

LA RED DE INNOVACIÓN DE JOSÉ ERDOS
BLAU EN EL SECTOR FARMACÉUTICO
MEXICANO (1940-1970)

Rogelio Godínez Reséndiz

Patricia Aceves Pastrana

Liliana Schifter Aceves

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

INTRODUCCIÓN

En los estudios históricos ha sido siempre tema de discusión la relación entre ciencia, tecnología e innovación, así como el papel que juegan estos procesos en los cambios sociales. En un inicio, diversas teorías e interpretaciones buscaban entender estos vínculos de forma secuencial, ordenada y simplificada, si bien sentando las bases para la realización de estudios posteriores. Para Álvarez Soberanes, la tecnología es, sin duda, la clave del avance de las sociedades humanas. De acuerdo a este autor, el desarrollo de las naciones, antes de medirse en términos de producto interno bruto (PIB), ingreso per cápita, número de habitantes, poder militar o cualquier otro elemento, se vincula al progreso tecnológico.¹ Por otra parte, Sachs define a la tecnología como “el conocimiento organizado para fines de

Fecha de recepción: 16 de abril de 2020

Fecha de aceptación: 18 de febrero de 2021

¹ ÁLVAREZ SOBERANES, “El proceso de traspaso tecnológico”, p. 159.

producción”;² es decir, es el resultado de la investigación científica aplicada a la solución de problemas concretos.

Asimismo, Beatty asegura que el desarrollo tecnológico comprende dos actividades distintas: la invención y la innovación. La primera consiste en desarrollar nuevas tecnologías o lograr nuevas formas de llegar a metas determinadas; la segunda en explotar comercialmente o poner en práctica nuevas tecnologías. Aunque la invención proporciona las bases esenciales para la subsecuente innovación, es esta última la que afecta directamente la eficiencia, la productividad y el aprovechamiento, y la que genera el crecimiento económico.³

Sin embargo, en las últimas décadas distintos investigadores han cuestionado esta forma simple y lineal de concebir los lazos entre ciencia y tecnología, así como el proceso de innovación, proponiendo lecturas y modelos más complejos donde ocurren procesos participativos y de retroalimentación en las diferentes etapas.⁴ Diversos autores han buscado refutar los estudios que muestran a las innovaciones como precipitantes del cambio social, asegurando que en realidad las innovaciones se construyen socialmente o son creadas junto con la sociedad; además, sólo una minoría de las innovaciones que se generan son usadas ampliamente, por lo que no deben ser consideradas como el único indicador del cambio tecnológico. De igual forma, las innovaciones pueden producirse en distintos lugares y espacios, no sólo en empresas y laboratorios industriales, como se suele generalizar. Por último, la mayoría de estudios históricos continúan refiriéndose a la invención, la innovación, las novedades y el cambio, dejando de lado el estudio de la adopción y uso

² SACHS, “Transferencia de tecnología y estrategia de industrialización”, p. 11.

³ BEATTY, “Invención e innovación: ley de patentes y tecnología”, pp. 567-619.

⁴ FREEMAN, *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, p. 1; BRESCHI y MALERBA, “Sectoral Innovation Systems”, pp. 130-156.

cotidiano de la tecnología, que muchas veces influyen directamente sobre la dirección de la innovación.⁵

La invención y la innovación son señaladas como actividades indispensables para el progreso del sector farmacéutico de una nación. El sector farmacéutico es el conjunto de entidades locales, ya sean públicas o privadas, que participan directa o indirectamente en la investigación, desarrollo, fabricación, regulación y comercialización de medicamentos. Estas entidades pueden ser universidades, institutos estatales, empresas públicas y privadas, fundaciones particulares, las instituciones de salud o incluso los proveedores locales. A lo largo de los años, diversos gobiernos en el mundo han considerado el fortalecimiento de este sector como una de sus prioridades en materia sanitaria, con la intención de combatir la incidencia de enfermedades y de garantizar a su población una atención médica y farmacéutica de calidad.

Los principales avances tecnológicos en el sector farmacéutico comenzaron en Europa durante el siglo XIX. En esta centuria, las naciones que apostaron por el impulso de la investigación química de aplicación tecnológica fueron las que obtuvieron el control de la industrialización del medicamento alrededor del mundo. Desde mediados del siglo XIX hasta principios del XX, los países que lideraban la fabricación de productos medicinales eran: Alemania, Suiza, Inglaterra y, por último, Estados Unidos. En los territorios de estas naciones se fundaron muchas de las compañías farmacéuticas más importantes del sector, donde cada año se generaba una gran cantidad de innovaciones que después se comercializaban a escala global.⁶

El desarrollo tecnológico de medicamentos en México también comenzó en la segunda mitad del siglo XIX, sin embargo, de

⁵ EDGERTON, "From Innovation to Use", pp. 1-26.

⁶ RODRÍGUEZ NOZAL y GONZÁLEZ BUENO, *Entre el arte y la técnica*, pp. 110, 111, 121, 124, 127, 129, 130, 133.

manera diferente a los países europeos y con un menor alcance. La innovación en el sector farmacéutico nacional no era realizada por empresas, sino por diversos institutos gubernamentales y por asociaciones privadas de médicos y farmacéuticos. Las principales actividades científicas y de investigación se llevaron a cabo durante el periodo histórico conocido como el porfiriato (1876-1911), cuando el gobierno propició que el país estuviera en constante contacto con la ciencia europea y con los científicos originarios de ese continente.⁷ No obstante, tanto el Estado como los investigadores mexicanos nunca pudieron crear una industria farmacéutica en territorio nacional, por lo que el desarrollo de innovaciones sobre medicamentos fue escaso en esta época.

Fue hasta el periodo posrevolucionario (1917-1940) cuando surgió una industria farmacéutica en México. Distintas compañías europeas y estadounidenses comenzaron a observar al país como un terreno fértil para sus inversiones, decidiendo entonces instalar sus filiales en el mercado local. Asimismo, algunos empresarios mexicanos, junto con diversos capitalistas foráneos que radicaban desde hacía tiempo en la nación, también empezaron a incursionar en la fabricación masiva de medicamentos. De igual forma, algunas boticas y farmacias particulares, dedicadas anteriormente sólo a la venta y producción de fórmulas magistrales u oficinales, se convirtieron en pequeñas empresas productoras.⁸

A pesar de esto, el Estado mexicano entre 1920 y 1940 no estructuró un plan a largo plazo para el desarrollo de una industria farmacéutica. En estos años, los gobiernos federales comenzaron a efectuar diversas modificaciones en el modelo económico

⁷ RODRÍGUEZ DE ROMO, "La ciencia pasteuriana a través de la vacuna antirrábica: el caso mexicano", pp. 291-316; SCHIFTER y MORALES, "La trayectoria de Francisco Río de la Loza", pp. 69-78.

⁸ GODÍNEZ RESÉNDIZ y ACEVES PASTRANA, "El surgimiento de la industria farmacéutica en México", pp. 55-68.

con el objetivo de reactivar la industria nacional, la cual había sufrido estragos con la Revolución. Se negociaron medidas favorables con los inversionistas foráneos para que instalaran sus empresas en el país, con el pretexto de que los connacionales, al observar sus actividades industriales, también aprenderían a hacerlo. Sin embargo, no se dictaron al mismo tiempo políticas proteccionistas fuertes para las ramas productivas locales, más bien las disposiciones estatales sólo expusieron a las compañías farmacéuticas de capital mexicano a la dura competencia del extranjero.⁹

Asimismo, al renovarse todas las instituciones del país debido a la Revolución, también se perdió la influencia porfirista que fomentaba el desarrollo de la ciencia. En la agenda de los primeros gobiernos revolucionarios no se encontraba la institucionalización del desarrollo científico y tecnológico, dado que se omitieron políticas para la formación de investigadores y los pocos institutos públicos de investigación que existían funcionaban con dificultades y bajos ingresos. Aunque el Estado sí trató de implementar un sistema educativo que formara personal técnico para las nuevas industrias, aún no comprendía la importancia de promover la investigación e innovación científicas para resolver los problemas económicos y sociales de la nación, ni tenía la intención de desviar recursos federales para crear una infraestructura en esta materia.

Al ser la industria farmacéutica una rama que basa su crecimiento en la investigación científica intensiva y su aplicación tecnológica, todos los factores antes mencionados impactaron negativamente en el nacimiento de esta rama en México, sobre todo en las empresas de capital nacional. Aunado a esto, gran parte de los empresarios mexicanos prefirieron utilizar sus recursos económicos en comprar tecnología extranjera para la

⁹ GODÍNEZ RESÉNDIZ y ACEVES PASTRANA, “El surgimiento de la industria farmacéutica en México”, pp. 55-68.

fabricación de medicamentos, en vez de invertir y desarrollar una propia. Para las empresas farmacéuticas transnacionales esto no significaba ningún problema, pues eran continuamente abastecidas de equipos, capital financiero y materias primas por su casa matriz en Europa o Estados Unidos, mediante el método de transmisión matriz-filial. De igual forma, las compañías farmacéuticas de capital nacional y las universidades nunca intentaron atraer al inversionista foráneo para establecer departamentos de investigación, ya que los pocos que se instalaron fueron financiados mediante sus propios recursos. En general, existía una falta de interés del capitalista extranjero para sufragar estudios científicos en México.

Podemos asegurar que, en el caso del sector farmacéutico mexicano, durante los años treinta del siglo xx aún no estaban formados todos los elementos necesarios para conformar una infraestructura científica. De esta forma, los factores antes mencionados provocaron que la investigación e innovación farmacéuticas que se originaban en México siguieran siendo incipientes. Sin embargo, es importante mencionar que, durante su gobierno, el presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940) mostró cierto interés en esta materia, al fundar en 1935 el Consejo Nacional de la Educación Superior y la Investigación Científica (CONESIC), que tendría como objetivo la creación de establecimientos de educación superior y de institutos de investigación dependientes del gobierno federal o de gobiernos estatales. A pesar de este decreto, al final la influencia del CONESIC en el desarrollo de la investigación científica del país fue escasa o casi nula, pues fue derogado por el mismo Cárdenas sólo tres años después, en 1938.¹⁰

Los esfuerzos para construir una infraestructura científica en el sector farmacéutico nacional volvieron a retomarse hasta después de terminada la segunda guerra mundial. Durante los

¹⁰ CASAS GUERRERO, *El Estado y la política de la ciencia en México*, pp. 29, 30.

años cuarenta y cincuenta del siglo xx, gracias a la iniciativa de empresarios y científicos extranjeros refugiados en México, se formaron las primeras redes en el sector farmacéutico que permitieron al país iniciar líneas propias de investigación para el aprovisionamiento de su mercado interno. Al paso del tiempo, algunas de estas redes fueron tan exitosas que convirtieron a ciertas compañías farmacéuticas de capital mexicano en líderes mundiales en la síntesis de materias primas terapéuticas.

