increíble. Esa es otra Venezuela. Una Venezuela que aunque fuera una noche, hizo posible la magia de un científico grande, la generosa magia de Humberto Fernández-Morán”.

En 1986, ya retirado de la Universidad de Chicago, Fernández-Morán regresa a Venezuela con nuevos proyectos. Esperaba lograr el apoyo de la Universidad del Zulia y de la Universidad de Los Andes para crear un Laboratorio de Astronomía que debería estar situado al sur del lago de Maracaibo. A decir del distinguido patólogo y microscopista electrónico marabino Jorge García Tamayo todo era retórica pues la situación política del país no se había modificado (41). En 1988 Fernández-Morán sufrió el primero de varios accidentes cerebrovasculares que lo afectaron. Sin embargo, en 1992, a pesar de las dolencias que progresivamente iban incapacitándolo, volvió a Venezuela para participar en Mérida en el Primer Congreso Atlántico de Microscopia Electrónica.

En consideración a que Fernández-Morán fue el fundador del IVNIC, precursor del IVIC, el Consejo Directivo del IVIC le confirió en 1998 la Medalla de Honor del IVIC y acordó designar el auditorio principal del instituto como “Auditorio Humberto Fernández-Morán”. Asimismo ese mismo año se designó al Departamento de Biología Estructural del IVIC como Departamento de Biología Estructural “Humberto Fernández-Morán”.

Convencido de que no podría regresar a Venezuela a cumplir sus sueños, Fernández-Morán regresó a Suecia donde murió el 17 de marzo de 1999. Lo que no pudo hacer en vida, lo hizo después de su muerte, ya que sus cenizas reposan hoy en día en el Cementerio El Cuadrado de Maracaibo.

DISCUSIÓN

En este artículo resumimos la vida y obra de un brillante científico, sin mitos ni leyendas, que tuvo sus momentos de éxitos y de dificultades. Pero que con su bien reconocida inteligencia, pasión, ambición y capacidad de trabajo, llegó a alcanzar muchas de las metas que se había establecido.

No cabe la menor duda que el mayor logro de Fernández-Morán para Venezuela, el cual alcanzó a la muy temprana edad de 30 años, fue la creación del IVNIC. Ciertamente que no fue un hecho sin precedentes el que un brillante joven médico o científico venezolano formado

en el exterior regresase a su país para iniciar actividades o crear instituciones que tuvieron un gran impacto en Venezuela. Sin tratar de establecer comparaciones de Fernández-Morán con otros ejemplos, lo excepcional del caso del IVNIC fue lo ambicioso de la idea y la minuciosidad con que se planificó y ejecutó su plan, que con el tiempo se convirtió en el IVIC, que en mucho contribuyó a la institucionalización de la actividad científica en Venezuela. Para lograr ese objetivo, Fernández-Morán utilizó su extraordinaria capacidad de convencimiento para obtener el apoyo tanto político como económico del gobierno de turno. Desafortunadamente Fernández-Morán buscó el apoyo de un gobierno militar ilegítimo, el cual desapareció cuatro años después con la caída de la dictadura del General Pérez Jiménez. La transformación del IVNIC en el IVIC, lograda en gran parte por la gestión de Marcel Roche, también necesitó del apoyo político del gobierno democrático recién constituido, contando además con la participación e inclusión de al menos parte la comunidad científica nacional. Con esa estrategia el IVIC ha perdurado por casi 60 años y esperamos que por muchos años más.

Hoy más que nunca resuenan las palabras usadas por Fernández-Morán en 1956, para justificar la creación del IVNIC: “la investigación científica no es un lujo, es una necesidad y su costo es ínfimo si se la compara con los beneficios que pueden dejar sus resultados”. Y continuaba diciendo que “un solo argumento bastaría para justificar esa necesidad: la investigación científica es la aplicación sistemática de la inteligencia humana, y como tal, representa la forma más eficaz para desarrollar el potencial intelectual de una nación” (42).

