

OTRAS PUBLICACIONES DEL CIESTAAM

LIBROS

- Los negocios del café ¿Cómo innovar en el contexto de la paradoja del café, en pro de una red de valor más inclusiva y accesible?
- La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo
- ¡Otro campo es posible! Agenda pública y política con relación al campo mexicano
- Modelos alternativos de capacitación y extensión comunitaria
- Ingresos y costos de producción 2013. Unidades Representativas de Producción. Trópico Húmedo y Mesa Central - Paneles de productores
- Colección Trópico Húmedo: 1) Cacao, 2) Miel, 3) Palma de aceite, 4) Nuez de macadamia, 5) Pimienta gorda, 6) Hule
- Veracruz. Agricultura e historia. Estudios regionales y desarrollo rural
- Desarrollo agrícola y rural, cambio climático y políticas públicas
- Estimación de rendimientos en el sector agropecuario
- Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas

SERIE METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA INVESTIGACIÓN

- Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera y económica en Unidades Representativas de Producción, V6
- Análisis de redes sociales: conceptos clave y cálculo de indicadores, V5
- Herramientas metodológicas para aplicaciones del experimento de elección, V4
- Herramientas metodológicas para aplicaciones del método de valoración contingente, V3
- Herramientas digitales en la investigación académica, V2
- Pautas para citar y construir la lista de referencias en documentos académicos, V1

REPORTES DE INVESTIGACIÓN

- Análisis del potencial productivo y comercial de durazno en México. Reporte 96
 - ¿Qué significa innovar en el ámbito del sector agroalimentario? ...y ¡cómo lo hemos hecho! Reporte 95
- Gestión de la innovación para la producción sostenible de maíz en regiones de alta marginación: Lecciones para el diseño e implementación de políticas públicas. Reporte 94
- Políticas públicas para el fomento de clústeres de horticultura protegida con pequeños productores: Lecciones aprendidas. Reporte 93
- El enfoque de sistemas agroalimentarios localizados - SIAL: propuestas para el fortalecimiento metodológico. Reporte 92



GENEALOGÍAS, TRAYECTORIAS Y REDES

METODOLOGÍAS PARA LOS ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

JORGE GUSTAVO OCAMPO LEDESMA
MARÍA ISABEL PALACIOS RANGEL
ADRIÁN LOZANO TOLEDANO
JORGE AGUILAR ÁVILA

SERIE

METODOLOGÍAS Y
HERRAMIENTAS PARA
LA INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

GENEALOGÍAS, TRAYECTORIAS Y REDES

Metodologías para los estudios sociales de la ciencia, la tecnología y la innovación



DIRECTORIO

Administración Central

Dr. José Solís Ramírez

RECTOR

Dr. Artemio Cruz León

DIRECTOR GENERAL ACADÉMICO

Dr. Arturo Hernández Montes

DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Dr. Víctor Manuel Mendoza Castillo

DIRECTOR GENERAL DE PATRONATO UNIVERSITARIO

M.I. Ma. Magdalena Sánchez Astello

DIRECTORA GENERAL DE DIFUSIÓN CULTURAL Y SERVICIO

Q.F.B. Hilda Flores Brito

DIRECTORA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN

M.C. Miguel Hernández Alva

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

DIRECTOR DEL CUESTAAM

ESTA INVESTIGACIÓN, ARBITRADA POR PARES ACADÉMICOS,
SE PRIVILEGIA CON EL AVAL DE LA INSTITUCIÓN EDITORA.

Comité Editorial

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés

Dr. Manrubbio Muñoz Rodríguez

Dr. Roberto Rendón Medel

Cuidado de la edición: Gloria Villa Hernández

con la colaboración de Carlos Uziel Porras Carrasco

Diseño de portada: Lucía Santos

Ilustración de portada: Carlos de la Cruz Ramírez

Diseño y formación de interiores: Gloria Villa Hernández

Cita sugerida de este trabajo (APA6):

Ocampo-Ledesma, J.G., Palacios-Rangel, M.I., Lozano-Toledano, A., & Aguilar-Ávila, J. (2019). *Genealogías, trayectorias y redes. Metodologías para los estudios sociales de la ciencia, la tecnología y la innovación*. México: Universidad Autónoma Chapingo, CUESTAAM.

Serie: Metodologías y herramientas para la investigación, Volumen 7.

GENEALOGÍAS, TRAYECTORIAS Y REDES

Metodologías para los estudios sociales de la ciencia, la tecnología y la innovación

Jorge Gustavo Ocampo Ledesma
María Isabel Palacios Rangel
Adrián Lozano Toledano
Jorge Aguilar Ávila



MÉXICO, 2019

GENEALOGÍAS, TRAYECTORIAS Y REDES

Metodologías para los estudios sociales
de la ciencia, la tecnología y la innovación

Serie: *Metodologías y herramientas para la investigación*, V7

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

km 38.5 carretera México-Texcoco

C.P. 56230 Chapingo, Texcoco, Estado de México

Primera edición, septiembre de 2019

ISBN: 978-607-12-0433-2 (obra completa)

ISBN: 978-607-12-0558-2 (volumen)

Contenido

Introducción	9
I. Las genealogías	10
Los genetistas agrícolas	17
Los ingenieros agrícolas	41
Conclusiones de la genealogía tecnológica	46
II. Trayectorias científico-tecnológicas	47
Nuevas interpretaciones sobre el paradigma tecnológico económico	48
El Sistema Nacional de Innovación	52
Conclusiones de la trayectoria tecnológica	57
III. Redes tecnológicas	58
La Teoría del Actor-Red	63
Las redes sociotécnicas de actores	66
Las redes de conocimiento	68
Conclusiones de las redes tecnológicas	71
Epílogo	72
Bibliografía	75

Introducción

En Latinoamérica existe una pujante comunidad que trabaja sobre los estudios de Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS). En México tenemos una serie de centros, institutos y universidades que orientan sus esfuerzos en este sentido. En Chapingo, y de manera específica en el CUESTAAM, se mantiene desde hace varios lustros un colectivo múltiple que realiza sus estudios al respecto, al mismo tiempo que se enlaza de forma diversa con nuestros colegas en el subcontinente y más.

Buscamos aportar en el área de estudios CTS, explicando su fisonomía propia, desarrollando metodologías que aportan a nivel mundial, elaboramos conceptos y teorías novedosas que se aplican en nuestros referentes empíricos, orientándonos a la impartición de cursos y talleres y hacia las publicaciones. Desarrollamos de esta manera un ambicioso programa de trabajo.

La elaboración de esta publicación recupera e incluye elementos que han sido abordados de manera inicial en otros trabajos, lo cual evidencia una perseverante búsqueda y elaboraciones constantes en esto que podemos denominar distinciones de nuestra trayectoria.

Nuestros métodos de trabajo son diversos y se corresponden con cada capítulo de este escrito. De esta manera tenemos revisión bibliográfica y de archivo para poder construir las genealogías. En este sentido fueron importantes las pláticas directas con un buen número de personalidades. De la misma forma, se realizaron entrevistas formales, mediante la metodología de historia oral, con los ingenieros agrícolas. Para el capítulo de las trayectorias se realizaron básicamente revisiones bibliográficas, así como entrevistas formales con algunos representantes de esta tendencia explicativa, radicados en México. El capítulo de redes se trabajó sobre la base de revisión bibliográfica y de conferencias de algunos de los autores mexicanos mencionados como creadores de las propuestas conceptuales.

Una preocupación que atraviesa los trabajos CTS en Latinoamérica es la necesidad de sostener un campo teórico y metodológico para los estudios sociales de la ciencia y de la tecnología. Si bien es cierto que en esta conceptualización nos aproximamos a la definición del campo temático de los estudios CTS, hemos empezado por deslindar que no es sociología de la ciencia, no es historia de la ciencia, no es filosofía de la ciencia, no es antropología de la ciencia ni es economía de la ciencia y de la tecnología, no es economía de la innovación, aunque entronca estos campos y les incorpora su dimensión de análisis.

Con su evidencia interdisciplinar –toma de estos campos y más–, incluye los diferentes aspectos de las ciencias sociales, pero ha desarrollado una dimensión nueva,

ofreciendo nuevos conceptos y marcos teóricos desde donde los estudios CTS son apreciados en sus interrelaciones, en una visión de complejidad, con una identidad cambiante donde las aproximaciones se expresan en función de tradiciones explicativas regionales y nacionales.

Es una convergencia afortunada realizada desde hace más de 20 años a partir de los encuentros de la Red Esocite latinoamericana en la que se han destacado nuestros pensadores, y sus propuestas han ido creciendo y madurando, conservando y articulado de mejor forma la propia estructura organizativa, sobre todo desde Argentina, Brasil y México, pero con colectivos muy importantes en otros países: Chile, Uruguay, Colombia, Perú, Costa Rica...

La elaboración inicial de este texto tiene varios sentidos: uno directo es tener los materiales fundamentales para un Seminario del Posgrado del CIESTAAM denominado *Genealogías, Trayectorias, Innovación y Redes Tecnológicas*. Al mismo tiempo es una propuesta teórica y metodológica para ser difundida con nuestros colegas en otras instituciones y países. Es también, dicho sin modestia, una evidencia de la madurez de nuestras apreciaciones sobre estos temas que al mismo tiempo consolida e identifica a un colectivo entusiasta del que estamos orgullosos de integrar.

En la explicación de estos tres temas se incorporan elementos de autores destacados, en un recuento apretado, y se promueven aportaciones propias desarrolladas en nuestro Centro de investigaciones y en la Universidad Autónoma Chapingo, más como resultados de investigaciones y de trabajos en campo que le brindan distinciones, donde la innovación, la transferencia de tecnología, la promoción de las organizaciones productivas y el desarrollo regional nos obligan a desplegar resultados novedosos.

I. Las genealogías

Referirnos a las genealogías nos remite a una comprensión de estudios CTS¹ en la dimensión analógica de la genética, aplicada sobre la comunidad científica, donde las herencias, las hibridaciones, los dominantes y los recesivos pueden entenderse con otras miradas.

¹ Una aproximación a los estudios Ciencia, Tecnología, Sociedad en Latinoamérica entronca directamente con pensamientos y escuelas derivadas de la Filosofía, Economía, Sociología, Política, Historia, Antropología, todas de la ciencia y de la tecnología y, en ocasiones de la innovación. No se agotan los campos particulares y cada una desde su propio enfoque dentro de las ciencias sociales intenta generar explicaciones alrededor de esta actividad humana.

Si bien con la genealogía se trata de comprender la ascendencia y descendencia de una persona, una familia o un grupo humano, animal o vegetal, también podemos extender sus aportes a organizaciones y tendencias sociales, incluidas las técnico-científicas y sus resultados.

Con esta propuesta más ambiciosa podemos explicar otras relaciones sociales. Nos interesan las que se vinculan con el proceso de elaboración, difusión y consumo de las propuestas Ciencia-Tecnología-Innovación (CTI), donde se superan las versiones derivadas de la razón instrumental² y se pueden apreciar a los resultados científico-tecnológicos desde la perspectiva de la acción comunicativa, como nudos de relaciones sociales³.

De esta manera, los resultados científico-tecnológicos devienen no sólo en aparatos, instrumentos, explicaciones, metodologías y teorías, laboratorios, colegios, cursos, revistas, sino que se inscriben en relaciones de poder, de dominio económico, de formulaciones ideológicas y culturales, de conformación de grupos, asociaciones y tendencias⁴.

Conducen su reflexión en dos grandes orientaciones: el debate sobre la relación Naturaleza-Sociedad, y las definiciones de sus propios campos temáticos, cuestión que incluye debates en las ciencias sociales y humanísticas desde hace largo tiempo. Un elemento que atraviesa los afanes en estas orientaciones es la definición metodológica, donde las presencias de las discusiones entre la validez y relación de lo objetivo y lo subjetivo, y de lo cuantitativo y lo cualitativo, entre otras, son recuperadas una y otra vez. Los estudios CTS mantienen una distancia de estas ciencias particulares, que si bien nutren su existencia, devienen en una pretensión integradora, con campos de problemas nuevos, en una actividad provocadora y muy crítica que permite descubrir enlaces y formas explicativas desde la complejidad, siempre tendientes a conducirse hacia la orientación de políticas públicas, a apreciar procesos, generar nuevos conceptos y teorías, y ampliar las bases metodológicas. De aquí que las sugerencias hacia las definiciones epistemológicas y gnoseológicas amplían su presencia. Ver: Leonardo Vaccarezza (1988), Antonio Arellano (2014), Renato Dagnino (2010) y Juan José Saldaña M. (1989a y 1989b).

² La razón instrumental derivada de la concepción moderna de la ciencia que entronca con el positivismo, coloca a la Razón como el atributo que distingue a la sociedad de las expresiones naturales, y lo señala como emblema de la Humanidad. Devenida como instrumento de dominio, de distinción y de explicación del mundo, la Razón es colocada en un pedestal que la sitúa por encima de conflictos y contingencias mundanas, sean económicas, políticas, culturales, etc. Es el instrumento por excelencia de la ciencia, con lo que es capaz de superar todo problema del conocimiento o del desarrollo humano.

³ Similar a Paulo Freire en su apreciación de la educación como instancia de comunicación, donde el educando se convierte en educador y el educador requiere ser educado, Jürgen Habermas sostiene desde la Escuela de Frankfurt su teoría de la Acción Comunicativa, donde cuestiona el papel supuestamente estático del emisor y del receptor. Aplicado al conocimiento, y desde ahí a la transferencia de la ciencia y la tecnología, rompe con la razón instrumental y asume la necesidad de traspasar esa visión limitada y entender al conocimiento de ida y vuelta. Ver: Paulo Freire (1984); Jürgen Habermas (1986); Jorge Ocampo Ledesma (2004).

⁴ Thomas S. Kuhn en su texto clásico sobre la estructura de las revoluciones científicas, elabora el concepto de paradigma científico-tecnológico en una amplia discusión con su maestro, Sir Karl Popper. La elaboración de hipótesis, conjeturas y refutaciones son superadas al decir de Margaret Masterman, por los conceptos de paradigma, de ciencia normal y ciencia periférica. En una definición apretada podemos decir que el paradigma kuhniano es una creencia científica-tecnológica sostenida por una comunidad científica-tecnológica, y que se reproduce como dominante al estar situada en el centro frente a otras creencias marginales. De ahí la explicación de la ciencia en el Centro y en la Periferia. De ahí también que la creencia tiene validez al estar avalada y reproducida por la comunidad,

Esta es, sin duda, una visión compleja de la CTI, en la que se incluyen múltiples explicaciones, desde donde se desarrolla una verdadera explicación alejada de los simplismos y de las elaboraciones reduccionistas que, al final, dejan de lado la profundidad explicativa y se manejan en la apariencia, en la que cual las interpretaciones son reducidas e incluso cuantificables⁵.

La genealogía, entendida de manera rápida como el estudio y seguimiento de la ascendencia y descendencia de una persona o una familia, aplicada a los estudios de la CTI, se convierte en un hilo conductor para comprender lo que Latour denomina ciencia en acción, no sólo como el acto formulador de la ciencia y de la tecnología, sino como un proceso de construcción de mediano y de largo plazo, donde se aprecian las confrontaciones y los conflictos, junto a las herencias y construcciones teóricas, la realización de actividades prácticas y la consolidación de instituciones⁶.

Para lograr este trabajo genealógico es necesario incorporar otros mecanismos, como la prosopografía, es decir, el estudio de los linajes, las distinciones que ocurren dentro de las formulaciones de la CTI. De esta manera podemos precisar cómo se promueven los linajes, la prosapia científico-tecnológica. Esta prosapia nos indicará entonces el origen de las escuelas de pensamiento CT y de Innovación, sus aportes fundamentales y sus progenitores, las continuidades y rupturas en su proceso de desarrollo con sus aciertos y tropiezos, los conflictos ocasionados en este proceso, los impulsos a su dinámica y los mecanismos de propulsión, y las formas en que se ha construido.

y ésta adquiere personalidad e identidad al mantenerse dentro de la creencia C-T. Ver: Thomas S. Kuhn (1992); Karl Popper (1994); Margaret Masterman (1975); y Jorge Ocampo Ledesma (2004).

⁵ Generalmente se apela a la cuantificación como criterio de verdad. Esa es la base de la objetividad y de la versión ilustrada positivista de la ciencia. Sin embargo, desde la formulación de las matemáticas no euclidianas, de la relatividad einsteniana, de los planteamientos de la física cuántica de Bohr y del principio de incertidumbre de Heisenberg, entre otras, esta interpretación no será nunca más la verdad en hombros de gigante, como nos indicó Newton. La verdad es relativa y la ciencia se desplaza no por caminos reales -mucho menos por autopistas- sino por veredas. Si a los cuestionamientos desde las matemáticas y la física se incorporan las críticas de las ciencias sociales, de la historia, de la antropología, y más aún del arte -el impresionismo, el dadaísmo y el surrealismo- tenemos un panorama muy complejo e interesante, donde la verdad se descubre o no, desde múltiples formas. Y sin embargo, la estadística, sin negar su valor como herramienta, mantiene constantemente su pretensión de validar una sola verdad, y no cede un ápice de su comprensión de la realidad. Ver: Jorge Ocampo Ledesma (2007a).

⁶ En vez de observar a la ciencia y a la tecnología por sus resultados, se trata de comprender y explicar cómo se produjeron estos resultados, convertidos en artefactos, habilidades, destrezas, conocimientos, relaciones... Cuando se aprecia la ciencia en acción, en construcción, afloran las controversias y las contradicciones. Sus resultados se humanizan, se llenan de contenidos y de sentidos diferenciados, los actores humanos y no humanos se despliegan, lo cual resulta no sólo enriquecedor pues proporciona amplios espacios explicativos, sino que se presenta la oportunidad de provocar formulaciones que no tendrían cabida ante los resultados inertes. Ver: Bruno Latour (1992); y Jorge Ocampo Ledesma y Rosaura Reyes Canchola (2017).

Visto en términos etnológicos, se trata de apreciar las distinciones mediante las cuales adquiere identidad, desde donde se formula una construcción específica de colectivos y sus resultados, en este caso de CyT, con las formulaciones de cultura científica, de lenguajes propios establecidos enseguida como términos y conceptos explicativos, de ejemplos y de escuelas de pensamiento, de selección de metodologías y objetos de estudio.

La etnología posee sus propios métodos de trabajo, preferentemente en campo; parte de la selección de los objetos de estudio establecidos alrededor de los grupos sociales, de los cuales trata de apreciar sus características. Enseguida establece diferentes acciones en campo: la observación, preparada de manera minuciosa para apreciar rasgos y comportamientos que han sido establecidos en cuestionarios; la aplicación de encuestas, para recibir información precisa de primera mano; el manejo de entrevistas, una vez destacados los informantes, sea como estudios de caso o como los llamados clave; la integración a la comunidad, siempre que sea posible, y lo cual incorpora a diferentes formas de investigación (investigación participativa, investigación acción, investigación desde dentro, etcétera).

LA PROSOPOGRAFÍA Y LAS REDES SOCIOTÉCNICAS DE ACTORES

La prosopografía, de acuerdo a la RAE, se define como la descripción del exterior de una persona o de un animal. Aplicada a los procesos sociales puede entenderse con más elementos, de inicio no sólo a los externos.

La prosopografía es cada vez más utilizada en las explicaciones sociales e históricas, y es considerada como un método de explicación de genealogías. En nuestro caso, lo aplicamos a la reconstrucción de las comunidades de científicos y de técnicos, que nos permite apreciar las continuidades y las rupturas, acaso poniendo en práctica lo señalado por T. S. Khun respecto a la relación seguida entre la ciencia normal y la ciencia periférica.

El hilo conductor por el que se mueve la prosopografía es el pensamiento científico y tecnológico, es decir, el conjunto de ideas, planteamientos, conceptos e ideologías que se desarrollan alrededor del quehacer de los técnicos y de los científicos. Lo que destaca esta metodología es similar a la reconstrucción del árbol genealógico familiar, sólo que en vez de atender al apellido para estructurar los linajes, éstos se recomponen por la afinidad, el acercamiento y la formación de escuelas de pensamiento, donde la tradición expresada en los linajes científico-tecnológicos, los mitos sobre los cuales se fundan y desarrollan, y las herencias culturales que mantienen y validan, adquieren una significación similar a las familiares.

El linaje científico-tecnológico, compuesto por las elaboraciones teóricas y metodológicas del pensamiento científico y técnico -las escuelas de pensamiento científico-

técnico-, así como por los elementos de estructura (laboratorios, bibliotecas, asociaciones, academias, cátedras, etc.) y de conceptos y líneas de trabajo y de investigación, de relaciones y de influencias políticas y sociales, de prestigios y de personalidades, son reforzados por las elaboraciones míticas y simbólicas que agrupan a una comunidad científico-tecnológica bajo la consideración de poseer un origen común y de compartir por tanto una identidad simbólica, ordenada en torno a afinidades y jerarquías, así como por conceptos y organizaciones.

Estas consideraciones sobre el linaje pueden ser extendidas o reducidas, según el punto de observación. La amplitud se refiere en relación a la noción que se posee respecto a la influencia del pensamiento o escuela científico-tecnológica. Sin embargo, por sus propias características, el pensamiento científico-tecnológico no posee un límite preciso, una frontera definida con toda precisión. Siendo construcciones sociales, se expresan en una dimensión donde las fronteras se diluyen en playas de amplias extensiones y donde anidan diversos procesos. A pesar de ello, la parte nodal de la escuela científico-tecnológica requiere precisarse, pues de otra manera los linajes se pierden, las personalidades se diseminan y las identidades se disuelven.

La formación de los linajes y la estructura de una tradición se presentan con mayor intensidad en el centro de las construcciones científico-tecnológicas, en los espacios inmediatos a la personalidad-eje. A medida que las elaboraciones se alejan de estas condiciones, el pensamiento o escuela científico-tecnológica se descompone, incorporando elementos que hibridizan sus formulaciones, al tiempo que en ocasiones permite enriquecerlas, y en otras deformarla, por ejemplo con la exégesis acrítica.

También aquí la herencia requiere de precisar las paternidades, mantener las identidades y los linajes y garantizar las sucesiones, evitando las imprecisiones al respecto. Sin embargo, en tanto la formulación extendida del linaje, éste puede rebasar la frontera del grupo inmediato y de la personalidad-eje, inscribiéndose en periodos históricos amplios, procesos de larga duración que no necesariamente se corresponden con los ciclos políticos o económicos. Es en estos ciclos científicos-tecnológicos dónde los alcances de la tradición construida por este pensamiento o escuela científico-tecnológica, pueden observarse de manera más completa y donde las fronteras ya no se presentan tan evidentes como en los acercamientos desde lo cotidiano.

Estos alcances se pueden representar, por ejemplo, con la emergencia simultánea de varias expresiones dentro de un mismo pensamiento científico-tecnológico, que aun cuando se elaboren y se ubiquen en instituciones diferentes y con diversas ofertas científicas y técnicas, aun con estas diferencias se pueden comprender dentro de una misma concepción, al compartir marcos conceptuales y teóricos de identidad sólo visibles en una perspectiva histórica de largo plazo.

Es claro que este proceso de formulación prosopográfica detalla la conformación de paradigmas científicos y tecnológicos, mismos que constituyen el elemento fundamental de identidad dentro de la ciencia y de la tecnología.

Fuente: Tomado de Jorge G. Ocampo Ledesma (2004).

Los resultados de los trabajos de campo deben ser sistematizados, clasificados, apreciados desde una óptica en donde la verdad no es una sola, sino que procede de todos los casos de los sujetos, y desde ahí ofrecer los resultados, especialmente a los mismos grupos objeto de estudio⁷.

Si la selección de los grupos de interés se establece desde los estudios CTI, entonces se deben precisar sus segmentos, que bien pueden destacarse desde el propio proceso productivo de la ciencia y la tecnología que, entendida de manera amplia, incluye a los creadores de la CT –la comunidad científica-tecnológica y las instituciones–, la producción propiamente dicha de la ciencia, convertida en resultados materiales, acaso en tecnología, donde destacan las empresas y los empresarios. Por otra parte, se incluye al Estado, en tanto agente privilegiado de este proceso, pues su actuar comprende orientaciones y políticas y programas de apoyo para la CTI, inversiones, leyes y permisos, requerimientos, creación y manejo tanto de instituciones como de dependencias gubernamentales, en ocasiones la generación de las propias empresas, etcétera.

