
LA CIRCULACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y EL PRIMER PROGRAMA DE GENÉTICA Y RADIOBIOLOGÍA EN MÉXICO

ANA BARAHONA

ABSTRACT. KNOWLEDGE CIRCULATION AND THE FIRST MEXICAN GENETICS AND RADIOLOGY PROGRAM

This work explores the circulation of people, knowledge and medical genetics practices in Mexico in the 1960s, when the Genetics and Radiobiology Program (Programa de Genética y Radiobiología) was established within the National Commission of Nuclear Energy (Comisión Nacional de Energía Nuclear). This was the work of the Mexican physician-turned-geneticist Alfonso León de Garay, who returned to Mexico in 1959 after having spent two years at the Galton Laboratory of the University College, London, under the supervision of the Lionel Penrose. Due to his studies in England, and thanks to the support of Mexican as well as foreign institutions, de Garay belonged to the international collaborative network where biomedical practices and techniques were being developed and standardized during the radical reform of human genetics in the 1960s. This paper explores the pioneering work of de Garay and the program's fundamental lines of research, namely, population genetics, cytogenetics, and the study of the mutagenic effects to different emission sources of radiation. This is intended to show how the program was developed through a dialogue between the local context, concerned with national issues and a transnational orientation, established to respond to the needs for knowledge, practices, objects and people to circulate through collaborative networks. The group formed in de Garay's program contributed significantly to the establishment of genetic knowledge and the circulation and stabilization of their practices.

KEY WORDS. Circulation of knowledge, human genetics, medical genetics, Alfonso León de Garay, Genetics and Radiobiology Program, National Commission of Nuclear Energy.

0. INTRODUCCIÓN

Después de pasar dos años en el Laboratorio Galton del University College en Londres, bajo la supervisión del médico geneticista Lionel Penrose, el médico mexicano Alfonso León de Garay fundó el primer Programa de Genética y Radiobiología (PGR) dependiente de la Comisión Nacional de

Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. /ana.barahona@ciencias.unam.mx

Energía Nuclear (CNEN). Con la formación y entrada de nuevos colaboradores en diversas áreas de la genética, incluida la genética humana, este programa se convirtió en uno líder en su campo. Como veremos, De Garay formó parte de una red internacional en genética humana en donde la circulación de investigadores, de saberes y de prácticas permitió la incorporación y estabilización de las prácticas genéticas en México en la década de los sesenta. Fue precisamente esta época cuando a nivel global se estaba reconfigurando de manera muy importante el campo de la biomedicina ¹.

De acuerdo con diversos autores, el papel de la creación de redes en la estabilización de los hechos científicos llamó la atención en la década de los 1980 acerca de cómo el conocimiento local es internacionalmente aceptado y el papel que juegan los actores locales en la circulación del conocimiento, poniendo énfasis en las técnicas utilizadas por los científicos para convencer a sus pares acerca de sus argumentos científicos. Desde entonces, el campo de los estudios de la ciencia y la tecnología ha mostrado la compleja interacción entre las instituciones, los investigadores, el conocimiento tácito y la cultura material en la dinámica de las prácticas científicas ².

Por su parte, las narrativas tradicionales en la historiografía de la ciencia en las décadas finales del siglo XX, y particularmente en América Latina, desarrollaron la idea de que la dinámica del conocimiento se daba desde lo que se llamaron los “centros de producción científica” hacia los lugares periféricos o menos desarrollados, de manera unilateral y acrítica, lo que llevó a la conclusión de que estos últimos eran incapaces de contar con sistemas autónomos de ciencia y tecnología. Más aún, estas narrativas reforzaron la idea de una historia de la ciencia enfocada a la reconstrucción de historias nacionales de las disciplinas y las instituciones, en donde era posible separar el conocimiento colonial del colonizado ³.

Estas narrativas basadas en la dicotomía centro/periferia, han sido ahora puestas en duda ya que no dan cuenta ni de las conexiones recíprocas ni de las redes de colaboración que ayudan a entender la dinámica de la ciencia, tanto a nivel local como global. Por ejemplo, autores como Jessica Wang han mostrado que después de la Segunda Guerra Mundial, la americanización de la ciencia fue un proceso en donde tanto científicos de las metrópolis como científicos locales participaron en la circulación del conocimiento. Ello ha permitido dar cuenta de las maneras diferentes en que los contextos locales ayudan a modelar las prácticas y objetivos de los centros hegemónicos ⁴.

Recientemente, el campo de estudios de la ciencia y la tecnología ha puesto énfasis en la necesidad de escribir historias transnacionales interconectadas, a partir de un tratamiento simétrico entre los contextos global y local, que den cuenta de la dinámica de las prácticas científicas ⁶. A partir de ahí, muchos estudios de caso han señalado que el conocimiento producido en países en desarrollo es parte del conocimiento internacional ⁶.

Debates recientes acerca de los contextos global y local han llamado la atención sobre las redes de circulación que exploran intercambios inter-regionales y circuitos transnacionales que permiten la transmisión de las prácticas científicas y el flujo de personas e ideas ⁷.

S. Sivasundaram, por ejemplo, enfatiza que lo local puede verse como central si se le considera un nodo más en el circuito de la información que fluye a través de las redes, en donde los actores o mediadores son los encargados de mantener el flujo del conocimiento y de las prácticas a través de ellas. Para que la ciencia sea exitosa, nos dice, tiene que viajar a través de redes y circuitos transnacionales que cruzan necesariamente naciones, imperios y regiones ⁸.

Es bajo esta perspectiva que se analizará la formación del PGR de la CNEN en los años sesenta en México y el trabajo pionero del médico genetista Alfonso León de Garay. En este trabajo, la idea de circulación nos permitirá entender con más detalle cómo es que el conocimiento y las prácticas científicas viajaron a través de espacios geográficos y temporales diferentes, cruzando naciones ⁹. Trataré de mostrar en este escrito cómo el PGR se desarrolló a partir del diálogo entre el contexto local, como respuesta a las necesidades y preocupaciones nacionales, al tiempo que lo hizo con una orientación transnacional, respondiendo a la necesidad de que el conocimiento, sus prácticas, objetos y personas circularan a través de redes de colaboración. En otras palabras, el desarrollo del PGR sólo puede entenderse si consideramos que mientras era creado y estructurado a nivel nacional, su orientación fue transnacional, pues necesitó de las redes y circuitos internacionales a través de los cuales se movilizaron recursos científicos para insertarse en una cultura material transnacional ¹⁰. Desde el principio, De Garay se comprometió tanto con la construcción de lenguajes y prácticas compartidos, como con las redes de colaboración como un medio para garantizar las condiciones necesarias para el establecimiento de la genética en México.