La experiencia de la creación y el trauma de la pérdida del IVNIC, este último consumado en menos de un mes, acompañaron a Fernández-Morán toda su vida. Parafraseando a Gernot Bergold, no tenemos duda que Fernández-Morán era un verdadero patriota que amaba a Venezuela y que siempre quiso regresar a ella. Pero pareciese que Fernández-Morán nunca llegó a entender que su país, donde no había vivido por muchos años, había cambiado desde la caída de Pérez Jiménez, que ahora tenía una sólida comunidad científica que como él, y hasta cierto punto gracias a él (a través del IVIC), se había entrenado en los

mejores centros del mundo y estaba haciendo investigación científica de la más alta calidad. La experiencia única y privilegiada que tuvo Fernández-Morán en Venezuela con el IVNIC, también fue un impedimento para adaptarse a las condiciones de trabajo altamente competitivas en Estados Unidos, y más tarde con frecuencia recomendaba a los científicos venezolanos no irse a trabajar a Estados Unidos.

Humberto Fernández-Morán tenía una compleja personalidad, mezcla de individuo genial y de persona intransigente, difícil de tratar, con un gran ego. Los testimonios recogidos en sus diferentes sitios de trabajo siempre hablan de una personalidad autocrática, muy poco dado a la colaboración con otros científicos. A pesar de que se ha dicho erróneamente que Fernández-Morán fue Profesor en varias Universidades del mundo, en realidad la docencia no era su fuerte. La ciencia se aprende y se hace en grupo, entrenando a estudiantes y/o a investigadores jóvenes y haciendo escuela que extiende, complementa y corrige los descubrimientos hechos por el maestro.

Desafortunadamente no se conoce de discípulos o estudiantes, venezolanos o extranjeros, que hayan sido formados por Fernández-Morán. Hasta cierto punto Fernández-Morán consideraba la docencia como una distracción a su prioridad principal de hacer ciencia e investigación.

La productividad académica de un científico se mide por sus descubrimientos así como por el número y calidad de sus publicaciones científicas, sobre todo aquellas publicadas en revistas internacionales que someten los artículos al arbitraje por pares. También se han desarrollado diferentes indicadores de impacto, para analizar como dichas publicaciones influyen en el desarrollo de áreas específicas de la ciencia. La realidad de la investigación científica es que las observaciones científicas tan solo representan aproximaciones a la "verdad científica", que generaciones posteriores de investigadores corregirán, aumentarán o reemplazarán con nuevas observaciones o interpretaciones. Son muy pocas las publicaciones científicas que, cincuenta años después, resisten "la prueba del tiempo" y es con esa perspectiva que deben examinarse muchos de los logros científicos de Fernández-Morán. Otro producto tangible de un

investigador, que depende mucho de su disciplina, son las patentes. En este sentido no hay duda que Fernández-Morán fue un prolífico investigador.

Requena (7) hizo un esfuerzo para reconstruir la lista de contribuciones científicas de Fernández-Morán catalogando al menos 120 publicaciones y 14 patentes, aunque en alguna ocasión Fernández-Morán listó hasta 180 publicaciones (y 40 patentes), no todas llenaban el criterio para clasificarlas como tales. Requena (7) llegó a la conclusión de que la época en que Fernández-Morán tuvo más productividad científica fue durante los años 60, cuando trabajó en Boston y Chicago (sobre todo en áreas relacionadas con la crío-microscopía electrónica), pero las publicaciones con mayor impacto internacional fueron de los años 50 (sobre ultraestructura de la mielina), cuando trabajaba en Suecia y en el IVNIC.

En realidad, Fernández-Morán trabajó en una gran variedad de temas, prácticamente todos relacionados con la microscopía electrónica. La siguiente es una abigarrada lista elaborada por el mismo Fernández-Morán en su *curriculum vitae* de 1980, en la cual trata de incluir todas las metodologías y áreas de interés en las cuales su inquieta mente se había interesado: "citología, ultraestructura celular, genética, neurología, neuropatología, neurocirugía, endocrinología, bioquímica, biofísica, neuroradiología, radiobiología, microscopía electrónica, difracción electrónica, difracción de rayos X, resonancia magnética nuclear, física nuclear, neurofisiología, ultramicrotomía, tecnología de diamantes industriales (especialmente cuchillos de diamante), criogenia (especialmente aplicaciones del helio líquido y del helio superfluido en biología, bioquímica, y biofísica), inventos y aplicaciones de lentes superconductoras integradas en nuevos tipos de microscopios electrónicos que funcionan a temperaturas del helio líquido, estudios sobre las rocas lunares del proyecto Apolo de la NASA (utilizando microscopía electrónica, difracción a rayos X y espectroscopia Mössbauer), ultraminiaturización (especialmente aplicaciones de la óptica electrónica para producir microcircuitos integrados superconductores basados en efectos Josephson), desarrollo de nuevas técnicas de registro de información a escala microscópica y submicroscópica incluyendo holografía con

luz coherente, electrón-holografía de apertura sintética)”.