Finalmente, un actor constantemente soslayado hasta casi volverlo invisible, es el consumidor de la CT, que en ocasiones también lo es de las innovaciones o, seguramente, él mismo se convierte también en innovador. Sin exagerar, toda la humanidad es consumidora de CT, pero en el caso que nos ocupa se restringe a los consumidores que son a la vez productores, y quienes utilizan los resultados tecnológicos para trabajar. Una derivación importante de esto es que con nuestros estudios CTI logramos, al igual que con los otros segmentos sociales, identificar a productores líderes, precisar su origen y área de influencia, comprenderlos en relaciones amplias y específicas, que nos permitan orientar propuestas de políticas y leyes, de programas de apoyo y capacitación, y de iniciativas de desarrollo regional y local.

Cuando en la versión convencional son apreciados los consumidores de CT, se advierten desde una visión económica que los considera depreciados, sólo como parte de la demanda en el mercado. Apenas se atisban sus personalidades, sus características y formas organizativas y operativas alrededor de la CTI, pues son reducidos a su mínima expresión, no son importantes.

⁷ El incorporar la dimensión de la no existencia de una sola verdad incontrovertible no significa fincar el postulado de la incapacidad de conocer la verdad -o verdades-, o de abrazar el posmodernismo con sus respuestas individualistas, sino de comprender mediante los estudios de caso las diferentes versiones del conocimiento, a fin de poder elaborar mediante la síntesis -o integración de casos en sistemas explicativos- aproximaciones fundamentadas al conocimiento verdadero.

Al destacar a los consumidores y apreciarlos en toda su dimensión dentro del proceso de la CTI, se incluyen múltiples relaciones –sociales, económicas, políticas, culturales–, y la tecnología puede entenderse desde el otro lado del espejo, valga la metáfora, en una visión deconstructiva (Derrida, 1989). Es ahí donde el resultado CT se puede apreciar claramente, más que como simple artefacto, como actor no humano, como actante (Latour, 2008)⁸, más allá de las valoraciones convencionales de la CTI. Entonces los consumidores devienen en innovadores, en formuladores de necesidades, su presencia completa el panorama y enriquece las explicaciones CT.

La comunidad de científicos y técnicos, los empresarios, el Estado y los consumidores detallan el proceso de producción amplio de la CT. Éstos conforman una estructura de relaciones internas, capaz de precisar con mucho detalle las explicaciones al respecto. En otro trabajo los hemos denominado *sujetos tecnológicos*, en una versión de estudios CTI (Ocampo, 2007b).

De cada grupo se puede precisar su dimensión etnológica, cualquiera que sea su área de trabajo y su dimensión histórica o numérica, apreciando sus orígenes, cultura y lenguajes, características y personalidades, la formulación de sus identidades y justificaciones de vida, sus agrupaciones y dinámicas de largo plazo, sus procesos y conflictos, mitos fundacionales y ritos operativos.

Con las genealogías –donde incluimos la prosopografía, los linajes científico-tecnológicos y se incorpora un manejo desde la etnología– nos aproximamos de otra manera a las explicaciones CTI. Podemos precisar como ejemplos, las herencias en la ciencia y la tecnología, o cómo se construyen los paradigmas CT por medio de los representantes y voceros, y realizar las propuestas de desarrollo señaladas antes.

⁸ En el texto **Reensamblar lo social. Una Introducción a la teoría del actor-red**, Bruno Latour (2008) cuestiona de manera fuerte la validez del término social y por tanto de la propia sociología o estudios sociales, y desarrolla una propuesta sobre la incorporación de los objetos como actores destacados en los escenarios sociales, con lo que incrementa el debate que se mantiene sobre las relaciones naturaleza-sociedad y sujeto-objeto. Los actores no humanos o actantes cobran una vigencia especial en las explicaciones sobre ciencia y tecnología. Ver sobre todo la Parte I, en la *Tercera fuente de incertidumbre: los objetos también tienen capacidad de agencia*, pp. 95 y s. Ver también el excelente trabajo de Joaquín H. Camacho Vera (2016), pp.9-41.

Los genetistas agrícolas

... El genetista aprovechando las Leyes de la Herencia ha logrado formar en sólo dos décadas, mejores maíces que los que el hombre había logrado seleccionar sin estos conocimientos, en 7,000 años.

Ing. Gilberto Palacios de la Rosa, (1964).

En el caso de la genética, apreciamos un proceso paulatino durante el siglo XX. Para el XXI, las confrontaciones con la biotecnología permiten apreciar otros escenarios. La genética en México tiene una presencia desde la década de 1930, acaso con antecedentes durante la de 1920. Sus expresiones en nuestro país se producen alrededor del mejoramiento en plantas, más que en animales y árboles⁹. Hablamos de la genética agrícola, precursora de los mejoramientos en la ganadería en las diferentes especies.

El mejoramiento agrícola siempre ha acompañado a la agricultura. De hecho, esta actividad implica una selección de especies a trabajar, de ejemplares a reproducir y de resultados a observar. La experimentación agrícola, fundada en la experiencia, ha existido desde los orígenes de la agricultura¹⁰.

Las experiencias mendelianas, desarrolladas a mediados del siglo XIX, no fueron divulgadas en ese siglo; son promovidas con reservas cada vez menores a inicios del siglo XX¹¹. El ingreso en América Latina se produce de manera pionera por medio de dos destacados agrónomos: Edmundo Taboada Ramírez, en México, y Salomón Horowitz, en Argentina. Ambos estudiaron en la Universidad de Cornell¹² hacia finales de la década

⁹ Los procesos de mejoramiento en plantas pueden ser de algunos años, acaso una década, para empezar a obtener resultados. En el caso de los animales los periodos son más grandes. Con los árboles el proceso es mucho más largo. Seguramente esto determinó las orientaciones iniciales.

¹⁰ El M.C. Inocencio Guerrero, infatigable investigador en campo, nos dice en sus cursos que el mejoramiento de la agricultura es un curso de 100 lecciones. Una por año. La experimentación agrícola puede acortar este proceso.

¹¹ Ver: José Luis Meléndez Ibarra (2015).

¹² En la década de 1860, el presidente de los Estados Unidos A. Lincoln, estableció por decreto los Land Grand Colleges, las escuelas de tierras subvencionadas. Así se formó la Universidad de Cornell, hasta la mitad del siglo XX con pocas carreras donde destacó la de agricultura. En la segunda mitad del siglo XX decidió abrir su perfil hacia otras carreras y en otros países, con lo cual fortaleció su ya de por sí amplia y prestigiosa presencia. Cornell reconoce su origen agrícola con afecto. Ahí estudiaron Edmundo Taboada y Salomón Horowitz a fines de la década de 1920, principios de la de 1930. Aquel sólo estudió cursos, mientras que éste estudió la maestría en ciencias. Seguramente se conocieron, aunque no tenemos evidencias. Dentro de sus estudios están los de genética, disciplina que había llegado de Europa, y Cornell fue una de sus difusoras importantes en el continente. De ahí que ambos ingenieros, de manera simultánea, hayan escrito sus **Apuntes de Genética**, uno para México, otro para Argentina, en 1938, casi

de 1920; Horowitz como posgraduante, Taboada asistiendo a cursos. Al regreso a sus países compartieron el mérito de ser autores, cada uno por su lado, del primer libro de genética escrito en el subcontinente, en 1938, como *Apuntes de Genética*, como uno de los resultados de sus cursos en las escuelas de agricultura¹³.

En nuestro país, la historia de la genética se inició –como en la mayor parte de los países– como genética agrícola, por medio de cursos en la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), situada en Chapingo, Estado de México. Si bien podemos citar al profesor Pandurang Kankhoyen como uno de sus precursores, siendo maestro en la ENA, sus trabajos carecieron de la formación científica mendeliana y no fundamentaron a la ciencia genética¹⁴.

A principios de la década de 1930, con la presencia del Ing. Edmundo Taboada, la genética agrícola cobra una importancia indudable. En ese período, al ingeniero -nombrado Jefe-, le correspondió reorganizar la Oficina de Campos Agrícolas Experimentales (OCAE)¹⁵, al mismo tiempo que recuperó y reestructuró los cursos de Introducción a la Genética, Divulgación Agrícola y Experimentación Agrícola.

en el mismo formato: mimeografiados, sin encuadernar, con dibujos a mano, etc. Son los primeros libros de genética escritos en Latinoamérica. Ver: Hebe Vessuri (2016), y Edmundo Taboada Ramírez (1938) (2016).

¹³ A raíz de la separación –en 1977– del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, se prepararon para salir del campus de la naciente Universidad Autónoma Chapingo, cuestión que hicieron en 1984. En esas fechas se llevaron sus libros de la Biblioteca Central de la reciente UACH. El INIA hizo lo mismo. Se dismanteló la que era en ese tiempo la mejor biblioteca agrícola de Latinoamérica. Poco tiempo después, con la orientación del bibliotecario –*libro que no se usa, libro que se desecha*–, se pasaron al descarte miles de textos. Es de destacar que muchos libros, una verdadera riqueza patrimonio de la UACH, se perdió con esta acción, pese a la recuperación que hicimos los historiadores y otros maestros. Muchos de los materiales rescatados provienen de la vieja Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, desde el siglo XIX. Entre este descarte –con el destino final de enviarlos a la venta por kilo– estaban alrededor de 130 ejemplares mimeografiados desde 1938 de los **Apuntes de Genética** de Edmundo Taboada. Los profesores agrupados en el entonces Programa de Investigaciones Históricas del CIESTAAM, al enterarnos de estas acciones, decidimos promover y fundar, en 1994, el Archivo Histórico de la UACH, situado desde hace más de 20 años en la Biblioteca Central. Los ejemplares de Taboada se empastaron; se incluyó una presentación por parte de los maestros Jorge Ocampo y Rosaura Reyes, y en 2016 la disposición siempre amistosa del Dr. Said Infante, editor principal del Colegio de Postgraduados, reprodujo de manera pulcra este material. Ver: Edmundo Taboada (1938) (2016).

¹⁴ Khankhoje fue un destacado investigador agrícola que se incorporó a la lucha independista de la India a fines del siglo XIX, principios del XX, y se convirtió en comunista. Llegó como exiliado a México recién trasladada la ENA de San Jacinto a Chapingo, donde se destacó en las investigaciones sobre el maíz y su relación con el teocintle, que si bien se conocían sus relaciones no se habían precisado. Sin el apoyo de la genética y sus métodos, desarrolló experimentaciones que evidenciaron la presencia de los llamados *maíces tunicados* y de otras derivaciones, como el *maíz granada*, que tiene una importancia en la sucesión de los maíces enlazados cercanamente con el teocintle. Se incorporó también en la promoción de las escuelas campesinas, sobre todo en la zona cercana a Texcoco, que fueron impulsadas por el gobierno revolucionario durante las primeras décadas después de la guerra. Ver: Casas, Infante, Jiménez y Martínez (2012). Ver también la entrevista realizada al Dr. José Luis De la Loma y Oteyza en Leobardo Jiménez (1984), pp. 159 y s.

¹⁵ Ver: Juan Manuel Cervantes y Juan José Saldaña (2007).

Dotado de un manejo de matemáticas aplicadas a la estadística, se encontró que en la OCAE era imposible comparar resultados de la experimentación agrícola porque no había uniformidad en el método de trabajo en las diferentes regiones y campos agrícolas experimentales del país. Entonces promovió varias iniciativas; una fue la formación de ingenieros agrónomos desde que eran estudiantes, en el manejo de la ciencia genética y sus métodos de experimentación. Con este grupo de investigadores se formó la escuela de genetistas agrícolas.

Una segunda iniciativa la impulsó al elaborar un método de experimentación agrícola, derivado de la formación recibida, mismo que denominó *Método Taboada de Experimentación Agrícola*, por lo que instruyó a todos los ingenieros y trabajadores en experimentación agrícola de la OCAE para que lo aplicaran¹⁶.

Taboada elaboró el texto **Apuntes de Genética**, con lo que por primera vez en nuestro país y en Latinoamérica se tuvo un material de capacitación y estudio escrito. Horowitz desarrolló una publicación similar en Argentina. Al mismo tiempo, impulsó reuniones de presentación de resultados de trabajo para intercambiar experiencias y fortalecer al colectivo de investigación aplicada¹⁷.

Las enseñanzas de Taboada influyeron en decenas de investigadores agrícolas, en los que confluyeron el estudio y desarrollo de la genética y sus aplicaciones a diferentes cultivos¹⁸. Destaca la orientación política que el propio Ing. Marte R. Gómez imprimió desde la Secretaría de Agricultura, que dirigió de 1940 a 1946 durante el período presidencial del Gral. Ávila Camacho. Su objetivo de trascender a la revolución agraria mediante la revolución agrícola lo llevó a promover una estrategia amplia, lo mismo impulsar la formación de cuadros técnicos para las investigaciones agrícolas en el creciente número de campos de experimentación agrícola, que fomentar nuevas áreas de educación

¹⁶ Ver Taboada (1938) (2016, p. 20). En la Introducción se señalan diversas publicaciones sobre experimentación agrícola de la autoría del Ing. Taboada.

¹⁷ Incluimos enseguida las biografías de destacados agrónomos. Los créditos de los textos y de las obras a lápiz se presentan al final de esta obra.

¹⁸ De acuerdo con el Mtro. Efraím Hernández Xolocotzi, los programas de investigación impulsados por Taboada abarcaban el mejoramiento de los cultivos de interés existentes en México -incluían cacao, hule, linaza, arroz, entre otros-. A diferencia de esta orientación, la Oficina de Estudios Especiales (OEE) centró su atención en tres cultivos: maíz, frijol y trigo. En la opción del Instituto de Investigaciones Agrícolas, dirigida por Taboada, se trabajó con la visión de los cultivos necesarios, con lo cual se dispersan los esfuerzos, mientras que centrar en pocos cultivos permitió a la OEE diseñar una estrategia integral multidisciplinaria y con capacitación a los técnicos, al decir del Maestro Xolocotzi. Ver la entrevista realizada al Ing. Efraím Hernández Xolocotzi por Leobardo Jiménez (1984), pp. 210 y s.

agronómica, constituir los colectivos, enderezar presupuestos, fomentar el riego y la mecanización, etcétera. Entre los destacados agrónomos que participaron con gran entusiasmo se encuentra Eduardo Limón¹⁹.

A principios de la década de 1940 nuestro país se nutrió con lo mejor de España, por medio de la llegada de los llamados afectivamente *refugiados*. En la Escuela Nacional de Agricultura se incluyeron algunos²⁰. Destaca en la línea de la genética el maestro José Luis De la Loma y Oteyza, heredero de los cursos de Taboada, con quien compartió diferentes tareas alrededor de la genética agrícola. Su incorporación permitió reforzar al grupo de genetistas en lo que podemos señalar como una segunda generación, y le dio oportunidad a Taboada de dedicarse con más tiempo a las tareas del Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA).

De la Loma y Taboada compartieron la formación inicial de los genetistas agrícolas en México, involucrados en las dinámicas de la Revolución Verde. A pesar de que De la Loma se involucró en tareas estadísticas hidráulicas en dependencias del gobierno federal, mantuvo una fuerte relación con la ENA. De ahí se formó un grupo de investigadores en genética vegetal, metido de lleno en los estudios sobre mejoramiento de dos decenas de especies agrícolas, las que consideraron necesarias para la producción campesina enderezada como pilar de la soberanía alimentaria y nacional.

Dentro de este grupo destacó el Ing. Gilberto Palacios De la Rosa, quien de manera temprana, a su egreso en 1941 como profesional, se dedicó al mejoramiento del hule - cultivo vinculado con el sector agroexportador, centro de atención de los gobiernos de México y EUA por las dificultades tenidas durante la II Guerra Mundial al controlar Japón el Asia tropical- en los límites de Veracruz y Oaxaca, en el Campo Experimental *El Palmar* establecido en Tezonapa, Veracruz, en los altos del río Papaloapan; tarea establecida por la Oficina de Campos Agrícolas Experimentales, entonces dirigida por el Ing. Taboada.

¹⁹ Ver: Aboites (2002).

²⁰ Además de José Luis de la Loma y Oteyza, se incorporó como profesor de economía Andrés Oteyza y De la Loma. Más adelante se incluyó como alumno Rodolfo Santamaría Playá, quien luego sería profesor, ver: Rosaura Reyes Canchola (2010) y (2011). Durante un muy corto tiempo se integró también el maestro José María Dorronsoro. Ver, también: Egresados (2016).



Edmundo Taboada Ramírez

Pionero de la investigación agrícola nacional

Nació el 12 de diciembre de 1906 en Ciudad Guzmán, Jalisco. Inició estudios en 1921 en la Escuela Superior de Agricultura *Hermanos Escobar*, de Ciudad Juárez, Chihuahua. En 1922 ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) de San Jacinto, en la que concluyó sus estudios en 1928 en la misma Escuela, ya ubicada en Chapingo; se graduó como Ingeniero Agrónomo especialista en Irrigación. Trabajó en el Departamento de Química y Suelos de la Secretaría de Agricultura, ahí se encargó del estudio de los suelos del Valle de México y de La Laguna, durante los años de 1930 y 1931.

Entre 1932 y 1933 realizó estudios en Genética General, Genética Vegetal Aplicada, Citología, Fisiología Vegetal, fitomejoramiento del maíz, frijol y trigo en la Universidad de Cornell, en Estados Unidos; también participó en cursos sobre trigo en Ottawa, Canadá. En la Universidad de Minnesota realizó prácticas de mejoramiento de maíz y trigo. Con esta preparación, y motivado por un gran interés de trasladar la ciencia y las técnicas modernas al campo mexicano, el ingeniero Taboada se convirtió en el primer profesional mexicano especializado en genética. Fue Jefe de la Estación Experimental del Yaqui, Sonora (1934) y Jefe del Departamento de Operación de Distritos de Riego y Director de los Campos Experimentales (1935-1939).

Ingresó como profesor de la ENA en 1936, para impartir los cursos de Genética General, Genética Vegetal Aplicada y Experimentación e Investigación Agrícola, donde constituyó la Academia de Genética que cuenta ahora con una gran tradición científica. Trazó los principios básicos de la genética aplicada en México y diseñó los modelos experimentales agrícolas aplicados. Fue Jefe de la Sección de Campos Experimentales de la Secretaría de Agricultura en 1940 y Jefe del Departamento de Campos Agrícolas Experimentales entre 1941-1946.

Se desempeñó como Director Fundador del Instituto de Investigaciones Agrícolas de 1947 a 1960. La conformación de la investigación agrícola y la reestructuración de los campos agrícolas experimentales fue otro de los grandes aportes del ingeniero Taboada a la investigación y a las ciencias agrícolas en México, no sólo por consolidar un espacio de trabajo, sino por la orientación nacionalista y agrarista que infundió en las actividades de experimentación e investigación agrícolas, reflejo de su profunda vocación agronómica.



Edmundo Taboada Ramírez

Impulsó a investigadores agrícolas en el país; estableció la red nacional de campos experimentales y promovió la investigación hacia la creación de variedades estabilizadas de maíz, frente a la tendencia comercial del uso de híbridos, buscando apoyar en la productividad al pequeño productor que utiliza su propia semilla, vinculando al investigador con el agricultor en forma directa, en un proceso de aprendizaje mutuo.

Ocupó los cargos de vocal del Instituto de Investigación Científica en México entre 1951 y 1954, y de Secretario del Consejo Nacional de Investigación y Enseñanza Agrícola Superior en los años 1960 a 1964. Continuó sus trabajos de investigador agrícola y perfeccionó variedades de maíz a polinización libre para las zonas de temporal en Zacatecas (1976-1982).

Tiene una amplia producción editorial, además de trabajos académicos como sus apuntes: Genética General, Genética Vegetal Aplicada, y Experimentación Agrícola.

El ingeniero Taboada murió en la Ciudad de México el 7 de diciembre de 1983.

José Luis de la Loma y Oteyza

...Para formarse como ingeniero agrónomo
tiene que refrendar en el campo sus conocimientos teóricos
adquiridos en la escuela y en el diario contacto
con los agricultores.

Nació en Madrid, España, el 27 de marzo de 1901. La profesión de ingeniero agrónomo constituyó una tradición familiar, de ahí que desde su temprana infancia José Luis haya decidido ser ingeniero agrónomo igual que su padre. En diversas ocasiones declaró que, aunque la Agronomía la estudiaba principalmente la elite española, como los hijos de terratenientes, existían excepciones, y tal era su caso.

Realizó sus estudios en la Escuela Especial de Ingenieros Agrónomos La Moncloa, en Madrid, de 1915 a 1922. Fue profesor de Matemáticas y Biología en la Preparatoria para ingresar en la Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, entre 1920 y

1936. Trabajó como ingeniero en la Sociedad General Azucarera del Ministerio de Agricultura entre 1922 y 1936. Esta Sociedad realizaba la mejora de la remolacha azucarera y fue principalmente en este centro donde se inició en genética aplicada.

De la Loma y su familia llegaron a México en 1939, al final de la Guerra Civil española; en 1941 se nacionalizó. En 1940 se incorporó a la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) en Chapingo, donde sustituyó en su cargo a Edmundo Taboada Ramírez. Las materias que impartió fueron: Genética general, Genética aplicada, Experimentación agrícola y Ecología vegetal, en diferentes especialidades. Fue profesor consejero entre 1959 y 1965; profesor titular en la ENA-UACH hasta 1984, año en que se jubiló.

Trabajó en el Instituto Hispano-Mexicano Juan Ruíz de Alarcón de 1940-1941; en el Consejo Nacional de Economía, formando parte de la Comisión de Planificación Económica de 1942 a 1945 y Dirección General de Distritos de Riego, en 1946. También fue jefe del Servicio de Planeación, Investigaciones y Estadísticas en 1951; Director de Estadística y Estudios Económicos en 1966; Subdirector General de Economía Agrícola de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1977.

Obtuvo reconocimiento como *Profesor Emérito* y, en 1983, el Consejo Universitario acordó otorgarle el doctorado *Honoris Causa*. En 1984 también recibió esta distinción del Colegio de Postgraduados.

Fue miembro de diferentes sociedades, entre ellas de la Sociedad de Geografía y Estadística, Sociedad Agronómica Mexicana, Colegio de Ingenieros Agrónomos y Asociación Mexicana de Ingenieros y Arquitectos. Así mismo del Ateneo de México desde su fundación en 1949, cuando asumió la secretaría general de esta institución, puesto que detentó junto a José Puche hasta 1977, cuando fue nombrado presidente honorario. Entre sus obras se encuentran cuatro títulos de libros publicados en España y 15 en México.

Falleció en la Ciudad de México el 20 de noviembre de 1991.



José Luis de la Loma y Oteyza

Rodolfo Santamaría Playá

Formar agrónomos teóricos y prácticos

Nació en una pequeña población de España, entre cultivos de hortalizas y fábricas de textiles, el 11 de noviembre de 1924. Su madre fue obrera de una de estas fábricas, y su padre se especializó como perito textil.