Es justo en esos años que en México los científicos, en especial los médicos, diseminan y consolidan el modelo emergente de la genética humana en la investigación y en la clínica ¹¹. Esos médicos asimilaron el conocimiento y las técnicas aprendidas fuera del país y las aplicaron a las necesidades nacionales. De esta forma, las élites médicas y los científicos locales, aunque involucrados en relaciones desiguales con respecto a los científicos de otras partes del mundo, lograron insertarse en las redes internacionales de colaboración. El caso que nos ocupa intenta mostrar cómo la formación académica, la interacción y colaboración con científicos nacionales y extranjeros, y la formación de cuadros especializados, permitió a De Garay y, su grupo, insertarse en el campo de la genética humana.

En la primera parte de este trabajo hablaré de la formación y el entorno académico de Alfonso León de Garay, en el Laboratorio Galton del Uni-

versity College en Londres, para mostrar la red de colaboraciones internacionales que lo influenció y a la que luego pertenecería. En la segunda hablaré de la creación del PGR en sus primeros años, y de la agenda de De Garay para establecer y consolidar la genética en México, haciendo énfasis en la circulación de conocimiento, investigadores y prácticas, incluyendo la formación de cuadros técnicos y especializados en instituciones extranjeras, y la publicación en revistas internacionales, que al cruzar fronteras permitieron abrir espacios para el desarrollo de la genética en México.

1. ALFONSO LEÓN DE GARAY Y EL ENTORNO BRITÁNICO

La circulación del conocimiento y de las prácticas de la genética en México se dio a partir de 1960 con la fundación del PGR por Alfonso León de Garay, como parte de la CNEN. El programa rápidamente abarcó la investigación en varias ramas de la genética y el entrenamiento de personal académico y técnico en las mejores universidades de los Estados Unidos y Europa ¹².

Alfonso León de Garay (1920-2002) concluyó la carrera de medicina en 1947 en la Universidad Autónoma de Puebla, y ejerció durante muchos años como neurólogo ¹³. En 1957 decidió hacer estudios doctorales en el extranjero en el área de genética de poblaciones, y le escribió a Lionel S. Penrose, a quien no conocía personalmente pero sabía de su trabajo sobre la psicología de las enfermedades mentales, y que en ese momento era el director del Laboratorio Galton en el University College de Londres, en Inglaterra. Gracias a una beca de la Agencia Internacional de Energía Atómica ¹⁴ (AIEA) De Garay fue aceptado y pudo realizar sus estudios durante poco más de dos años. La intención de De Garay era estudiar en uno de los centros más importantes de genética humana y con una de las personalidades más reconocidas de Europa, y por eso es que escogió a Penrose.

Lionel Sharples Penrose (1898-1972), psiquiatra, genetista médico y matemático británico, realizó estudios en St. Johns College, en Cambridge, Inglaterra. Después de un breve paso por Viena donde estudió la psicología de las enfermedades y el retraso mental, regresó a Cambridge a finales de los 1920 donde se recibió de médico, y en 1930 fue contratado como investigador médico (*Research Medical Officer*) en la Institución Real de los Condados del Este (*Royal Eastern Counties Institution* ¹⁵). Uno de sus primeros encargos fue el de estudiar las causas del retraso mental con fondos del Consejo de Investigación Médica (*Medical Research Council*) de la Fundación Darwin ¹⁶ (*Darwin Trust*).

Entre 1931 y 1938 llevó a cabo un estudio sobre el retraso mental conocido como el Estudio Colchester, donde la conclusión más importantes fue que el retraso mental y muchas enfermedades mentales estaban biológicamente condicionadas y no socialmente determinadas. Los resul-

tados aparecieron en 1938 en el libro *El Estudio Colchester: un estudio etiológico de 1280 casos de deficiencia mental* ¹⁷. Su intención posterior fue encontrar las bases cromosómicas asociadas al retraso mental, cuyos resultados aparecieron en el libro *La biología del retraso mental* ¹⁸.

Uno de los aspectos más importantes de su método de trabajo fue el cuantificar objetivamente, en la medida de lo posible, todos los elementos de las enfermedades mentales, evitando de esta forma la subjetividad en el análisis de los datos. Fue así que encontró en los dermatoglifos el arma ideal para estudiar las variaciones normales y patológicas en la especie humana, y entre ésta y otras poblaciones animales. Gracias a sus estudios sobre diferentes aspectos de genética humana que incluyeron análisis genéticos de muchas de las enfermedades hereditarias (el síndrome de Down fue uno de sus temas preferidos), genética matemática, genética bioquímica, estudios de ligamiento en el humano, y estudios teóricos sobre los efectos mutagénicos de las radiaciones ionizantes, entre los más importante, recibió numerosos premios y reconocimientos ¹⁹.

Esos trabajos lo convirtieron en una figura central de la genética médica británica. Al terminar la Segunda Guerra Mundial, propuesto por J. B. S. Haldane, ocupó la Cátedra Galton de Eugenesia y la dirección del Laboratorio Galton del University College en Londres, cargo que ocupó de 1945 a 1965, sucediendo a Haldane, con el que había trabajado antes en el cálculo de la tasa de mutación de la hemofilia por un método indirecto ^{20,21}. En ese entonces, Haldane se convirtió en el primer director del Departamento de Biometría y Eugenesia, con Penrose ocupando la Cátedra Galton. Cuando Haldane se retiró y se fue a la India en 1957, Penrose se convirtió en el director del renombrado Departamento de Eugenesia, Biometría y Genética.

Como ha escrito Kevles, después de la Segunda Guerra Mundial, y debido al uso experimental en humanos por el régimen nazi, la eugenesia entró en descrédito y la genética humana entró en un fase de profunda reconfiguración, alejándose de los preceptos higienistas y de control de la reproducción, se acercó al estudio científico de la herencia y al uso de la genética para la comprensión de las enfermedades humanas ²².