Esa larga lista de tópicos pudiera impresionar a un lector no envuelto en la actividad científica. Pero la realidad es que el mejor consejo que los autores de este artículo podrían dar a un joven científico es el de enfocar su esfuerzo en un tópico en el cual puedan hacer y contestar preguntas importantes, siempre manteniendo la posibilidad de explorar otras ideas si las condiciones así lo requieran o permitan. Para ser justos con Fernández-Morán, los muchos tópicos mencionados en la lista tenían como denominador común la tecnología de la microscopía electrónica, que en realidad fue el campo donde Fernández-Morán hizo sus mayores contribuciones desde que salió de Venezuela en 1958.

La complejidad de la ciencia moderna requiere de grandes equipos humanos para la solución de los problemas y eso se refleja cada vez más en el número de autores y coautores de las publicaciones científicas. Sin embargo, es de notar que en la mayoría de las publicaciones de Fernández-Morán, a pesar de la complejidad de los temas que abordó, él aparece como el único autor, sin colaboradores. Cuando tuvo coautores, estos fueron en general científicos reputados en otras disciplinas, que buscaron la colaboración de Fernández-Morán por su experticia en microscopía electrónica. Creemos que aunque Fernández-Morán dominaba los aspectos técnicos de la microscopía electrónica, no dominaba, por ejemplo, la bioquímica ni la estructura, las cuales se hacían cada vez más importantes para entender la relación estructura-función de sus observaciones hechas con el microscopio electrónico. De haber creado escuela, sus estudiantes y seguidores hubieran sido de gran ayuda en ese sentido. Uno de sus más cercanos colaboradores en el desarrollo del crío-microscopio electrónico fue Samuel Collins, a quien Fernández-Morán le agradecía su colaboración pero nunca apareció como coautor de sus publicaciones.

Otra forma de evaluar el impacto de un investigador es con los premios que se le han otorgado o la elección a importantes sociedades académicas. En ese sentido, Fernández-Morán fue electo miembro de la Academia Americana de Artes y Ciencias, pero no lo fue en la mucho

más prestigiosa Academia Nacional de Ciencias, lo cual se considera como el pináculo de la carrera de un investigador estadounidense. En relación con los premios que recibió Fernández-Morán, estamos de acuerdo con Requena (7), que la medalla John Scott fue su distinción más apreciada. Desde 1816 la medalla ha sido conferida 748 veces por la Ciudad de Filadelfia para premiar a aquellas personas que por sus invenciones hubiesen contribuido de una manera substancial a “la comodidad, bienestar y felicidad de la humanidad”. En 1967 le fue conferida a Fernández-Morán por su invención de la cuchilla de diamantes hecha 14 años antes, compartiéndola ese año con Paul M. Zoll (1911-1999), inventor del marcapaso cardíaco y con Edwin T. Mertz (1909-1999) y Oliver E. Nelson (1920-2001), inventores del primer maíz con alto contenido proteico (43). Sin embargo, dicho reconocimiento se ha sobredimensionado en el imaginario popular venezolano, con algunas personas mal informadas e ingenuas tratándolo de equiparlo con el Premio Nobel. Si no fuera porque Fernández-Morán la recibió, muy pocos de nosotros sabríamos de la existencia de la medalla John Scott.

Pero quizás una de las características más resaltantes de Fernández-Morán era su capacidad de usar su inteligencia, visión y sobre todo carisma para atraer la admiración de todos los que alguna vez estuvimos expuestos a él.