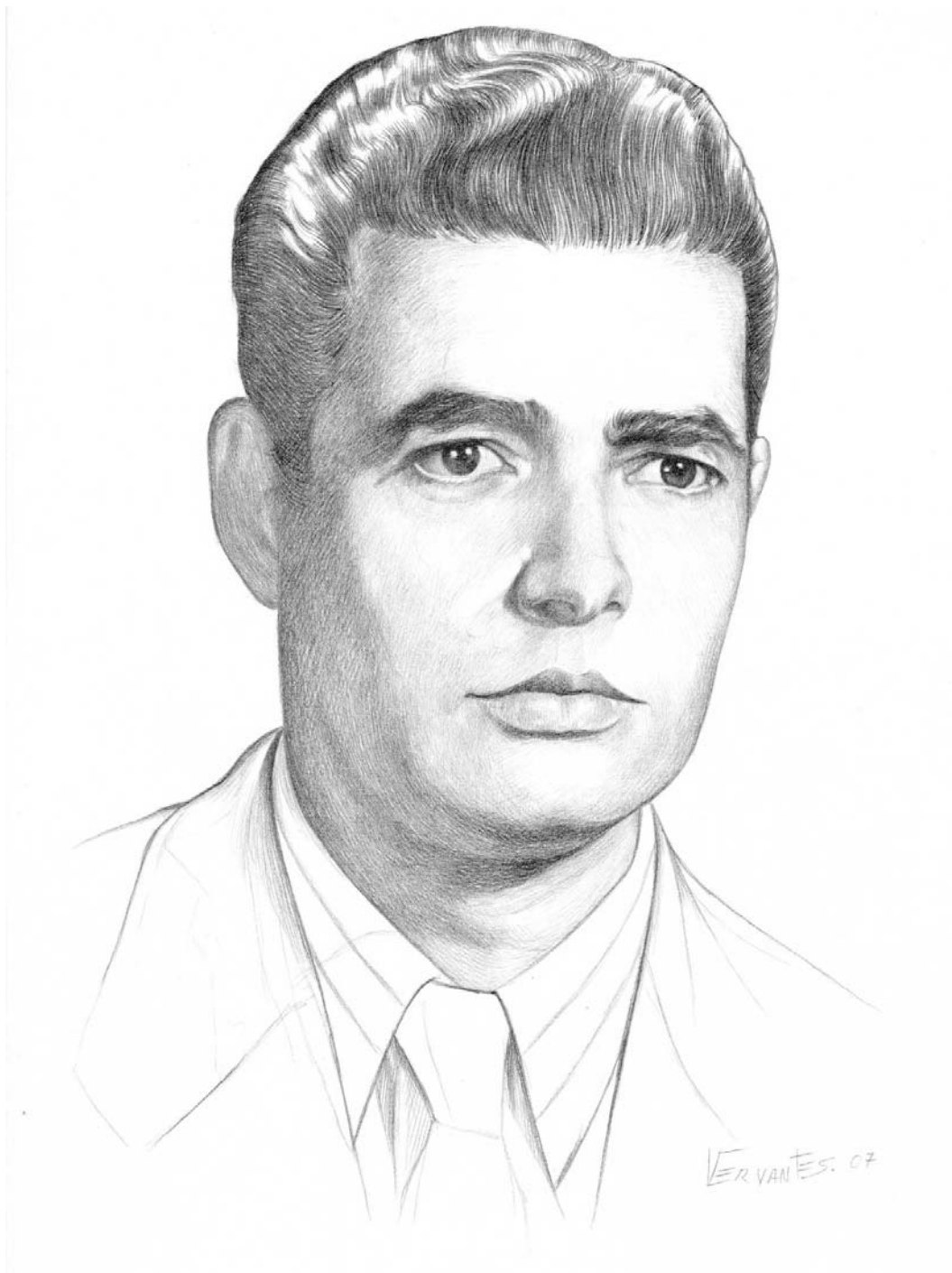
Entre los años 1936 a 1939 España se hallaba sumergida en la guerra civil y en el preámbulo de una guerra mundial, en donde la amenaza fascista se encontraba por toda Europa, por ello es que la familia Santamaría viajó, primero a Barcelona y después a Francia, pasando por diferentes campos de concentración, en donde las condiciones de vida eran muy precarias. Finalmente y después de muchas vicisitudes, junto con muchos otros exiliados, llegaron a México en 1939 a bordo del barco *Sinaia*. La acogida que los republicanos tuvieron en este país aún es digna de recordarse.

En México, a mediados del año 1941, presentó solicitud para ingresar en la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), dirigida en ese entonces por el ingeniero Waldo Soberón. Fue aceptado en la especialidad de Fitotecnia. Al matricularse como alumno entró en contacto con el ambiente de la ENA: la disciplina militar, las compañías, las novatadas, las becas, los profesores... todo lo que forma parte de la identidad de la comunidad de esta institución.

Al completar su tercer año en condiciones académicas muy satisfactorias, consiguió una beca del Departamento de Estado de los Estados Unidos para estudiar un posgrado en el Colegio Estatal de Iowa. Obtuvo su posgrado y, a pesar de algunos problemas migratorios, finalmente regresó a la ENA en 1952, para incorporarse como profesor en ésta.

La inserción de Rodolfo Santamaría, como parte de un proyecto modernizador promovido en ese entonces por la institución, se plasmó en su actividad académica, en donde implementó un nuevo sistema en la enseñanza e investigación, y con otros maestros establecieron el primer laboratorio de investigación en Fitotecnia, en donde instituyó nuevas formas educativas encaminadas a formar una conciencia en los futuros agrónomos acerca de la importancia de la educación, expresada en la relación directa entre la teoría y la práctica.

Se separó de la academia en 1958 y emprendió actividades empresariales vinculadas con la producción agrícola. En la actualidad vive retirado, pero siempre en contacto con el campo y la agricultura.



Rodolfo Santamaría Playá

Gilberto Palacios de la Rosa

Maestro de hombres libres

Nació en San Hipólito Xochiltlenango, Puebla en 1914. Ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) en 1935; cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo, egresando en 1941 como especialista en Fitotecnia. Fue discípulo del ingeniero Edmundo Taboada, el cual influyó de manera amplia en su orientación profesional. En 1941 se vinculó a la Oficina de Campos Experimentales de la Secretaría de Agricultura y Fomento, bajo la dirección del maestro Taboada quien desarrollaba en el ámbito nacional, programas de investigación y divulgación agrícola.

De 1942 a 1947 fue técnico en el Campo Agrícola Experimental *El Palmar*, en Tezonapa, Veracruz, donde desarrolló una amplia investigación sobre el hule.

En 1948 se integró a la Oficina de Estudios Especiales (OEE) donde se mantuvo hasta 1964. En la OEE ingresó a la sección de investigaciones sobre maíz en el Campo Agrícola Experimental *El Horno*, ubicado en Chapingo. Su inserción en la investigación genética del maíz trajo como resultado la selección recurrente de líneas de maíz H-1 mejorado.

En 1951 ingresó como profesor en la ENA, e impartió las cátedras de Genética General y Genética vegetal Aplicada, Experimentación Agrícola, Ecología, Parasitología, Prácticas Agropecuarias y Seminario en Fitotecnia. En 1960 fue coordinador de las actividades de investigaciones de campo de la Oficina de Fomento y Divulgación Agropecuaria y Forestal de la ENA. Durante 1961 trabajó en la instrumentación del *Plan Chapingo*. Fue fundador del Programa de Maíz y Sorgo del Instituto de Investigaciones Agrícolas, donde laboró desde 1960 hasta 1963. Al convertirse en Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en 1961 se desempeñó como jefe del Programa de Maíz. Su labor como investigador la realizó con un alto sentido nacionalista.

El 25 de agosto de 1964 fue designado director de la ENA, cargo en el que fue ratificado de manera consecutiva hasta 1973. Los aportes de su gestión fueron, entre otros: la creación del Patronato; la abolición de la disciplina militarizada y la instauración de la autodisciplina en el internado; el cambio del plan de estudios de anual a semestral; la implementación de la autonomía administrativa y académica en los departamentos de enseñanza; la regularización del ingreso de mujeres a la ENA; la constitución del *Plan Chapingo*, cuyo sustento era la integración de la investigación, la enseñanza y la extensión agrícola; así como el impulso hacia la transformación de la Escuela Nacional de Agricultura en Universidad.

Perteneció a diversos gremios científicos como la Sociedad Latinoamericana del Maíz, la Sociedad Mexicana de Historia Natural, la Sociedad Agronómica Mexicana, el Colegio de Ingenieros Agrónomos, y la Sociedad Mexicana de Genética.

Una enfermedad tropical -el paludismo- lo obligó a separarse de esas regiones y trasladarse al Campo Experimental *El Horno*, situado en Chapingo, junto a la Escuela, donde se integró a los trabajos de mejoramiento de maíz, desde la Oficina de Estudios Especiales (OEE)²¹. Heredero de los cursos de Introducción a la Genética, Divulgación Agrícola y Experimentación Agrícola, enlazó sus trabajos de investigación sobre mejoramiento de maíz con la docencia y las demostraciones de campo para productores de tal manera, que logró un amplio interés, no sólo de los estudiantes y maestros, sino de las autoridades responsables de programas agrícolas.

Se puede afirmar que también con su participación el grupo de genetistas se proyectó en su importancia agrícola y, acompañando a la llamada *Revolución Verde* como protagonista destacada, la genética se expresó en el mejoramiento de, específicamente,

²¹ En la búsqueda de nuevas razas y variedades de maíz que permitieran recuperar la capacidad productiva y la resistencia a plagas y enfermedades que afectaban su producción en amplios territorios de Estados Unidos, a finales de la década de 1930, el gobierno norteamericano, las empresas semilleras y la Fundación Rockefeller, y luego la Ford y la Kellogs, junto con algunas instituciones educativas y de investigación, impulsaron visitas a México, uno de los centros Vavilov de diversidad biológica y uno de los lugares de origen del maíz. Resultado de las gestiones y de la presencia en 1940 de Henry Wallace III, entonces vicepresidente norteamericano y dueño de la empresa semillera Pioneer, y de la aceptación del gobierno mexicano donde el Ing. Marte R. Gómez era Secretario de Agricultura, se acordó establecer en 1944 la Oficina de Estudios Especiales (OEE) para impulsar la recuperación de germoplasma en tres cultivos principalmente (maíz, frijol y trigo), avanzar en investigaciones para lograr mayor productividad sobre todo en áreas de riego y terrenos planos, desarrollar lo que se dio en llamar *paquetes tecnológicos* (con el uso amplio de la mecanización, el riego, los fertilizantes y los plaguicidas químicos, y las semillas mejoradas). Posteriormente se desplegaron actividades para otros cultivos situados en los circuitos agrexportadores, como el café, la caña de azúcar, el hule, el algodón, o el cocotero. La llegada de destacados investigadores norteamericanos -E. C. Stackman, P. C. Mangeldorf, N. Bourlag, E. Wellhausen, etc.- enderezó programas de trabajo ambiciosos al respecto de los tres cultivos señalados, sobre la base de que en México existía una comunidad científica-tecnológica como interlocutora y con experiencia científica y técnica, integrados fundamentalmente en la Oficina de Campos Agrícolas Experimentales (OCAE), dirigida por Edmundo Taboada. La presencia norteamericana generó un espacio de competencia para que se conformara desde la OCAE el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) en 1946, que promovió la investigación, la experimentación y la divulgación de alrededor de dos decenas de cultivos, sobre todo en relación con las regiones campesinas temporeras, sin riego y con condiciones de pendientes pronunciadas, para el consumo nacional y con manejo limitado de las innovaciones del *paquete tecnológico*. Las diferencias y confrontaciones entre las dos instituciones -OEE e IIA- no sólo se mantuvieron sino se incrementaron. Pese a ello, existieron varios puentes de relación, con ingenieros que trabajaban por ejemplo en la OEE, con una visión nacionalista y con cultivos de maíz en zonas temporeras. Fue el caso del Ing. Gilberto Palacios. En 1961 ambas instituciones se integraron en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), donde la presencia norteamericana desplazó a los representantes de la tendencia que provenía del IIA. Situaciones similares se produjeron en diferentes países de Latinoamérica en ese mismo periodo, en una coincidencia no casual. Ver: Leobardo Jiménez (1984), en especial la entrevista con el Mtro. Efraim Hernández Xolocotzi; Adolfo Olea (1997); Juan De la Fuente et al. (1990); Ignacio Méndez et al. (1991); y Jorge Ocampo (1998).

dos especies: el trigo, desarrollado en la OEE cuyos resultados le valieron al Dr. Norman Borlaug obtener el premio Nobel de la Paz en 1971. La otra especie fue el maíz, en la cual se orientaron procesos hacia la productividad y de resistencia a sequía, dado que se cultiva ampliamente por campesinos en terrenos de temporal errático²².

En este segundo plano fue donde destacaron las investigaciones de Palacios quien, en 1957, encontró una variedad de maíz resistente a la sequía. De ahí su empeño en incorporar esta característica a otras variedades, mediante la formación de *híbridos* o por el mejoramiento por el desarrollo de *sintéticos*²³.

Palacios influyó en la formación y consolidación de un amplio grupo de genetistas agrícolas, o fitomejoradores como algunos de ellos prefirieron denominarse. Joaquín Ortiz Cereceres, Fidel Márquez Sánchez, Abel Muñoz, Aquiles Carballo, José Molina... No son sino una pequeña parte de su influencia. Cada uno de ellos representó el gran esfuerzo de estudio, experimentación, difusión y aplicación de esta ciencia, anunciando su madurez. Si cada uno por separado fue brillante, juntos representan una constelación de conocimiento aplicado, con amplias experiencias.

Falleció siendo Director de la Escuela Nacional de Agricultura el 2 de junio de 1973. Sus restos descansan en el bosque situado frente a la Biblioteca Central de la Universidad Autónoma Chapingo, justo entre el Monumento a los Agrónomos Ilustres y el Monumento a los Maestros, por acuerdo unánime del H. Consejo Directivo de la ENA. Su busto se encuentra en la Calzada de los Agrónomos Ilustres.

²² En nuestro país tenemos poco más de 20 millones de hectáreas con posibilidad de ser usadas en actividades agrícolas, de las cuales 15 millones son de temporal y 5 millones de riego, aproximadamente. Esta gruesa clasificación merece ser detallada, pues las formas de riego son diferentes y las calidades de los suelos también. Por ejemplo, en las hectáreas consideradas de temporal tenemos una gama de calidades, donde podemos incluir pendientes, pedregosidad, capa cultivable, etc. y diferencias en la cantidad de agua disponible.

²³ Las semillas híbridas, logradas mediante un proceso de manejo genético que puede incluir diversos métodos, busca obtener mejor producción de granos, que tienen limitaciones para ser usados nuevamente como semillas, por lo que se requiere adquirir nuevas semillas en cada siembra. Las semillas sintéticas se obtienen por otras formas de mejoramiento, y tienen la capacidad de producir granos y semillas. De esa manera el productor directo puede mejorar y continuar el mejoramiento, sin necesidad de comprar en cada ciclo.



Gilberto Palacios de la Rosa

Fidel Márquez Sánchez

Maestro, genetista, investigador del maíz

Nació en 1935. Realizó estudios de ingeniero agrónomo en la Escuela Nacional de Agricultura entre 1952 y 1958, con especialización en Fitotecnia. La maestría y el doctorado los realizó en la Universidad Estatal de Iowa, EUA.

Destacado investigador, orientó sus esfuerzos de especialización en mejoramiento del maíz en el ahora Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en el Colegio de Postgraduados y en la Universidad Autónoma Chapingo.

Su férrea defensa por la democracia y la autonomía académica e institucional, lo llevó en 1973 a ser director de la Escuela Nacional de Agricultura, pero enfrentó una etapa institucional muy difícil, que culminó con la creación de la UACh. En consecuencia, sus mayores logros como director fueron consolidar el proyecto de Universidad Autónoma y, ante la gran problemática interna, mantenerla funcionando adecuadamente desde el punto de vista de impartir clases y de sostener los aspectos administrativos. Ante este panorama, dejó la dirección y se integró como profesor de la Escuela *Antonio Narro*. Regresó a Chapingo en 1975.

Su destacada labor como investigador le otorgó prestigio a nivel nacional e internacional en el terreno del mejoramiento de las razas de maíz, donde abordó su problemática tanto teórica como metodológica. Mantuvo una constante atención en los trabajos experimentales en las parcelas, junto a los productores agrícolas.

Sus aportaciones son numerosas: más de 60 artículos importantes publicados en diversas revistas científicas, folletos de divulgación y tres tomos de la obra titulada: *Genética*. También se dio tiempo para escribir canciones románticas y un libro con sus memorias con marcado acento lírico. Su compromiso ideológico lo llevó a promover un programa ambicioso de intercambio entre la UACh y la naciente Nicaragua sandinista, a principios de la década de 1980.

Las distinciones por su trayectoria son numerosas: en 1970 fue elegido Premio Nacional de Ciencia y Tecnología por el Banco Nacional de México; obtuvo una mención honorífica en el mismo certamen en 1980; se le otorgó el premio Efraín Hernández Xolocotzi de la Universidad Autónoma Chapingo en 1983, y en 1994, la presea Rafael Ortiz Monasterio de parte del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Jalisco. La Universidad Autónoma Chapingo le otorgó el Doctorado *Honoris Causa* en 2001.

Recibió distinciones académicas, como el hecho de haber sido miembro de la Academia de la Investigación Científica de México desde 1984 e Investigador Nacional (Nivel III) desde 1990. Además, fue miembro de la Sociedad Gama-Sigma-Delta de estudiantes distinguidos de Posgrado en Estados Unidos.

Fue profesor-investigador en el Centro Regional Universitario de Occidente de la UACH, con sede en Guadalajara, Jalisco, donde continuó sus trabajos de investigación. Se desempeñó como coordinador del Centro Nacional de Rescate y Mejoramiento de Maíces Criollos. Su busto se encuentra en la Calzada de los Agrónomos Ilustres. Murió en septiembre de 2014. Sus cenizas se dispersaron en los campos de experimentación agrícola de la UACH.



Fidel Márquez Sánchez



Sin duda, las mejores atenciones de este colectivo de investigadores fueron hacia el maíz, cultivo emblemático no sólo para los productores sino para la investigación, pues la referencia a la soberanía alimentaria y nacional lo incorpora de lleno.

La tendencia se mantuvo en la siguiente generación de genetistas, dentro de los que se encuentran Rafael Ortega Pazcka, Moisés Mendoza, Alberto Ramos, Luis Saha-gún Castellanos, entre otros, quienes continuaron los trabajos con maíces. Ortega Pazcka con mejoramiento de variedades del Valle de México, Mendoza con variedades de alta productividad resistentes a sequía, tardías o precoces, Ramos, con cacahuacintles, llamados también maíces pozoleros, junto con otros investigadores donde destacó José Manuel Arceo Arceo con sus trabajos con maíces azules de temporal en tonamil, Saha-gún –cercano con Fidel Márquez– en mejoramiento de maíces en Jalisco y en otras regiones del país. Muchos mantienen investigaciones regionales muy importantes, como Luis Dzib, en Yucatán.

La generación que continuó se integró por profesionales que recibieron una formación más completa, pues la mayoría logró sus posgrados de manera temprana, enfocados a la genética aplicada. La diversificación de especies trabajadas permitió ampliar las fronteras de investigación aplicada: Aureliano Peña Lomelí con el tomate de cáscara, el grupo de AgriBot con invernaderos y diversas especies²⁴, Juan Manuel Serrano Covarrubias y un equipo de investigadores sobre el frijol en sus diferentes variedades²⁵, los trabajos sobre huitlacoche de diferentes investigadores, Edmundo Pérez Godínez con hongos²⁶. La investigación genética sobre la producción pecuaria

²⁴ Destacan en el grupo AgriBot un entusiasta grupo de profesores, que si bien están adscritos en su mayoría en la Preparatoria Agrícola y acaso no se han expresado plenamente como genetistas agrícolas o fitomejoradores, mantienen una amplia actividad académica universitaria y de divulgación. Todos con posgrado, son Juan Hernández, Ignacio Miranda, Armando Ramírez Arias, Juan Morales Parada, David Saúl Reyes, Aurelio Bastida Tapia, Romel Olivares Gutiérrez, Roberto Rivera del Río, Isaías Gil Vázquez, Joel Pineda Pineda, etc. Sus trabajos se orientan hacia el manejo de invernaderos, la búsqueda de actividades innovadoras como la hidroponía, el diseño de los propios invernaderos, y la incorporación de otros cultivos además de los tradicionales (jitomate, pepino, pimiento), hasta incluir asociaciones novedosas, mejoramiento de especies o cultivos inéditos como las orquídeas, o árboles frutales en invernadero, etc.

²⁵ Entre los que podemos contar al Dr. Guillermo Mondragón, y a un joven investigador con una proyección muy prometedora, el Dr. Jesús Magdaleno, con propuestas innovadoras sobre selección, cultivo, manejo, etc. y la incorporación de equipos, utensilios y procesos novedosos.

²⁶ Otros participantes de este tema de investigación son la Mtra. Clara Alfaro, el Mtro. Salvador Martínez, el Mtro. Mario Hernández, los tres jubilados, y la Dra. Emma Estrada, entre otros. Ya se incluyen otros investigadores jóvenes de recién ingreso a la UACH.

y forestal, así como de otros cultivos, se desarrolló de manera diferente, tanto en tiempo como en metodologías²⁷.

En este documento no es posible presentar a otros importantes genetistas mexicanos, que abordaron esta ciencia desde otras opciones de la producción; por ejemplo, en caña de azúcar, café, agaves y otros cultivos perennes. Otros colectivos muy entusiastas y dedicados se abocaron a la ganadería o a la forestería, cada una de estas ramas con un especial desarrollo por su especificidad productiva. En otra ocasión podremos incorporar sus procesos de trabajo.

Un elemento a destacar es que, si bien en ocasiones nos referimos a una persona, sin duda importante en su desempeño y trascendencia, junto a ésta deben incluirse a los colectivos, que es la manera en que se desenvuelven la ciencia y la tecnología, junto con los contextos en los cuales se desarrollan las actividades.

CUADRO 1. LAS GENERACIONES DE GENETISTAS AGRÍCOLAS

Generación/fechas	Nombre
	Pandurang Kankhoyen
Primera generación 1940/1965	Edmundo Taboada, Eduardo Limón y colaboradores: Ricardo León Manzo, Damián Correu, Sebastián Chanes, Manuel López Delgado, Antonio Mosqueda López, Pedro Gutiérrez, Salvador Sánchez Ávalos, Federico Sánchez Navarrete, Clemente Juárez Barrenechea
Segunda generación 1942/1970	José Luis De La Loma y Oteyza
Tercera generación 1950/1973	Gilberto Palacios De la Rosa En su tesis menciona a Adrián Aguado Turrubiate, Abel Muñoz, Ramón Alcaraz V., Miguel Beristain, Luis Martínez Villicaña, Jorge Rivera Merino
Cuarta generación 1965/2017	Fidel Márquez Sánchez, Joaquín Ortiz Cereceres, Abel Muñoz, Aquiles Carballo, José Molina Galán
Quinta generación 1980/2017	Moisés Mendoza, Rafael Ortega Pazcka, Alberto Ramos, Luis Sahagún Castellanos
Sexta generación 1990/2017	Aureliano Peña Lomelí, Luis Manuel Serrano Covarrubias, Edmundo Pérez Godínez, Grupo Agribot

Fuente: Elaboración propia.

²⁷ Ahí destaca el grupo de investigadores desde el Departamento de Zootecnia, en trabajos orientados originalmente por el Dr. Assefaw Tewolde, oriundo de Eritrea, y recuperados y ampliados por los doctores Rafael Núñez (a quien agradecemos la información y sus comentarios), Rodolfo Ramírez Valverde, José Solís Ramírez, Agustín Ruiz Flores, Carlos Apodaca y otros destacados, entre los que se anuncian jóvenes.

CUADRO 2. LOS GENETISTAS AGRÍCOLAS Y SUS APORTES

Nombre	Aportes a la Genética	Principales publicaciones
PANDURANG KANKHOYEN	Mejoramiento en maíces, búsqueda de dobles y triples mazorcas	
EDMUNDO TABOADA	Método Taboada de experimentación agrícola, incorporación de la estadística en el manejo experimental, construcción del sistema de campos agrícolas experimentales, preferencia hacia diversos cultivos temporaleros y de la autosuficiencia alimentaria, instalación de los cursos de <i>Introducción a la Genética</i> , <i>Experimentación Agrícola</i> y <i>Divulgación Agrícola</i> en la ENA	<i>Apuntes de Genética</i> , libro en el cual aparecen otras publicaciones.
EDUARDO LIMON G.	Trabajos de experimentación sobre maíces y otros cultivos, a partir de las variedades Celaya y otras, realizados en Guanajuato.	<i>Disertación sobre la agricultura china</i> .
JOSÉ LUIS DE LA LOMA	Manejo de la estadística en el mejoramiento agrícola, continuación de los cursos señalados con Taboada.	<i>Estadísticas continuas en distritos de riego</i> .
GILBERTO PALACIOS Y OTROS	Continuación de los cursos señalados, trabajos en parcelas demostrativas agrícolas con productores temporaleros, investigación con maíces resistentes a sequía, desarrollo de híbridos temporaleros de alta productividad y resistencia a sequía, desarrollo de los conceptos de latencia, tolerancia a sequía, precocidad.	<i>Mejoramiento del maíz en México</i> (tesis). Otras publicaciones con temas similares las desarrolla con Abel Muñoz, Luis Martínez Villicaña y otros.
FIDEL MÁRQUEZ	Continuación de los cursos señalados, trabajos de mejoramiento de maíces a partir de métodos de cruce y retrocruza para evidenciar las razas puras, orientación a las acciones solidarias internacionalistas	<i>Estudio del achaparramiento del maíz en Veracruz y su relación con el vector y la fecha de siembra</i> (tesis). <i>Nuevas ecuaciones endogámicas para el mejoramiento genético del maíz</i> . <i>Retrocruza limitada para el mejoramiento genético de maíces criollos</i> .