De esta forma Penrose, al igual que muchos científicos y médicos de la época, rechazó los principios eugenésicos pues no estaba de acuerdo ni con su uso político, ni con sus propósitos, teorías y métodos ²³. Al ocupar la dirección del departamento y convertirse en editor en jefe de la revista de Eugenesia (*Annals of Eugenics*) cambió oficialmente su nombre a *Anales de Genética Humana*, y posteriormente en 1963 renombró la cátedra a Profesor Galton de Genética Humana ²⁴ (*Galton Professorship of Human Genetics*). Como parte de un movimiento global contra la eugenesia, en esos mismos años, en los Estados Unidos se fundó la Sociedad Americana de Genética Humana, y en 1964 apareció el *American Journal of Human Genetics*.

Después de la Segunda Guerra Mundial, el Laboratorio Galton fue considerado como uno de los centros fundadores más importantes de la genética británica e incluso europea, gracias al grupo de colaboradores que Haldane y Penrose integraron. El hecho de que Penrose fuera el primer genetista de su generación con un título de médico le permitió seleccionar el tipo de estudios que pudieran tener implicaciones médicas para el futuro. Por ejemplo, Harry Harris se enfocaría en el uso de las técnicas de cromatografía en papel y electroforesis en gel durante los primeros años de los estudios sobre la variabilidad normal y anormal en grupos sanguíneos y en la orina ²⁵; Julia Bell, genetista de poblaciones, investigaría la genética de las enfermedades humanas ²⁶; el médico Hans Kalmus estudiaría el problema genético de la ceguera al color; y el mismo Penrose en colaboración con Curt Stern se enfocarían al estudio del ligamiento en el cromosoma Y ²⁷.

Se puede apreciar así el entorno académico de De Garay bajo la supervisión de Penrose. Además, el haber sido estudiante del curso de genética de poblaciones de Haldane y de Ronald Fisher, y el haber conocido durante su estancia en Inglaterra a reconocidos evolucionistas como John Maynard Smith, le permitió conectarse con la élite científica de la época y formar parte de la red internacional de colaboración. Pudo invitar a México a líderes internacionales en la campo de la genética humana, así como enviar a sus estudiantes y colaboradores a especializarse en los principales centros académicos de Europa y Estados Unidos ²⁸.

2. LA CREACIÓN DEL PROGRAMA DE GENÉTICA Y RADIOBIOLOGÍA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA NUCLEAR (AIEA)

Desde el inicio del proyecto de creación del AIEA se convino en que todos los países miembros formaran sus propias comisiones nacionales para asistir a las asambleas correspondientes. La creación de la CNEN en México, en 1956, tuvo un papel fundamental en la fundación del PGR; su influencia en la institucionalización de la genética, y el desarrollo de la genética humana fue decisivo ya que algunos de sus fundadores más prominentes, físicos interesados en el desarrollo y consolidación de la física nuclear en México y educados en instituciones extranjeras, apoyaron a De Garay para estudiar el efecto mutagénico de las radiaciones, en consonancia con los proyectos que se estaban desarrollando en otras partes del mundo.

De Garay, estando en Inglaterra, asistió a la asamblea general del OIEA como acompañante de la representación inglesa en 1957, y ahí conoció a la delegación mexicana formada por el presidente de la CNEN y jefe de la delegación, el abogado José María Ortiz Tirado, los miembros de la CNEN, los científicos Nabor Carrillo, doctorado en la Universidad de Harvard, y Manuel Sandoval Vallarta, educado en el MIT, y el secretario general de la

CNEN, licenciado Salvador Carmona. Ellos le urgieron a terminar sus estudios y regresar a México a fundar un laboratorio de genética y radiobiología en donde se iniciaran los estudios acerca de los efectos de las radiaciones en la salud. La solicitud respondía, por un lado, al hecho de que al terminar la Segunda Guerra Mundial, y debido a los efectos de las bombas de Hiroshima y Nagasaki, se empezaron a realizar investigaciones básicas y aplicadas a nivel internacional sobre el comportamiento y los efectos de las radiaciones nucleares sobre los organismos biológicos experimentales, con el objetivo de establecer los niveles de daño genético y la posibilidad de extrapolar esos resultados a los seres humanos. Por el otro, al hecho de que en México no existían ni los programas ni el personal o dichas técnicas necesarias para la detección de los efectos de dichas radiaciones.

De Garay regresó a México a finales de 1959, debido a la invitación que le hiciera la delegación mexicana durante la reunión del naciente AIEA. Así, un año después, en 1960 se fundó el PGR de la CNEN con la finalidad de "contribuir a la conservación de la salud, el mejoramiento físico y mental y la prevención de enfermedades, mediante la investigación de los factores que intervienen, favorable o desfavorablemente en la herencia biológica de la población ²⁹". Según De Garay, las actividades del programa se iniciaron en 1957 en su fase de planificación, y finalmente en 1960 "el Programa de Genética y Radiobiología de la Comisión Nacional de Energía Nuclear fue fundado por iniciativa y bajo el patrocinio y colaboración de las actuales autoridades, en el año de 1960 ³⁰", y se nombró a De Garay como su primer director ³¹.

Los principales objetivos del programa eran, por una parte, el estudio de los efectos de las radiaciones en la salud humana, y por otra, el estudio de diversos aspectos específicos del proceso hereditario, desde el nivel molecular hasta la genética de poblaciones. El laboratorio en sus inicios contó con un reducido número de personas que incluía a seis investigadores. De Garay como su director; Rodolfo Félix Estrada como jefe de la sección de *Drosophila*, y los biólogos recién egresados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de la generación 57-60, María Cristina Cortina Durán, a cargo de la sección de cultivo de tejidos, junto con María Teresa Zenzen Eisembach, Víctor Manuel Salceda Sacanelles y Claudina Berlanga Siller adscritos a la sección de *Drosophila*, el técnico auxiliar de laboratorio encargado de la sección de fotografía, José Luis Aguilar Urzaiz, una secretaria y un auxiliar de servicio ³².

En aquel entonces el laboratorio de genética sólo comprendía seis secciones: cultivo de tejidos (donde se hacía básicamente citología y análisis citogenéticos); fotografía (microfotografía y autorradiografía); bioquímica (bioquímica y radioquímica); enseñanza (preparación de material de enseñanza y adiestramiento de personal limitado); trabajo con *Drosophila* (experimentación convencional, adiestramiento y cómputo de mutacio-

nes, incluyendo material irradiado); estadística y trabajo social (problemas de genética de población, y estudios sobre familias, condiciones de vida, entre otras). El número de secciones aumentaría al crecer el programa hasta incluir, por ejemplo, una de genética humana y otra de genética molecular ³³.