Nada mejor que el caso de Hans Selye (1907-1982) el endocrinólogo Húngaro-Canadiense que en 1936 había propuesto el síndrome general de adaptación como una reacción al estrés. Selye estaba tan impresionado con la brillante mente de Fernández-Morán que en 1967 le dedicó uno de sus libros, “*In vivo*” con las siguientes palabras: “Dedicado a Humberto Fernández-Morán como muestra de mi gran admiración por su trabajo en las más pequeñas partículas de vida”. En dicho libro Selye describe a Fernández-Morán con las siguientes palabras: “Siempre tuve la mayor admiración por el Profesor Humberto Fernández-Morán, el distinguido microscopista electrónico de la Universidad de Chicago. Él es un médico y físico que no solo utiliza, sino que también construye microscopios electrónicos de alta potencia muy perfeccionados. He leído muchas de sus publicaciones, pero como nunca lo había conocido, no pude resistir la tentación de telefonarlo la última vez que estuve en Chicago

y me invitó a su casa para cenar y luego hacer una visita a sus famosos laboratorios. Mi interés en su investigación y en su colorida personalidad se incrementó aún más en nuestra conversación durante la cena, alcanzando un clímax alrededor de la medianoche cuando en su laboratorio comencé a darme cuenta de la grandeza de sus contribuciones científicas. Había en el laboratorio el último modelo de su famosa cuchilla de diamante con la que podía cortar las moléculas de glucógeno en azúcares más pequeños. Allí, en realidad podía ver moléculas individuales de hemocianina bajo el microscopio electrónico más poderoso. Me explicó que esto era simplemente el principio porque ahora estaba trabajando en un microscopio electrónico aún más potente, que mostraría objetos claramente con un aumento de dos millones. Me conmovió profundamente por lo que vi y de admiración me quedé sin habla. Pero de repente mi subconsciente iconoclasta salió a la superficie y me vino un pensamiento aterrador a través de mi mente obsoleta: ¡Imaginen a este gran genio usando todo su enorme intelecto y conocimiento para construir un instrumento con el cual pueda restringir su campo visual 2 millones de veces!” (44).

Como hemos descrito, al final de su carrera Fernández-Morán hizo una serie de ambiciosas propuestas para regresar a Venezuela, que fueron generalmente consideradas como desproporcionadas y fantasiosas y como tal rechazadas, igual que como sucedió 30 años antes cuando inicialmente propuso la idea de la creación del IVNIC.

Para concluir, Humberto Fernández-Morán no fue un personaje mítico sino un joven médico venezolano, con una mente brillante, muy ambiciosa, formada en los mejores centros del mundo, con una visión y pasión por las cosas grandes e importantes, con una gran capacidad de trabajo y un gran amor por su país. Estamos seguros que hay y habrá otros venezolanos con muchas de esas virtudes que podrán encontrar en el verdadero Fernández-Morán, sin mitos ni leyendas, un ejemplo a seguir, aprendiendo de sus éxitos y fracasos.

Agradecimientos

A Rafael Apitz Castro, Investigador Titular

Emérito del IVIC y María Diez-Ewald, Investigador en el Instituto de Investigaciones Clínicas de la Facultad de Medicina, de la Universidad del Zulia, por sus valiosas sugerencias. A las siguientes personas y organizaciones que generosamente proporcionaron información sobre eventos que ocurrieron hace muchos años: Erling Norrby, Profesor Emérito de Virología del Instituto Karolinska, antiguo Secretario Permanente de la Real Academia Sueca de las Ciencias y miembro Comité de la Fundación Nobel, actualmente miembro del Centro para la Historia de las Ciencias de la Academia Sueca; Frederick Merk, Profesor Asociado Emérito de la Escuela de Medicina de la Universidad Tufts, quien fuese técnico de microscopía electrónica de Fernández-Morán en el Hospital General de Massachusetts en Boston. Ronald Weinstein, Profesor del Colegio de Medicina de la Universidad de Arizona, quien entre 1966 y 1970 fuese el tercer jefe del Laboratorio Mixer para Microscopía Electrónica en el Servicio de Neurocirugía del Hospital General de Massachusetts. Peter Geiduschek, Profesor Emérito Distinguido de la Universidad de California en San Diego. Dr. Robert Haselkorn, Profesor F.L. Pritzker Emérito de la Universidad de Chicago. Los Drs. Geiduschek y Haselkorn, junto con Fernández-Morán, eran Profesores Asociados de Biofísica en la Universidad de Chicago en 1962-1963. Haselkorn fue el jefe del Departamento de Biofísica desde 1970 hasta 1984. Gary Guy Borisy, Profesor en la Escuela de Medicina Dental de la Universidad de Harvard. James Dahlberg, Profesor de la Universidad de Wisconsin. David DeRosier, Profesor Emérito de la Universidad Brandeis. Louis Sherman, Profesor de la Universidad Purdue. Los Drs. Borisy, Dahlberg, DeRosier y Sherman eran Estudiantes Graduados de Biofísica en la Universidad de Chicago cuando Fernández-Morán era Profesor. Ms. Eileen A Ielmini, Archivista Asistente, Centro de Investigaciones sobre Colecciones Especiales, Universidad de Chicago. Orlando Castejón, Profesor Emérito de la Universidad del Zulia. Jorge García Tamayo, Profesor Titular Jubilado de la Universidad Central de Venezuela. Los Drs. Castejón y García Tamayo son distinguidos científicos microscopistas electrónicos que interactuaron con HFM en sus visitas a Maracaibo. Ángel Vilorio, ex-Director del IVIC, por haber facilitado el DVD “Humberto Fernández-Morán Villalobos,