Creemos que es necesario, para las nuevas generaciones de químicos y farmacéuticos mexicanos, que se realicen trabajos históricos los cuales examinen casos destacados en donde investigadores, empresarios e instituciones formaron vínculos científicos y tecnológicos para el diseño de proyectos. Mediante este tipo de estudios pueden identificarse diversos patrones para el desarrollo futuro de modelos de vinculación que incrementen la investigación e innovación farmacéuticas en México. Asimismo, esperamos que los aportes de este trabajo, sumados a los ya realizados por otras investigaciones, coadyuven a la comprensión de la importancia de llevar a cabo estudios de historia de la ciencia y la tecnología.¹¹

En la actualidad, las investigaciones históricas enfocadas en analizar el desarrollo de estas redes en el sector farmacéutico son pocas y de reciente publicación. La mayor parte de los trabajos dedicados a este tema analizan el famoso caso de Syntex.¹² Esta compañía fue fundada en 1944, por el químico estadounidense Russell Marker y los empresarios europeos Federico A. Lehmann y Emeric Somlo. A través del fomento científico y

¹¹ Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México el apoyo económico para la realización de este trabajo.

¹² LEÓN, "Syntex, una historia mexicana", pp. 175-178; SYNTEX LABORATORIES INC., *Una corporación y una molécula*; LEHMANN, "Early history of steroid chemistry in Mexico", pp. 403-408; SOTO LAVEAGA, *Laboratorios en la selva*; HERNÁNDEZ-GARCÍA, CHAMIZO, KLEICHE-DRAY y RUSSELL, "The Scientific Impact of Mexican Steroid Research", pp. 1245-1256.

de una vinculación estrecha con el Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Syntex revolucionó la síntesis habitual de hormonas esteroides al fabricar progesterona, testosterona y desoxicorticosterona a partir de saponinas de plantas mexicanas, obteniendo rendimientos mayores a los conseguidos por empresas europeas y estadounidenses. Esto la convirtió en la líder mundial en el abastecimiento de precursores hormonales.

No obstante, durante la segunda mitad del siglo xx, surgió otra red que también impulsó la investigación científica para el desarrollo de medicamentos y promovió la vinculación entre el sector académico y el industrial. A pesar de esto, las características de esta red no han sido examinadas a profundidad en estudios afines. El propósito de esta investigación es analizar el caso de la red de innovación formada entre 1940 y 1970 por el científico húngaro-mexicano José Erdos Blau y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Se estudiarán el contexto histórico y los factores que dieron lugar a su creación, poniendo énfasis en la situación de la investigación e innovación farmacéuticas en México durante la época; también se analizarán los vínculos formados por el doctor Erdos con diversas empresas, que lo convirtieron en uno de los líderes en la producción de patentes farmacéuticas de origen local.

Este trabajo también busca poner en evidencia que, a pesar del éxito de la red de José Erdos y la ENCB, el país no logró construir durante el periodo en estudio un sistema de ciencia, tecnología e innovación en el sector farmacéutico. Asimismo, la política científica del gobierno mexicano decretada en estos años fracasó en estimular la vinculación entre las diversas entidades científicas, provocando que la producción de innovaciones y de patentes mexicanas se diera de manera irregular y en gran medida gracias a los esfuerzos individuales de empresarios y científicos que radicaban en México.

La delimitación temporal de este artículo comienza en 1940, con los primeros trabajos de José Erdos en México, y termina en 1970, cuando este científico abandona la ENCB. Para cumplir con los objetivos planteados, nos basaremos principalmente en el examen de fuentes primarias constituidas por las patentes farmacéuticas registradas durante esta etapa en territorio mexicano, que se encuentran bajo resguardo del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) y cuya información puede ser consultada en la *Gaceta de la Propiedad Industrial*. Actualmente, las investigaciones históricas que analizan las patentes generadas durante estos años para comprender el desarrollo científico-tecnológico del sector farmacéutico mexicano son escasas.¹³

La producción de patentes es uno de los principales indicadores que reflejan el estado de la investigación farmacéutica y su aplicación tecnológica dentro de las naciones, debido a la naturaleza del sector farmacéutico de proteger sus invenciones e innovaciones desarrolladas previamente en laboratorios.¹⁴ No obstante, este tipo de estudios también presenta limitaciones: como asegura Campa, no todas las invenciones se patentan ni son patentables y no todas las patentes solicitadas son otorgadas debido a la legislación y los regímenes de patentes. Tampoco todas las patentes llegan a explotarse y a traducirse en innovaciones, ni todas las patentes son relevantes tecnológica o económicamente. Además, no todos los sectores tecnológicos tienen la misma propensión a patentar.¹⁵

¹³ HERNÁNDEZ-GARCÍA, CHAMIZO, KLEICHE-DRAY y RUSSELL, “The Scientific Impact of Mexican Steroid Research”, pp. 1245-1256; GODÍNEZ RESÉNDIZ, “Investigación, innovación e industria farmacéutica en México (1940-1970)”.

¹⁴ A partir del surgimiento de la industria farmacéutica en Europa durante el siglo XIX, las principales invenciones e innovaciones farmacéuticas serían generadas principalmente dentro de laboratorios industriales, y en menor grado, dentro de laboratorios universitarios o estatales. En México, las invenciones e innovaciones farmacéuticas desarrolladas fuera de laboratorios fueron escasas.

¹⁵ CAMPA, “Patentes y desenvolvimiento tecnológico en México”, pp. 223-257.

Para mostrar los cuadros y gráficas con estadísticas de patentes se realizó la siguiente metodología: se identificaron todas las patentes con aplicación farmacéutica registradas entre 1940 y 1970, clasificándolas posteriormente por nacionalidad, inventor(es) y empresa titular. Se consideró como patente de nacionalidad mexicana a aquella en que el inventor o uno de los inventores fuera mexicano o aquella donde la empresa titular fuera de capital mexicano. En el caso de las patentes extranjeras, la nacionalidad se designó con base en el país de origen y el capital de la empresa titular, así como en el país de prioridad.¹⁶ Asimismo, todas las patentes se ordenaron de acuerdo a su fecha legal, lo que nos permite conocer en qué año fueron registradas en territorio nacional.¹⁷ Para cuestiones de funcionalidad, la Secretaría de Industria utilizaba en estos años el “método de clasificación australiana”, en la cual las patentes con aplicación farmacéutica se encontraban diseminadas en diversas clasificaciones, por lo que, para identificarlas, hubo que revisar minuciosamente todas las patentes que se hallaban en éstas.¹⁸

¹⁶ El país de prioridad es aquel donde la patente se registró primero y que tiene preferencia para su explotación.

¹⁷ A cada patente se le asignaba una fecha legal, que representaba el día en que había sido registrada en México. De igual forma, la fecha legal marcaba el inicio de la protección en territorio mexicano. Sin embargo, para las patentes extranjeras que habían sido registradas en otros países antes que en México, se les asignaba también una fecha de prioridad, la cual era la fecha en que había sido registrada en el país de origen. En algunas patentes foráneas, la fecha legal era la misma que la fecha de prioridad; estas disposiciones se implementaron con el fin de que las innovaciones mundiales que querían patentarse en nuestro país no tardaran demasiado en explotarse respecto a otras naciones.

¹⁸ La Secretaría de Industria utilizaba las siguientes clasificaciones para las patentes con aplicación farmacéutica: 87-1 (productos farmacéuticos o medicinales, incluidas las formulaciones farmacéuticas e insecticidas), 87-2 (instrumentos, aparatos y utensilios), 87-3 (vendajes, toallas sanitarias), 87-4 (envases, esterilización, diagnósticos, pruebas químicas), 87-7 (productos dentales, pastas dentífricas), 87-8 (aparatos), 83-1 (purificación, esterilización); 57-0, 57-1, 57-2, 57-3, 57-4, 57-5 (envases y aparatos); 25-1 (detergentes),

De igual manera, se presenta información obtenida por medio de investigación bibliográfica, hemerográfica y archivística. Se analizaron otras fuentes originales, como las principales revistas científicas y de divulgación publicadas por los químicos y farmacéuticos de la época, decretos promulgados por el gobierno mexicano y documentos provenientes del Archivo General de la Nación, del Archivo Histórico del IPN y de la Dirección de Capital Humano del IPN. Finalmente, se revisó bibliografía actual para entender el estado del arte del tema abordado.

LLEGADA DE JOSÉ ERDOS BLAU A MÉXICO (1939-1945)

José Erdos Blau nació el 20 de mayo de 1902 en la ciudad de Budapest, Hungría. Se conocen diversos datos sobre la vida de nuestro personaje en su país natal: se licenció en 1925 como ingeniero químico en el Instituto Politécnico Nacional de Hungría y hacia 1939 obtuvo el Doctorado en Bioquímica en la Universidad de Budapest (figura 1). Trabajó como químico en la fábrica de Productos Farmacéuticos y Químicos Cosmos de Budapest entre 1924 y 1926, fue consultor científico y técnico de la compañía química y farmacéutica Dr. Egger en 1927, colaboró como químico experto de la Unión de Negociantes Técnicos de Hungría en 1928, y fue colaborador-redactor de la revista austriaca *Microchimica Acta* entre 1937 y 1940.¹⁹ En diciembre de 1939, Erdos y su familia llegaron a México en calidad de inmigrantes, entrando al país por Nuevo Laredo,

07-5 (electroforesis y electrólisis), 07-9 (reacciones químicas), 19-6 (envases farmacéuticos), 79-3 (encapsulación, recubrimientos), 09-1 (procesos de síntesis u obtención de moléculas terapéuticas), 09-3 (hidrocarburos, algunas patentes farmacéuticas), 09-4 (plásticos, polímeros), 09-5 (colorantes), 09-6 (procedimientos de síntesis de moléculas terapéuticas), 09-9 (antibióticos), 43-7 (envases), entre otras.

¹⁹ “José Erdos, una vida dedicada a la química”, p. 39; “Currículum Vitae- José Erdos”, DCH-IPN, 19 de enero de 1945.

Tamaulipas.²⁰ Poco después de arribar, comenzaría su proceso de naturalización, según la carta 1978/1941 privilegiado.²¹ Se desconoce la causa exacta por la cual Erdos llegó a México, sin embargo, Szente Varga asegura que muchos húngaros emigraron durante esta época debido a la mala situación política y económica de Hungría,²² aunado al inminente conflicto bélico entre las potencias europeas.

De acuerdo a documentos del Servicio de Migración, José Erdos llegó a México para trabajar como técnico especializado en la elaboración de neosalvarsán (un compuesto utilizado para el tratamiento de la sífilis), prestando sus servicios en los Laboratorios Hormona.²³ Estos laboratorios farmacéuticos habían sido fundados en 1933 por el científico alemán Federico A. Lehmann y el empresario húngaro Emeric Somlo, con el propósito de fabricar y comercializar medicamentos hormonales y opoterápicos,²⁴ así como fármacos sintéticos en territorio mexicano.²⁵ Probablemente, el hecho de que Laboratorios Hormona tuviera un propietario húngaro influyó para que Erdos decidiera incorporarse a esta empresa, sumado a su interés por desarrollar experimentos en estas ramas de la farmacéutica.