Las tres principales líneas de investigación que se llevaron a cabo en los años posteriores a su fundación, y que estaban en concordancia con proyectos internacionales, al tiempo que respondían al contexto nacional fueron: la primera, los estudios citogenéticos de ciertas anormalidades, como el síndrome de Down; la segunda, el estudio de los efectos de las radiaciones en el material hereditario, y la tercera, el estudio de genética de poblaciones en *Drosophila* y en grupos indígenas mexicanos.

Estudios citogenéticos de anormalidades cromosómicas

La primera línea respondía claramente a las tendencias internacionales. En los años de la posguerra, cuando la genética humana se estaba reconfigurando, el estudio de los cromosomas se convirtió en una esperanza para el avance en el estudio de la herencia humana. La técnica del análisis de los cariotipos y las prácticas que la acompañaban se popularizó en todo el mundo, ya que permitió analizar y visualizar los cromosomas humanos. De acuerdo con de Chadarevian, el estudio de los cariotipos fue posible gracias a la combinación de técnicas de cultivo de tejidos, el uso de colchicina para detener la división celular, el uso de medios hipotónicos para lavar a las células, y las técnicas de aplastamiento para la preparación de los cromosomas en los portaobjetos de los microscopios ³⁴.

De Garay estuvo en contacto con estas técnicas en Inglaterra, y trajo consigo las primeras preparaciones de cromosomas humanos que se estudiaron en el laboratorio, y que habían sido donadas por Penrose. El trabajo de análisis cromosómico sobre las fotografías tomadas de estas preparaciones se hicieron mediante el empleo de técnicas micrográficas y microfotográficas, siguiendo los lineamientos de diversas partes del mundo, y similares a las que se obtenían en aquella época en diversos laboratorios. Esos trabajos permitieron la estandarización en el laboratorio de los procedimientos de cultivo de tejidos y, en general, de aquellas prácticas que permitían la visualización de los cromosomas. Para ello el PGR contó con la colaboración de David A. Hungerford (1927-1993), científico americano codescubridor de las anormalidades cromosómicas de las células cancerosas. Como investigador del Instituto para la Investigación en Cáncer (*Institute of Cancer Research*) de Filadelfia, De Garay lo invitó en 1963 con el fin de trabajar en los protocolos de la técnica de cultivo de tejidos de sangre periférica que aquel investigador y sus colegas habían desarrollado en los Estados Unidos, originalmente diseñada para el estudio de los cromosomas en pacientes con cáncer, y en animales de laboratorio con leucemia

inducida con radiación. Esta técnica impulsó de manera muy importante a nivel mundial el estudio de los cromosomas, ya que resultó ser una técnica menos intrusiva que la colecta de médula ósea, y permitió análisis a gran escala, tanto en la clínica como en la genética de poblaciones ³⁵.

Como parte de la agenda de impulsar la formación de nuevas generaciones, y con el propósito de fortalecer el área de citogenética dentro del PGR, De Garay impulsó la salida de jóvenes para que aprendieran las técnicas citogenéticas que estaban siendo estandarizadas en otros centros de investigación, siempre con el apoyo de la AIEA a través de la CNEN ³⁶. Las primeras en salir fueron María Cristina Cortinas de Nava de 1962 a 1965 al *Hôpital des Enfants Malades* en París con el doctor J. De Grouchy, para aprender técnicas de citogenética humana, y María Teresa Zenses Eisenbach de 1963 a 1964 a la Universidad de Texas en el laboratorio de T.C. Hsu, para aprender técnicas de citogenética humana y de citogenética animal ³⁷.

De esta forma, en el laboratorio se establecieron estudios sobre algunas disgenesias gonadales, malformaciones congénitas, y alteraciones cromosómicas transitorias producidas por radiaciones ionizantes. También se llevó a cabo el análisis de enfermedades cromosómicas del ser humano, como el síndrome de Down y el síndrome de Turner, así como de otras anormalidades cromosómicas debidas a translocaciones y no disyunciones. Algunos estudios citogenéticos aparecidos en esta época estuvieron relacionados con leucemias, en colaboración con el grupo de De Grouchy en Francia ³⁸.

Estudio de los efectos de las radiaciones en el material hereditario

Desde 1927, con los estudios de H. J. Muller, se sabía que la exposición de las células germinales a la radiación producía alteraciones genéticas diversas. A partir de entonces y en años posteriores, se reconoció el efecto de diferentes fuentes emisoras de radiaciones sobre los genes y los cromosomas gracias a los estudios con *Drosophila*, que permitieron no sólo hacer de la mutagénesis un campo de estudio, sino utilizar a la mosca del vinagre como animal experimental para desarrollar métodos de detección.

Después de la Segunda Guerra Mundial, el llamado internacional a través de instituciones como la AIEA, para conocer los efectos de las radiaciones en humanos, condujo al establecimiento de programas locales, como el PGR de la CNEN, donde se introdujo la segunda línea de investigación sobre el efecto de las radiaciones en el material hereditario. Para De Garay

el estudio de los complejos fenómenos relacionados directa o indirectamente con la herencia biológica está en la actualidad iniciando la etapa más trascendental a que tiende la evolución de las disciplinas científicas: el mejoramiento

de la condición humana. El programa tiene como finalidad la aplicación de los conocimientos de genética acumulados en gran cantidad de años recientes, para contribuir al mejoramiento y conservación de la salud, prevención de enfermedades y como consecuencia, elevar el nivel físico y mental de la población. La investigación genética en este programa implica, asimismo, el estudio de los efectos genéticos de las radiaciones ³⁹.

La creciente utilización de la energía nuclear en la producción de electricidad y sus aplicaciones médicas, a la agricultura y la industria, obligaron, según De Garay, “a incrementar las investigaciones y concentrar los esfuerzos científicos, técnicos y jurídicos, destinados a impedir cualquier daño que pueda derivarse del desarrollo nuclear ⁴⁰”. Desde entonces se abrieron gradualmente nuevas perspectivas para la aplicación pacífica de la energía nuclear y para la investigación en general dentro del PGR.