sus trabajos científicos, patentes, ensayos y discursos”. Al personal de la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos en Washington DC, por haber facilitado el acceso a los “Papeles de Fernández-Morán Villalobos, Humberto, 1952-1985” (NLM 9802989, call number MS C 422). Al personal del Museo Nacional de Salud y Medicina de Estados Unidos en Silver Spring, Maryland, por haber facilitado acceso a los papeles de Humberto Fernández-Morán en el Otis Historical Archives, colección Bahr de la Sociedad Americana de Microscopia Electrónica.

REFERENCIAS

1. Briceño Romero, G. Humberto Fernández-Morán. En: El Estado Zulia y sus médicos famosos hasta 1950. Barcelona: Ediciones Barcelona; 1966.p.389-393.
2. Matos Romero M. Semblanza del Profesor Dr. Humberto Fernández-Morán, un sabio Venezolano del siglo XX. Maracaibo, Tipografía Unión, 1986.
3. Jiménez Maggiolo R. Humberto Fernández-Morán, vida y pasión de un sabio Venezolano. Maracaibo: Gráficas Qui-bar; 1998.
4. Hernández Fonseca JP, Valbuena H. Humberto Fernández-Morán, un científico Marabino de la talla de un diamante. Maracaibo, Universidad del Zulia, Ediciones del Vice Rectorado Académico. 2008.
5. Padrón R. Humberto Fernández-Morán. En Diccionario de Historia de Venezuela. Caracas: Fundación Empresas Polar; 2001.
6. Rivas Cols C. Humberto Fernández-Morán, de frente y de perfil. Caracas: Editorial Arte; 2005.
7. Requena J. H. Fernández-Morán. Biblioteca Biográfica Venezolana. Caracas: Editorial Arte; 2011;136.
8. Fernández-Morán H. Cryo-electron microscopy and ultramicrotomy: Reminiscences and reflections. Adv Electronics and Electron Physics 1985;(Supp16):167-123.
9. Fernández-Morán H. Bindegewebsstudien I. Die zellformen des hahnenkammes. Z Zellforsch Mikrosk Anat Abt A. 1945;33:225-279.
10. Esparza J. Las lobotomías practicadas en 1946 por Humberto Fernández-Morán en Maracaibo, Venezuela, o como un joven médico decidió dedicarse a la investigación científica básica. Invest Clín. 2018;59:278-290.
11. Fernández-Morán H. Leucotomía e inyecciones en los lóbulos prefrontales por la vía transorbitaria, Estudio de 25 intervenciones. Arch Venez Soc OtoRinoLaringol Oftal Neurol. 1946;7:109-192.
12. Fernández-Morán H. Reflections on Biologic Research. En: Gabbiani G, editor. St Louis, Warren H, Green; 1967.p.49-55.
13. Fernández-Morán H. Examination of brain tumor tissue with the electron microscope. Ark Zool. 1948;0A:1-29.
14. Fernández-Morán H. The submicroscopic organization of vertebrate nerve fibers as revealed by electron microcopy. Disertación Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Estocolmo. Upsala, Almqvist & Wiksells. 1952.p.83.
15. Fernández-Morán H. A diamond knife for ultrathin sectioning. Exp Cell Res. 1953;5:255-256.
16. Fernández-Morán H. A new microtome with diamond knife. Ind Diamond Rev. 1956;16:128-133.
17. Fernández-Morán H. Electron microscope observations on the structure of the myelinated nerve fiber sheath. Exp Cell Res. 1950;1(Supp 1):143-149.
18. Fernández-Morán H. Sheath and axon structures in the internode portion of vertebrate myelinated fibers. An electron microscope study of rat and frog sciatic nerve. Exp Cell Res. 1950;1:309-340.
19. Fernández-Morán H. The submicroscopic organization of vertebrate nerve fiber: an electron microscope study of myelinated and unmyelinated nerve fibers. Exp Cell Res. 1952;3:282-359.
20. Fernández-Morán H. Diffraction of electron by structures resembling myelin lamellae. Exp Cell Res. 1951;2:673-679.
21. Fernández-Morán H. Observation on the structure of submicroscopic nerve fibers. Exp Cell Res. 1953;4:480-481.
22. Fernández-Morán H. Application of the ultrathin freezing-sectioning technique to the study of cell structures with the electron microscope. Arkiv för Fysik. 1952;3:471-483.
23. Anónimo. Karolinska Mediko-Kirurgiska Institutes Historia 1010-1960. Cuatro volúmenes. Stockholm: Almqvist & Wilsell; 1960.
24. Fernández-Morán H. Ideas generales sobre la fundación de un Instituto Venezolano para Investigaciones del Cerebro. Acta Cient Venez. 1950;1:85-87.
25. Fernández-Morán H. Fine structure of the insect retinula as revealed by the electron microscopy. Nature. 1956;177:742-743.
26. Fernández-Morán H, Finean JB. Electron microscope and low angle X ray diffraction studies of the nerve myelin sheath. J Biophys Biochem Cytol. 1957;3:725-748.
27. Freitas Y. El IVIC en cuatro momentos. En: Cuadernos Lagoven (La Ciencia en Venezuela: Pasado, presente y futuro); 1992.p.65-91.