		<i>La endogamia en el incremento de semilla y clasificación de cuatro tipos de líneas de maíz.</i> <i>Enseñanza e investigación agrícola.</i> <i>Producción y genotecnias de plantas autógamas.</i> <i>Avances técnico-científicos.</i> <i>Variedades sintéticas del maíz.</i> <i>La problemática académica y política de Chapingo.</i> <i>Sistemas de producción agrícola: Agroecosistemas</i>
JOAQUÍN ORTIZ CERECERES	Mejoramiento de maíces. Cursos de genética vegetal y experimentación agrícola.	<i>Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción.</i> <i>Determinación del número óptimo de líneas seleccionadas en la formación de variedades sintéticas (tesis).</i> <i>La fisiotecnia en la formación de arquetipos vegetales.</i>
ABEL MUÑOZ OROZCO	Continuación de los cursos señalados, preferencia sobre maíces con resistencia a sequía dentro de economía campesina	<i>Centli-maíz: prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico, glosario.</i> <i>Lineamientos para la investigación agrícola de riego.</i> <i>Taller de genética vegetal.</i> <i>Observaciones de la transpiración y de apertura estomatal en tres líneas de maíz sometidas a sequía (tesis).</i> <i>Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz (tesis).</i> <i>Relaciones agua-planta bajo sequía en varios sintéticos de maíz resistentes a sequía y heladas (tesis).</i> <i>Elección del tamaño de la parcela y del diseño experimental.</i>

AQUILES CARBALLO CARBALLO	Mejoramiento de maíces. Cursos de genética vegetal y experimentación agrícola.	<i>El romerito, una hortaliza cultivada en el Distrito Federal.</i> <i>Corrección por fallas en parcelas experimentales de maíz (tesis)</i> <i>Comparación de variedades de maíz de El Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad (tesis).</i> <i>El cultivo de maíz en El Bajío de zonas similares.</i> <i>Estrategias de producción de semillas a nivel regional.</i> <i>Instructivo para la toma de notas y cosecha de los ensayos de rendimiento de maíz.</i>
JOSÉ MOLINA GALÁN	Mejoramiento de maíces. Cursos de genética vegetal y experimentación agrícola.	<i>Comportamiento de un carácter de enanismo en maíces tropicales (tesis).</i> <i>Comportamiento de razas de maíz y sus cruces con tuxpeño vandeño y stiff stalk synthetic en Cotaxtla, Ver. (tesis).</i> <i>Selección Masal estratificada en maíz.</i> <i>Introducción a la genética de poblaciones y cuantitativa, algunas implicaciones en genotecnia.</i>
MOISÉS MENDOZA RODRÍGUEZ	Continuación de los cursos señalados, generación de variedades mejoradas mediante procesos sintéticos, liberación de variedades mejoradas.	<i>Híbridos ecológicos de sorgo (tesis).</i> <i>Comparación de metodologías de fitomejoramiento en dos variedades de temporales de maíz (tesis).</i> <i>Diversidad genética entre líneas de maíz de programas de mejoramiento de la Mesa Central de México (tesis).</i>
RAFAEL ORTEGA PACZKA	Trabajos sobre maíces criollos en zonas de temporal, con mejoramientos en rendimientos, cursos de genética agrícola.	<i>Herbarios y colecciones de recursos fitogenéticos de la UACH.</i> <i>Memoria de la reunión universitaria sobre la problemática de la producción de maíz en México.</i> <i>Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.</i>

		<i>Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento.</i> <i>Estudio de algunos factores que afectan el poder germinativo de las semillas de maíz del banco de germoplasma del INIA (tesis).</i> <i>Variación del maíz y cambios socio-económicos en Chiapas, México, 1946-1971 (tesis).</i> <i>Descripción de algunas razas mexicanas de maíz poco estudiadas.</i> <i>Resultados preliminares del estudio de las combinaciones línea europea X maíz mexicano en Irapuato, Gto.</i>
ALBERTO RAMOS RODRÍGUEZ	Cursos de Introducción a la Genética en Preparatoria Agrícola, trabajos para experimentación con la raza cahuacine.	<i>Descripción de la variación morfológica de los maíces de la parte oriental del Estado de México y la central del estado de Puebla (tesis).</i>
LUIS SAHAGÚN CASTELLANOS	Trabajos en parcelas demostrativas y en gran producción de maíces mejorados. Cursos de capacitación a productores sobre mejoramiento de maíz <i>in situ</i> .	<i>Análisis de cinco técnicas de selección masal (tesis).</i> <i>Efecto de la selección masal en las medias y varianzas genéticas de la variedad de maíz Zac-58 (tesis).</i>
FULGENCIO HUMBERTO CASTRO GARCÍA	Trabajos con maíz <i>bolita</i> en Oaxaca. Colaboración con CIMMYT e INIFAP, con el Dr. Suketoshi Taba y Flavio Aragón Cuevas. Trabajos en parcelas campesinas para mantener y desarrollar los llamados maíces nativos.	Bancos comunitarios de semillas para conservar in situ la diversidad vegetal (coautor).
AURELIANO PEÑA LOMELÍ	Continuación de los cursos señalados. Mejoramiento de materiales de tomate de cáscara, tanto en campo abierto como en invernadero.	<i>Evaluación de diez variedades de maíz (Zea Mays L.) de la raza cacahuacinte y el efecto de tres densidades de población sobre la prolificidad (tesis).</i> <i>Comportamiento de compuestos F7 de maíz con relación al rendimiento y otros caracteres de sus variedades componentes (tesis).</i>

		<i>Mejoramiento genético de hortalizas</i> (coautor). <i>Variabilidad genética de tomate de cáscara en México</i> (coautor). <i>Producción y tecnología de semilla de tomate de cáscara</i> (coautor).
MARIO PÉREZ GRAJALES	Continuación de los cursos señalados. Mejoramiento genético de chile manzano.	<i>Mejoramiento genético de hortalizas</i> (coautor). <i>Mejora genética del ajo</i>. <i>Apuntes de genotecnia de hortalizas</i> (tesis). <i>Mejoramiento genético de tomate de cáscara</i> (tesis). <i>Estudio genético y fisiológico del crecimiento, rendimiento y calidad del fruto del chile manzano</i> (tesis).
LUIS MANUEL SERRANO COVARRUBIAS	Continuación de los cursos señalados. Manejo de mejoramiento en frijol. En parcelas demostrativas. Trabajos en investigaciones de tesis en Fitotecnica, y de maestría sobre trigo. Participa con destacados investigadores como Guillermo Mondragón (Parasitólogo) y Jesús Magdaleno Villar (Fitotecnista).	<i>Parcelas apareadas</i>. <i>Sistema de investigación del cultivo de frijol en México</i> (tesis). <i>El cultivo de frijol: sistemas de siembra</i>.
COLECTIVO AGRIBOT	Enlaza los trabajos de experimentación de diversas especies bajo invernaderos, sobre todo de jitomate, coordinan viajes de estudios, promueven cursos y talleres sobre mejoramiento técnico en invernaderos. Incorporan los SIG y el control computacional a cultivos, así como otras tecnologías de punta. M.C. Ignacio Miranda Velázquez (Fitotecnista), Dr. Juan Hernández (Economista Agrícola), Dr. Isaías Gil Vázquez (Fitotecnista), M.C. Aurelio Bastida Tapia (Ingeniero Forestal), Dr. Armando Ramírez Arias (Ingeniero Forestal), Roberto Rivera del Río (Ingeniero en	Diversas tesis y publicaciones sobre instalación y manejo de hidroponia e invernaderos.

	Suelos), Dr. Joel Pineda Pineda (Ingeniero en Suelos), M.C. David Saúl Reyes (Ingeniero Zootecnista), M.C. Juan Morales Parada (Ingeniero en Zonas Áridas), Dr. Romel Olivares Gutiérrez (Economista Agrícola).	
EDMUNDO PÉREZ GODÍNEZ	Coordina el colectivo sobre cultivo y mejoramiento de hongos comestibles. Promotor del Laboratorio de Investigación sobre Hongos Comestibles junto con M.C. Salvador Martínez, M.C. Clarita Alfaro, Dr. Jorge Ocampo y M.C. Mario Hernández. Actualmente estas actividades son retomadas por una nueva generación de investigadores.	Sus trabajos se centran en dirección de investigaciones de tesis.

Fuente: Elaboración propia.

Después de apreciar la genealogía científico-tecnológica de los genetistas agrícolas, se destaca que la referencia especial es la ENA-UACH y no se aborda un panorama más amplio, que se complejiza cuando incorporamos a otras instituciones cercanas, como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIA-INIFAP), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el CINVESTAV del Politécnico, la UAM, la UNAM y otras universidades, centros e institutos.

Los ingenieros agrícolas

Otro gremio que presentamos en la aplicación de las genealogías científico-tecnológicas es el de **los ingenieros agrícolas**, sobre todo en su proyección hacia el diseño de los tractores agrícolas, instrumento emblemático de la modernización rural. Para distinguirse de los ingenieros *agrónomos*, los ingenieros *agrícolas* se comprenden en el campo estricto de la ingeniería, no de la producción, con su área de acción definida hacia el medio rural. De esa forma incluyen en esta modalidad a los ingenieros agroindustriales, los de irrigación y los mecánicos agrícolas. Nuestro ejemplo se centra en estos últimos.

Por diferentes motivos, hacia 1970, se produjo en Latinoamérica la búsqueda de una propuesta tecnológica propia con un amplio despliegue nacionalista en CyT. Las iniciativas de diseño y producción se sucedieron en diferentes áreas productivas, incluso

muy ambiciosas, al tiempo que se ofrecieron propuestas de diseño aplicado en múltiples lugares. En nuestro país una propuesta fue la de tractores y equipos agrícolas mexicanos.

Los ingenieros que en años anteriores no se expresaban sino débilmente en el diseño y la invención, lanzaron iniciativas y propuestas tecnológicas que recuperaron, en primer lugar, las condiciones agrarias y agrícolas de la ruralidad mexicana, como veremos más adelante.

Dentro de los ingenieros mexicanos que se destacaron en estas iniciativas tenemos a: **Dr. Alberto Camacho Sánchez**, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM; **Dr. Arturo Lara López**, de la Universidad de Guanajuato; **Dr. Antonio Turrent**, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas junto con un amplio cuerpo de ingenieros del Campo Cotaxtla, Veracruz del INIFAP; **ingeniero David Peña**, de la Escuela Nacional de Agricultura; **Dr. Benjamín Figueroa**, del Colegio de Postgraduados; y al grupo de ingenieros del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (Ocampo y Palacios, 2014).

Evidentemente no son todos los precursores ni han trabajado aislados. Cada uno de ellos se incluye dentro de una secuencia tecnológica –que podemos llamar *tradición tecnológica* o incluir en la visión neoshumpeteriana de trayectoria tecnológica²⁸– donde, en un ambiente tecnológico definido, opera un colectivo agrupado en una concepción de qué hacer, cómo hacer y para qué, atendiendo a las necesidades de mecanización agrícola mexicana.

Cada colectivo afinó sus conceptos y buscó sus referentes nacionales y extranjeros, realizando en conjunto una propuesta tecnológica nacional, sostenida en diversos diseños adecuados para la pequeña producción desarrollada en las parcelas del minifundio a las cuales pertenece poco más del 80% de los productores agrícolas mexicanos (Calva, 1988). Por eso prefirieron atender a la pequeña producción, partiendo de las condiciones agrarias e históricas del país, contrarios a las opciones que se sostienen en la definición de sólo hacer negocios de las grandes empresas transnacionales. Ello los llevó a enfrentar indecisiones gubernamentales y actuaciones contrarias a las iniciativas nacionales, incluida la tendencia a traer propuestas tecnológicas probadas en otras condiciones y trasladadas sin más a nuestras regiones. Esta condición de los ingenieros y técnicos obligó entonces a incorporar en sus formulaciones y propuestas tecnológicas un concepto de nación, implícito la mayoría de las veces, explícito en pocas.

Por lo mismo, más que apreciar las derrotas, las insuficiencias y los fracasos, interesa destacar las razones que explican por qué los ingenieros y técnicos operaron y

²⁸ Ver: Jorge Ocampo (2007b). El siguiente apartado tratará el concepto de trayectorias.

actúan con una terquedad cultural e ideológica que parece ser característica de la voluntad científica y tecnológica dentro de las construcciones periféricas (Cueto, 1989; Saldaña, 1989).

No son muchos los ingenieros que han propuesto opciones tecnológicas. Aquí los seguiremos a través de seis iniciativas sobre la mecanización agrícola, expresadas mediante experiencias de elementos de esa incipiente comunidad tecnológica en mecanización agrícola. Se debe recordar una vez más que no son todos los ingenieros que ofrecieron propuestas ni tampoco actuaron solos. Sin embargo, es posible reconstruir las formas en que desarrollaron sus actividades, crearon la comunidad científico-tecnológica de los ingenieros agrícolas²⁹, afianzaron sus instituciones y realizan, de manera anual y perseverante, congresos de sus organizaciones mexicana y latinoamericana³⁰, promoviendo las escuelas.

Sin lugar a dudas, **Alberto Camacho Sánchez**³¹ es un pionero. Creador del *Tractor UNAM* en los inicios de los años 70, logró desarrollar diseños de partes –el mecanismo de tracción de cadena o la caja de velocidades– en su propuesta, involucrar una concepción tecnológica y generar una presencia nacional como interlocutor ante el gobierno federal.

Uno de los ingenieros que mantuvo, desde los años de 1950 y hasta inicios de la década de 1990, una presencia directa e indiscutible en diversas iniciativas respecto a la mecanización ha sido **David Peña Guzmán**³², que consolidó uno de los primeros centros de capacitación en mecánica agrícola dentro de la entonces Escuela Nacional de Agricultura, el llamado CAIMA (Centro de Adiestramiento para Instructores en Maquinaria Agrícola), y se convirtió en uno de los referentes necesarios del Gobierno –a través de la Secretaría de Agricultura– en la definición de adquisiciones y el otorgar permisos para la incorporación de maquinaria agrícola extranjera en nuestro país. Este ingeniero acompañó,

²⁹ Vale la pena recalcarlo: la comunidad de ingenieros agrícolas se diferencia, en primer lugar de los agrónomos. Se considera dentro de la ingeniería, aunque también se distingue de los ingenieros mecánicos. No atiende directamente la producción agrícola, sino a través de creaciones ingenieriles y tecnológicas, es decir mediante instrumentos, equipos y diseños de procedimientos, herramientas y máquinas.

³⁰ Nos referimos a la Asociación Mexicana de Ingeniería Agrícola (AMIA) y la Asociación Latinoamericana de Ingeniería Agrícola (ALIA).

³¹ Jorge Ocampo Ledesma (2003b): **Dr. Alberto Camacho Sánchez, constructor del *Tractor-UNAM***. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, julio de 2003.

³² Jorge Ocampo Ledesma (2003c): **Ing. David Peña Guzmán, creador del CAIMA y pionero de la mecanización agrícola en México**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, julio de 2003.

con su experiencia de años, a Camacho Sánchez en la construcción y las pruebas del *Tractor UNAM*.

Otro de nuestros destacados ingenieros es **Arturo Lara López**³³, creador del *Motocultor de Alto Despeje*. Ubicado en la Universidad de Guanajuato, donde desde la Facultad de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica en Salamanca trabajó con tesón en el diseño y construcción de varios prototipos, e integró en la segunda mitad de la década de 1970 e inicios de los 80, a un grupo dinámico de jóvenes estudiantes y a un entusiasta dueño de un taller de mecánica y soldadura, el señor **Jorge Sánchez**, verdadero espíritu inquieto y con gran disposición para construir los prototipos del motocultor y otras iniciativas.

Antonio Turrent Fernández³⁴ es uno de los impulsores de opciones integrales del desarrollo agrícola, promovidas desde el INIA (y después por el INIFAP) en sus centros experimentales, sobre todo en Cotaxtla, Veracruz y sus áreas de influencia. El maestro Turrent participó con un grupo amplio de ingenieros, mismos que se incorporaron en diversas y ambiciosas tareas, entre las que –para nuestro tema– destacan los planteamientos sobre mecanización agrícola para el trópico húmedo y el altiplano, hechos a través del *yunticultor* y la *multibarra*.

Se incluye también a **Benjamín Figueroa Sandoval**³⁵, ingeniero agrónomo que arribó a las propuestas de mecanización agrícola por las preocupaciones en la conservación de suelos y aguas desde puestos directivos de la Secretaría de Agricultura o desde los espacios académicos, como el Centro Regional de Estudios en Zonas Áridas y Semi-áridas (CREZAS) del Colegio de Postgraduados (CP). Un impulsor de ofertas tecnológicas y un promotor de políticas de apoyo para iniciativas alternas en mecanización agrícola, sobre todo de implementos. Representó un vínculo de las diferentes ofertas tecnológicas; ocupó el cargo de Director del CP.

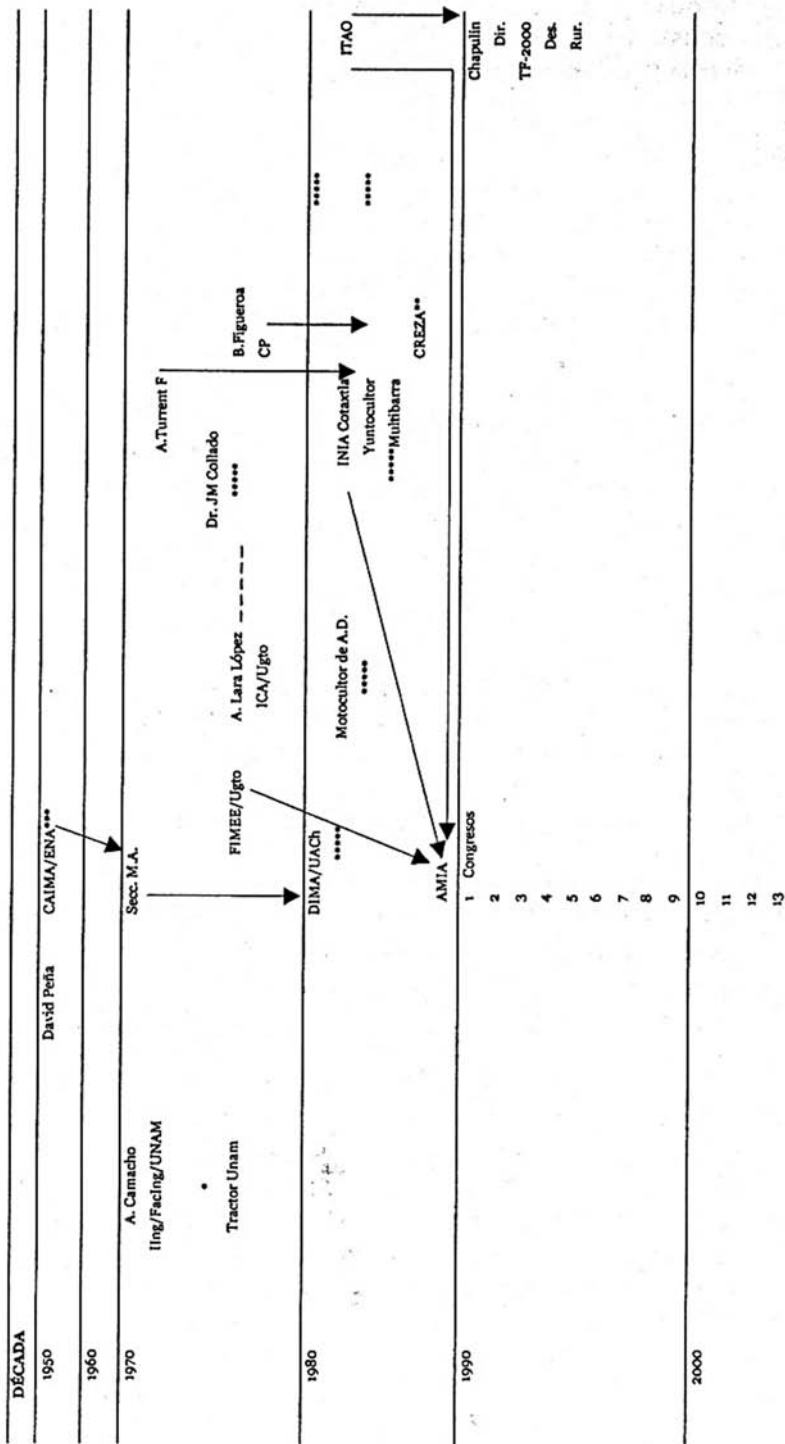
³³ Jorge G. Ocampo Ledesma (2003d): **Dr. Arturo Lara López, constructor del *Motocultor de Alto Despeje* y de una comunidad tecnológica**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, julio de 2003.

³⁴ Jorge G. Ocampo Ledesma (2003e): **Dr. Antonio Turrent Fernández, promotor del *Yunticultor* y de la *Multibarra***. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, julio de 2003.

³⁵ Jorge G. Ocampo Ledesma (2003f): **Dr. Benjamín Figueroa, promotor de alternativas en la mecanización agrícola en México**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, julio de 2003.

ESQUEMA 1. LOS INGENIEROS AGRÍCOLAS

LOS DISEÑADORES DE TECNOLOGÍA AGRÍCOLA: LA BÚSQUEDA NACIONAL.
(Los * señalan la formación de ingenieros agrícolas)



Conclusiones de la genealogía tecnológica

Comprender las genealogías tecnológicas nos permite identificar varios aspectos. Por una parte, comprender los linajes donde se expresan los colectivos que, en una sucesión de pensamientos y acciones, refuerzan una tendencia explicativa de la ciencia y la tecnología, con lo que cobran fuerza las escuelas conceptuales, que encarnan los paradigmas de que nos habla Kuhn.

Por otra parte, destacan los individuos que inician y continúan las genealogías, con lo que cobra fuerza el entender las biografías como expresión, sobre todo, de lo que en otras partes hemos llamado el singular significativo, un individuo que por sus características es capaz de explicarnos un proceso y un contexto.

De esta forma, y con los dos ejemplos presentados, podemos señalar que la aplicación de la genealogía a los procesos CTI, permite apreciar controversias, construcciones, identidades, asociaciones. Es decir, observar la elaboración de la ciencia y la tecnología como un proceso dinámico y con conflictos, un proceso vivo que no advierte su riqueza sólo desde los resultados.

Evidentemente la comprensión genealógica nos acerca a las dimensiones de trayectorias y de redes, noción que se reforzará en los siguientes capítulos. La elaboración de gráficos y mapas genealógicos permite recuperar de otra manera la revisión de lo que hemos optado por llamar *estado del arte*. De manera similar a los gráficos de redes, la visión de conjunto de las genealogías nos acerca a definir trayectorias y tendencias.

Al apreciar las sucesiones hereditarias, además de comprender a la evolución científica y tecnológica con otras bases, nos permite traspasar el marco simple de entrega de resultados y compromisos. En cada sucesión podemos considerar las ampliaciones de conceptos, las afinaciones de metodologías, el desarrollo de instituciones mediante la realización de congresos, publicaciones, asociaciones, cursos, escuelas, etcétera, a través de las cuales las herencias se transmiten, amplían (o reducen), y se señalan los objetivos de la formulación científica y tecnológica.

Para acceder a la formulación de una genealogía tecnológica nos apoyamos en las elaboraciones de la etnología³⁶, y las aplicamos en las áreas de la ciencia y de la tecnología que queremos describir y explicar. Requerimos del acopio lo más exhaustivo posible de las actividades de los diferentes protagonistas, que poco a poco nos señalan quiénes son los promotores originales del campo de conocimiento y sus resultados, en los que se

³⁶ Generalmente la etnología se ha usado para precisar las sucesiones o herencias en torno a estructuras de poder. El colonialismo la utilizó para reconocer la validez de los interlocutores nativos. En las sucesiones de gobernantes, sobre todo de la aristocracia, se manejó como una forma de legitimidad mediante la sangre.

incluyen sus descendientes científico-tecnológicos, así como los integrantes de sus colectivos de trabajo. Al ir detallando los aportes, se descubre una secuencia con las rutas de trabajo de cada protagonista y de cada colectivo, con lo cual es posible precisar las dificultades y éxitos de la construcción de este conocimiento.

La incorporación de elementos contextuales brinda un espacio de comprensión de las condiciones del trabajo de estos científicos, así como los vínculos con otros colectivos, sus preocupaciones, dificultades y aportes.

Una vez establecida la genealogía científico-tecnológica se hacen evidentes los orígenes, el desarrollo y la prospectiva de ese conocimiento, y se reconoce la importancia de las personalidades.

II. Trayectorias científico-tecnológicas

Una trayectoria se comprende como un espacio entre un origen y un destino. Incluye al mismo tiempo, la reflexión sobre un trayecto, un tramo de camino o de un proceso. En términos científico-tecnológicos, la trayectoria significa comprender el tránsito de las propuestas y sus aplicaciones, las fricciones y dificultades, las aceptaciones y rechazos, la adopción, adaptación e innovación de las iniciativas.

Las trayectorias plantean un proceso, un inicio, sus etapas y un horizonte o perspectivas. Integra en ello diferentes versiones, desde la economía, la sociología, la antropología y la historia de la C-T, en una explicación compleja donde es posible encontrar un filón para los estudios CTI, ya que se aprecian con bastante nitidez la formación de identidades, así como las comunidades en construcción, sus dificultades y tendencias, y descubren sus relaciones con las políticas científico-tecnológicas.