En la sección de *Drosophila* se estudiaron los efectos mutagénicos de diversas fuentes emisoras de radiación usando isótopos trazadores. En el laboratorio se obtuvieron veintidós mutantes de *Drosophila* que eran mantenidos para diversas actividades, por ejemplo, para dotar a otros laboratorios y centros de enseñanza, y para la investigación. Para la obtención de estos mutantes, y como parte del adiestramiento del personal se organizó una serie de cursos anuales denominados “Cursos sobre radioisótopos e instrumentación nuclear”, auspiciados por la CNEN y la UNAM. Estos cursos se ofrecieron en el Laboratorio de Radioisótopos del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, a cargo del doctor Moreno y Moreno, a quien había conocido en la reunión de la AIEA en Viena en 1957. El primer curso se llevó a cabo de marzo a julio de 1960 y eran obligatorios para todos los miembros del programa ⁴¹.

Al ver que las actividades del laboratorio necesitaban una mayor financiación para equipo e instalaciones adecuadas, De Garay le solicitó a Ortiz Tirado apoyo para instalar lo más pronto posible las secciones de bioquímica-genética, estadística, enseñanza e investigación social. “Lo anteriormente señalado, nos obliga a apuntar la necesidad de disponer de otros locales, ampliar el personal y adquirir más equipo ⁴²”.

Estudios de genética de poblaciones

En los años de la posguerra, los estudios de serología y de la distribución de los grupos sanguíneos se desarrollaron con la intención de medir la variabilidad intraespecífica en poblaciones humanas. Esto fue posible gracias a la introducción de nuevas técnicas como la electroforesis en gel y la cromatografía en papel, que fueron rápidamente incorporadas para rastrear las reacciones inmunológicas, gracias principalmente al trabajo de Harry Harris en el Laboratorio Galton (a quien De Garay conoció en Inglaterra) con isoenzimas humanas. Para llevar a cabo la tercera línea de

investigación y en consonancia con lo que estaba pasando en otros lugares del mundo, De Garay invitó al biólogo y médico checo Hans Kalmus (1906-1988), a quien había conocido en el Laboratorio Galton, para diseñar y empezar con el estudio de genética de poblaciones de *Drosophila* y de poblaciones indígenas mexicanas. En esa época, las poblaciones mexicanas eran investigadas con fines etnográficos, económicos o antropológicos, pero rara vez desde el punto de vista genético, por lo que estos estudios resultaban importantes en el contexto local mexicano, pero en diálogo constante con el contexto global ⁴⁴.

La primera visita de Kalmus fue en 1962 y sólo por un periodo de tres meses, gracias al apoyo de la AIEA, y luego éstas se hicieron más largas con el fin de continuar con el trabajo de genética de poblaciones. Bajo su supervisión se hicieron salidas al campo a Chiapas y Oaxaca para coleccionar datos de poblaciones de *Drosophila* en condiciones naturales. También se iniciaron los trabajos de genética de poblaciones en comunidades indígenas con el muestreo de algunos genes marcadores en los grupos tzeltales y tzotziles del estado de Chiapas y de grupos mixtecos en la costa chica de Oaxaca. Más tarde se estudiaron poblaciones lacandonas de Chiapas, en la localidades de San Cristóbal, Lacanjá y Najá, y el grupo otomí del Valle del Mesquitil, en Ixmiquilpan, estado de Hidalgo. Los resultados de esos estudios mostraron que en algunas comunidades, las frecuencias de ciertas características genéticas aumentaban por el aislamiento prolongado dentro de una pequeña área geográfica.

La aplicación de los principios establecidos por la genética de poblaciones a los grupos humanos señala algunas rutas a seguir para asegurar la salud y el bienestar futuro de las comunidades humanas... Los grupos indígenas de nuestro país y particularmente los que han permanecido en aislamiento geográfico durante varias generaciones proporcionan un material de valor incalculable para la genética de poblaciones y la genética antropológica ⁴⁴.

También se llevaron a cabo impresiones digitales y palmares, pruebas para el sabor de la feniltiocarbamida, deficiencias enzimáticas sobre la población escolar, ceguera al color y composición química de la secreción del oído ⁴⁵. Para la obtención de las muestras de sangre y su posterior análisis en el laboratorio, fueron necesarias varias expediciones de colecta debido a las condiciones geográficas de las regiones estudiadas, y de la intervención de otras instituciones nacionales como el Instituto Nacional Indigenista.

Desde la misma política, se vio la necesidad de fortalecer el área de genética de poblaciones y fue por eso que De Garay promovió que Víctor Salceda Sacanelles realizara una estancia en la Universidad Rockefeller, en el laboratorio del biólogo evolucionista americano de origen ruso Theodo-

sus Dobzhansky (1900-1975) para estudiar la carga genética en poblaciones irradiadas. Ésta se llevó a cabo de 1965 a 1967 y permitió la colaboración del PGR con Dobzhansky, quien vendría a México en 1974 invitado por De Garay ⁴⁶.

El conocimiento y las diversas técnicas aprendidas durante estos viajes, tanto de investigadores a México, como de estudiantes al extranjero, permitieron, durante la década de los años sesenta, el desarrollo de proyectos, la estandarización de técnicas y la publicación de los resultados en revistas de circulación internacional (producto de colaboraciones con destacados investigadores extranjeros), convirtiendo al PGR en uno de los líderes en México, cuya producción académica lo posicionaba en el panorama internacional ⁴⁷.

3. CONCLUSIONES

En la reconstrucción histórica de los primeros años de existencia del PGR en México he intentado mostrar cómo el conocimiento y la experiencia de los médicos y genetistas con los que De Garay trabajó y estuvo en contacto durante su estancia en Inglaterra fueron decisivos. De igual forma, la estabilización y estandarización de técnicas sólo se pudo llevar a cabo gracias a la circulación desde y hacia México, de personas, de conocimiento y de objetos, que estuvieron estrechamente relacionados con la necesidad social del conocimiento médico, tanto a nivel local como internacional. Las investigaciones que se llevaron a cabo en el programa estuvieron relacionadas con prácticas locales y desarrollos transnacionales en genética humana. El programa tuvo como finalidad la aplicación de los conocimientos de genética de la época con la finalidad de contribuir al mejoramiento y conservación de la salud, prevención de enfermedades y, como consecuencia, elevar el nivel físico y mental de la población. La investigación genética en este programa implicó, asimismo, el estudio de los efectos genéticos de las radiaciones.