²⁰ “José Erdoes Blau”, AGN, *DM, Húngaros*, c. 01.

²¹ “José Erdos, una vida dedicada a la química”, p. 39.

²² No obstante, la intención inicial de algunos migrantes húngaros era ingresar a Estados Unidos, pero no pudieron entrar debido a las restricciones impuestas por ese país. Otros factores externos que contribuyeron a la eventual llegada de húngaros a territorio mexicano fue la Guerra Civil española y la política de asilo del gobierno de Lázaro Cárdenas. Para más información, consúltese SZENTE-VARGA, *Migración húngara a México entre 1901 y 1950*, pp. 92, 96, 97.

²³ “José Erdoes Blau”, AGN, *DM, Húngaros*, c. 01.

²⁴ Un medicamento o producto opoterápico se fabrica mediante el empleo de órganos animales crudos, de sus extractos o de las hormonas aisladas de las glándulas endocrinas.

²⁵ GODÍNEZ RESÉNDIZ y ACEVES PASTRANA, “El surgimiento de la industria farmacéutica en México”, pp. 55-68.

Figura 1
JOSÉ ERDOS BLAU



FUENTE: “José Erdoes Blau”, AGN, *DM, Húngaros*, c. 01.

Debemos mencionar que antes de la segunda guerra mundial no existían los antibióticos, sin embargo, se habían alcanzado importantes avances en los campos de la terapéutica y la farmacología. A finales de los años treinta, el tratamiento de infecciones bacterianas estaba basado en el empleo de compuestos sintéticos (aunque poco específicos) con elementos como arsénico o mercurio; comenzaron a desarrollarse las primeras sulfonamidas y se utilizaban frecuentemente vacunas inmunizantes contra diversos microorganismos patógenos. En México, las enfermedades venéreas representaban un problema grave de salud, por lo que las primeras investigaciones de Erdos en los Laboratorios Hormona se enfocaron en la producción de medicamentos antisifilíticos. Entre 1940 y 1941, este científico inició la fabricación del compuesto dioxi-diamino-arsenobenzol-monometilen-sulfoxilato sódico, conocido comercialmente

como Triarsan y que era un análogo al Neosalvarsán y al Neoarsphenamin.²⁶

El tiempo que José Erdos permaneció en los Laboratorios Hormona fue breve, ya que para 1941 se encontraba en la recién creada ENCB, dependiente del IPN, donde comenzó sus labores de investigación y docencia en química orgánica, junto con otros destacados profesores. El IPN fue una de las instituciones que se beneficiaron de la llegada de científicos europeos durante la guerra, pues muchos se incorporaron rápidamente a sus filas y permanecerían dentro de este establecimiento toda su carrera. En la ENCB, los proyectos de Erdos se concentraron en aspectos de la síntesis orgánica y de la química farmacéutica. Ante la falta de científicos profesionales en México a inicios de los años cuarenta, se considera que los profesores Erdos y Pablo Hope y Hope (este último dedicado al desarrollo de procesos bioquímicos y biotecnológicos) fueron los pioneros en la investigación en química orgánica dentro del IPN.²⁷

Las nuevas condiciones políticas y económicas propiciadas por la segunda guerra mundial provocaron que el gobierno y los académicos mexicanos decidieran retomar el impulso de la investigación científica. Fue así como el 17 de diciembre de 1942, el presidente de la República, Manuel Ávila Camacho, dictó una ley para que se constituyera la Comisión Impulsadora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC), que sería el organismo federal encargado de fomentar el desarrollo científico-tecnológico en el país y de formar los recursos humanos necesarios. Este organismo quedó a cargo de catedráticos procedentes de diversos institutos de investigación, que buscaban estimular las actividades científicas en sus centros de trabajo.²⁸

²⁶ “José Erdos, una vida dedicada a la química”, p. 39.

²⁷ TAMARIZ MASCARÚA, “La química orgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas”, pp. 128-130.

²⁸ “Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica”, p. 21.

El despegue industrial de México durante la guerra influyó las primeras actividades académicas de José Erdos en la ENCB. Por varios años, estuvo a cargo de la cátedra de Industria Química Farmacéutica, trabajando en el Laboratorio de Química Orgánica de esta institución.²⁹ En esta asignatura, ponía especial énfasis en que los alumnos aprendieran los conceptos fundamentales sobre tecnología química para la fabricación de medicamentos, desde las fuentes de energía, materiales de construcción de los aparatos, máquinas auxiliares, medidas, operaciones preparatorias, operaciones fundamentales y operaciones finales. Posteriormente, los estudiantes practicaban las reacciones de síntesis de las principales moléculas con efecto terapéutico.³⁰

La creación de nuevos centros de investigación que tanto exigían los académicos mexicanos para impulsar la ciencia e industria nacional se cumplió durante el periodo bélico, ya que la UNAM fundó el Instituto de Antropología (1940), el Instituto de Química (1941), el Instituto de Matemáticas (1942) y el Instituto de Geofísica (1945), entre otros. También a inicios de los años cuarenta comenzaron las actividades del Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos, ubicado en la antigua Escuela Nacional de Medicina. De igual forma, ya estaban instalados desde hacía varios años centros de investigación como el Instituto de Biología (1929), la ENCB (1934) y el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales (1939), que comenzaban a incrementar sus actividades científicas.

Vale la pena mencionar que en el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales se crearon las primeras plazas de investigador de tiempo completo en el país. Asimismo, en noviembre de 1943, el Consejo Universitario de la UNAM aprobó

²⁹ INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, *Anuario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*.

³⁰ "Noticias", p. 28.

el *Reglamento que crea la posición de profesor universitario de carrera*; este personal desempeñaría un papel importante en el desarrollo de la investigación científica en esta institución. En las décadas siguientes, la UNAM empezaría a formar su base de académicos de tiempo completo en sus diversas escuelas, institutos y facultades.

De esta forma, en México se retomaron los esfuerzos para conformar una estructura científica que ayudara al desarrollo social e industrial del país. En el caso del sector farmacéutico mexicano, éste se encontraba en sus primeras etapas, donde las pocas entidades científicas e investigadores que existían apenas comenzaban a organizarse y conocerse. A pesar de esto, ya existía el interés por la investigación farmacéutica y su aprovechamiento tecnológico, lo que se comprueba con el registro de patentes farmacéuticas en territorio mexicano.

En el periodo 1940-1945, se registraron en México 402 patentes con aplicación farmacéutica en el Departamento de la Propiedad Industrial de la Secretaría de Industria. De estas patentes, 129 eran de origen mexicano (32%) y 273 eran extranjeras (68%). La mayoría de las patentes foráneas pertenecían a empresas transnacionales (222 patentes), principalmente de capitales estadounidenses, suizos y alemanes, cuyas filiales ya realizaban diversas operaciones comerciales en territorio mexicano.³¹

Pese a la importante cantidad de patentes farmacéuticas registradas durante este periodo, en las patentes mexicanas se podía observar un extraño fenómeno: de las 129 patentes nacionales, 115 fueron registradas por inventores solitarios, es decir, que no tenían relación con alguna empresa. Esto revela que la actividad inventiva mexicana se encontraba desvinculada de la actividad productiva. De igual forma, muchos de los inventores mexicanos, a pesar de laborar para alguna institución

³¹ GODÍNEZ RESÉNDIZ, "Investigación, innovación e industria farmacéutica en México (1940-1970)", p. 67.

universitaria, preferían registrar las patentes únicamente a “título personal”, sin mencionar su lugar de trabajo.

Estas características de las patentes mexicanas también nos dicen que los avances alcanzados durante la guerra en la conformación de una infraestructura científica sólo significaban la primera etapa de un proceso mucho más complejo. Diversos estudios señalan que, una vez formados los elementos necesarios, las instituciones y corporaciones científicas del país tienen que trabajar de forma conjunta, organizada y vinculada para que la innovación sea el resultado de un sistema y no de una acción aislada. Este concepto ha sido desarrollado por diferentes autores. Por ejemplo, Freeman lo llama un sistema nacional de innovación, que consiste en “una red de instituciones en los sectores públicos y privados, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías”.³² Para analizar determinadas áreas industriales, éste a su vez puede dividirse en sistemas sectoriales de innovación, que se definen como “un grupo de empresas activas en desarrollar y fabricar los productos, y en generar y utilizar las tecnologías de un sector”.³³

Asimismo, la innovación es un proceso complejo donde es necesaria la participación de entidades que realicen actividades de investigación científica y que estén interesadas en vincularse para el diseño de proyectos que puedan resolver problemas concretos. Además, otro requisito importante es la voluntad del gobierno para proporcionar las condiciones favorables que puedan fomentar el flujo de información tecnológica entre estas entidades. Los flujos de información tecnológica se consideran predecesores del aprendizaje tecnológico y de la innovación. Una vez transformada la información en conocimientos, éstos se ven materializados en la creación de nuevos productos, procesos

³² FREEMAN, *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, p. 1.

³³ BRESCHI y MALERBA, “Sectoral Innovation Systems”, pp. 130-156.

y nuevas formas de organización, lo que ha dado lugar a modos distintos de vinculación entre individuos.³⁴

En resumen, el siguiente paso en la construcción de un sistema de innovación es la formación de redes que permitan acrecentar el número de patentes nacionales y la subsecuente comercialización de las invenciones, situación que no ocurría todavía durante el periodo de guerra, sobre todo entre las instituciones, empresas e inventores mexicanos. Si existía alguna clase de flujo tecnológico en el sector farmacéutico, era el que se daba entre las filiales extranjeras y sus casas matrices instaladas en los países desarrollados, en donde se estaban realizando grandes avances en la producción de nuevas moléculas medicinales. Sin embargo, estas empresas foráneas siempre fueron muy celosas del conocimiento científico, por lo que éste nunca traspasó a las compañías locales de los países receptores.

De esta forma, es importante para este trabajo responder la siguiente pregunta: ¿fue capaz el sector farmacéutico mexicano de crear en los años siguientes los vínculos necesarios para formar un sistema de innovación? Como se analizará a continuación, el periodo de posguerra (1946-1955) es probablemente el más importante en la historia de la investigación e innovación farmacéuticas en México, gracias a los lazos que crearon distintos empresarios e investigadores nacionales y que permitieron al país convertirse en una potencia mundial exportadora de cierta clase de materias primas.

PRIMERAS REDES DE INNOVACIÓN EN EL SECTOR FARMACÉUTICO (1946-1955)

Desde su fundación, entre los objetivos de la ENCB se encontraba establecer relaciones con otros centros de investigación,

³⁴ JIMÉNEZ CARRILLO, "El sistema de información, el aprendizaje y la innovación tecnológica", pp. 14, 20.

así como con instituciones educativas, laboratorios, sociedades científicas y de alumnos, para obtener el beneficio mutuo del intercambio de ideas.³⁵ En este aspecto, José Erdos fue uno de los investigadores que más vinculación tuvo con el sector industrial para intentar comercializar o explotar sus invenciones. La falta de relación entre la academia y los inversionistas privados ha representado el mayor obstáculo en el desarrollo del sector farmacéutico mexicano a lo largo de su historia, por lo que Erdos estuvo entre los primeros científicos que comprendieron la necesidad de enlazar estos dos eslabones de la cadena.