Diferentes escuelas de pensamiento han aportado al respecto sus consideraciones sobre este término y, al dotarlo de contenido, lo transforman en concepto y base teórica de sus formulaciones.

Una de las escuelas importantes al respecto es la derivada de los planteamientos de J. A. Shumpeter³⁷. Este teórico realizó aportes significativos sobre la innovación, la

³⁷ Con una amplia producción editorial, destacamos los siguientes. Joseph A. Shumpeter (1939), (1968), (1978) y (1988). Un ensayo que explica su importancia es el de Abraham Villegas (2003). Es importante comprender las propuestas de Shumpeter, especialmente de las crisis como destrucción creativa y espacios de oportunidad, el concepto de innovación y el de empresario innovador, las fases de la crisis y su relación con la innovación.

emergencia de los emprendedores, el manejo de la tecnología en la formulación de nuevas formas de producción y de desarrollo social. Advirtió la importancia de los empresarios, sobre todo los emprendedores, como base de la innovación.

Una escuela que continuó su pensamiento y propuestas es la Universidad de Sussex, Inglaterra, donde destacan diversos autores, cercanos o integrados a esta tendencia. Sin duda, Christopher Freeman es central en su fisonomía. Continuada de la orientación de la economía y de su explicación de la tecnología de Joseph A. Schumpeter, la escuela de economía de la innovación ha generado aportes fundamentales mediante la incorporación de un amplio bagaje conceptual y, por la comprensión más completa de la tecnología, separada por completo de la razón instrumental. De esta manera, es posible encontrar los conceptos de paradigma tecnológico y de trayectoria tecnológica, como parte de su manejo teórico, sobre todo en dos autores centrales de la escuela de Freeman: Giovanni Dosi y Carlota Pérez³⁸.

Nuevas interpretaciones sobre el paradigma tecnológico económico

El pensamiento de Schumpeter dio lugar a una verdadera cascada de autores, de escuelas y de interpretaciones respecto a la importancia de la tecnología y de la innovación (Hualde, 1993, 63-96). Autores como Christopher Freeman (1974) (1979) y, de la misma escuela de Sussex, Richard Nelson y Sidney Winter (1984), Giovanni Dosi (1991) (1979), Keith Pavitt (1984), Nathan Rosenberg (1976a), (1976b), (1979), Carlota Pérez (1992) (1996) (2004), o formados o cercanos a la escuela de la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL, de la ONU) como Vernon Ruttan (1971) (1985), Osvaldo Sunkel (1995), Francisco Sagasti (1996, con Salomon y Sachs), Fernando Fajnzylber (1983) (1989), o vinculados a la escuela del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, como Martín Piñero et al. (1985) (1986), Eduardo Trigo et al. (1985), Walter R. Jaffé (1993), Philip LeVeen et al. (1985), Alain de Janvry et al. (1980), entre otros. En México, Miguel Wionczeck, Gabriela Dutrénit y el equipo de Economía de la Innovación de la UAM-X³⁹,

³⁸ Otros autores no menos importantes de esta escuela son Keith Pavitt, Luc Seete, Mary Kaldor, B. Lundvall, entre otros.

³⁹ Miguel Wionczeck posee una muy amplia bibliografía, sobre temas de políticas públicas de C-T, sobre transferencia de tecnología, presencia de las transnacionales, caracterización del subdesarrollo, etc. Gabriela Dutrénit destaca en la UAM-Xochimilco desde el posgrado en economía de la innovación, junto con un selecto y destacado grupo de investigadores, continuadores del pensamiento de Freeman. Ver: Gabriela Dutrénit et al. (2010) y Gabriela Dutrénit et al. (2000) (2010).

José Luis Solleiro et al. (1993) (1996) y María del Carmen Del Valle et al. (1996), o Rosalba Casas⁴⁰, como ejemplos.

Es necesario apreciar algunos de los aportes de estos autores, sobre todo, con relación a la definición de lo que se denomina *paradigma tecnológico*. Por lo anterior, se puede deducir que gran parte de los autores mantienen la versión del desarrollo endógeno de las innovaciones, donde las empresas cobran un valor fundamental. Sin embargo, uno de los puntos de diferencia se presenta en la ubicación del momento de las innovaciones comprendidas dentro del ciclo económico⁴¹.

El fundamento histórico permite establecerlas en la fase de prosperidad, pero también se presentan en las fases de depresión, aunque en menor número. Los debates y estudios al respecto, sustentados en los registros estadísticos de patentes y de gastos en investigación y desarrollo (C. Freeman, 1979, y C. Freeman et al., 1984), dieron diferentes resultados tratando de fundamentar los distintos puntos de vista dentro de un amplio debate. Entre los elementos valiosos de este debate está la precisión de que la innovación posee diferentes versiones, desde las llamadas **innovaciones fundamentales, hasta las secundarias o accesorias**. Un aspecto sobresaliente de esta valoración radica en vislumbrar que **para difundir las innovaciones tecnológicas es necesario incorporar innovaciones sociales e institucionales**. Este acierto elaborado desde la escuela de Sussex ha sido retomado por distintos autores en diversas elaboraciones.

Los aportes de esta escuela resultan significativos en el análisis económico de la tecnología por su adscripción a los postulados del *evolucionismo tecnológico* desde los cuales procura explicar la innovación. Un lugar destacado lo ocupa Christopher Freeman, quien influye en otros pensadores, como Dosi o Carlota Pérez. Freeman (1979) localiza a través del estudio estadístico de indicadores económicos, como patentes o inversiones en investigación y desarrollo, que el mayor número de innovaciones se realiza en el mo-

⁴⁰ De Rosalba Casas veremos con detalle sus aportes en el apartado sobre Redes de Conocimiento.

⁴¹ Los ciclos económicos tienen diferentes versiones. Tenemos desde el siglo XIX la explicación del ciclo Jüglar, que se corresponde con periodos de 7 a 10 años, entre el ascenso y el descenso. Este proceso se corresponde con el llamado ciclo corto de acumulación, derivado del uso y refaccionamiento de diferentes equipos industriales. Los ciclos económicos largos, o ciclos Kondratiev, fueron formulados a principios del siglo XX en la naciente URSS, pero como los procesos económicos los vinculaban a los periodos revolucionarios y se pronosticaba una fase de detención y de contrarrevolución, Kondratiev fue estigmatizado y finalmente asesinado. Sus aportes se rescataron limitadamente con la crisis general y mundial de 1929-32, y de manera contundente con la de 1967-73, que evidenciaban los aciertos de las propuestas de este autor. Ver, Kondratiev (1992). Diversos autores continuaron sus orientaciones, entre ellos, Mandel (1986), Wallerstein (1996) y, por supuesto, Shumpeter (1939).

mento de auge del ciclo económico. Estas innovaciones se desarrollan de manera independiente, con una dinámica propia, capaz de aprovecharse de fenómenos adversos como el desempleo o la crisis.

Las innovaciones, de acuerdo con Freeman (1979) y Freeman y Pérez (1988), se producen de manera interrelacionada creando *sistemas tecnológicos*, donde a la innovación se incorpora la difusión y la imitación, generando *familias tecnológicas*. Uno de los aportes importantes de Freeman es que para entender de manera completa el proceso tecnológico es necesario comprender que la difusión tecnológica requiere de *innovaciones sociales e institucionales*, integradas en una versión del paradigma tecnológico-económico donde el sistema tecnológico se establece en una nueva estructura de costos de producción y distribución, en incrementos de productividad, de nuevas opciones de inversión, de la reestructuración del sistema productivo y de nuevos patrones de inversión, en el que las medidas políticas se corresponden con las nuevas condiciones. Estas innovaciones institucionales, administrativas y sociales se establecen, como se puede observar, a partir de la perspectiva económica, desde donde toman posiciones y valores.

Dosi y Pérez coinciden en buena medida con los planteamientos de Freeman y compañeros, al mismo tiempo que los continúan con el desarrollo de sus propuestas retomando los aportes de Kuhn (1992) respecto al paradigma científico-tecnológico, y de Nelson y Winter (1984) sobre los Sistemas Nacionales de Innovación⁴². Aquí vale la pena realizar una distinción entre el paradigma kuhniano y el paradigma tecnológico de esta escuela económica. Mientras que para Kuhn el paradigma se comprende en una dimensión científico-tecnológica indivisible y persiste en un proceso histórico largo que puede abarcar siglos, en el caso de Dosi y Pérez **el paradigma es exclusivamente tecnológico e inserto dentro de la economía, por lo que insisten en mantenerlo separado de la esfera científica**. Al entrar en esta consideración, la vigencia de los paradigmas

⁴² Algunas obras de estos autores las hemos mencionado antes. El concepto de Sistema Nacional de Innovación incorpora aspectos culturales e institucionales, dentro de un proceso evolutivo de las formas de organización, de hábitos y rutinas. Las instituciones que participan dentro de este Sistema Nacional son las empresas, los centros de investigación y desarrollo, las universidades y otras instancias que crean el ambiente de la innovación. Éste finalmente integra aspectos tan diversos como los flujos de información y de financiamiento, las organizaciones, las políticas y leyes, el nivel educativo, etc. que en conjunto condicionan y determinan el proceso innovador. Ver, R. Nelson (1985). También C. Freeman (1979) y B. A. Lundvall (1992) se refieren al concepto de Sistema Nacional de Innovación en el análisis de los factores que influyen en la introducción de innovaciones en la economía nacional, centrando su observación en la empresa en tanto que incorpora el cambio técnico. Ver también, Carlota Pérez (1996) (2004).

tecnológicos es corta y se corresponde con cambios técnicos (organizacionales, de productividad, de costos, etcétera).

Dosi (1979) por su parte reelabora el concepto de *paradigma tecnológico* al incorporar una versión económica evolutiva de la innovación. Este paradigma determina la **trayectoria tecnológica** en la que se desarrolla la continuidad de la tecnología. La discontinuidad o cambio aparecen asociados a la emergencia de nuevos paradigmas, cuya dirección puede ser asociada con el mercado no sólo por la atracción de la demanda, sino también de la oferta, explicada por el *empuje tecnológico*.

El *paradigma tecnológico* se sostiene en la comprensión de que la tecnología “se refiere a las actividades relacionadas con la solución de problemas” que se vinculan con conocimientos de “procedimientos individuales y organizacionales”; los paradigmas tecnológicos, por tanto, “entrañan una heurística y concepciones específicas sobre ‘cómo hacer las cosas’ y cómo mejorarlas que con frecuencia comparten los profesionales de diversas actividades (ingenieros, empresas, sociedades técnicas), así como un marco cognoscitivo colectivo”. De esta manera, los paradigmas tecnológicos “por lo general también definen los modelos básicos de los productos industriales y los sistemas de producción que progresivamente se modifican y mejoran” (Cimolli y Dosi, 1994, 670 y s.).

Por ello el proceso innovador resulta complejo, de tal forma que *el paradigma tecnológico*, de manera similar a Kuhn, es *un modelo y un patrón de solución a los problemas tecnológicos*. En este concepto el papel kuhniano de la comunidad científico-tecnológica es abandonado, pues los procesos tecnológicos poseen —en consideración de Dosi— una naturaleza diferente al conocimiento científico. En aquellos destaca su carácter práctico, con habilidades manuales, experiencias acumuladas, rutinas, equipos, etcétera, desarrollado dentro de una actividad productiva. Si son referidos los técnicos y científicos es exclusivamente en relación con sus vínculos con las empresas, la producción y la economía.

El Sistema Nacional de Innovación

No es posible hacer frente a las complejidades de la tecnología, a sus interrelaciones con otros componentes del sistema social y a sus consecuencias sociales y económicas si no estamos dispuestos a pasar de un modo de pensar muy agregado a uno muy disgregado.

N. Rosenberg, 1976b, 27.

De esta forma, la tecnología aparece en una dimensión diferente a la del conocimiento científico o la de producción de mercancías, con una cierta personalidad independiente y autónoma, enlazada fuertemente con la economía, a la cual ofrece respuestas a los problemas establecidos desde la producción y distribución, por lo que **la economía por medio de diversos agentes (empresas, dependencias, individuos, empresarios, etc.) deviene en seleccionadora de las tecnologías adecuadas y viables.**

Junto a este elemento de definición de la *trayectoria tecnológica* aparecen los intereses económicos, las inversiones en investigación y desarrollo, las experiencias e historia tecnológicas, las atenciones institucionales, etcétera. La *selección tecnológica* se produce con base en condiciones ambientales en las que el mercado desempeña un papel preferente, y donde **el actor destacado continúa siendo la empresa que finalmente adopta la innovación y establece el progreso tecnológico.** En palabras de Dosi y Cimolli: “las empresas son las depositarias centrales, aunque de ninguna manera únicas, del conocimiento tecnológico... [y] las características de las empresas no se distribuyen al azar en los sectores y países...” (Cimolli y Dosi, 1994, 670 y s.). La selección de un determinado sentido tecnológico, invariablemente obligará a la adopción de una tendencia y marcará las pautas del progreso, orientando la investigación, las políticas y los procesos educativos al respecto. **En términos nacionales esto constituye una trayectoria tecnológica, y es la base del Sistema Nacional de Innovación.**

Dosi no mantiene una versión unilineal acerca de la innovación. De ahí que incorpore al análisis tres grandes sistemas: el sistema científico, el sistema tecnológico y el sistema económico, donde se esfuerza por incorporar las empresas a los gobiernos y sus políticas, y a las instituciones y sus intereses científicos. Su definición de tecnología es de una manera compleja, ya que junto a las piezas de conocimiento práctico (en tanto artefactos y soluciones a problemas concretos) y teórico (en tanto que puede ser aplicado), aparecen los conocimientos del *know how*, métodos, procedimientos, experiencias de éxitos y de fracasos, incluyendo aparatos, maquinaria y equipo (Hualde, 1993, 77-78),

le permite arribar de otra forma al concepto de Sistema Nacional de Innovación (y producción), donde se integran los diversos sistemas, y se permiten valorar y comparar los procesos históricos y económicos seguidos por un país o una región integrada por varios países, respecto a su situación tecnológica.

En este sentido aparecen nuevos conceptos sobre la tecnología; junto al de innovación, se incluyen *invención*, *transferencia* o *difusión*, *adaptación*, *cambio* y *viabilidad*. Lo importante es que estos conceptos son necesarios en la explicación, análisis y propuestas sobre el desarrollo, especialmente en países del *tercer mundo*, ya que en estos espacios se aprecia por contraste con los países centrales, los términos del desarrollo y de la transferencia, adaptación y adopción. La copia de los modelos y propuestas tecnológicas deriva en buena medida de su condición periférica o tercermundista. Es en estos escenarios con una especial complejidad, donde podemos destacar los méritos del concepto de Sistema Nacional de Innovación y Producción.

La trayectoria tecnológica, comprendida como un trazo espacial y temporal, con un origen y una ruta, nos proporciona el sentido, la dirección y la perspectiva. Explica también la dinámica de los procesos tecnológicos con sus tiempos y movimientos, sus actores y las relaciones entre ellos, a la vez que permite establecer identidades y definir colectivos dinámicos con propuestas y formulaciones. De ahí que resulta un entronque obligado.

Estos elementos son retomados por Carlota Pérez quien, junto con Freeman, elabora el concepto de *paradigma tecnoeconómico* al apreciar que los cambios tecnológicos “van más allá de trayectorias de ingeniería para productos específicos o tecnologías de proceso, y afecta a la estructura de costos de los insumos y a las condiciones de producción y distribución de toda la economía”. De aquí que su visión se vincule con los ciclos económicos largos y las oleadas de destrucción creativa schumpeterianas, a los que asocia la sucesión de paradigmas tecnoeconómicos y de las redes institucionales que se renuevan con los cambios estructurales (Freeman y Pérez, 1988, 38 y s).

El paradigma tecnoeconómico permite apreciar un cambio en las prácticas de la organización empresarial, en nuevas habilidades de la fuerza de trabajo y por tanto en la cantidad y calidad del trabajo y en las distribuciones del ingreso, en una disminución de costos en productos que serán preferentes para la inversión y cobrarán una mayor presencia en el PIB, en nuevas tendencias en innovaciones incrementales y radicales dirigidas a un uso más intensivo de las innovaciones, en nuevos patrones de localización de las inversiones (nacionales e internacionales) que transforman las ventajas comparativas,

una ola de inversiones en infraestructura dirigidas a extender los beneficios de las innovaciones, la tendencia de pequeñas empresas emprendedoras para reorientarse hacia ramas en rápida expansión, una tendencia de las grandes empresas, sea por crecimiento o por diversificación, para concentrarse en las ramas innovadoras, y el establecimiento de una nueva pauta de consumo en bienes y servicios dados nuevos tipos de conducta de distribución y consumo (Freeman y Pérez, 1988).

En otras publicaciones, Carlota Pérez enfatiza que los paradigmas tecnoeconómicos representan un modelo rector del progreso tecnológico comercial de larga duración, en el cual se desarrollan productos y procesos rentables y tecnológicamente viables. De esta forma, este concepto de paradigma tecnoeconómico incluye instituciones y abarca los paradigmas tecnológicos de Dosi. Con ello, y en una continuidad con los autores vistos, Carlota Pérez (1992) busca explicar las condiciones necesarias para que el proceso tecnológico pueda considerarse como el elemento importante para el desarrollo de los países del Tercer Mundo, especialmente para América Latina (Corona, 1999a y Corona, 1999c).

De esta forma define el concepto de paradigma tecnoeconómico de manera paralela al concepto de Kuhn, “en el sentido de modelo o ejemplo, y supone un conjunto aceptado de normas y rutinas que rige la evolución de determinada ciencia...”. Un paradigma tecnoeconómico representa entonces “el modelo rector del progreso tecnológico comercial durante varios decenios. Es un modelo de sentido común para identificar y desarrollar productos y procesos productivos económicamente rentables, partiendo de los tecnológicamente viables”. A diferencia de Dosi, quien utiliza el término de *paradigmas tecnológicos* “para referirse al modelo rector de la trayectoria de mejoras incrementales de cada tecnología en particular”, Carlota Pérez (1992) nos señala que el concepto de paradigma tecnoeconómico se representa como un “metaparadigma que moldea los paradigmas específicos de las tecnologías individuales”.

Conforme a lo anterior, Carlota Pérez elabora una explicación amplia sobre las transformaciones tecnológicas latinoamericanas a partir de su concepto de paradigmas, apreciando la etapa que surgió en la década de los 80 del siglo XX, como una etapa de oportunidades para los países atrasados, donde se pueden instalar procesos agresivos desde nichos de mercado, si se cuenta para ello con una reestructuración institucional y de una lógica desde las empresas, los empresarios y los usuarios. En sus elaboraciones aparecen de manera más precisa diversos agentes sociales alrededor de la tecnología, aunque siempre desde el terreno económico. Junto al papel destacado de la empresa,

se presentan el Estado, los científicos y técnicos y los usuarios como parte de esta formulación tecnoeconómica del paradigma.

Varios son los elementos que identifican las diversas concepciones que hemos repasado; sitúan la innovación en vinculación con aspectos socioinstitucionales y, sin embargo, no los separan de su consideración económico-tecnológica. La pretensión de incluir otros elementos sólo les permite empezar a salirse del ámbito endógeno y situarse con elementos económicos fuera del proceso productivo, propiamente dicho. **A pesar de que no renuncian a la interpretación económica de la tecnología y la innovación, la fisura para incorporar otros elementos se abrió escasa y paulatinamente.**

Desde esta perspectiva se incluyen en el análisis de la innovación elementos como empleo, sistemas administrativos, costos de producción, productividad total, oportunidades y patrones de inversión, entre otros. La elaboración del paradigma tecnológico se mantiene en sus límites económicos, aunque **desplaza su interpretación exclusiva del proceso productivo y se amplía a todo el fenómeno económico, incluyendo desde esta visión aspectos sociales e institucionales.**

Por otra parte, incorpora a nuevos agentes sociales cuando involucra al Estado y a los usuarios de la tecnología. A pesar de este cambio, el actor central se mantiene en la empresa y en el empresario, toda vez que el mercado es el escenario privilegiado. En estos términos los usuarios, si bien son considerados, sólo se aprecian en función del mercado de tecnología, sólo son considerados como parte de la demanda.

Para Carlota Pérez (2010), la evolución de las tecnologías es un proceso complejo, ya que éstas se encuentran interrelacionadas mediante la conformación de sistemas que se encuentran unidos y desarrollan acciones que los hacen interdependientes entre sí y con su entorno físico, social e institucional. De esta forma, en el desarrollo de la tecnología no hay ninguna progresión inevitable, no existe un desarrollo tecnológico que sea cada vez más distante y no ninguna propuesta de desarrollo es inalcanzable. Así, después de que una innovación radical da lugar a la aparición de un nuevo producto capaz de crear una nueva industria, se abre un periodo inicial en el cual se verifican nuevas innovaciones, éstas se optimizan, lo que trae consigo la aceptación del producto producido en el segmento de mercado donde se adscribe su posicionamiento (Figura 1).

De esta manera, cada paradigma tecnológico representa una trayectoria, a la cual es posible seguir en su proceso de constitución y desarrollo. Entenderlo como trayectoria coloca en el escenario a los denominados *sujetos tecnológicos* (la comunidad científico-

tecnológica, las empresas, el Estado, y los consumidores), sus relaciones y confrontaciones, las dificultades y apoyos para establecerse, los compromisos internos, las resistencias y dinámicas de flujo en su incorporación al proceso productivo.

Los paradigmas tecnoeconómicos, en tanto metaparadigmas, y considerando que integran a diversos paradigmas tecnológicos, permiten vislumbrar los cruces de diferentes trayectorias, destacando sus enlaces y escenarios más complejos y con mayores dimensiones territoriales, que se insertan en procesos estructurales de largo aliento, y evidencian políticas y tendencias que se mantienen, pese a rupturas y continuidades, en escenarios complejos y de conflicto, con dinámicas de larga duración.

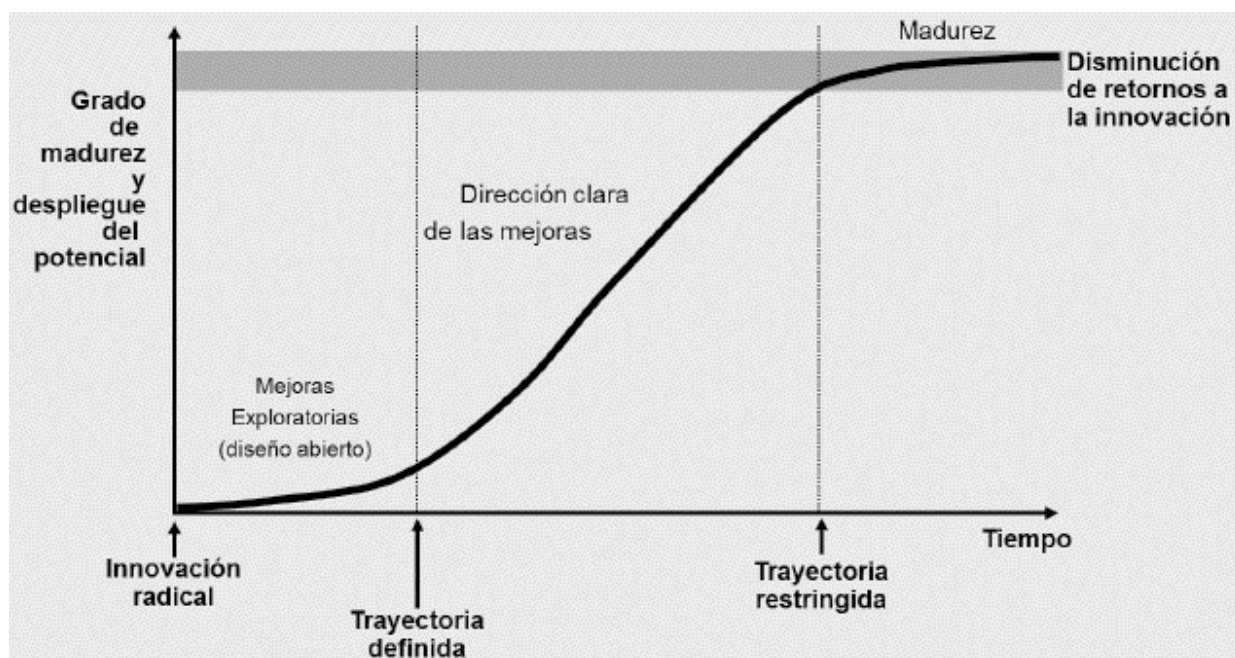


FIGURA 1. TRAYECTORIAS DE UNA TECNOLOGÍA INDIVIDUAL. REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y PARADIGMAS TECNOCUONÓMICOS

Fuente: Pérez (2010).