Alfonso León de Garay y su grupo fueron piezas clave en la circulación de estos saberes en los años sesenta en México, durante el establecimiento y consolidación de la genética haciendo hincapié en la genética humana. Desde sus estudios de doctorado en Inglaterra con Penrose, al trabajar con renombrados científicos de la época, invitar a reconocidos científicos, y formar cuadros técnicos especializados, este programa pudo articular el conocimiento adquirido para adaptarlo al contexto nacional y en varias áreas del conocimiento genético, al tiempo que se incorporaba a redes transnacionales de colaboración.

Este caso ilustra la inserción de los científicos mexicanos en los problemas característicos del momento a nivel internacional, y la circulación de las prácticas, personas e ideas que permitieron el desarrollo de las líneas

de investigación del PGR, y que sentaron las bases para la consolidación de la genética en México. El tema revela la importancia de la circulación en la constitución de las élites científicas nacionales, y muestra, también, las preocupaciones nacionales y transnacionales que moldearon las prácticas locales. El PGR atrajo a gente de muchas nacionalidades, cuyos contextos de investigación enriquecieron a la ciencia mexicana, apoyaron la colaboración transnacional y facilitaron la realización de actividades conjuntas y la unión de esfuerzos, atravesando dominios, campos del conocimiento, instituciones y geografías.

El PGR trabajó productivamente entre las fricciones producidas por las necesidades locales de producir nuevas formas de conocimiento para atacar problemas nacionales, como el estudio de poblaciones indígenas mexicanas, y lo transnacional, como lo muestran las líneas de citogenética y radiobiología. Pudo movilizar recursos materiales en continuo diálogo con otros centros y laboratorios de genética en el mundo, y fomentar la circulación del conocimiento y de sus prácticas, el PGR permitió que la genética mexicana traspasara fronteras.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la M.C. Alicia Villela González por su asistencia en la investigación documental, y a Arzú Rivera, Marco Ornelas, y Carlos Cervantes por su colaboración en la organización del material documental. Este trabajo fue apoyado por el proyecto UNAM PAPIIT IN303111, y el Programa Universitario de Bioética de la UNAM.

- 1 Como afirman Cambrosio y colaboradores, uno de los resultados más sobresalientes después de la Segunda Guerra Mundial, fue la emergencia de nuevas prácticas basadas en la interacción de la biología y la medicina, particularmente de las prácticas clínicas y de laboratorio, a las que en conjunto se les denominó biomedicina. La genética humana fue parte de esta emergencia, y gracias a ello se multiplicaron los estudios interlaboratorios, los ensayos clínicos multicéntricos, y se establecieron grupos de investigación, y redes médicas y de investigación, donde se dio una producción colectiva de saberes. Cambrosio, A., Keating, P., y Bourret, P. 2006. "Objetividad regulatoria y sistemas de pruebas en medicina: el caso de la cancerología", *Convergencia* 13(42): 135-152.
- 2 Latour, B., and Woolgar, S. 1979. *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Sage, Beverly Hills; Collins, H. 1985. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. Sage, Beverly Hills; Shapin, S., and Schaffer, S. 1985. *Leviathan and the Air Pump: Hobbes, Boyle and Experimental Life*. Princeton University Press, Princeton; Rudwick, R. S. 1984. *The Great Devonian Controversy. The Shaping of Scientific Knowledge among Gentleman Specialists*. The University of Chicago Press, Chicago; Latour, B. 1998. *The Pasteurization of France*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.; Oldroyd, D. R., 1990. *The Highlands Controversy. Constructing Geological Knowledge through fieldwork in Nineteenth-Century Britain*. The University of Chicago Press, Chicago; Kohler, R. E., *Lords of the Fly*. The University of Chicago Press, Chicago; Golinsky, J. 1998. *Making Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*. Cambridge University Press, Cambridge; Shapin, S. 2010. *Never Pure*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- 3 Por ejemplo, Sagasti, F. y Guerrero, M. 1974. *El desarrollo científico y tecnológico en América Latina*. Instituto para la Integración de América Latina, Buenos Aires; Stepan, N. *Beginnings of Brazilian Science: Oswaldo Cruz, Medical Research and Policy, 1890-1920*. Science History Publications, New York; Lafuente, A. y J. Sala Catalá, J. 1989. "Ciencia colonial y roles profesionales en la América española del siglo XVIII". *Quipu* 6: 387-403.
- 4 Wang, J. 1999. *American Science in an Age of Anxiety: Scientists, Anti-Communism, and the Cold War*. University of North Carolina Press, Chapel Hill; Palmer, S. 2010. *Launching Global Health: The Caribbean Odyssey of the Rockefeller Foundation*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- 5 Subrahmanyam, S. 1997. "Connected histories: Notes towards a reconfiguration of early Modern Eurasia". *Moder. Asian Studies* 31: 735-762.
- 6 Cueto, M. 2006. "Excellence in twentieth century biomedical science". En Saldaña, J. J. (ed.), *Science in Latin America*. University of Texas Press, Austin, pp. 231-240; de Greiff, A., and Nieto Olarte, M. 2006. "What we still do not know about South-North technoscientific exchange: north-centrism, scientific diffusion, and the social studies of science". En: Doel R. E. and Sörderquist, T. (eds.). *The Historiography of Contemporary Science, Technology and Medicine*. Routledge, New York. pp. 239-259; Medina, E. 2006. "Designing freedom, regulating a nation: socialist cybernetic in Allende's Chile". *Journal of Latin American Studies* 38: 571-606; Marcos Cueto, M. 2007. *Cold War, Deadly Fevers: Malaria Eradication in Mexico, 1955-1975*. Woodrow Wilson Center, Washington, DC / Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore; Gilberto Hochman. 2008. "From autonomy to partial alignment: national malaria programs in the time of global eradication, Brazil, 1941-1961". *Canadian Bulletin of Medical History*