28. Fernández-Morán H. Subunit organization of mitochondrial membrane. *Science*. 1963;140:381.
29. Fernández-Morán H, Oda T, Blair PV, Green DE. A macromolecular repeating unit of mitochondrial structure and function. *J Cell Biol*. 1963;22:63-100.
30. Fernández-Morán H. Low-temperature preparation techniques for electron microscopy of biological specimens based on rapid freezing with liquid Helium II. *Ann NY Acad Sci*. 1960;85:689-713.
31. Sloan PR. Molecularizing Chicago -1945-1965: The rise, fall, and rebirth of the University of Chicago Biophysics Program. *Hist Stud Nat Sci*. 2014;44:364-412.
32. Lewis RS. Humberto Fernández-Morán. En: *Science Year, The World Book Science Annual*; Chicago, Field Enterprises Educational Corporation, 1973.p.382-397.
33. Padrón R. Contribución de Humberto Fernández-Morán a la Microscopia Electrónica. *Rev Latinoam Metalurgia y Materiales*. 1999;19:5-6.
34. Padrón R. The contribution of Humberto Fernández-Morán to the electron microscopy. *Acta Microsc*. 2001;10:54-56.
35. Mendoza F, Padrón R. La revolución de la resolución: la criomicroscopia electrónica de partículas aisladas resuelve la estructura atómica de biomoléculas en solución. *Avan Química*. 2018;13:7-13.
36. Fernández-Morán H. Electron microscopy with high-field superconducting solenoid lenses. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1965;53:445-451.
37. Fernández-Morán H. High-resolution electron microscopy with superconducting lenses at liquid helium temperatures. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1966;56:801-808.
38. The Royal Swedish Academy of Sciences. Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2017: The development of cryo-electron microscopy, 2017. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2017/advanced-chemistryprize2017.pdf
39. Fernández-Morán H, Haftner S, Ohtsuki M, Virgo D. High electron microscopy and electron diffraction of pyroxenes in type B lunar samples from Apollo 11. *Science*. 1970;167:686-688.
40. Roche M. *Memorias y Olvidos*. Caracas: Fundacion Polar; 1996.p.148-151.
41. García Tamayo J. Dr. Humberto Fernández-Morán: Legado científico invaluable de Venezuela para el mundo. *Vitae: Academia Biomédica Digital*, 8, 2003. http://www.raul-padron.org/les/hfm/pdf/Conf_CVM2008_JGT_HFM.pdf
42. Fernández-Morán H. El valor de la investigación científica en nuestro medio. *Rev Nac Hosp*. 1956;7:54-55.
43. Fox R. The John Scott Medal. *Proc Amer Phil Soc*. 1968;112:416-430.
44. Selye H. *In vivo, The case for supramolecular biology*. New York: Liveright Publishing Co.; 1967.p.150-151.