Conclusiones de la trayectoria tecnológica

Generalmente cuando partimos de comprender a la ciencia y la tecnología sólo por sus resultados, dejamos olvidados los procesos mediante los cuales se construyen, y también se abandonan las tendencias que promueven. Recuperar las trayectorias nos sitúa entonces en dimensionar las perspectivas de los procesos de ciencia y tecnología, recuperar controversias que se mantienen durante largos periodos, las formas de resolverlas y las fuerzas en tensión que se despliegan.

Como primeras conclusiones podemos señalar que el análisis de la trayectoria tecnológica nos permite identificar amplios elementos explicativos, que comprenden diferentes fenómenos alrededor de la tecnología, de la innovación y otros. Inserto dentro del pensamiento teórico y el marco conceptual de la escuela de economía de la innovación y sus variantes, demuestra una gran validez que aclara, sobre todo para nuestros países latinoamericanos, las formas en que se desarrolla la tecnología.

De manera significativa, con la comprensión de la trayectoria es posible incorporar un proceso, un camino recorrido, y por tanto una perspectiva, delinear un horizonte. Tenemos un punto de partida, o varios, una o varias tendencias con etapas marcadas por el propio proceso, donde se anuncian metas y objetivos, continuidades y rupturas tecnológicas, enlaces y desfases, y aparecen escenarios donde se incorporan diferentes actores, en una visión en la que la producción es sólo una parte de los elementos a considerar, aunque no se abandona la interpretación de la tecnología desde lo económico. Y ello nos brinda elementos estratégicos de primer orden, pues bien vistas las cosas nos habremos dotado de una comprensión que nos permitirá orientar procesos y atender la formulación de políticas.

Porque si bien la empresa es el centro de las preocupaciones desde las trayectorias, se hace imprescindible incorporar otros actores -el gobierno, los centros de investigación, las universidades, incluso los trabajadores-. Abrir los escenarios sobre las trayectorias incorpora vida, proporciona una indudable riqueza.

De esa manera la trayectoria tecnológica se construye como un ejercicio que incorpora las innovaciones y nuevos descubrimientos, en un proceso de continuidad y enlazado con las aportaciones fundamentales -las que modifican sustancialmente el artefacto, los procesos, los resultados- y las incrementales -aquellas que mantienen el mismo proceso, equipo, conocimiento- pero generan pequeñas adecuaciones que a la larga podrán desembocar en resultados trascendentes.

Un elemento significativo de la comprensión de la trayectoria tecnológica es el referido a los contextos donde se desarrolla. Éstos son importantes pues evidencian los

escenarios y los actores que se desempeñan. Pero al mismo tiempo, su ubicación permite conocer la tecnología en acción, acercándose a la manera de Latour y Callon como veremos enseguida, con lo que se establecen las relaciones entre los actores, los límites de los procesos tecnológicos y sus posibilidades de ampliar espacios de acción, los apoyos y obstáculos promovidos por la políticas y programas oficiales, los términos de las diferentes organizaciones generadas por este proceso, las habilidades y destrezas que se desarrollan junto a estas trayectorias, etcétera.

Y una cuestión de gran importancia es que la tecnología -y la innovación- al situarse en el proceso económico general y no solo en la producción, se redimensiona y permite comprenderla de manera compleja, es decir con múltiples determinaciones, donde aparece la organización productiva y social, la cultura, la comunicación junto a la política.

Sin ninguna duda, los aportes sobre la tecnología de Shumpeter y sus sucesores en torno a la visión de la trayectoria tecnológica son muy valiosos. La importancia de la escuela de Sussex y del pensamiento de C. Freeman, G. Dosi y Carlota Pérez como continuadores, sobre todo ella con sus aportes tan cercanos a nuestras condiciones latinoamericanas, puede considerarse imprescindible para el tema.

Como latinoamericanos y como mexicanos podemos congratularnos de tener estas expresiones, aumentadas por sus propios aportes, tan cercanas a nosotros, desde dentro de nuestros centros e instituciones, y con posibilidades de indicarnos caminos y acciones.

III. Redes tecnológicas

Entender las redes tecnológicas es, por una parte, un desenlace obligado de la discusión sobre genealogías y trayectorias. Al mismo tiempo, este concepto posee una riqueza explicativa propia, por lo que es capaz de situar el entender de la tecnología y la ciencia de manera amplia en relaciones, estructuras y funciones.

Con algunos de nuestros resultados de investigación establecimos cinco elementos de método, con lo que se logra generar explicaciones fundamentadas, y en el caso de los estudios sobre ciencia y tecnología también aplican. El primero es incorporar **una visión de larga duración**, lo cual nos permite entrever otros horizontes que comprensiones reducidas abandonan o ni siquiera atisban. Estos horizontes, enmarcados en acciones colectivas explicadas por ejes apropiados a esta dimensión, permiten destacar trayectorias, perspectivas y sentidos que de otra manera se borran o no se perciben, se requieren escenarios adecuados a dicha escala.

De esta manera, el análisis de la tecnología se presenta como **un proceso**, es decir como un devenir constante, destacando que lo importante es precisar las rupturas y las continuidades a fin de entender la unicidad del proceso, no como sucesión de etapas establecidas como estancos, sino donde se expresan las características del continuo, con estructuras y coyunturas. De esta manera es posible apreciar algunas aparentes repeticiones, enlaces con propuestas anteriores similares a las actuales, destacar las peculiaridades de cada momento sin dejar de apreciar el conjunto.

Nos instala sin duda en **una comprensión compleja**, es decir con múltiples determinaciones, donde los contextos económicos, o los manejos políticos, o las formas educativas y culturales, o la dimensión territorial, por mencionar algunas áreas de explicación, son importantes, y más cuando son comprendidas en su unicidad y en sus interrelaciones.

Considerar a la tecnología como un proceso complejo y de larga duración nos ubica de inmediato en **una dinámica constante**, donde todo siempre fluye y cambia. Ingresar en la explicación desde la versión dinámica del proceso nos sitúa, por tanto, en multitud de caminos explicativos, engarzados momentánea o estructuralmente, pero con tendencias diversas, con tiempos y lugares disímbolos pero entrelazados, siempre en movimiento y cambio.

Dentro de nuestra metodología recuperamos también una situación comúnmente abandonada y menospreciada por las formas dominantes de la explicación histórica y social: **el conflicto**. En las versiones funcionalistas y positivistas, el conflicto se deja de lado, no existe. Y si no hay más remedio que incorporarlo, siempre aparece en su forma más simplona: como choque entre personalidades aisladas, contendiendo por motivos individuales y egoístas, la más de las veces sólo con expresiones políticas o militares.

Para nosotros el conflicto es parte del mismo proceso, y sin lugar a dudas una de las fuentes originarias del movimiento social. En el conflicto se expresan las fuerzas sociales e históricas, las tendencias estructurales y las circunstancias coyunturales. El conflicto permite entender relaciones sociales en tensión, que es donde mejor se expresan las tendencias y las propuestas, y se aprestan las fuerzas organizadas para la acción (Ocampo y Reyes, 2017, 89-107).

El conflicto expresa una tensión de fuerzas, generalmente asociadas a situaciones de crisis, momento en que la incertidumbre se amplía y se expresa con mayor rigor. Son momentos de confusión donde finalmente se deberán asumir las tomas de posición y las decisiones sobre el rumbo, el sentido y las tareas a desarrollar. En esta situación de

conflicto cuando las redes tienen que mostrar sus fortalezas o debilidades, pues o representan un anclaje en soluciones positivas, o anuncian su desaparición.

De ahí que nos interese de manera especial el conflicto, aspecto tan desdeñado en algunas explicaciones sociales, ya que en la dimensión científico-tecnológica asume diversos niveles, pero en momentos de tensión se expresan con mayor crudeza, donde las evidencias de los debates y sus fundamentos permiten descubrir intereses, razonamientos y distancias, así como las fuerzas y sus agrupamientos, las orientaciones y alcances. Incorporar al conflicto dentro de las explicaciones de las redes científico-tecnológicas nos permite orientar acciones de organización, de toma de decisiones, de orientación productiva, y diseñar alternativas.

Si bien el término de redes ha cobrado una difusión amplia, y es utilizado de manera constante para ámbitos tan diversos y disímiles, en los cuales generalmente no se define y, por tanto, se abusa de su manejo. En este apartado veremos tres explicaciones donde las redes se presentan con diferentes vertientes conceptuales, generalmente cercanas, aunque cada una tiene su propia personalidad.

Para apreciar estos conceptos en sus diferencias y similitudes, así como en relación con las genealogías y trayectorias, veremos las propuestas de Bruno Latour y sus colegas (Teoría del Actor Red), de Antonio Arellano Hernández (Redes Sociotécnicas), y de Rosalba Casas y otras autoras (Redes de Conocimiento).

Tenemos adicionalmente otras elaboraciones sobre redes. Sin duda Jacobs nos remite a una explicación original que ha transitado por diferentes vertientes. Algunas de las más significativas para los estudios CTS son las que agrupan en la Universidad de Quilmes en Argentina, con un colectivo que se mantenido durante años, en torno entre otras cosas en cursos, talleres, eventos y la publicación de la revista *Redes*⁴³.

Uno de los equipos cercanos, con iniciativas novedosas y aplicaciones de la concepción de redes, se sitúa en el mismo CIESTAAM, como uno de los grupos fundadores del Centro, mismo que tiene en su haber una cantidad importante de elaboraciones⁴⁴, al

⁴³ Otro grupo que mantiene una revista con el mismo nombre -Redes- son los españoles agrupados en diferentes universidades, donde destaca la de Salamanca. Otra red importante de revistas es la consolidada como Redalyc, impulsada por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

⁴⁴ Una parte de sus materiales los integramos en la bibliografía. Pueden consultarse los textos en la página web del CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. Una de las aplicaciones importantes es la Colección sobre el Trópico Húmedo, sobre gestión de la innovación en diferentes productos: pimienta gorda, palma de aceite, miel, nuez macadamia, hule, coordinados por el Dr. Jorge Aguilar Ávila, donde se aplican los modelos de redes de innovación y se obtienen resultados empíricos de primera mano.

tiempo que consolida una orientación de aplicación de sus propuestas mediante la promoción de formas de extensionismo, de promoción de organizaciones de productores, de definición de políticas públicas y de formulaciones teóricas. En ellos destacan Horacio Santoyo Cortés, J. Reyes Altamirano Cárdenas, Jorge Aguilar Ávila, Manrribio Muñoz Rodríguez, Enrique Martínez González y Norman Aguilar Gallegos.

La importancia de estos colectivos aflora de inmediato cuando empezamos a estudiarlos, sin embargo en esta ocasión sólo precisaremos las tres orientaciones señaladas.

Para iniciar, se destaca la enorme cantidad de propuestas con la explicación que nos presenta Arellano, aun cuando es larga, es importante conocerla en su totalidad, así como a los materiales de los autores, mismos que también se incorporan en la bibliografía.

El concepto de red se ha empleado prolijamente durante las últimas décadas en las ciencias sociales y particularmente en los estudios que han asignado al conocimiento y la técnica algún papel causal. Entre otros usos, se ha empleado para referirse a la creación de nexos en grupos pequeños (Blau y Schwartz, 1984), a la fuerza de las relaciones (Granovetter, 1973), el análisis de las posiciones que ocupan los actores en la configuración de relaciones (Burt, 1980/2015; Borgatti y Everett, 1992) y ciertas propiedades intersubjetivas como la confianza (Messner, 1999), al análisis de la solidaridad social y de redes políticas (Mendieta y Ruiz, 2004) y como mecanismo de coordinación del orden social (Schmitter, 1992) y el análisis de los sistemas productivos regionales (Semitiel y Noguera, 2004), acentuando las medidas relacionadas con la actividad comunicativa de los actores, la capacidad y comunicación entre integrantes de una red y la capacidad de evitar controversias con otros integrantes son fundamentales para la estabilidad de una red social (Freeman, 1979), entre otros.

Entre otras instrumentaciones, tales teorías se han empleado para explicar los flujos de conocimiento (Casas et al., 2001), “como los intercambios entre actores de intereses comunes en el desarrollo o aplicación del conocimiento científico, tecnológico o técnico” (Casas en: Luna et al., 2003: 27), “como modalidad de coordinación social y la conformación de patrones de comunicación interpersonal en los flujos de conocimiento y la conexión de entidades sociales” (Luna, 2003), la acción coherente de los participantes en la organización técnica (Arvanitis y Dutrenit, 1997), para estimar la eficiencia de la red (Lee y Brown, 1998), para conocer el papel de las fuentes externas de innovación (Steward y Conway, 1996) y, como redes de poder (Hughes, (1983) (1987).

... Es posible que por estas razones la noción de red establecida en la Sociedad Red de Manuel Castells (1996/1988) se haya vuelto emblemática en las ciencias sociales de las últimas décadas. Según Castells, tres características definen la sociedad contemporánea, a saber: que relevantes grupos sociales se organizan en red, que la dimensión de su acción es mundial, y que sus acciones se sustentan en tecnologías informacionales, aludiendo a la sociedad red, a la globalización y la sociedad del conocimiento (Arellano, 2011, 5-6).

Las redes tecnológicas, cuando son comprendidas desde un concepto amplio, incluyen elementos no sólo económicos, sino políticos, culturales, territoriales (Ocampo, 2007b). Y más, pues cuando ingresamos a esta dimensión de análisis dotados con la concepción derivada de este concepto amplio, se ponen en la mesa de debates la relación Naturaleza-Sociedad, e incluso el propio concepto de sociedad (Latour, 2008, 13-23), con lo que se discuten los fundamentos de la modernidad (Latour, 2007); se cuestiona la relación entre lo objetivo y lo subjetivo, a partir de criticar la separación y abandono de lo subjetivo como espacio de elaboración de la verdad; se discute la comunicación y sus nuevos alcances en la dimensión planetaria, sobre todo en la elaboración y transmisión de conocimientos; se requiere la necesidad de ubicar epistemológicamente a la tecnología; se desarrolla el análisis de las llamadas simetrías y las traducciones, aspectos que son ejemplo de que todo está en debate.

Para ello ha sido necesario replantear la ruptura de la distancia entre los objetos de estudio y los actores humanos, desde donde surgen propuestas que incluyen a estos objetos como *actores no humanos*, es decir como nudos de relaciones, con personalidad e identidad propias, y no como simples resultados del quehacer humano.

Ello conduce, en diferentes naciones latinoamericanas donde destacan las iniciativas a través de la Red de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE), a la búsqueda de precisar, cada vez con mayor propiedad y con mejores resultados, la frontera del campo interdisciplinar propio de los estudios CT-S e Innovación. Los avances y acuerdos y desacuerdos pueden ser estudiados en las memorias de su docena de Jornadas bianuales, que se promueven con mucho entusiasmo y con creciente calidad e impacto⁴⁵.

⁴⁵ La Red de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE, algunas veces se ha querido incluir a la Innovación en su nombre) tiene una amplia proyección en nuestro subcontinente. Destacan sin duda, por el tamaño de las participaciones, Argentina, Brasil, México. Sin embargo, en varios países se ha conformado una cada vez más sólida comunidad de investigadores de estos estudios. Destacan en Argentina desde la Universidad de Quilmes Hernan Thomas y Pablo Kreimer, junto con Leonardo Vacarezza, Juan Pablo Zabala y otros investigadores, que también se expresan en otras universidades y centros de estudios e investigación; en Brasil en varias universidades -Río de Janeiro, Río Grande Do Sul, Campinas- con distinguidos personajes; en Uruguay, desde la Universidad de la República, Mariela Bianco y un amplio equipo; en Costa Rica, en la Universidad Nacional, Rony Viales y grupos importantes; en Colombia, diversos colectivos en varias instituciones; en Chile, desde la Universidad Nacional y otras, una pujante comunidad con propuestas novedosas en temas y métodos de trabajo. En otros países existen experiencias estimulantes. En México, los colectivos se agrupan en varias universidades: la UAEM-Toluca con Antonio Arellano, la UAM-Azcapotzalco con Michelle Chauvett y un grupo consolidado, en la UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales con Rosalba Casas, María Josefa Santos, Rebeca de Gortari, en el que se incluyen destacados investigadores de otras instancias, en especial del Instituto de Investigaciones Matemáticas y Sistemas (IIMAS), un equipo importante en el posgrado de economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la UAM-Xochimilco con Gabriela Dutrénit y el posgrado en Economía de la Innovación con un excelente grupo de investigadores, en la Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM un colectivo que representa María Isabel Palacios.

Como vemos, el término redes tiene una complejidad propia, pese a su uso indiscriminado. Abordarlo a partir de estas tres versiones no agota el tema como hemos advertido, pero permite dotarnos de una primera mirada que seguramente para nuestros trabajos de investigación al respecto, con mucha seguridad, resultarán sugerentes.

La Teoría del Actor-Red

Esta teoría también se conoce como ANT por sus siglas en inglés que corresponden a Actor Network Theory, con lo que surge un hormigueante juego de palabras. Derivado de una amplia polémica dentro de la escuela de sociología de la innovación europea, y la ruptura del grupo donde se incluye Bruno Latour, Michel Callon y John Law, impulsores de una explicación diferente y muy provocadora, por sus formulaciones críticas fundamentadas tanto en teorías, como en estudios empíricos donde demuestran sus aciertos de ver la ciencia y la tecnología n construcción.

Frente a la propuesta de David Bloor, con la Escuela de Sociología Fuerte del Conocimiento, con sede en Edimburgo, Callon, Latour, Law y otros se separaron al confrontar cuatro postulados que sostienen la interpretación de aquel autor⁴⁶. Esta diferencia ha sido explicada por Arellano (2003).

Para entender qué consideraciones llevan a los científicos a optar por un tema y sus explicaciones, y al partir de que estos elementos se insertan en una de las formas de construcción social, Bloor establece cuatro principios programáticos: causalidad, imparcialidad, simetría y reflexibilidad. Arellano (2003) lo explica de manera sintética: "...la sociología del conocimiento científico es causal, porque se ocupa de las condiciones que dan lugar a la creencia o estados de conocimiento; es imparcial con respecto a la verdad y falsedad, la racionalidad y la irracionalidad, el éxito y el fracaso, ambos lados de estas

En otras universidades y espacios como la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Universidad Veracruzana también hay expresiones significativas. Las iniciativas son múltiples, y en un esfuerzo sostenido por más de 20 años se ha logrado armar casi sin interrupciones, un Congreso bianual en diferentes países. En 2018 se realizó en Chile con una calidez muy nuestra, y ahora se prepara Uruguay para recibirnos en 2020, bajo la coordinación de Mariela Bianco. Una loable iniciativa de ESOCITE es la Escuela Doctoral que, en los años noventa, se ha realizado en diferentes países con los jóvenes doctorantes, en preparación constante para un reemplazo generacional consolidado, que este año 2019 se prepara para desarrollarse en Colombia. Una autoridad con presencia latinoamericana indiscutible es Hebe Vessuri, cuyas orientaciones sostenidas en varias décadas la convierte en referencia importante. La revista *Redes* de la Universidad de Quilmes se constituyó como un espacio oficial de difusión de ESOCITE. La colección electrónica completa de la revista se puede consultar en el Centro Documental del CIESTAAM en acceso libre.

⁴⁶ Los cuatro postulados desarrollaron la base de un amplio debate entre la Escuela de París y la de Bloor, al ser refutados los 4 principios, sobre todo por Latour (1992). Esto ocasionó la ruptura en la Escuela de Edimburgo y la creación de la Escuela de París, con una polémica interesante. Ver: *Antilatour* de Bloor (1999) y la respuesta de Latour (1999).

dicotomías requieren de explicaciones; es simétrica en su estilo de explicación, los mismos tipos de causas explican las creencias falsas y verdaderas, finalmente es reflexiva porque sus explicaciones son aplicables a la sociología misma”⁴⁷.

Otro de los puntos de debate fue la inclusión del manejo de actores no humanos, o actantes, y de una serie de contradicciones en la que no se dejó nada a salvo. La confrontación se origina desde la conceptualización de sociedad, y por tanto de sociología y de ciencias sociales. La preferencia por entender lo *social* como algo homogéneo, permite incorporar al mismo término como una sucesión de *asociaciones* entre elementos heterogéneos. De ahí la controversia en comprender a la sociología a partir de la diferencia en las definiciones, una como *ciencia de lo social* contra la otra como el *rastreo de asociaciones*, con lo que se transita de definir a lo social de un dominio especial o un reino específico, para ingresar a entenderlo como un movimiento de reasociación y reensamblado (Latour, 2008).

La sociología convencional se mueve en planos sobrentendidos donde, por ejemplo, lo social no requiere más explicación. Estas conclusiones son asumidas por Latour, quien enfrenta la dimensión epistemológica de cada concepto, en los que hace prevalecer la incertidumbre como constante en el pensamiento de lo social. Esta comprensión dinámica impone el cambio como elemento permanente, donde se incluyen los conceptos y, por tanto, la propia percepción. La realidad se arregla, se desarregla, entra en crisis bajo la óptica explicativa, que es arrastrada a considerar sus insuficiencias. Ello incluye las actividades evidentemente *sociales*, así como otras como la ciencia y la tecnología.

De ahí que se hizo necesario elaborar un concepto que permitiera abarcar la polémica al respecto, y el resultado fue la Teoría del Actor-Red (TAR), “nombre que es tan torpe, tan confuso, tan falto de sentido, que merece ser preservado” (Latour, 2008, 24). Asumir esta propuesta requirió no solo desechar otras elaboraciones propias, sino también reforzarse como un colectivo de trabajo, en el que destacan Michel Callon y John Law, y rearmar el ensamble construido, sobre todo para la explicación de la ciencia y la tecnología.

Comprender a la sociedad desde los espacios de la ciencia y la tecnología nos sitúa no sólo en la producción de conocimiento sino en la elaboración de formulaciones, materiales, artefactos y diseños, como resultados del quehacer científico. Y para poder seguir las construcciones científico-tecnológicas es necesario despojarse de elaboraciones a priori que les impongan sentidos y determinaciones a los estudios y comprensiones. Es

⁴⁷ Arellano (2003) nos refiere a Bloor (1976) para estas explicaciones.

necesario entonces, más que reconstruir o deconstruir la ciencia, reensamblarla no en sus resultados sino en los procesos de creación, en la acción que es donde se expresan con mayor claridad los actores. Son ellos quienes nos guían en la comprensión de la ciencia en acción.

La ruptura crítica desarrollada por Jurgen Habermas (1982) en la Teoría de la Acción Comunicativa, fue trasladada de manera por demás original a la sociología de la ciencia y la tecnología. Hacia fines de la década de 1980 se hizo necesario modificar los pensamientos, al grado de considerar a los objetos que se hicieron compatibles, y cobraron una personalidad propia como actores no humanos, y abandonaron su condición de simples objetos, naturales o no.

Ello condujo a revalorar la relación y la separación de lo natural con lo social, y encontrar otras formas de entender a estas dimensiones y sus comunicaciones. De esa manera es posible precisar explicaciones capaces de volver a relacionar lo social mediante asociaciones de actores (Latour, 2008, 27). De ahí que es necesario seguir a los actores, desde sus elaboraciones metodológicas, sus preferencias en los objetos de estudio, sus creaciones conceptuales. Entender la ciencia -y la tecnología- en acción permite descubrir los conflictos, los titubeos, las indecisiones y las resoluciones con todo y sus improvisaciones, las carencias de sustento asumidas sin mayor cuestionamiento público cuando en lo privado se pone en entredicho hasta su propia existencia. La ciencia en acción descubre en su elaboración los procesos vivos frente a las *cajas negras* que ocultan los deslices y sólo muestran la cara firme y seria de un resultado científico, con validez blindada (Latour, 1992), y es entonces que se descubre una trama de relaciones, ocultas por diferentes maneras en la concepción sociológica convencional, que nos llevan a comprender las redes constituidas desde los actores.

Las redes en este proceso permiten trasponer las propias fronteras de lo natural, de lo social y de la humanidad, que es incorporada en los actores no humanos, o actantes, para mantener la distinción que se adhiere a su identidad.

Estas formas nos permiten rastrear una red, entendida como una serie de acciones en la que cada participante es tratado como un mediador. Por ello incorporar la TAR es reconocer a los actores que hacen algo, que participan y no son meros espectadores u objetos inmóviles. Desde esta visión, cada actor es una traducción, donde se convierten de intermediarios a mediadores porque hacen visible la dinámica.

La red “no designa una cosa situada fuera” y que tendría puntos de interconexión, sino que describe “la objetividad, es decir la capacidad de cada actor de hacer que los otros actores hagan cosas inesperadas”. De esa manera la explicación, a manera de

texto, “produce redes de actores cuando permite seguir un conjunto de relaciones definidas como otras tantas traducciones” (Latour, 2008, 187).