- 25: 161-192; Gilberto Hochman, G. 2009. "Priority, invisibility and eradication: the history of smallpox and the brazilian public health agenda". *Medical History* 53: 229-252; Soto Laveaga, G. 2009. *Jungle Laboratories; Mexican Peasantas, National Projects, and the Making of the Pil*. Duke University Press, Durham; Kreimer, P. 2010. *Ciencia y periferia. nacimiento, muerte y resurrección de la biología molecular en la Argentina: aspectos sociales, políticos y cognitivos*. Eudeba, Buenos Aires; Medina, E. 2011. *Cybernetic Revolutionaries: Technology and Politics in Allende's Chile*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- 7 Safier, N. 2010. "Global knowledge on the move. itineraries, amerindian narratives, and deep histories of science". *Isis* 101: 133-145; Hofmeyr, I. 2013. "African history and global studies: a view from South Africa". *The Journal of African History* 54: 341-349.
- 8 Sivasundaram, S. 2010. "Sciences on the global: on methods, questions, and theory". *Isis* 101: 146-158; Véase también: Van der Leuten, E. 2008. "Towards a transnational history of technology: meanings, promises, pitfalls". *Technology and Culture* 49(4): 974-994; Birn, A-E. and Necochea López, R. 2011. "Footprints on the future: looking forward to the history of health and medicine in Latin America in the twenty-first century". *Hispanic American Historical Review* 91: 503-527.
- 9 Santesmases, M. J. 2012. "Circulating knowledge and practices in the atomic age. radioisotopes in Spain, 1945-1955". En *International Colloquium Peaceful Atoms: Science During the Cold War*. Ciudad de México.
- 10 Estudios historiográficos recientes muestran la complejidad, y en muchos casos solapamiento, de los términos nacional, internacional, global y transnacional. Según Cueto y colaboradores, nacional se entiende como aquello que retiene la nación como unidad; por global aquello que trasciende a las naciones, y por transnacional aquello que trasciende la nación sin implicar el ámbito global. Véase Brown, T. M., Cueto, M., and Fee, E. 2006. "The World Health Organization and the transition from international to global health". *American Journal of Public Health* 96: 62-72. El término 'transnacional' nos permite entender la constitución del PGR debido a las necesidades locales y la intención de trabajar más allá de las limitaciones geográficas para facilitar, de esta forma, la circulación del conocimiento (Van der Leuten, 2008. "Towards a transnational history of technology: meanings, promises, pitfalls". *Technology and Culture* 49(4): 974-994).
- 11 Véase Barahona, A. 2009. *Historia de la genética humana en México. 1870-1970*. UNAM, México.
- 12 Comisión Nacional de Energía Nuclear. Programa de Genética y Radiobiología. 1970, *Informe 1960-1970*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información, Biblioteca del ININ, México; y Barahona, A., Pinar, S. and Ayala, F. J. 2005. *La genética en México. Institucionalización de una disciplina*. Coordinación de Humanidades, UNAM, México.
- 13 De Garay, A. L. Comunicación personal, 1998.
- 14 Como muestra Miller, en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, las colaboraciones internacionales se utilizaron también como herramientas para la intervención de políticas de los Estados Unidos en otros países, a través, por ejemplo, de los programas de becas. En el caso mexicano este argumento es útil pues muestra cómo el apoyo del OIEA a través de la CNEN, permitió a De Garay viajar al extranjero y a su regreso abrir espacios para las nuevas generaciones de genetistas, lo que resultó en la salida de otros muchos investigadores jóvenes con el fin de especializarse. Miller. C. A. 2006. "An

- effective instrument of peace: scientific cooperation as an instrument of US foreign policy", 1938-1950. *Osiris* 21: 133-160.
- 15 Harris, H. 1973. Lionel Sharples Penrose (1898-1972). *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 19: 521-561.
- 16 Bewley, T. 2000. "Lionel Penrose, fellow of the Royal Society". *Psychiatric Bulletin* 24(12): 469.
- 17 Penrose, L. 1938. *The Colchester Survey: An Etiological Study of 1280 Cases of Mental Defect*. H. M. Stationery Office, Privy Council of Medical Research Council, London.
- 18 Penrose, L. 1949. *The Biology of Mental Defect*. Sidwick and Jackson, Ltd., London, U.K.
- 19 Laxanova, R. 1998. "Lionel Sharples Penrose, 1898-1972: A personal memoir in celebration of the centenary of his birth". *Genetics* 150(4): 1333-1340.
- 20 Haldane, J. B. S. and Penrose, L. 1935. "Mutation rate in man". *Nature* 135:907-908. Cabe señalar que en este estudio, Penrose y Haldane estudiaron el efecto paterno en la tasa de mutación de genes localizados en el cromosoma X.
- 21 La Cátedra Galton de Eugenesia fue establecida en 1911 por Francis Galton, y su primer ocupante fue Karl Pearson hasta 1933, sucediéndolo R. A. Fisher de 1933 a 1943. Con una pausa de dos años debido a la guerra, Penrose ocupó la Cátedra Galton desde 1945 hasta su retiro en 1965, sucediéndolo en el cargo Harry Harris.
- 22 Kevles, D. J. *In the Name of Eugenics. Genetics and the Use of Human Heredity*. Massachusetts: Harvard University Press.
- 23 Zuckerman, M. K. and Armelagos, G. J. L. S. 2010. "Penrose and the study of race". En Datta Banik, S. (ed.) *Research in Physical Anthropology: Essays in Honor of Professor L. S. Penrose*. Unas Letras Editorial, Yucatán, México, pp. 11-38.
- 24 Datta Barik S. (ed.) *Research in Physical Anthropology*. Edit. Unas Letras, Yucatán, México.
- 25 Harris, H. 1966. "Enzyme polymorphisms in man", *Proceedings of the Royal Society, series B*, 164: 298-310.
- 26 Bell, J. 1947. "Dystrofia myotonica and allied diseases". En: *The Treasury of Human Inheritance IV: Nervous Diseases and Muscular Dystrophies*. Cambridge University press, Londres, pp. 343-410.
- 27 Penrose, L. and Stern, C. 1958. "Reconsideration of the Lambert pedigree (Ichthyosis hystrix gravior)". *Ann. Hum. Genet* 22(3): 258-283.
- 28 Barahona, A., Pinar, S. and Ayala, F. J. 2005. "Introduction and institutionalization of genetics in Mexico". *Journal of the History of Biology*, 38(2): 273-299.
- 29 De Garay, A. L. 1960. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe de Labores 1960*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información, Biblioteca del ININ, México, p. 1.
- 30 De Garay, A. L. 1960. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe de Labores 1960*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información, Biblioteca del ININ, México, p. 1.
- 31 Con relación a los orígenes y desarrollo de la energía nuclear en México y la creación de la CNEN véase: Azuela, L. F. y Talancón, J. L. 1999. *Contracorriente. Historia de la energía nuclear en México (1945-1995)*. UNAM/Instituto de Investigaciones Sociales, Instituto de Geografía y Centro de Enseñanza para Extranjeros/Plaza y Valdés Editores, México; Domínguez Martínez, R. 2000. *Historia de la física nuclear en México. 1933-1963*. UNAM/Centro de Estudios sobre la Universidad/Plaza y Valdés Editores, México. Sobre su relación con