Indudablemente, la formación académica que Erdos recibió en Europa fue un factor determinante, ya que para este personaje la investigación científica debía tener forzosamente una aplicación tecnológica, lo que lo llevó a relacionarse con diversas empresas o instituciones. Igualmente, para Erdos era indispensable el registro de patentes, dado que la Ley de la Propiedad Industrial de la época permitía la protección de una invención o innovación por 15 años máximo, con la condición de que se explotara industrialmente en territorio nacional. El dueño de la patente tenía el derecho exclusivo para su uso y comercialización. Sin embargo, la ley también permitía la concesión de licencias de explotación a terceras personas, que compartirían las ganancias derivadas de dicha explotación con el titular de la patente. Asimismo, el propietario de la patente podía transmitir de forma parcial o total los derechos de su invención a otros individuos.³⁶

En el periodo de 1946-1955, José Erdos registró nueve patentes farmacéuticas en el Departamento de la Propiedad Industrial. Sus investigaciones abarcaban diversas áreas, como medicamentos hormonales, nuevas formas de presentación

³⁵ “Editorial”, pp. 5, 6.

³⁶ *Diario Oficial de la Federación*, “Ley de la Propiedad Industrial”, Secretaría de la Economía Nacional (31 dic. 1942).

de principios activos,³⁷ productos con aminoácidos,³⁸ formulaciones coagulantes,³⁹ el aprovechamiento industrial de las fitoproteasas (enzimas),⁴⁰ la obtención de sales del ácido fólico⁴¹ o la producción de derivados orgánicos del cobalto como antianémicos. Existe registro de que cedió varias de sus patentes a empresas como Gedeon Richter, Hormosynth, S. A. o Chemiglan, S. A. En esta última empresa, José Erdos fabricó el factor llamado “lipocaico” del páncreas, que se utilizaba como regulador hormonal del metabolismo de los lípidos. De igual forma, registró conjuntamente una patente con José Monroy Velasco, dueño de los Laboratorios Myn.⁴² También se sabe que en 1943, mientras trabajaba como profesor titular en el IPN, fungió como director técnico de los Laboratorios Químicos S. A., donde realizó investigaciones sobre precursores para la preparación de arsenobenzoles y otros arsenicales que tenían aplicaciones antimicrobianas.⁴³

Ante la necesidad de empresas farmacéuticas especializadas en elaborar productos opoterápicos u hormonales en México⁴⁴ (aparte de Gedeon Richter, Laboratorios Hormona y Syntex), José Erdos viajó a Saltillo, Coahuila, para montar una pequeña planta piloto destinada a este fin. Sin embargo, la dificultad de obtener vísceras animales a buen precio y en cantidades

³⁷ IMPI. Patente 49890. Fecha legal: 27 de noviembre de 1948.

³⁸ IMPI. Patente 47735. Fecha legal: 30 de abril de 1946.

³⁹ IMPI. Patente 46433. Fecha legal: 10 de julio de 1947.

⁴⁰ IMPI. Patente 49713. Fecha legal: 25 de noviembre de 1948.

⁴¹ IMPI. Patente 50614. Fecha legal: 15 de noviembre de 1949.

⁴² IMPI. Patente 47735. Fecha legal: 30 de abril de 1946.

⁴³ ERDOS, “Preparación y purificación del ácido 4-oxi-3-amino-fenilarsónico”, p. 17.

⁴⁴ Desde finales de los años treinta del siglo xx, los medicamentos opoterápicos u hormonales tenían un gran desarrollo y demanda en México. Se utilizaban para combatir enfermedades como la hipertrofia prostática, la impotencia o el desarrollo sexual insuficiente. Para más información, consúltese GODÍNEZ RESÉNDIZ, “Los primeros medicamentos químicos en México”, pp. 8-14.

constantes impidió el establecimiento de su negocio.⁴⁵ No obstante, Erdos continuó con la investigación en esta área. En 1946, trabajó en la obtención de sales a partir de extractos de hígado, que pudieran tener un efecto antianémico o hematopoyético. También desarrolló procedimientos para extraer sales de plata o derivados orgánicos del cobalto, utilizando diversas fracciones hepáticas.⁴⁶

Además, Erdos patentó un procedimiento para extraer la fracción “antitóxica” del hígado, que podía ser de utilidad para contrarrestar la intoxicación por cloruro de amonio o tetracloruro de carbono.⁴⁷ No hay datos sobre si nuestro personaje se vinculó con alguna compañía farmacéutica para la comercialización de estas sustancias hepáticas. Sin embargo, sí se sabe que fue nombrado, en 1947, consejero científico y técnico de la sucursal en México de Gedeon Richter. Esta compañía húngara era una de las pocas que poseía un departamento de investigación en el país, ya que en este lugar Erdos realizó diversos experimentos.

En 1947, José Erdos registró una patente sobre un procedimiento para la transformación de esteroides.⁴⁸ Esta patente fue una colaboración entre la empresa Gedeon Richter y la ENCB del IPN, y consistía en un método para llevar a cabo la electrólisis de los esteroides, obteniendo así compuestos hormonales como la testosterona, progesterona, estrona y productos intermedios. En 1949, Erdos cedió esta patente a la compañía Hormosynth, S. A., especializada en la fabricación de moléculas hormonales.⁴⁹

⁴⁵ PI SUÑER, “Iniciativas para el desarrollo de la industria química mexicana”, p. 163.

⁴⁶ IMPI. Patente 50613. Fecha legal: 15 de noviembre de 1949.

⁴⁷ IMPI. Patente 61349. Fecha legal: 16 de noviembre de 1955.

⁴⁸ IMPI. Patente 46487. Fecha legal: 10 de julio de 1947.

⁴⁹ MARKER, “Sapogeninas esteroides”, p. 63. Según la Cámara Nacional de Transformación, en 1955, la empresa Diosynth (antes llamada Hormosynth, S. A.) producía acetato de 16 dehidropregnenolona, acetato 5-16 pregnadione 3 betaol 20 one, dehidro-iso-androsterona y psendodiosgenina.

En los años siguientes, Erdos continuó realizando investigaciones en los campos de las sulfonamidas (sintetizando complejos de éstas con diversos metales) y la esterificación. Sus artículos publicados en la revista *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* fueron numerosos.⁵⁰ También era abundante la publicación de artículos por parte de su grupo de colaboradores, quienes se enfocaban en la síntesis de diversos compuestos terapéuticos.⁵¹ Sin embargo, ninguno de estos discípulos compartió la titularidad de las patentes registradas. En 1952, Erdos realizó experimentos en el Laboratorio de Química Orgánica de la ENCB sobre diversos complejos metálicos de sulfas, colaborando con empresas como Gedeon Richter S. A. y Productos Farmacéuticos S. A.⁵² También en 1952, la ENCB y los Laboratorios Hormona colaboraron conjuntamente para sintetizar nuevos compuestos antiespasmódicos y antihistamínicos. Finalmente, en 1955, José Erdos empleó un procedimiento de esterificación que utilizaba al ácido clorosulfónico como catalito en fase gaseosa, buscando obtener ésteres del inositol.⁵³ Este método había sido patentado por este investigador desde hacía varios años.⁵⁴

⁵⁰ ERDOS, "Sobre dos nuevos complejos de sulfonamidas con el cobre", pp. 105-108; ERDOS, "Aparato para preparar cloruros de ácidos orgánicos", pp. 117-119; ERDOS y MORALES, "Distribución del cobre en el organismo del conejo", pp. 75-85.

⁵¹ Entre los colaboradores de Erdos se encontraban Eulalio González, Genoveva Córdoba, Alfonso Zamudio, Alejandro Fernández, Rosendo Ramírez, María Elena Salazar, Otila Mayes, Gustavo Cortés, Manuel Martínez Tovar, Manuel Alatríste, Rosario Cosío, Guillermo Carvajal, Gilberto González, entre otros. Algunos eran becarios de la Comisión Impulsora y Coordinadora de Investigación Científica (CICIC) y otros fueron estudiantes de la ENCB.

⁵² ERDOS y BERMEA, "Preparación de algunas sulfas complejas", pp. 144-148; ERDOS y RAMÍREZ, "Preparación y estudio químico de sales complejas de sulfonamidas", pp. 180-186.

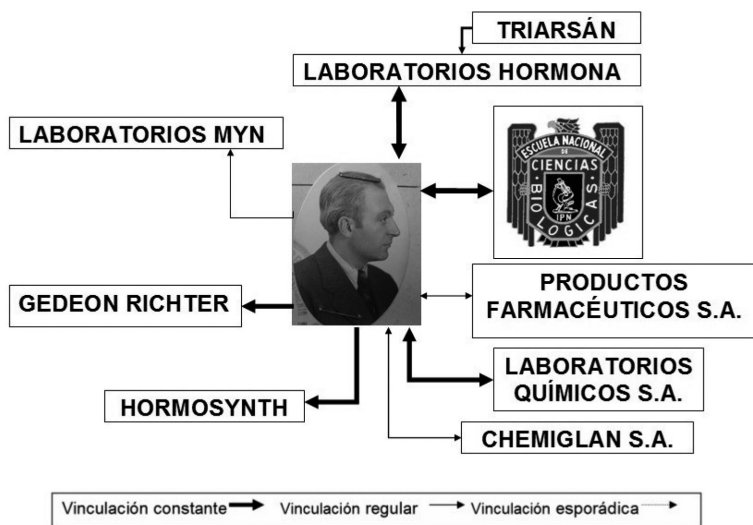
⁵³ ERDOS y GÓMEZ, "Preparación de ésteres alifáticos del inositol", pp. 101-105.

⁵⁴ IMPI. Patente 49249. Fecha legal: 30 de julio de 1949.

En la figura 2 se muestra la red de innovación de José Erdos y la ENCB, junto con sus diversas vinculaciones con empresas farmacéuticas. Godínez asegura que durante la posguerra, en el sector farmacéutico mexicano, únicamente surgieron dos redes que fueron exitosas en el registro de patentes farmacéuticas y en el desarrollo de innovaciones: 1) la de José Erdos y la ENCB; y 2) la formada entre Syntex-Laboratorios Hormona-Instituto de Química de la UNAM. A pesar de las relaciones exitosas de Erdos con compañías privadas, su red no pudo competir con la de Syntex. Mientras que Erdos registró 9 patentes farmacéuticas entre 1946-1955, Syntex registró 168 en el mismo periodo.⁵⁵

Figura 2

RED DE JOSÉ ERDOS Y LA ENCB-IPN (1946-1955)



FUENTE: elaboración propia.