Ingresar al pensamiento de la TAR nos conduce a situarnos en una dimensión muy inestable por su dinamismo, tanto explicativo como de lo que podríamos llamar el objeto de estudio. Este movimiento nos permite reconsiderar los procesos de elaboración de los aciertos y de las equivocaciones.

La propuesta de TAR nos remite a precisar la importancia de la Escuela de Sociología de la Innovación establecida en Francia a la que se adscriben Latour, Callon y Law, entre otros, y destaca de manera contundente en las propuestas sobre redes, pues camina sobre explicaciones fundamentadas mediante una consideración crítica de la sociología convencional. Sus proposiciones no sólo son formulaciones teóricas sino se acompañan de recuperaciones empíricas, desde donde se formulan las teorías y métodos, y se fundamentan y validan las propuestas.

Esta formulación de la sociología crítica no deja de cuestionar inclusive sus propias elaboraciones; no se deja nada a salvo, iniciando con las propuestas de ciencia y tecnología, tan apreciadas por la formulación moderna de civilización.

Las redes sociotécnicas de actores

Uno de los estudiosos del pensamiento de Latour, Callon y Law –agrupados en la *Escuela de Sociología de la Innovación* francesa– es Antonio Arellano Hernández, profesor de la Universidad Autónoma del Estado de México, quien ha sido un divulgador de las propuestas de esta escuela a la que incorpora sus planteamientos, con lo que no sólo enriquece esta teoría, sino que la dota de nuestras consideraciones latinoamericanas.

Arellano tiene varios textos donde aborda la cuestión de las redes⁴⁸, pero es en el de **Tramas de redes sociotécnicas. Conocimiento, técnica y sociedad en México** (2011) donde lo explica mejor. En esta obra precisa varios de los fundamentos de la Escuela de Sociología de la Innovación y destaca definiciones como la de Law donde señala que “una red designa un conjunto de elementos heterogéneos interconectados, un orden y una estructura”, al tiempo que las redes se presentan como una malla de acciones que distribuyen competencias y actuaciones entre humanos y no humanos para ensamblar una asociación de humanos y cosas en un conjunto más duradero... (Arellano, 2011, 9). Esta versión está en consonancia con Latour y Callon quienes, en atención a las propuestas de la traducción de Michel Serres, logran apreciarla como hibridación, en

⁴⁸ En la sección de Bibliografía se incorporan otros textos de Antonio Arellano.

tanto mezcla de entidades que producen realidades inéditas y que tienen como complemento la purificación. De esta forma es posible apreciar con múltiples evidencias las asimetrías.

Con lo anterior, Latour expresa que las redes son, a la vez, reales como la naturaleza, narradas como el discurso y colectivas como la sociedad (Arellano, 2011, 8). Derivando hacia la formulación de la TAR, Callon explica que un actor-red es simultáneamente un actor cuya actividad es relacionar elementos heterogéneos y una red capaz de redefinir y transformar los contenidos (Arellano 2011, 7), de manera que después de complejizar y simplificar los conceptos, Callon concluye que el actor-red describe la dinámica de la sociedad en términos totalmente diferentes de aquellos usualmente empleados.

Callon considera que cualquier elemento de un sistema puede, en determinadas circunstancias, representar un papel crucial en el comportamiento del conjunto, y por ello ese elemento protagónico tiene el rango de actor representativo del sistema organizado en términos de red, con lo que es posible superar el enfoque de sistemas (Arellano 2011, 9).

La noción de red fue cobrando un relieve importante en substitución del enfoque sistémico. Los actores-red refrendaron esta orientación en tanto nudos de relaciones y asociaciones en diferentes ámbitos. El concepto de red ha sido utilizado de manera excesiva y sin mayores fundamentos. La consideración de incorporarla al estudio de los sistemas complejos mantuvo su propuesta original, trastocada al presentarla dentro de una visión simplista, que la aprecia como un transporte instantáneo y sin deformaciones, abandonando las traducciones, traslaciones y transducciones.

Los más prominentes autores de la TAR resignificarían el término de red de maneras diferentes. Callon proponía extenderla a la economía; Latour pretendía sepultarla, y Law, por su parte, planteaba someterla a la teoría de los sistemas complejos (Arellano 2011, 11). Latour se deslindaba de una TAR al considerar que se había plagado de abusos y que sería mejor “enterrarla”, dado que la noción de red había dejado de significar “traducción y transducción” para pasar a designar transporte instantáneo y sin deformación.

Red significaba claramente una serie de transformaciones –traslaciones, transducciones-; ahora, al contrario, es claro que significa transporte sin deformaciones, instantáneo, acceso inmediato a cada pieza de información. Es exactamente lo opuesto a lo que quisimos decir. El doble clic mató el último pedazo de frontera crítica a la noción de red. No pienso que deberíamos usarla más (Latour, 1999, versión en mimeo referido en Arellano, 2011, npp 6, p. 11).

Como se aprecia en los párrafos seleccionados, Arellano nos orienta sobre los alcances, las limitaciones y el proceso seguido por la TAR. Pese a enfrascarse en una

crítica desde espacios latinoamericanos con sus culturas y tradiciones, Arellano mantiene las explicaciones de la sociología de las asociaciones para develar nuevos temas e insertarlos en las elaboraciones latinoamericanas, donde las cuestiones más inusitadas pueden ser consideradas como un actor-red: la ciudad, el campo, la empresa, el tractor, el maíz híbrido, las organizaciones ciudadanas o productivas, el ambiente o el clima...

Para ello deberá hacer un recuento de los estudios sociales de la C-T desde la antropología, y más desde la etnografía (Arellano, 2017). Un recuento prolijo y detallado de esta elaboración científica, donde irrumpen las elaboraciones nuestras, latinoamericanas y más aún, mexicanas y particularmente de los científicos mexicanos. Hacia allá tiende para fundamentar su entronque con la cuestión climática y sus elaboraciones sociales, y reconocer que el clima es una formulación histórica, y por tanto cambiante. No existe como referente permanente y constante. Es posible seguir las variaciones con la ayuda de la etnografía (Arellano, 2014 y Arellano et al., 2017).

La derivación más provocadora se realizará con la recuperación y desmitificación de la personalidad de Tláloc, deidad prehispánica asociada junto con Chalchihuitlicue al agua en sus diferentes expresiones, para apreciarla en una dimensión más amplia con relación al ambiente y a la formulación cosmogónica antigua (Arellano, 2017).

Entonces se abre un espacio de análisis poco trabajado desde la perspectiva CTS: los conocimientos tradicionales locales sobre la ciencia y la tecnología. Si bien se ha requerido incluir y desarrollar los aportes desde la antropología y la etnografía hacia los estudios CTS, y modelar las formulaciones desde este campo de trabajo, los alcances son inmensos, pues no refieren a los etnoestudios CTS, de la misma manera que podemos hablar de la etnobotánica o la etnoecología, con lo cual se redimensionan los estudios convencionales al respecto, pues de entrada se cuestiona la validez única de las versiones modernas del conocimiento y de la ciencia.

Las redes de conocimiento

Rosalba Casas es sin duda una de nuestras autoras especiales sobre esta orientación del término redes. Posee una trayectoria distinguida en el ámbito de las ciencias sociales y en el estudio de la ciencia, la tecnología y la innovación. Continuada de la escuela de Sussex de C. Freeman, desarrolla junto con un muy consolidado equipo de trabajo de amplias capacidades, una interesante propuesta a partir de lo que denomina redes de conocimiento (Casas et al., 2001).

El conocimiento en Freeman se comprende como parte del paradigma tecnológico, en la que el que se expresan las innovaciones fundamentales y las secundarias, y donde la innovación no sólo se manifiesta en la producción propiamente dicha, sino que se asocia con las innovaciones sociales e institucionales, con lo que se crean los sistemas tecnológicos. De esta manera se consolida el paradigma económico-tecnológico y se avanza en la definición del Sistema Nacional de Innovación, en el cual se expresa el desarrollo tecnológico propiamente dicho, junto a una nueva cultura (organizaciones, hábitos, rutinas) y formas diferentes de administración y de formulación de instancias y políticas públicas.

Esto lo hemos explicado antes, en el apartado de las trayectorias, pero es necesario recordar que con todo ello se produce un Ambiente de Innovación, en el cual se incluye la información y el conocimiento; los financiamientos, las organizaciones y su comportamiento, las políticas públicas y las leyes y la educación.

Se trata, nos explica Rosalba Casas, de comprender la relación entre productores y usuarios del conocimiento para “analizar cómo se construyen los desarrollos tecnológicos” (Casas et al., 2001, 13). Si bien el conocimiento formalizado es fuente de innovación, no es la única ya que desde la propia producción se incorporan innovaciones. De ahí su complejidad que nos conduce a la “única forma efectiva” de análisis por medio de las interacciones entre empresas, universidades e instituciones públicas (Casas et al., 2001, 13-14), en esa triple hélice, propuesta en inicio por Galbraith y aplicada por Sábato, que permite superar la preponderancia que en el análisis de la innovación adquirieron las empresas y los empresarios emprendedores a partir de los postulados de Shumpeter. La relación Universidades-Empresas-Gobierno se comprende como las formas más efectivas de innovación.

Entonces destacan también las universidades y centros de investigación públicos, que proporcionan un “importante insumo para los procesos de innovación de las empresas” (Casas et al., 2001, 14), aun cuando la relación sea indirecta. Estas instituciones son productoras de conocimiento que de diferentes maneras impacta en la innovación empresarial⁴⁹.

⁴⁹ A mediados de la década de 1980, el llamado Consenso de Washington impuso la primera ola del programa neoliberal, en diferentes modalidades, a nivel mundial. Las modalidades derivaron de la condición de los países - centrales, semiperiféricos o periféricos, con atención a sus condiciones de desarrollo basadas en indicadores *ad hoc* - y nuestro país asumió de manera rigurosa las indicaciones de los organismos internacionales, el FMI y el Banco Mundial, para establecer tal programa. Ello produjo el abandono de la condición del estado benefactor keynesiano, y por tanto el desmantelamiento de las instituciones y organismos llamados sociales, entre ellas las de investigación aplicada a la producción. Con todas sus limitaciones, estas funciones fueron o trataron de ser asumidas por las universidades y centros de investigación, en un espacio de oportunidad novedoso, que al ser establecido sin la

Comprender la relación de estos actores integrantes de la triple hélice destaca sus interacciones, qué tipo de conocimiento fluye, cómo se trasmite y dónde se presentan las capacidades para su aplicación (Casas et al., 2001, 15), ubica conocimientos valiosos y sin embargo subutilizados o acumulados sin uso. Al mismo tiempo se despliegan las llamadas redes de conocimiento, construidas regionalmente, en una explicación que denominan *espacios regionales de conocimiento*, donde se recombinan los conocimientos de las universidades con las empresas, creando campos especializados de desarrollo tecnológico (Casas et al., 2001, 15), donde se presenta un proceso limitado de innovaciones⁵⁰.

Separadas de los modelos lineales de producción del conocimiento y de innovación, ingresan a una dimensión compleja. Cobra relevancia que la producción de conocimientos se realiza ahora bajo modalidades que se denominan Modo 2, al adquirir características de ser realizado en contextos más amplios, transdisciplinarios, económicos y sociales. Este conocimiento se desarrolla para solucionar problemas aplicados, involucra varias disciplinas en sus métodos y teorías, es heterogéneo y con diversidad organizacional, con colectivos en redes flexibles (Casas et al., 2001, 17), por lo que el conocimiento debe distribuirse socialmente. De ahí la importancia de los llamados Sistemas Nacionales de Innovación propuestos por Giovanni Dosi y Carlota Pérez, donde la presencia de las redes entre los sectores público y privado se mantiene. La distribución del conocimiento implica, de alguna manera, la distribución del poder, por ello se requiere conocer los mecanismos por los cuales se distribuye ese conocimiento.

Este recorrido condujo a revisar el concepto de redes y de los procesos complejos. Si bien en la sociología estructural las relaciones estudiadas pasan por los sistemas y las funciones y se arriba de manera suave a la idea de redes, el abordaje de estos autores se orienta a precisar las relaciones de los actores respecto al conocimiento y su aplicación.

A pesar de presentar a autores como Bijker, Hughes y Pinch (1987) junto a Latour y Callon con sus contribuciones para ingresar al tema, las distinciones que separan a estas escuelas representadas son manifiestas. Sin embargo, de cada una Rosalba Casas entreteje sus aportes para destacar la manera en que es posible utilizarlos sin demérito

normatividad anticipada, deformó en alguna medida sus funciones, al tiempo que vinculó a colectivos de investigadores y sus recursos (laboratorios, equipos, alumnos, instalaciones, etc.) en formas la más de las veces directas y sin intervenciones de las propias instituciones, a una relación con instancias de gobierno y con empresas. Se formaron los despachos universitarios. En ocasiones, sobre todo en proyectos de gran magnitud la intervención de las instituciones está suficientemente formalizada.

⁵⁰ Las propuestas de Casas aplican de manera directa las consideraciones sobre redes de conocimiento. Prefieren para ello los espacios regionales de conocimiento, que son diferentes a los clusters, nichos tecnológicos o redes de innovación.

de las aportaciones y sin hacer combinaciones teóricas; de lo que se trata es de descubrir el flujo de conocimientos tecnológicos. De ahí surge su propuesta de redes de conocimiento, “que implican... la formación de redes profesionales y de entrenamiento, ...de redes de difusión y transmisión de conocimiento e innovaciones, que estarían dando lugar a la formación de espacios regionales de conocimiento. Se trata de un estadio previo a la conformación de redes de innovación...” (Casas et al., 2001, 22-23).

El objetivo final, al decir de los autores encabezados por Casas, es poder formular políticas públicas de ciencia y tecnología regionales.

La propuesta de redes de conocimiento mantiene una importancia especial y marca una orientación fuerte que, junto con la presencia de la perspectiva regional, enriquece este enfoque.

Conclusiones de las redes tecnológicas

Finalmente, nos movemos en una realidad de relaciones, de circunstancias, contextos, escenarios o como sea que lo denominemos, y esta realidad, cuando quiere apreciarse en su totalidad en una visión integral, bien puede comprenderse como tramas o redes, superando a la orientación de sistemas completos pero separados entre sí.

Se pueden diferenciar diferentes tipos de tramas: cerradas, cortas, estrechas, amplias, abiertas, largas, capaces de comprender diferentes aspectos de esta realidad. Para nuestros casos, apreciamos generalmente las redes económicas, productivas, superando las versiones de sistemas, cadenas o enlaces. Con ellas elaboramos nuestros gráficos, didácticos y representativos de los objetos de estudio, donde les destacamos no sólo enlaces en dos planos, sino profundidad al incorporar las dimensiones espacial y temporal, con lo que es posible apreciar dinámicas, a la vez que ubicamos centros de innovación dentro de los esquemas diseñados.

Se han presentado intencionadamente otras elaboraciones de redes, diferentes de las que hemos estudiado durante bastante tiempo y en las cuales –como centro de investigaciones– se han realizado aportes importantes. Estas otras elaboraciones, se ha analizado, nos llevan a comprender las redes en otra dimensión, desde la sociología crítica siguiendo a los actores humanos y actantes, a las redes sociotécnicas con una versión más antropológica-etnográfica, capaz de recuperar tradiciones locales y latinoamericanas.

La relación entre las tres orientaciones no es fácil de precisar. Si bien comparten el término de redes, no representa lo mismo para cada uno. Arellano se identifica en buena

medida con la escuela latourina-calloniana, pero mantiene una diferencia fundamental expresada en la orientación que debe llevar la teoría, más allá de sólo acceder a explicaciones complejas y fundamentadas. De lo que se trata es de recuperar la capacidad de acción de diversos protagonistas, no sólo los científicos y sus comunidades, no solamente desde la academia, sino subvertir las posibilidades de entendimiento para recuperar desde la tradición orientaciones propias; por eso, finalmente hace un llamado a los etnoestudios de la ciencia y la tecnología. Rosalba Casas mantiene su cercanía con la escuela de Sussex y le brinda nuevos elementos de explicación.

La conclusión más importante, acaso, es que cuando manejamos el término redes debemos de señalar claramente a cuál escuela nos adscribimos, si es que hay una, o si estamos reelaborando el concepto y lo comprendemos en nuestras elaboraciones teóricas. Pero no es posible seguir manejando un término sin conceptualizarlo, es decir, sin inscribirlo en una propuesta teórica.

Por otra parte, ingresar al estudio de las redes de conocimiento nos retorna a la escuela de Sussex, seleccionando uno de los aspectos que fueron quedando de manera secundaria y que revisten una importancia básica, sobre todo al momento de las transferencias tecnológicas, tan fundamentales en nuestros países periféricos.

Retomar la versión de redes de conocimiento nos reubica en la relación empresas-gobierno-universidades, pues si partimos de que nuestro tiempo social ha sido considerado como la era de la información (Castells, 1998), donde el conocimiento se convierte en uno de los activos más valiosos para la innovación y el desarrollo, entonces estamos en un momento de privilegio para poder atender la conformación de estas redes.

Nuestras consideraciones de redes sin duda tienen sus ampliaciones y referentes propios en los trabajos que hemos emprendido, y nos permitirán hacer observaciones y propuestas más fuertes y fundamentadas, con elaboraciones más complejas y con orientaciones de las políticas públicas más certeras.

Epílogo

Comprender las genealogías, las trayectorias y las redes es un ejercicio ordenado. Después del recorrido explicativo por las tres orientaciones podemos apreciar un hilo conductor que las identifica. Se trata por una parte de incorporar formas de comprensión de los estudios sobre la ciencia y la tecnología, donde la innovación está presente en todo momento.

Enseguida se advierten otros elementos que atraviesan las explicaciones. Es constatar que la ciencia y la tecnología no se mueven en carriles especiales sustraídos de contingencias y conflictos. En este proceso se expresan los llamados sujetos tecnológicos (incluidos los actantes).

Los sujetos se recomponen y se aprecian desde el diseño hasta el consumo; de las genealogías CT, donde se persigue los continuos y rupturas de las comunidades científicas, hasta traspasar el espejo y colocarnos con formas mediante las cuales es posible completar la visión de la ciencia y la tecnología en conjunto.

Si en las genealogías se destacaron a las comunidades científico-tecnológicas, con las trayectorias se colocaron en el centro las empresas para, enseguida, ceder parte de sus espacios al Gobierno y a los centros de investigación.

La apreciación de las redes nos coloca de lleno en una profunda dinámica, y en una dimensión diferente de comprensión del proceso, donde requerimos ya no sólo los elementos de la antropología y de la etnología, los de la economía de la innovación y del evolucionismo económico. Requerimos adentrarnos en la otra sociología, una versión integradora de otras disciplinas para apreciar de manera diferente y más plena el escenario de generación de ciencia y tecnología.

De ahí que resulta altamente significativo el aporte de los actantes y de la versión de las redes sociotécnicas, a la par de la puesta en la mesa de las llamadas redes de conocimiento que incorporan la versión más social de la escuela de Sussex.

Una distinción importante es que el CIESTAAM y sus colectivos de investigación sobre C-T están insertos en la Universidad Autónoma Chapingo, una institución que pese a desarrollos diferentes no abandona su personalidad de ser una universidad tecnológica.

Para algunos integrantes de su comunidad esto es una limitación, para otros es un espacio de oportunidad. Para nosotros, estudiosos de los procesos C-T es una condición inigualable. Mientras que algunos colectivos buscan sus inserciones en los laboratorios y talleres, con nosotros son vecinos o los miembros de dichas instancias. Estamos dentro, y ello nos coloca en una dimensión de ser un observador interno, con confianzas y camaraderías de gran valor para nuestro trabajo que, por esta característica, se convierte en auto-observación y auto-estudio.

Los temas de investigación afloran a cada paso y en cada entrevista y charla; nos rebasan, afortunadamente. Por ello nuestras propuestas metodológicas de genealogías, trayectorias y redes permiten entender mejor las dinámicas C-T de la UACH y al mismo tiempo comprenderla en el contexto de la dinámica nacional y mundial; a la vez, nos dan

la posibilidad de generar orientaciones precisas sobre la promoción de políticas públicas, de extensionismo y reorganización productiva.

De ahí que estos aportes, con la modestia necesaria, resultan valiosos pues incorporan no sólo una serie de elementos importantes en las actividades del ingeniero y del técnico, sino que los dota de una personalidad explícita al ser convertidos en objeto de estudio de nuestros trabajos CTS, y proporciona algunos sentidos a su trabajo.

Quedan pendientes importantes, como la integración en campo de estas tres orientaciones –las genealogías, las trayectorias y las redes–, pues es ahí donde está su validación más completa.

CUADRO 3. RELACIÓN DE BIOGRAFÍAS DE GENETISTAS, INVESTIGADOR Y ARTISTA

Genetista	Cuadro/investigador	Artista
JOSÉ LUIS DE LA LOMA Y OTEYZA	Jorge G. Ocampo Ledesma	Montañana y Asociados
EDMUNDO TABOADA RAMÍREZ	Jorge G. Ocampo Ledesma y José Luis Meléndez Ibarra	José Alejandro Barrón
GILBERTO PALACIOS DE LA ROSA	María Isabel Palacios Rangel	Montañana y Asociados
RODOLFO SANTAMARÍA PLAYÁ	Rosaura Reyes Canchola	Ventura Cervantes
FIDEL MÁRQUEZ SÁNCHEZ	José Manuel Teodoro Méndez	Ventura Cervantes

Fuente: Tomado de Reyes, Rosaura, Guillermo Ortiz Martínez y Jorge Ocampo Ledesma (2011): *Agrónomos, maestros e investigadores del campo mexicano*, CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, p. 58.

Bibliografía

- Aboites Manrique, Gilberto (2002): **Una mirada diferente de la Revolución Verde. Ciencia, nación y compromiso social**, Universidad de Guadalajara/Plaza y Valdés, México.
- Aguilar Ávila, Jorge, J. Reyes Altamirano C., Roberto Rendón M. (coordinadores), Vinicio Horacio Santoyo C. (editor) (2010): **Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural**, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Arellano Hernández, Antonio (1999): La producción social de los objetos técnicos agrícolas: antropología de la hibridación del maíz y de los agricultores de los Valles Altos de México, UAEM, Toluca, México.
- Arellano Hernández, Antonio (2003): *La sociología de las ciencias y las técnicas de Michel Callon y Bruno Latour*, en: Ocampo Ledesma, Jorge, Elia Patlán Martínez y Antonio Arellano Hernández (coordinadores) (2003): **Un debate abierto. Escuelas y tendencias sobre la tecnología**, UACH/CIESTAAM, México, pp. 87-103.
- Arellano Hernández, Antonio (2005): *La genética de Edwin Wellhausen y la irreproducibilidad en México de la hibridación norteamericana del maíz*, en: Arellano Hernández, Antonio, Pablo Kreimer, Jorge Ocampo Ledesma, Hebe Vessuri (2005): **Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina**, editorial Prometeo libros, Buenos Aires, Argentina.
- Arellano Hernández, Antonio (2014): **Cambio climático y sociedad**, UAEM/Miguel Ángel Porrúa, México.
- Arellano Hernández, Antonio (2016): *Modelación climática mexicana. Esterilidad, movilidad autonómica y supeditación*, Editorial Porrúa-UAEM, México.
- Arellano Hernández, Antonio (2017): **Tlálloc: Teogonía, Cosmogonía y Epistemología Atmosféricas Percortesianas**, Editorial Colofón-UAEMéx-CONACyT, México.
- Arellano Hernández, Antonio (coordinador) (2011): **Tramas de redes sociotécnicas. Conocimiento, técnica y sociedad en México**, UAEM/ Miguel Ángel Porrúa, México.
- Arellano Hernández, Antonio, Pablo Kreimer, Jorge Ocampo Ledesma, Hebe Vessuri (2005): **Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina**, editorial Prometeo libros, Buenos Aires, Argentina.