- la creación del Programa véase: Barahona, A. 2009. *Historia de la genética humana en México. 1870-1970*. UNAM, México; Barahona, A. "The Genetics and Radiobiology Program of the National Commission of Nuclear Energy in Mexico, and the work of Alfonso León de Garay". *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 64 (172-173): 467-481.
- 32 En 1963 se recibieron como biólogos Olga Olvera, Claudina Berlanga Siller, Víctor Salceda, Rafael Almanza Salgado y Ma. Teresa Zenzes Eisembach.
- 33 Barahona, A., Pinar, S. and Ayala, F. J. 2005. *La genética en México. Institucionalización de una disciplina*. Coordinación de Humanidades, UNAM, México.
- 34 De Chadarevian, S. 2013. "Putting human genetics on a solid basis: human chromosome research, 1950-1970." En: Gausemeier, B., Müller-Wille, S., and Ramsden, E. (eds.). *Human Heredity in the Twentieth Century*. Pickering & Chatto, London, pp. 141-152.
- 35 Es importante señalar que durante la década de los 1960 se estaba desarrollando otro polo de investigación en citogenética humana en el Instituto Mexicano del Seguro Social, cuyos líderes eran los médicos Salvador Armandares, Fabio Salamanca y Leonor Buentello. Véase Barahona, A. 2009. *Historia de la genética humana en México. 1870-1970*. UNAM, México.
- 36 La AIEA, por la intermediación de la CNEN, apoyó decididamente a De Garay tanto en el financiamiento a jóvenes estudiantes mexicanos para salir al extranjero a especializarse mediante la concesión de becas, como en la financiación de profesorado extranjero invitado a México para que ayudaran a fortalecer algunas líneas de investigación dentro del PGR. Véase Barahona, A., Pinar, S. and Ayala, F. J. 2005. *La genética en México. Institucionalización de una disciplina*. México: Coordinación de Humanidades, UNAM.
- 37 Durante esos mismos años otros jóvenes fueron beneficiados con las becas del OIEA para hacer estancias de investigación. Por ejemplo, Claudina Berlanga Siller recibió adiestramiento en citogenética de mamíferos en el laboratorio de M. Kodani de la Universidad de Missouri, durante 1964; María de Lourdes Cobo de Gallegos en 1964 estudió en la Universidad de Tulane citogenética humana bajo la dirección de los doctores H. Cummings y W. Kloepper; y Olga Olvera, estuvo de 1965 a 1966 en la Universidad de Wisconsin, Madison, con el Dr. Walter Plaut especializándose en técnicas radiográficas aplicadas a la genética. Véase Barahona, A., Pinar, S. and Ayala, F. J. 2005. *La genética en México. Institucionalización de una disciplina*. México: Coordinación de Humanidades, UNAM.
- 38 De Grouchy, J., Cortinas de Nava, C. and Bilski-Pasquier, G. 1965. "Duplication d'une Ph et suggestion d'une evolution clonale dans une leucémie myeloïde chronique en transformation aigue". *Nous. Rev. Franc. de Hémat.* 5: 69-73.
- 39 De Garay, A. L. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe 1962*. Comisión Nacional de Energía Nuclear. Archivo de Información. Biblioteca del ININ. México. 1962, p. 2.
- 40 De Garay, A. L. 1977. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe 1970-1976*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información. Biblioteca del ININ, México, p. 4.
- 41 Olga Olvera y Judith Guzmán. Entrevista con Ana Barahona, Departamento de Biología, Laboratorio de Genética, ININ. Carretera México-Toluca, Km. 36.5, Salazar, Estado de México. Septiembre 12, 2001.

- 42 De Garay, A. L. 1962. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe de Labores 1962*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información, Biblioteca del ININ, México, p. 5.
- 43 Durante los 1960 otro grupo de investigación encabezado por el Dr. Rubén Lisker en el Hospital de Enfermedades de la Nutrición (después Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán) estaba trabajando en la caracterización genética de grupos indígenas mexicanos. Véase Barahona, A. 2009. *Historia de la genética humana en México. 1870-1970*. UNAM, México.
- 44 De Garay, A. L. 1963. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe de Labores 1963*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información, Biblioteca del ININ, México, p. 12.
- 45 Kalmus, H., de Garay, A. L., Rodarte, U. and Cobo, L. 1964. "The frequency of PTC tasting, hard ear wax, color blindness and other genetical characters in urban and rural Mexican populations". *Human Biology* 36: 134.
- 46 De Garay, A. L. 1970. *Programa de Genética y Radiobiología. Informe 1960-1970*. Comisión Nacional de Energía Nuclear, Archivo de Información, Biblioteca del ININ, México, 1970, p. 14. Véase también Barahona, A. and Ayala, F. J. 2005. "The role played by Theodosius Dobzhansky in the emergence and institutionalization of genetics in Mexico". *Genetics*. 170: 981-987; y Barahona, A. and Ayala, F. J. 2005. "History of genetics in México". *Nature Reviews/Genetics* 6 (11): 860-866.
- 47 Los proyectos más exitosos del programa fueron aquellos resultantes de las colaboraciones con Kalmus, Levine y Dobzhansky. Se publicaron muchos artículos en revista internacionales como el ya citado de Kalmus con De Garay; también dentro de la serie de genética de poblaciones de *Drosophila*: Levine, L., Asmussen, M., Olvera, O., Powell, J. R., Rosa, M. E. de la, Salceda, V. M., Gaso, M. I., Guzmán, J. and Anderson, W. W. 1980. "Population genetics of Mexican *Drosophila*. V. A high rate of multiple insemination in natural population of *Drosophila pseudoobscura*". *American Naturalist* 116: 493-503; y Dobzhansky, T., Félix, R., Guzmán, J., Levine, L., Olvera, O., Powell, J. R., Rosa, M. E. de la and Salceda, V. M. 1975. "Population genetics of Mexican *Drosophila* I: chromosomal variation in natural populations of *Drosophila pseudoscura* from Central México". *Journal of Heredity* 66:203-206, por mencionar sólo algunos.