⁵⁵ GODÍNEZ RESÉNDIZ, "Investigación, innovación e industria farmacéutica en México (1940-1970)", p. 87.

El mecanismo que Syntex llevó a cabo para convertirse en una potencia mundial es bastante conocido y ha sido estudiado por diversos autores.⁵⁶ Éste se basó principalmente en el impulso de la investigación aplicada utilizando materias primas naturales obtenidas en suelo mexicano, un plan de cooperación entre la empresa y el recién creado Instituto de Química de la UNAM que duró de 1944 a 1956, sumado a una decidida protección arancelaria por parte del gobierno mexicano. El caso de Syntex combinó todos los elementos necesarios que deben ser aplicados en un plan de desarrollo para el sector farmacéutico, desde el impulso de la investigación molecular, la vinculación entre empresas e institutos de investigación, así como la voluntad del Estado para proteger dichas condiciones (el gobierno negaba a las empresas extranjeras los permisos forestales para coleccionar y transportar el rizoma del barbasco; con esta medida las compañías mexicanas controlaban la recolección de materia prima).

También hay que tomar en cuenta las relaciones que Syntex tenía con diversos institutos y universidades en el extranjero (sobre todo en Estados Unidos), gracias a la mediación del científico Carl Djerassi. Se tiene registro de que su empresa hermana, los Laboratorios Hormona, tenía una fuerte vinculación con la ENCB, mediante la elaboración de proyectos conjuntos y el intercambio de estudiantes y personal académico. Asimismo existía una asociación con la compañía paraestatal Farquinal, dado que también se dedicaba a la explotación del barbasco. Así, durante casi una década, Syntex fue la responsable de la mayoría de patentes farmacéuticas nacionales. Los investigadores que esta empresa poseía entre sus filas fueron los titulares de gran parte de las innovaciones realizadas. En el cuadro 1 se muestran los

⁵⁶ LEÓN, "Syntex, una historia mexicana", pp. 175-178; SYNTEX LABORATORIES INC., *Una corporación y una molécula*; LEHMANN, "Early history of steroid chemistry in Mexico", pp. 403-408; SOTO LAVEAGA, *Laboratorios en la selva*; HERNÁNDEZ-GARCÍA, CHAMIZO, KLEICHE-DRAY y RUSSELL, "The Scientific Impact of Mexican Steroid Research", pp. 1245-1256.

nombres de los inventores locales con más patentes registradas durante el periodo 1946-1955, donde se puede observar la predominancia de la red de Syntex. La mayoría de las patentes de esta empresa fueron registradas de forma colectiva; sin embargo, para realizar un análisis adecuado se desglosan los inventores de manera individual.

Cuadro 1
INVENTORES LOCALES CON MÁS PATENTES FARMACÉUTICAS
REGISTRADAS (1946-1955)

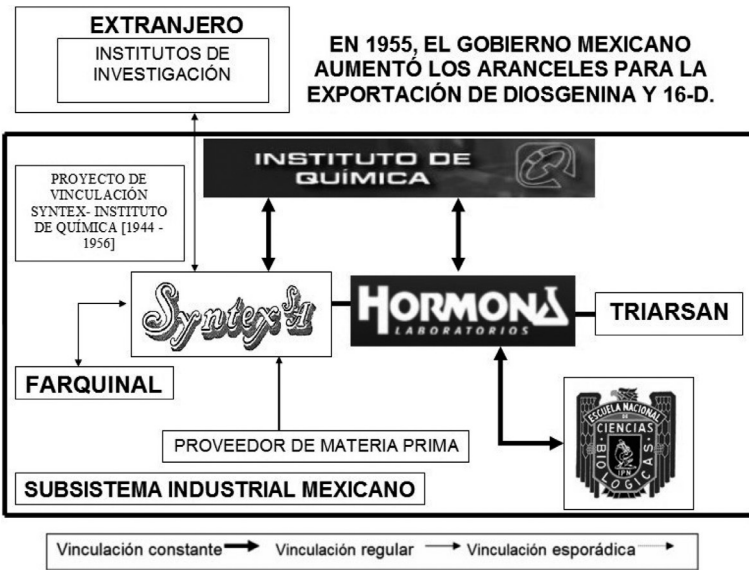
<i>Nombre del inventor</i>	<i>Patentes registradas</i>	<i>Nacionalidad del inventor</i>	<i>Empresa o institución</i>
Jorge Rosenkranz	156	Mexicana	Syntex
Carl Djerassi	89	Estadounidense	Syntex
Franz Sondheimer	63	Inglesa	Syntex
Ignacio Merino	62	Mexicana	Farmacia París-Igmer
Howard J. Ringold	23	Estadounidense	Syntex
Stephen Kaufmann	19	Mexicana	Syntex
Gilbert Stork	18	Estadounidense	Syntex
Octavio Mancera	16	Mexicana	Syntex-UNAM
Juan Pataki	15	Húngaro	Syntex
Alejandro Zaffaroni	15	Uruguaya	Syntex
Jesús Romo Armería	12	Mexicana	Syntex-UNAM
José Erdos Blau	9	Mexicana	ENCB-IPN

FUENTE: elaboración propia con base en *Gaceta de la Propiedad Industrial*. Patentes farmacéuticas registradas entre 1946-1955.

En la figura 3 se muestra la red de innovación que se creó entre Syntex-Instituto de Química-Laboratorios Hormona entre 1944-1956, quizá la más exitosa en la historia de la investigación e innovación farmacéuticas en México. Este sistema convirtió a Syntex en la empresa farmacéutica que más patentes registró en el país entre 1946 y 1955, muy por delante de las empresas extranjeras (véase el cuadro 2). Asimismo, en el campo de los medicamentos hormonales, la compañía mexicana no tenía rival,

siendo la líder en el registro de patentes en territorio mexicano. Se estima que Syntex registró durante este periodo 167 patentes sobre hormonas, mientras que sus más cercanas competidoras, las estadounidenses Upjohn Company y Merck & Co., solo habían registrado 57 y 23 patentes con aplicación hormonal, respectivamente.⁵⁷

Figura 3
 RED DE SYNTEX-INSTITUTO DE QUÍMICA-LABORATORIOS HORMONA (1944-1956)



FUENTE: elaboración propia.

No obstante, el propósito de este artículo no es profundizar en el caso de Syntex, ya que sobre este tema existe una gran

⁵⁷ GODÍNEZ RESÉNDIZ, “Investigación, innovación e industria farmacéutica en México (1940-1970)”, p. 87.

variedad de investigaciones históricas que pueden consultarse.⁵⁸ El objetivo principal de este trabajo es analizar otros modelos de redes de innovación que pasaron desapercibidos en los estudios previos y que logren servir como prototipos para modelos futuros, como el caso de José Erdos y la ENCB. Aunque la red de Erdos fue menos exitosa comparada con la de Syntex, es un claro ejemplo de que para formar lazos entre las entidades científicas sólo se necesita la voluntad para hacerlo. Asimismo, mientras que en la red de Syntex las instituciones científicas convergían alrededor de dos empresas (la misma Syntex y los Laboratorios Hormona), en la red de Erdos este personaje era la médula donde iniciaban los esfuerzos de vinculación.

Cuadro 2

EMPRESAS CON MÁS PATENTES FARMACÉUTICAS REGISTRADAS EN MÉXICO (1946-1955)

<i>Nombre de la empresa</i>	<i>País de origen</i>	<i>Patentes registradas</i>
Syntex, S.A.	México	168
American Cyanamid Company	Estados Unidos	99
Ciba Société Anonyme	Suiza	95
F. Hoffmann-La Roche	Suiza	80
The Upjohn Company	Estados Unidos	68
Merck & Co.	Estados Unidos	58
Parke, Davis & Cía.	Estados Unidos	56
Chas. Pfizer & Co.	Estados Unidos	43

FUENTE: elaboración propia con base en la *Gaceta de la Propiedad Industrial*. Patentes farmac euticas registradas entre 1946-1955.

⁵⁸ LEÓN, "Syntex, una historia mexicana", pp. 175-178; SYNTAX LABORATORIES INC., *Una corporación y una molécula*; LEHMANN, "Early history of steroid chemistry in Mexico", pp. 403-408; SOTO LAVEAGA, *Laboratorios en la selva*; HERNÁNDEZ-GARCÍA, CHAMIZO, KLEICHE-DRAY y RUSSELL, "The Scientific Impact of Mexican Steroid Research", pp. 1245-1256.

La existencia de solo dos redes de innovación exitosas durante la posguerra indicaba que aún no se había formado un sistema de innovación en el sector farmacéutico mexicano. Casas Guerrero afirma que, durante esta época, las actividades realizadas por las instituciones gubernamentales de ciencia estuvieron muy alejadas de vincular la investigación con el desarrollo industrial del país. Asegura que la CICIC se orientó primordialmente hacia actividades de vinculación entre el medio universitario y el gobierno, pero no con el aparato productivo. Asimismo, las áreas de trabajo del organismo obedecían más a los intereses personales de investigación de los asesores que a la determinación de prioridades basadas en un análisis de las necesidades socioeconómicas de la nación.⁵⁹

En 1950 se fundó el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC), que sustituyó a la CICIC y que en un principio realizó las mismas actividades que esta última. No obstante, un cambio importante en este nuevo organismo fue el incluir a representantes de industrias y de otras dependencias del gobierno federal, con el propósito de establecer una vinculación entre las actividades de investigación y los sectores de posible aplicación.⁶⁰ Sin embargo, Pérez Tamayo afirma que desde el principio el INIC tuvo un presupuesto reducido (7 000 000 de pesos anuales), lo que no le permitió cumplir a cabalidad sus diferentes funciones, limitándose solamente a otorgar becas para la formación de investigadores.⁶¹

Consideramos que las pocas redes de innovación que existían en el sector farmacéutico se formaron gracias a la iniciativa de investigadores y empresarios extranjeros que llegaron a la nación refugiados de la guerra y que impulsaron las ciencias básicas y la investigación química de aplicación industrial, y no debido a

⁵⁹ CASAS GUERRERO, "Ciencia, tecnología y poder", pp. 79-105.

⁶⁰ CASAS GUERRERO, "Ciencia, tecnología y poder", pp. 79-105.

⁶¹ PÉREZ TAMAYO, *Historia de la ciencia en México*.

la implementación de políticas estatales (aunque es importante resaltar la protección arancelaria que el gobierno otorgó a Syntex durante su etapa de auge). A pesar de que la investigación e innovación farmacéuticas en México recién comenzaban y la mayoría de entidades científicas tenían pocos años de fundadas, la mentalidad de estos europeos sobre el papel de la ciencia en el desarrollo económico de un país provocó que buscaran la colaboración de empresas y universidades locales. Como resultado se pudieron dar casos exitosos, como Syntex-Laboratorios Hormona-Instituto de Química y José Erdos-ENCB-IPN.