- Arellano Hernández; Antonio, Hervé Douville, Michel Callon y Bruno Latour (2017): **Hacia una antropología del cambio climático**, Editorial Porrúa-UAEM, México.
- Arvanitis, Rigas y Gabriela Dutrénit (1997): *La investigación tecnológica básica: ¿ciencia pública o ciencia privada?*, en: **Revista Mexicana de Sociología**, No. 59 (3) 83, México.
- Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes and Trevor Pinch (editors) (1987): **The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology**, Cambridge, MA, and London, The MIT Press, EUA.
- Blau, Peter Michael y Joseph E. Schwartz (1984): Crosscutting social circles. Testing a macrostructural theory of intergroup relation. Western University, Canadá.
- Bloor, David (1976): **Sociologie de la logique ou les limites de l'épistémologie**, París, Pandore, 1982 (para la traducción francesa).
- Bloor, David (1999): *Anti-Latour*, en: **Studies of History and Philosophy of Science**, Vol. 30, No. 1, pp. 81-97.
- Borgatti, Stephen P. y Martin G. Everett (1992): *Notions of position in social networks análisis*, en: **Sociological Methodology**, No. 22, pp. 1-35.
- Burt, Ronald S. (2015): **Huecos estructurales: la estructura social de la competitividad**, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid.
- Calva, José Luis (1988): *La economía mexicana y el consumo nacional de fertilizantes*, en: Gracia, Jesús, José Luis Calva y Saúl Escobar et al. (1988): **Estado y fertilizantes**, SEMIP/FERTIMEX/UNAM/FCE, México.
- Camacho Vera, Joaquín H. (2016): *La quesería artesanal de Reyes Etla: un estudio desde la perspectiva de los sistemas complejos*, Tesis de Doctorado, CIESTAAM, UACH, México.
- Casas Guerrero, Rosalba (2004): *Ciencia, Tecnología y Poder. Élite y Campos de Lucha por el Control de las Políticas*, en: **Convergencia. Revista de Ciencias Sociales**, vol. 11, núm. 35, mayo-agosto, 2004, pp. 79-105 Universidad Autónoma del Estado de México-Toluca, México.
- Casas Guerrero, Rosalba (coordinadora), Rebeca de Gortari, Matilde Luna, María Josefa Santos, Ricardo Tirado (2001): **La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México**, IIS/UNAM-Anthropos Editorial, México.

- Casas, Eduardo, Said Infante, Leobardo Jiménez y Gregorio Martínez (2012): **Las ciencias agrícolas y sus protagonistas**, Vol. 3, ColPos, IICA, UACH, INIFAP, Grupo Mundi-Prensa, México.
- Castells, Manuel (1998): *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*. Vol. 1, **La sociedad red**, Alianza editorial, Madrid.
- Castells, Manuel (2017): **Otra economía es posible**, Alianza editorial, México.
- Castells, Manuel (2018): **La crisis de Europa**, Alianza editorial, México.
- Castillo Hernández, Lázaro, Jesús Lavín Verástegui y Norma Angélica Pedraza Melo (2014): *La gestión de la triple hélice: fortaleciendo las relaciones entre la universidad, empresa, gobierno*, en: **Multiciencias**, Vol. 14, N°. 4, 438-446, Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Cervantes, Juan Manuel y Juan José Saldaña (2007): *Retrospectiva de las Estaciones Agrícolas Experimentales en México*, en: **Memoria del XII Seminario de Avances y Resultados de Investigación**, UACH/CIESTAAM, México.
- Cimolli, Mario y Giovanni Dosi (1994): *De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación*, en: **Comercio Exterior**, Vol. 44, No. 8, México, agosto de 1994, p. 670.
- Corona T. Leonel (1999c): *La teoría evolucionista en la economía de la tecnología*, en: Corona T., Leonel (coordinador) (1999a): **Teorías económicas de la tecnología**, editorial Jus/IPN/CIECAS, México.
- Corona T., Leonel (1999b): *Tecnología, innovación y ciclos económicos*, en: Corona T., Leonel (coordinador) (1999a): **Teorías económicas de la tecnología**, editorial Jus/IPN/CIECAS, México.
- Corona T., Leonel (coordinador) (1999a): **Teorías económicas de la tecnología**, editorial Jus/IPN/CIECAS, México.
- Cueto, Marcos (1989): *Excelencia científica en la periferia. Actividades científicas e investigación biomédica en el Perú. 1890-1950*, GRADE-CONCYTEC, Lima.
- Dagnino, Renato (2010): *Trayectorias de los Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad, y de la Política Científica y Tecnológica en Ibero-América*, en: **Argumentos de razón técnica**, Revista española de ciencia, tecnología y sociedad, y filosofía de la tecnología, No. 13.
- De Janvry, Alain, P. Leveen y D. Runsten (1980): **Mechanization in California agriculture: the case of canning tomatoes**, Documento PROTAAL No. 57, IICA, San José de Costa Rica.

- De la Fuente H., Juan, María Luisa Jiménez E., Margarita González H., Rodolfo Cortés del Moral y Rafael Ortega Pazcka (1990): **La investigación agrícola y el Estado mexicano. 1960-1976**, UACh, México.
- Del Valle, María del Carmen y José Luis Solleiro (1996): **El cambio tecnológico en la agricultura y las agroindustrias en México**, UNAM/Siglo XXI editores, México.
- Derrida, Jacques (1989): *La deconstrucción en las fronteras de la filosofía*, en: **La retirada de la metáfora**, Editorial Paidós, Barcelona.
- Dosi, Giovanni (1979): Technological paradigms and technological trayectories. The determinants and directions of technical change and the transformations of the economy, en: Freeman, Cristhofer (1979): **Long waves in the world economy**, Frances Pinter, Dover, pp. 78-101
- Dosi, Giovanni (1991): La economía del cambio técnico y el comercio internacional, Conacyt/Secofi, México.
- Dosi, Giovanni **et al.** (1988): **Technical change and economic theory**, Pinter publishers, Londres/Nueva York.
- Dutrénit, Gabriela (2010): El Sistema Nacional de Innovación mexicano: instituciones, desempeño, políticas y desafíos, UAM, México.
- Dutrénit, Gabriela, Celso Garrido y Giovanna Valenti (2000): **Sistema Nacional de Innovación: temas para el debate en México**, UAM, México.
- Dutrénit, Gabriela, Mario Capdevielle, Juan Manuel Corona, Martín Puchet, Fernando Santiago y Alexander Vera-Cruz (2010): **El sistema de innovación mexicano: estrategias, políticas, desempeño y desafíos**, University Library of Munich, Alemania.
- Egresados (2016): Remembranzas: Cincuenta Aniversario de la Generación 1966, ENA-Chapingo, UACh, México.
- Fajnzylber, Fernando (1983): **La industrialización trunca en América Latina**, editorial Nueva Imagen, México.
- Fajnzylber, Fernando (1989): *Industrialización en la América Latina: de la “caja negra” al casillero vacío*, en: **Cuadernos de la CEPAL** No. 60, Santiago de Chile.
- Freeman, Cristhofer (1974): **La teoría económica de la innovación industrial**, Alianza editorial, Madrid.
- Freeman, Cristhofer (1979): **Long waves in the world economy**, Frances Pinter, Dover.

- Freeman, Cristhofer y Carlota Pérez (1988): *Structural crisis of adjustmen: bussines cycles and investment behaviour*, en: Dosi, Giovanni **et al.** (1988): **Technical change and economic theory**, Pinter publishers, Londres/Nueva York.
- Freeman, Cristhofer, John Clark y Luc Soete (1984): **Unemployment and technical innovation. A study of long waves and economic development**, Greenwood press, Westpont, Conn.
- Freeman, Linton C. (1979): El desarrollo del análisis de redes sociales. Estudio dentro de la sociología de la ciencia. Editorial Polibio, Madrid.
- Freire, Paulo (1984): ¿Extensión o comunicación? La concientización en el medio rural, Siglo XXI ediciones, México
- Gracia, Jesús, José Luis Calva y Saúl Escobar et al. (1988): **Estado y fertilizantes**, SEMIP/FERTIMEX/UNAM/FCE, México.
- Granovetter, Mark S. (1973): *La fuerza de los vínculos débiles*, en: **The American Journal of Sociology**, Vol. 78, No. 3, pp.1360-1380.
- Granovetter, Mark S. (1985): *Economic action and social structure: the problem of embeddedness*, en: **The American Journal of Sociology**, Vol. 19, No. 3, pp. 481-510.
- Gutiérrez González, Lorena, Matilde Flores Urbáez (2011): *Un concepto sobre las redes de conocimiento entre organizaciones*, en: **Revista de Ciencias Sociales**, Vol. XVII, núm. 3, julio-septiembre, 473-485, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- Habermas, Jurgen (1982): Teoría de la Acción Comunicativa. Crítica de la razón funcionalista, Ed. Taurus, Madrid.
- Habermas, Jurgen (1986): **Ciencia y técnica como “ideología”**, editorial Tecnos, Madrid;
- Hualde, Alfredo (1993): *Cambio tecnológico e innovación*, en Jordi Soler (compilador): **Tecnología y modernización económica**, UAM-Xochimilco, México, 1993.
- Hughes, Thomas P. (1983): **Networks of Power: electrification in western society, 1880-1920**, John Hopkins University Press, Baltimore.
- Hughes, Thomas P. (1987): The evolution of large technological systems, en: Bijker, Wiebe E., Hughes Thomas P., and Pinch Trevor (editors) (1987): **The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology**, Cambridge, MA, and London, The MIT Press, pp. 51-82.

- Jaffé, Walter R. (editor) (1993): *Política tecnológica y competitividad agrícola en América Latina y el Caribe*, IICA, San José de Costa Rica.
- Jiménez, Leobardo (1984): **Las ciencias agrícolas y sus protagonistas**, Vol. I, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Kapellmann Sánchez, Gilberto (2005): *Redes de conocimiento en apoyo a proyectos comunitarios*, en: **Innovación Educativa**, vol. 5, núm. 26, mayo-junio, 47-53, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Kondratiev, Nikolai Dmitrievich (1992): **Los Ciclos Largos de la Coyuntura Económica**, IIEc-UNAM, México.
- Kuhn, Thomas S. (1992): *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México.
- Lakatos, Imre y Alan Musgrave (editores) (1975): **La crítica y el desarrollo del conocimiento**, ediciones Grijalbo, México.
- Latour, Bruno (1992): **Ciencia en Acción**, Editorial Labor, Barcelona, España.
- Latour, Bruno (1999): *For David Bloor... and beyond: a reply to David Bloor's 'Antitour'*, en: **Studies of History and Philosophy of Science**, Vol. 30, No. 1, 113-129.
- Latour, Bruno (2001): *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Gedisa editorial, Barcelona, España.
- Latour, Bruno (2007): **Nunca fuimos modernos. Ensayos de antropología simétrica**, Siglo XXI Editores Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- Latour, Bruno (2008): **Reensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red**, Editorial Manantial, Buenos Aires, Argentina.
- Law, John (2007): *Actor Network Theory and material semiotics*. Versión del 25 de abril, disponible en <http://heterogeneities.net/publications/Law-AntandMaterial-Semitotics.pdf>
- Lee, Nick y Steve Brown (1998): *La alteridad y el actor-red. El continente no descubierto*, en: Domènech, Miquel y Francisco Javier Tirado (compiladores) (1998): **Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad**, Gedisa. Barcelona, España, pp. 219-248.
- LeVeen, Philip y Alain de Janvry (1985): *La economía política del cambio tecnológico en las economías desarrolladas*, en: Piñeiro, Martín y Eduardo Trigo (1985): **Cambio técnico en el agro latinoamericano. Situación y perspectivas en la década de 1980**, IICA, San José de Costa Rica, pp. 75-101.

- Luna, Matilde (coordinadora), Rosalba Casas, Rodrigo Díaz, Rebeca de Gortari, Norma Georgina Gutiérrez, Teresa Márquez, Mary Elaine Meagher, María Josefa Santos y José Luis Velasco (2003): **Itinerarios del conocimiento: formas dinámicas y contenido. Un enfoque de redes**, Editorial Anthropos/IIS-UNAM, México.
- Luna, Matilde y José Luis Velasco (2009): *Las redes de acción pública como sistemas asociativos complejos: problemas y mecanismos de integración*, en: **REDES, Revista hispana para el análisis de redes sociales**, Vol.17, No. 4, diciembre, España.
- Lundvall, B. A. (Editor) (1992): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London, Aaliorg.
- Lundvall, B. A., B. Johnson, E. Andersen, B. Dalum (2001): **National Systems of Production, Innovation and competence building**, Conferencia, Aaliorg.
- Mandel, Ernest (1986): **Las ondas largas del desarrollo capitalista**, Siglo XXI de España Editores, Madrid.
- Martínez Valdés, Gregorio: *Pandurang Sadashiv Khankhoje, Semblanza*, en: Casas, Eduardo, Said Infante, Leobardo Jiménez y Gregorio Martínez: **Las ciencias agrícolas y sus protagonistas**, Vol. 3, Colegio de Postgraduados, UACH, INIFAP, IICA, Mundi-Prensa, 2012, México, pp. 10-15.
- Masterman, Margaret (1975): *La naturaleza de los paradigmas*, en: Lakatos, Imre y Alan Musgrave (editores) (1975): **La crítica y el desarrollo del conocimiento**, ediciones Grijalbo, México.
- Matchett, Karin E. (2005). *Debates sobre el método de maíz híbrido en Estados Unidos y su traducción en México*, en: Arellano Hernández, Antonio, Pablo Kreimer, Jorge Ocampo Ledesma, Hebe Vessuri: **Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina**, editorial Prometeo libros, Buenos Aires, Argentina.
- Meléndez Ibarra, José Luis (1993): **Isaac Ochoterena (1885-1950) en la Biología Mexicana**, Tesis para obtener el título de Biólogo, Facultad de Ciencias/UNAM, México.
- Meléndez Ibarra, José Luis (2015): La genética de Gregor Mendel, Siglo XIX, los híbridos y la Revolución Verde, Siglo XX, los transgénicos, siglo XIX: en un marco de historia de la ciencia, en: **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, vol. 2, octubre, 2015, p. 391. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.
- Méndez Ramírez, Ignacio, Juan De la Fuente H., Rafael Ortega Pazcka, Jesús Moncada D., Alierso Caetano D., Serafín Mendoza M., Martha Perales R. (1991): **La**

- investigación agrícola en México, en la década de los ochentas**, UACH, México.
- Nelson, R. (1985): **National Systems of Innovation**, John Hopkins University Press, Baltimore.
- Nelson, R. y Sidney Winter (1984): **An evolutionary theory of economic change**, Harvard University Press, Massachusetts.
- Ocampo Ledesma, Jorge (2004): Sujetos y paradigmas tecnológicos: la tractorización del campo mexicano. Un escenario de conflicto desde Juchitepec, Estado de México, **Tesis** para obtener el grado de Doctor en Ciencias Sociales, UAM-Xochimilco, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge (2007a): **Los modelos tecnológicos**, Colección Ciencia, Tecnología, Sociedad No. 1, UACH/CIESTAAM, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge (2007b): **Paradigmas tecnológicos, sujetos tecnológicos**, Colección Ciencia, Tecnología, Sociedad No. 2, UACH/CIESTAAM, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge (2007c): **Los sujetos tecnológicos y la región: los territorios tecnológicos**, Colección Ciencia, Tecnología, Sociedad No. 3, UACH/CIESTAAM, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge (coordinador) (1998): **Homenaje al Ing. Gilberto Palacios De la Rosa**, CIESTAAM/UACH, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge G. (2003b): **Dr. Alberto Camacho Sánchez, constructor del Tractor-UNAM**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, México, julio de 2003.
- Ocampo Ledesma, Jorge G. (2003c): **Ing. David Peña Guzmán, creador del CAIMA y pionero de la mecanización agrícola en México**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, México, julio de 2003.
- Ocampo Ledesma, Jorge G. (2003d): **Dr. Arturo Lara López, constructor del Moto-cultor de Alto Despeje y de una comunidad tecnológica**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, México, julio de 2003.

- Ocampo Ledesma, Jorge G. (2003e): **Dr. Antonio Turrent Fernández, promotor del Yunticultor y de la Multibarra**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, México, julio de 2003.
- Ocampo Ledesma, Jorge G. (2003f): **Dr. Benjamín Figueroa, promotor de alternativas en la mecanización agrícola en México**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, México, julio de 2003.
- Ocampo Ledesma, Jorge G. y María Isabel Palacios Rangel (2003): **El ITAO, constructor de una propuesta tecnológica propia: El Chapulín o Tracto-SEP**. Entrevista realizada dentro del Proyecto de Historia Oral (Archivo Histórico/PHO/Mecanización Agrícola) de la Línea de Investigaciones en Historia Agraria del CIESTAAM, UACH, México, julio de 2003.
- Ocampo Ledesma, Jorge G. y Rosaura Reyes Canchola (2017): *La Historia de la ENA-UACH: Encuentros y Desencuentros*, en: Ocampo Ledesma, Jorge G., María Isabel Palacios Rangel y Álvaro Reyes Toxqui (coordinadores) (2017): **De Aguas, Territorios y Tecnología: Dinámicas Regionales**, UACH, México, pp. 89-107.
- Ocampo Ledesma, Jorge G., María Isabel Palacios Rangel y Álvaro Reyes Toxqui (coordinadores) (2017): **De Aguas, Territorios y Tecnología: Dinámicas Regionales**, UACH, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge y María Isabel Palacios Rangel (2014): **Los diseñadores nacionales de tecnología agrícola**, CIESTAAM/UACH, México.
- Ocampo Ledesma, Jorge, Elia Patlán Martínez y Antonio Arellano Hernández (coordinadores) (2003a): **Un debate abierto. Escuelas y corrientes sobre la tecnología**, UACH/CIESTAAM, México.
- Olea Franco, Adolfo (1997): La introducción del maíz híbrido en la agricultura mexicana: una historia de equívocos científicos, intereses comerciales y conflictos sociales, en: M. Rutch y Serrano Sánchez C. (editores) (1997): **Ciencia en los márgenes**, UNAM/II Antropológicas, México.
- Palacios De la Rosa, Gilberto (1964): *Mejoramiento del maíz en México*, **Tesis** para obtener el título de ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Palacios Rangel, María Isabel y Jorge G. Ocampo Ledesma (coordinadores) (2017): **Ing. Gilberto Palacios De la Rosa**, CIESTAAM, UACH, México.

- Pavitt, K. (1984): *Sectorial pattern of technical change: towards a taxonomy and a theory*, **Research Policy**, No. 13, North Holland, pp. 343-373.
- Pérez, Carlota (2010). *Technological revolutions and techno-economic paradigms*. **Cambridge Journal of Economics**, 34(1): 185-202.
- Pérez, Carlota (2004): Revolución tecnológica y capital financiero: la dinámica de las burbujas financieras y las épocas de bonanza, Siglo XXI editores, México.
- Pérez, Carlota (1996): *La modernización industrial en América Latina y la herencia de la sustitución de importaciones*, en: **Revista de Comercio Exterior**, Vol. 46, No. 5, México, mayo de 1996, pp. 347-363.
- Pérez, Carlota (1992): *Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo*, **El Trimestre Económico**, Vol. LIX (1), No. 233, FCE, México, enero-marzo de 1992.
- Piñeiro, Martín e Ignacio Llovet (editores) (1986): **Transición tecnológica y diferenciación social**, IICA, San José de Costa Rica.
- Piñeiro, Martín y Eduardo Trigo (1985): Cambio técnico en el agro latinoamericano. Situación y perspectivas en la década de 1980, IICA, San José de Costa Rica.
- Pomareda, C. y J. Torres (editores) (1990): **Modernización de la agricultura en América Latina y el Caribe**, IICA, San José de Costa Rica.
- Popper, Karl (1994): *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*, Ediciones Paidós Ibérica, España.
- Rendón M., Roberto y Jorge Aguilar Ávila (2013): **Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas**, M. A. Porrúa, UACH, INIFAP, Conacyt, México.
- Reyes Canchola, Rosaura (2010): **Rodolfo Santamaría Playá** (segunda parte), Cuadernos de Historia Oral, Serie Nuestros Agrónomos No. 2, UACH, México.
- Reyes Canchola, Rosaura (2011): **Rodolfo Santamaría Playá** (primera parte), Cuadernos de Historia Oral, Serie Nuestros Agrónomos No. 1, UACH, México.
- Reyes, Rosaura, Guillermo Ortiz Martínez y Jorge Ocampo Ledesma (2011): **Agrónomos, maestros e investigadores del campo mexicano**, CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo.
- Rosemberg, Nathan (1976a): **Perspectives on technology**, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rosemberg, Nathan (1976b): **Tecnología y economía**, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- Rosenberg, Nathan (selección) (1979): **Economía del cambio tecnológico**, Lecturas del Trimestre Económico No. 31, FCE, México.

- Ruttan, Vernon W. (1971): *Technology and the environment*, en: **American Journal of Agricultural Economics** No. 53, EUA, 1971, pp. 707-717.
- Ruttan, Vernon W. (1985): *La teoría de la innovación inducida del cambio técnico en el agro de los países desarrollados*, en: Martín Piñero y Eduardo Trigo (1985): **Cambio técnico en el agro latinoamericano. Situación y perspectivas en la década de 1980**, IICA, San José de Costa Rica, pp. 13-74.
- Sábato, Jorge (1979): **Ensayos en campera**, Juárez Editor, Argentina.
- Saldaña, Juan José (1989a): *Marcos conceptuales de la historia de las ciencias en Latinoamérica: positivismo y economicismo*, en Juan José Saldaña (compilador) (1989b): **Introducción a la teoría de la historia de las ciencias**, UNAM, México.
- Saldaña, Juan José (compilador) (1989b): **Introducción a la teoría de la historia de las ciencias**, UNAM, México.
- Salomon, Jean Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs (compiladores) (1996): **Una búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y desarrollo**, Lecturas del Trimestre Económico No. 82, FCE, México.
- Schumpeter, Joseph A. (1939): *Business Cycles A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill Book Company, New York, Toronto, London.
- Shumpeter, Joseph A. (1968): **Ensayos**, Editorial Oikos-Tau, S.A., Barcelona.
- Shumpeter, Joseph A. (1978): **Teoría del desenvolvimiento económico**, FCE, México.
- Shumpeter, Joseph A. (1988): **Capitalismo, Socialismo y Democracia**, editorial Orbis, México.
- Soler, Jordi (compilador) (1993): **Tecnología y modernización económica**, UAM-Xochimilco, México.
- Solleiro, José Luis, Carmen Del Valle, Isabel Sánchez (1993): *Dinámica de la innovación tecnológica en la agricultura: el ejemplo de México*, en: Jaffé, Walter R. (editor) (1993): **Política tecnológica y competitividad agrícola en América Latina y el Caribe**, IICA, San José de Costa Rica, pp. 287-347.
- Solleiro, José Luis, María del Carmen Del Valle, Ernesto Moreno (coordinadores) (1996): **Posibilidades para el desarrollo tecnológico del campo mexicano** (2 tomos), UNAM/Editorial Cambio XXI, México.

- Steward, Fred y Steve Conway (1996): *Informal networks in the origination of successful innovations*, en: Coombs, Richards y Walsh Savioti (1996): **Technological collaboration. The Dynamics of Cooperation in Industrial Innovation**, Edward Elgar, Chentelham.
- Sunkel, Osvaldo (1995): **El desarrollo desde dentro. Un enfoque neoestructuralista para la América Latina**, Lecturas del Trimestre Económico No. 71, CEPAL/FCE, México.
- Taboada, Edmundo (1938) (2016): **Apuntes de Genética**, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. Reimpresión en 2016, por Colegio de Postgraduados/Fundación Colpos/ INIFAP/ UACH/ IICA, México.
- Trigo, Eduardo, Martín Piñeiro y Jorge Ardila (1985): **Organización de la investigación agropecuaria en América Latina**, editorial IICA, San José de Costa Rica.
- Vaccarezza, Leonardo Silvio (1988): *Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina*, en: **Revista Iberoamericana de Educación**, No. 18-Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación, sep-dic de 1988.
- Vessuri, Hebe (2005): *La tecnología de la investigación en la temprana fitotecnia sudamericana: Horowitz, el maíz y la investigación agrícola*, en: Arellano Hernández, Antonio, Pablo Kreimer, Jorge Ocampo Ledesma, Hebe Vessuri (2005): **Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina**, editorial Prometeo libros, Buenos Aires, Argentina.
- Vessuri, Hebe (2016): *“El hombre del maíz de la Argentina”: Salomón Horowitz y la tecnología de la investigación en la fitotecnia sudamericana*, en: **Estudios Interdisciplinarios de América Latina y el Caribe**, revista electrónica, Vol. 14, No. 1.
- Villegas, Abraham (2003): *Joseph Shumpeter: la innovación y el desarrollo económico*, en: Ocampo L., Jorge, Elia Patlán M. y Antonio Arellano H. (coordinadores) (2003): **Un debate abierto. Escuelas y corrientes sobre la tecnología**, CIESTAAM/UACH, México.
- Wallerstein, Immanuel (1996): **Después del liberalismo**, Siglo XXI editores/UNAM, México.

Impreso por DocuMaster, S.A.,
en Av. Coyoacán núm. 1450,
Colonia del Valle,
C.P. 03220 Ciudad de México. México,
esta obra se terminó de imprimir
el 6 de diciembre de 2019.
Tiraje: 200 ejemplares.