Pese a la poca participación del gobierno, al llegar al año de 1956, el futuro del sector farmacéutico nacional se veía promisorio. Los avances realizados durante la posguerra hacían pensar que el anhelado sistema de innovación que necesitaba este sector para competir a nivel mundial comenzaba a dar sus primeros pasos y que sólo sería cuestión de tiempo la construcción de sus bases. Un indicador importante era que los científicos e instituciones mexicanas por fin comenzaban a colaborar unas con otras logrando acrecentar el número de patentes e innovaciones locales.

Sin embargo, en las décadas siguientes, el Estado mexicano volvió a retomar la política que puso en práctica después de la Revolución, la cual desestimaba de nuevo toda estrategia de desarrollo científico-tecnológico. Como se analizará a continuación, el periodo 1956-1970 proporcionó las condiciones determinantes para que se formara un sistema fragmentado en el sector farmacéutico nacional que, aunque tenía los elementos necesarios, era incapaz de producir innovación de manera continua y cuyas características han persistido hasta nuestros días.

ÚLTIMOS AÑOS DE ERDOS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (1956-1970)

Durante la última etapa de su carrera profesional, José Erdos siguió manteniendo una producción científica importante. Su

principal interés continuó siendo el desarrollo de productos opoterápicos registrando diversas patentes con aplicaciones farmacéuticas, como la obtención de complementos alimenticios a base de residuos de extractos de hígado y glándulas, con un efecto hematopoyético;⁶² la elaboración de peptonas mediante la hidrólisis de proteínas por enzimas, utilizando órganos o fluidos biológicos de animales;⁶³ la desproteínización de extractos glandulares para la obtención de principios activos sin alterar las propiedades farmacológicas;⁶⁴ métodos para purificar vitamina B-12⁶⁵ o la fabricación de extractos hepáticos concentrados de esta vitamina.⁶⁶ También probó procedimientos para reducir la concentración de histamina sin alterar las propiedades de los extractos hepáticos,⁶⁷ y para preparar hematóporfirina a partir de fracciones de sangre.⁶⁸

Sin embargo, sus aportaciones científicas no sólo se limitaron al campo de la opoterapia, pues también registró patentes para la obtención de productos vegetales con efecto citostático a partir de remolacha (*Beta vulgaris*);⁶⁹ para una preparación de calcio de aplicación tópica utilizando cáscara de huevo;⁷⁰ un método para aumentar el poder absorbente en fármacos antiácidos formulados como comprimidos;⁷¹ sobre la preparación de gelatina como

⁶² IMPI. Patente 3193. Fecha legal: 31 de octubre de 1968; IMPI. Patente 115863. Fecha legal: 3 de octubre de 1969, fecha de prioridad: 8 de octubre de 1968.

⁶³ IMPI. Patente 59441. Fecha legal: 6 de enero de 1956.

⁶⁴ IMPI. Patente 88426. Fecha legal: 24 de agosto de 1965; IMPI. Patente 88540. Fecha legal: 3 de septiembre de 1965.

⁶⁵ IMPI. Patente 120728. Fecha legal: 6 de enero de 1970.

⁶⁶ IMPI. Patente 88539. Fecha legal: 27 de agosto de 1965; IMPI. Patente 128555. Fecha legal: 18 de diciembre de 1969.

⁶⁷ IMPI. Patente 90751. Fecha legal: 6 de septiembre de 1965.

⁶⁸ IMPI. Patente 107947. Fecha legal: 31 de octubre de 1968.

⁶⁹ IMPI. Patente 62135. Fecha legal: 7 de enero de 1957.

⁷⁰ IMPI. Patente 111012. Fecha legal: 23 de septiembre de 1967.

⁷¹ IMPI. Patente 122567. Fecha legal: 6 de enero de 1970.

hemostático por vía parenteral u oral;⁷² para un cicatrizante-desinfectante mediante esterificación de compuestos orgánicos nitrogenados y el uso de aceites esenciales;⁷³ o un tapón de plástico para dosificar de forma correcta líquidos medicinales.⁷⁴ De igual forma, registró procedimientos de química orgánica, como una reacción para obtener ácidos aromáticos con rendimientos altos y en condiciones seguras.⁷⁵

A pesar de esto, la producción de patentes por parte de Erdos siguió sin compararse con la de Syntex. En el cuadro 3 pueden observarse los inventores locales con más patentes farmacéuticas registradas entre 1956 y 1970, desglosados de manera individual para un análisis más apropiado (aunque es importante mencionar que la mayoría de las patentes eran de propiedad colectiva).⁷⁶ De nueva cuenta, los científicos que trabajaban en Syntex fueron los titulares de la mayoría de las patentes farmacéuticas de origen nacional. Asimismo, también podemos darnos cuenta de que las únicas patentes diferentes a las de esta empresa eran las pertenecientes a José Erdos Blau (con 20 patentes registradas). Por lo tanto, se muestra que estas dos redes seguían siendo las principales fuentes de invenciones e innovaciones farmacéuticas en el país. Sin embargo, Erdos seguía registrando sus patentes a título personal, sin mencionar al IPN, el cual seguramente le proporcionaba la mayoría de los recursos económicos y materiales que necesitaba para realizar sus investigaciones.

⁷² IMPI. Patente 121117. Fecha legal: 18 de diciembre de 1969.

⁷³ IMPI. Patente 116105. Fecha legal: 18 de diciembre de 1969.

⁷⁴ IMPI. Patente 73944. Fecha legal: 6 de marzo de 1963.

⁷⁵ IMPI. Patente 90281. Fecha legal: 25 de marzo de 1966.

⁷⁶ Los científicos Howard J. Ringold, Albert Bowers y Carl Djerassi registraron más patentes durante este periodo. Sin embargo, las registraron a sus nombres y sin colaborar con empresas o inventores mexicanos, por lo que de acuerdo a nuestros criterios se consideran patentes extranjeras y no se contabilizaron en el cuadro 3.

Cuadro 3
INVENTORES LOCALES CON MÁS PATENTES FARMACÉUTICAS
REGISTRADAS (1956-1970)

<i>Nombre del inventor</i>	<i>Patentes registradas</i>	<i>Nacionalidad del inventor</i>	<i>Empresa o institución</i>
Howard J. Ringold	150	Estadounidense	Syntex
Jorge Rosenkranz	136	Mexicana	Syntex
Octavio Mancera	51	Mexicana	Syntex-UNAM
Albert Bowers	29	Inglesa	Syntex
Francisco Sánchez Álvarez	25	Mexicana	Syntex
Carlos Casas Campillo	24	Mexicana	Syntex
Carl Djerassi	22	Estadounidense	Syntex
José Erdos Blau	20	Mexicana	ENCB-IPN
José Iriarte	18	Mexicana	Syntex
Enrique Batres	16	Mexicana	Syntex

FUENTE: elaboración propia con base en la *Gaceta de la Propiedad Industrial*. Patentes farmacéuticas registradas entre 1956-1970.

Es necesario destacar que, después de 1956, Syntex ya no era considerada una empresa mexicana, sino una filial transnacional estadounidense. En ese año, Emeric Somlo decidió vender la compañía, que fue absorbida poco después por el conglomerado estadounidense Ogden Corporation. Debido a esto, se trasladó la nueva sede de Syntex a Palo Alto, California, Estados Unidos, donde se llevaría a cabo la investigación y el mercadeo. Por otra parte, la fabricación de productos intermedios seguiría realizándose en México y los medicamentos terminados se producirían en plantas de Puerto Rico y Bahamas. De esta forma, la producción científica de Syntex se dividió entre México y Estados Unidos.⁷⁷

Finalmente, a partir de 1956, Syntex se desvinculó del Instituto de Química de la UNAM. Sin embargo, esta decisión no fue

⁷⁷ GEREFFI, *Industria farmacéutica y dependencia en el Tercer Mundo*, pp. 110-112.

tomada de forma unilateral por los directivos de la empresa. Se aseguraba que el doctor Alberto Sandoval, entonces director del Instituto de Química, también decidió disminuir las relaciones académicas con la compañía.⁷⁸ Fue así como finalizó una de las alianzas más exitosas que se hayan dado en México entre la universidad y la industria, y que le permitió al país figurar en el escenario farmacéutico internacional.

Otro suceso importante fue que el gobierno mexicano, ante las presiones antimonopólicas estadounidenses, retiró la protección a las empresas nacionales fabricantes de esteroides. Después de 1955, el Estado mexicano ya no estaba dispuesto a darle a Syntex un trato preferencial ante sus competidores locales. En ese año, la Secretaría de Agricultura concedió el permiso a 11 laboratorios para que explotaran la raíz de barbasco. Con esto, las empresas extranjeras podían comenzar a exportar precursores desde México sin restricciones de tipo arancelario y fiscal: el control de Syntex sobre las materias primas había terminado.

Todos estos factores provocaron que Syntex perdiera competitividad científica frente a las empresas farmacéuticas extranjeras, que lentamente fueron adueñándose del mercado mexicano de esteroides. Asimismo, al convertirse Syntex en una compañía transnacional de capital estadounidense y al diversificar su cuadrilla con investigadores de distintas nacionalidades, se redujo de forma considerable el número de patentes con científicos mexicanos como titulares.⁷⁹ Lo anterior impactó negativamente en el sector farmacéutico nacional, pues éste tenía una

⁷⁸ León asegura que el doctor Alberto Sandoval tomó esta decisión después de una reunión polémica llevada a cabo en la Academia de la Investigación Científica ubicada en la Torre de Ciencias, donde se cuestionó la conveniencia de que el Instituto de Química tuviera relaciones y recibiera apoyo económico de una empresa transnacional estadounidense como Syntex. Para más información, consúltese LEÓN, "Jesús Romo Armería. Una vida ejemplar", pp. 180-211.

⁷⁹ A partir del año 1956, las patentes propiedad de Syntex (desde entonces una empresa filial estadounidense) que no tenían inventores mexicanos como titulares dejaron de contabilizarse como patentes de nacionalidad mexicana,

fuerte dependencia científica y tecnológica con Syntex, como lo muestra el cuadro 3.

La gráfica 1 muestra la tendencia del registro de patentes en territorio mexicano, durante el periodo 1940-1970, de países como Alemania, Estados Unidos, Inglaterra y Suiza, que lideraban la investigación e innovación farmacéuticas alrededor del mundo. De igual forma, se muestra una comparación de las patentes de estas naciones con las registradas por científicos o empresas de capital mexicano. Podemos observar claramente el dominio estadounidense sobre el registro de patentes, ya que éstas muestran un crecimiento exponencial al paso de los años. Por otra parte, el registro de patentes alemanas y suizas es escaso al principio, sin embargo, a partir de 1953 se produce un aumento considerable y una tendencia a la alza, aunque de menor magnitud que las estadounidenses. Finalmente, las patentes inglesas experimentan un leve crecimiento a partir de 1955; a pesar de esto, no lograron compararse en número con las de otras naciones líderes.

Asimismo, en la gráfica 1 nos damos cuenta del registro irregular de patentes de origen mexicano. Podemos concluir que la producción de patentes nacionales puede diferenciarse en tres etapas: el periodo 1940-1947, donde el registro de patentes mexicanas es incipiente, aunque este mismo comportamiento se observa también en las patentes originarias de otros países (a excepción de las estadounidenses, que siempre mantuvieron un crecimiento constante); el de 1948-1957, que fue el más importante en la investigación e innovación realizadas en México, en donde Syntex fue la líder en el campo de medicamentos hormonales y en el registro de patentes farmacéuticas, sin olvidar la importante contribución de José Erdos Blau y el IPN. En último lugar, el de 1958-1970, caracterizado por una caída radical del

clasificándolas por lo tanto como patentes de nacionalidad estadounidense (debido al capital de la compañía).

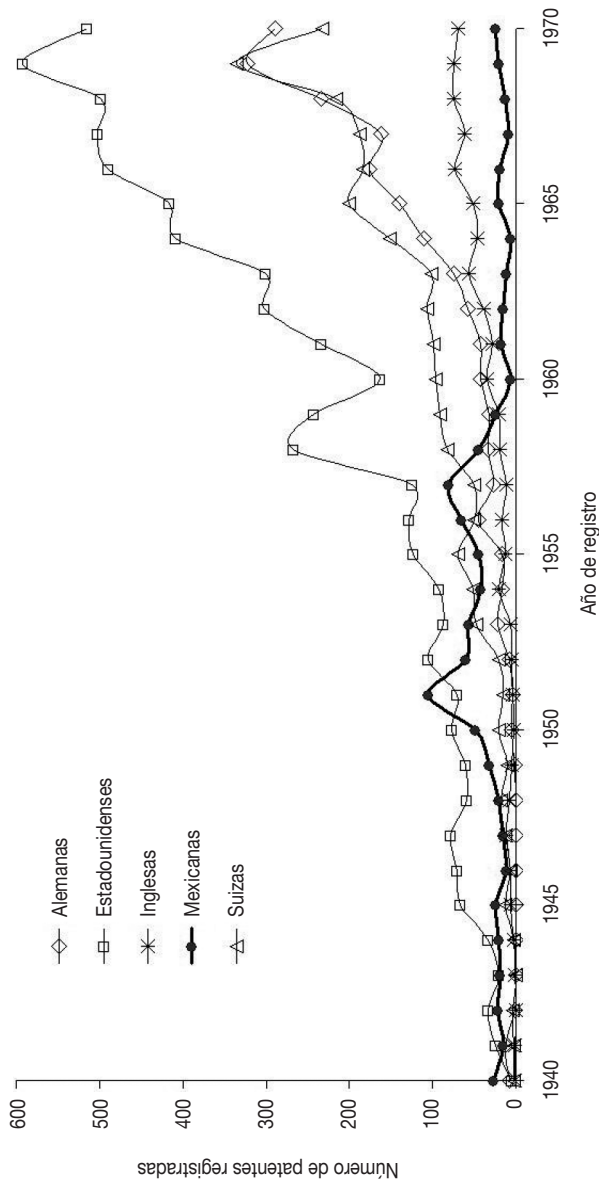
número de patentes mexicanas, sumada a la recuperación de las industrias de los países desarrollados, que aumentaron considerablemente la protección y comercialización de sus medicamentos en nuestro país.

Como lo muestra la gráfica 1, desde finales de la década de los cincuenta y durante toda la década de los sesenta, el sector farmacéutico nacional no logró mantener el paso de las industrias farmacéuticas de los países desarrollados, por lo que se vivió una etapa de declive. Para 1963, ninguna institución o empresa mexicana lideraba la investigación desarrollada en el propio territorio nacional. Un ejemplo de esto es lo siguiente: para mediados de los años sesenta todas las empresas mexicanas de la industria local de esteroides habían desaparecido, fueron incapaces de sobrevivir a la competencia de las firmas foráneas, ni siquiera Syntex (la cual fue comprada por capital estadounidense) lo logró.⁸⁰ Podemos asegurar que distintos elementos impidieron completar el sistema de innovación que tanto requería el sector farmacéutico, a pesar de la existencia en el país de diversas instituciones científicas, los recursos humanos necesarios, organismos federales y una cantidad importante de empresas públicas y privadas.

El proceso de vinculación entre las entidades científicas puede estar influido por diversos factores políticos, sociales y culturales que son específicos de una región o país en particular, lo que dio lugar al concepto de sistema regional de innovación. Algunos de estos factores regionales pueden fomentar la innovación y otros, por el contrario, la frenan o la desfavorecen. Por ejemplo, si los agentes regionales que realizan actividades de investigación y desarrollo (I&D) no colaboran entre sí, el sistema de innovación no puede existir. Los agentes relevantes pueden estar presentes, pero no establecen vínculos entre ellos. Esto sólo da lugar a un

⁸⁰ GEREFFI, *Industria farmacéutica y dependencia en el Tercer Mundo*, pp. 97, 102, 103.

Gráfica 1
 COMPORTAMIENTO DEL REGISTRO DE PATENTES FARMACÉUTICAS EN TERRITORIO MEXICANO
 POR DIVERSAS NACIONES (1940-1970)



FUENTE: elaboración propia con base en la *Gaceta de la Propiedad Industrial*. Patentes farmacéuticas registradas entre 1940-1970.

sistema fragmentado incapaz de producir innovación de manera continua. Además, el flujo de conocimiento tecnológico es escaso o nulo, lo que no beneficia a otros agentes locales.⁸¹

Este artículo muestra que entre 1940 y 1970, en el sector farmacéutico mexicano se creó un sistema fragmentado, donde la innovación se dio en forma intermitente como resultado de esfuerzos individuales y de casos aislados. Siguió predominando la falta de vínculos entre las entidades científicas en México, ya que en tres décadas el sector farmacéutico del país sólo fue capaz de crear dos redes de innovación exitosas: Syntex-Laboratorios Hormona-Instituto de Química y José Erdos Blau-ENCB-IPN.

Tratándose de un proceso complejo, los factores que limitaron el desarrollo científico y tecnológico del sector farmacéutico fueron de distinta índole. Desde aspectos sociales, educativos y empresariales, como el desinterés de muchos industriales por realizar I&D dentro de sus compañías, la poca importancia que otorgaba la mayoría de universidades e instituciones públicas a patentar sus invenciones o a vincularse con el sector privado, hasta cuestiones económicas y políticas como la incapacidad del gobierno mexicano y sus organismos para visualizar las contradicciones que tendría el modelo de sustitución de importaciones con la política científica del país, pues entonces se consideraba que la importación y transferencia de tecnología extranjera era el mejor camino para el crecimiento nacional. Otra de las causas que originaron este sistema fragmentado era la falta de estímulos fiscales eficaces en México para que la iniciativa privada incurriera en actividades de I&D.⁸²

La importancia de que los mexicanos patentaran sus investigaciones era recalcada de forma insistente por José Erdos, como lo muestra un oficio que este científico envió en agosto de 1966

⁸¹ BRESCHI y MALERBA, "Sectoral Innovation Systems", pp. 130-156.

⁸² CHUDNOVSKY, NIOSI y BERCOVICH, "Sistemas nacionales de innovación, procesos de aprendizaje", pp. 213-252.

al director general del IPN, el doctor Guillermo Massieu. En este documento, Erdos aseguraba que en México faltaba mucho por trabajar respecto al patentamiento y la legislación sobre propiedad intelectual, además de que las gestiones en la Oficina de Patentes eran sumamente lentas. Sugería que se formaran más profesionales mexicanos capacitados en todo lo relacionado con los trámites y defensa legal de patentes, y recomendaba el establecimiento en el país de un “tribunal especializado en patentes”, el cual resolvería las demandas y apelaciones habituales de estos procedimientos jurídicos. De acuerdo a Erdos, muchas naciones ya poseían entidades e instituciones de este tipo y contaban con especialistas que realizaban estas funciones conocidos como “plenipotenciarios de patentes”.⁸³

De esta forma, Erdos le propuso al director del IPN la creación de una carrera postprofesional para ingenieros llamada “Licenciado en Patentes”, con duración de un semestre de 10-15 horas por semana, donde se estudiarían los distintos sistemas de patentes de los países más industrializados, las leyes correspondientes y la evolución del “concepto de patente” a través de sus diferentes interpretaciones y aplicaciones modernas. En el caso de profesionales no ingenieros también se les impartirían seminarios breves de matemáticas, física, química (inorgánica, orgánica, analítica, bioquímica, medicinal), nociones de fisiología y farmacología, para que aprendieran a documentarse mediante literatura científica. Con el tiempo, esta carrera podría convertirse en un grado académico más elevado y, con la realización de una tesis sobre el tema, los alumnos optarían por el grado de “doctor en Asuntos de Patentes” o su similar.⁸⁴

⁸³ AH-IPN, exp. 1, Referencia IPN/266.3, Documentación relacionada con la creación del curso “Licenciado en Patentes” que propone el C... para postgraduados, Nombre de registro del expediente: Erdos José, 1966.

⁸⁴ AH-IPN, exp. 1, Referencia IPN/266.3, Documentación relacionada con la creación del curso “Licenciado en Patentes” que propone el C... para postgraduados, Nombre de registro del expediente: Erdos José, 1966.

El oficio de Erdos se turnó al Departamento de Planeación del IPN para su discusión y evaluación; sin embargo, ignoramos si la carrera llegó a implementarse. No obstante, estas propuestas son un claro reflejo del ideal de Erdos (que compartían muchos científicos europeos que llegaron durante y después de la guerra) de una nación mexicana que conformara una estructura para explotar las capacidades científicas de sus habitantes, y mediante la protección de las invenciones mediante patentes, lograra el perfeccionamiento económico e industrial para beneficio de la población.⁸⁵

Para finales de los años sesenta, los directivos del INIC tenían claro que las políticas científicas no producían los resultados esperados, por lo que debían reorientarse y reformularse. Así lo declararon en el informe *Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología*, que entregaron al poder Ejecutivo Federal en 1969.⁸⁶ Este organismo propuso otorgar incentivos fiscales efectivos (aunque no especificaba cuáles) a las empresas que apoyaran la investigación científica y tecnológica. También recomendó una reevaluación del modelo económico y una mayor regulación del comercio interno, pues aseguraba que en el país se habían creado mercados cautivos a favor de ciertas empresas que obstaculizaban el avance tecnológico.⁸⁷ Finalmente, el INIC propuso su desintegración para crear otro organismo de ciencia mejor estructurado y con mayor capacidad de planeación. Fue así como, en 1970, se fundó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que continúa hasta la actualidad.

⁸⁵ AH-IPN, exp. 1, Referencia IPN/266.3, Documentación relacionada con la creación del curso “Licenciado en Patentes” que propone el C... para postgraduados, Nombre de registro del expediente: Erdos José, 1966.

⁸⁶ Al elaborar este informe, el INIC conformó diversas comisiones para analizar las características de las distintas áreas científicas que existían en el país. Estas comisiones estaban formadas por los funcionarios y científicos más reconocidos en sus respectivos campos de trabajo.

⁸⁷ INSTITUTO NACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, *Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología*, pp. 47, 72.

Por último, en febrero de 1970, José Erdos Blau comenzó los trámites de su jubilación en el IPN: de esta forma terminaría una carrera exitosa de tres décadas consagrada a la investigación científica en el campo de la química orgánica.⁸⁸ Se desconoce la fecha en que nuestro personaje dejó este mundo, sin embargo, consideramos que este dato es irrelevante para el presente artículo, ya que en palabras del poeta mexicano Jaime Sabines: “No hay que llorar la muerte, es mejor celebrar la vida”.

CONCLUSIONES

El desarrollo científico y tecnológico que tuvo lugar en el sector farmacéutico mexicano entre 1940 y 1970 significó un proceso complejo en el que intervinieron aspectos políticos, sociales, institucionales y económicos. Durante este periodo, el científico José Erdos Blau logró conformar una de las redes de innovación más exitosas del sector, que impulsó el desarrollo de la química orgánica de aplicación medicinal y el registro de patentes farmacéuticas de origen mexicano, destinadas principalmente al área de los productos opoterapéuticos y hormonales. Esta red fue creada gracias a la vinculación de este investigador con diversas empresas farmacéuticas y al apoyo de su institución de trabajo, la ENCB del IPN. Asimismo, durante años, las redes de Erdos y de Syntex fueron las principales generadoras de invenciones e innovaciones locales, colocando a México en una posición importante en el escenario farmacéutico mundial.

Sin embargo, en la segunda mitad de la década de los cincuenta y durante los años sesenta (sobre todo después de la venta de Syntex), el país no pudo seguir produciendo innovación farmacéutica de manera continua y comenzó a formarse una dependencia científica y tecnológica con el extranjero en esta

⁸⁸ “Carta de José Erdos Blau al Director de la ENCB Jorge Zúñiga Nájera”, DCH-IPN, 2 de febrero de 1970.

rama. Si bien se realizaba una cantidad importante de investigación farmacéutica en el sector público y se generaron casos de éxito (como Syntex y José Erdos), en la mayoría de los empresarios nacionales y extranjeros predominó el desinterés por efectuar actividades de I&D. Esto tuvo un impacto negativo en la planeación de proyectos científicos y su aplicación tecnológica, así como en el número de patentes registradas por inventores mexicanos. Para 1970, el Estado mexicano finalmente aceptó que las políticas científicas no proporcionaban los resultados esperados, por lo que debían reformularse. De igual manera, estas políticas fallaron en estimular la formación de un sistema de innovación en el sector farmacéutico.

Actualmente, el tan anhelado sistema de innovación que requiere el sector farmacéutico sigue sin formarse plenamente. Sin embargo, en los últimos años ha aumentado el interés de los químicos y farmacéuticos mexicanos por su construcción. Debido a esto, es necesaria la realización de investigaciones históricas sobre casos exitosos como la red de José Erdos y la ENCB, donde se muestran patrones que pueden ser replicados en el futuro para la conformación de una infraestructura científica en el país, la cual es de suma importancia para el bienestar de la población mexicana y la prosperidad de la nación.

SIGLAS Y REFERENCIAS

- AGN, *DM, Húngaros* Archivo General de la Nación, fondo *Departamento de Migración, Húngaros*, Ciudad de México, México.
- AH-IPN Archivo Histórico del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- DCH-IPN Dirección de Capital Humano del Instituto Politécnico Nacional, México.
- IMPI Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, México.

ÁLVAREZ SOBERANES, Jaime, "El proceso de traspaso tecnológico en el sector químico farmacéutico en México", en FRESÁN (coord.), 1979, pp. 159-172.

BEATTY, Edward N., “Inención e innovación: ley de patentes y tecnología en el México del siglo XIX”, en *Historia Mexicana*, XLV: 3 (179) (ene.-mar. 1996), pp. 567-619.

BRESCHI, Stefano y Franco MALERBA, “Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries”, en EDQUIST (ed.), 1997, pp. 130-156.

CAMPA, Juan I., “Patentes y desenvolvimiento tecnológico en México: un estudio comparativo entre la época de industrialización proteccionista y el régimen de apertura”, en *América Latina en la Historia Económica*, 25: 3 (2018), pp. 223-257.

CASAS GUERRERO, Rosalba, *El Estado y la política de la ciencia en México, 1935-1970*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1985.

CASAS GUERRERO, Rosalba, “Ciencia, tecnología y poder. Élités y campos de lucha por el control de las políticas”, en *Convergencia*, 11: 35 (2004), pp. 79-105.

CHUDNOVSKY, Daniel, Jorge NIOSI y Néstor BERCOVICH, “Sistemas nacionales de innovación, procesos de aprendizaje y política tecnológica: una comparación de Canadá y la Argentina”, en *Desarrollo Económico*, 40: 158 (2000), pp. 213-252.

“Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 4: 1 (1943), p. 21.

EDGERTON, David, “From Innovation to Use: Ten (eclectic) theses on the historiography of technology”, en *History and Technology*, 16 (1999), pp. 1-26.

“Editorial”, en *Boletín de Información de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional de México*, 1: 1 (1940), pp. 5, 6.

EDQUIST, Charles (ed.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*, Londres, Pinter, 1997.

ERDOS, José, “Preparación y purificación del ácido 4-oxi-3-amino-fenilarsónico”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 4: 1 (1943), p. 17.

ERDOS, José, “Sobre dos nuevos complejos de sulfonamidas con el cobre”, en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 5: 1-2 (1948), pp. 105-108.

ERDOS, José, “Aparato para preparar cloruros de ácidos orgánicos”, en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 5: 1-2 (1948), pp. 117-119.

ERDOS, José y M. BERMEA, “Preparación de algunas sulfas complejas con el hidróxido de níquel y la etilendiamina”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 12: 5-6 (1952), pp. 144-148.

ERDOS, José y María Concepción GÓMEZ, “Preparación de ésteres alifáticos del inositol con ácido clorosulfónico como catalito”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 15: 4-5 (1955), pp. 101-105.

ERDOS, José y Miguel Ángel MORALES, “Distribución del cobre en el organismo del conejo después de la inyección de dos de sus complejos sulfamídicos”, en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 7: 1-4 (1953), pp. 75-85.

ERDOS, José y Rosendo RAMÍREZ, “Preparación y estudio químico de sales complejas de sulfonamidas con el zinc”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 12: 7-8 (1952), pp. 180-186.

FREEMAN, Christopher, *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Londres, Pinter Publisher Ltd., 1987.

FRESÁN, Magdalena (coord.), *Foro sobre empresas multinacionales y transferencia de tecnología en el ramo de la industria químico farmacéutica*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1979.

GEREFFI, Gary, *Industria farmacéutica y dependencia en el Tercer Mundo*, México, Fondo de Cultura Económica, 1986.

GODÍNEZ RESÉNDIZ, Rogelio, “Los primeros medicamentos químicos en México (1917-1940)”, en *Boletín de la Sociedad Química de México*, 6: 1 (2012), pp. 8-14.

GODÍNEZ RESÉNDIZ, Rogelio, “Investigación, innovación e industria farmacéutica en México (1940-1970)”, tesis de doctorado en ciencias biológicas y de la salud, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 2018.

GODÍNEZ RESÉNDIZ, Rogelio y Patricia ACEVES PASTRANA, “El surgimiento de la industria farmacéutica en México (1917-1940)”, en *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45: 2 (2014), pp. 55-68.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, Yoscelina I., José Antonio CHAMIZO, Mina KLEICHDRAI y Jane M. RUSSELL, “The Scientific Impact of Mexican Steroid Research 1935–1965: A Bibliometric and Historiographic Analysis”, en *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 67: 5 (2016), pp. 1245-1256.

INSTITUTO NACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, *Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología*, México, Instituto Nacional de la Investigación Científica, 1969.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, *Anuario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México, Secretaría de Educación Pública, 1943.

JIMÉNEZ CARRILLO, María del Carmen, “El sistema de información, el aprendizaje y la innovación tecnológica; el caso de seis empresas de la industria farmacéutica en México”, tesis de maestría en economía y gestión del cambio tecnológico, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1999.

“José Erdos, una vida dedicada a la química”, en *Revista de la Sociedad Química de México*, 27 (1983), p. 39.

LEHMANN, Pedro A., “Early history of steroid chemistry in Mexico: the story of three remarkable men”, en *Steroids*, 57: 8 (1992), pp. 403-408.

LEÓN, Felipe, “Syntex, una historia mexicana y su divulgación en el bachillerato”, en *Educación Química*, 12: 3 (2001), pp. 175-178.

LEÓN, Felipe, “Jesús Romo Armería. Una vida ejemplar en la investigación química”, en *Boletín de la Sociedad Química de México*, 1: 3 (2007), pp. 180-211.

MARKER, Russell E., “Sapogeninas esteroides. 172. Pregnen-5-ol-3-diona-12,20 a partir de botogenina y de neobotogenina”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 10: 1-2 (1950), p. 63.

“Noticias”, en *Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas*, 2: 1 (1941), p. 28.

PÉREZ TAMAYO, Ruy (coord.), *Historia de la ciencia en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 2010.

PI SUÑER, César, “Iniciativas para el desarrollo de la industria química mexicana”, en *Química. Órgano de la Facultad de Ciencias Químicas*, 3: 7 (1945), p. 163.

RODRÍGUEZ DE ROMO, Ana Cecilia, “La ciencia pasteuriana a través de la vacuna antirrábica: el caso mexicano”, en *Dynamis*, 16 (1996), pp. 291-316.

RODRÍGUEZ NOZAL, Raúl y Antonio GONZÁLEZ BUENO, *Entre el arte y la técnica. Los orígenes de la fabricación industrial del medicamento*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2005.

SACHS, Ignacy, “Transferencia de tecnología y estrategia de industrialización”, en WIONCZEK (ed.), 1973, pp. 11-20.

SCHIFTER, Liliana y Angélica MORALES, “La trayectoria de Francisco Río de la Loza en la Sección de Química Analítica del Instituto Médico Nacional”, en *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 43: 4 (2012), pp. 69-78.

SOTO LAVEAGA, Gabriela, *Laboratorios en la selva. Campesinos mexicanos, proyectos nacionales y la creación de la píldora anticonceptiva*, México, Fondo de Cultura Económica, 2020.

SYNTEX LABORATORIES INC., *Una corporación y una molécula: historia de la investigación en Syntex*, México, Impresión de Litoarte, 1967.

SZENTE-VARGA, Mónika, *Migración húngara a México entre 1901 y 1950*, México, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego”, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Szeged, 2007, pp. 92, 96, 97.

TAMARIZ MASCARÚA, Joaquín, “La química orgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas”, en *Revista de la Sociedad Química de México*, 45: 3 (2001), pp. 128-130.

WIONCZEK, Miguel S. (ed.), *Comercio de tecnología y subdesarrollo económico*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1973.

