

DIVULGACIÓN



DIVULGADORES

PARA



MIRADAS DESDE AFUERA: INVESTIGACIÓN SOBRE DIVULGACIÓN

SUSANA BIRO MCNICHOL

coordinadora

**DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

DIVULGACIÓN PARA INVESTIGADORES

MIRADAS DESDE AFUERA:
INVESTIGACIÓN SOBRE DIVULGACIÓN

Diseño de la colección: Carlos Gayou

Asistente editorial: Kenia Salgado S.



D.R. © Primera edición, 2007. Dirección General de
Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional
Autónoma de México, Edificio *Universum*,
tercer piso, Circuito Cultural, Ciudad Universitaria,
México, 04510, D.F.

ISBN 978-970-32-4453-9

Este libro no puede ser reproducido, total ni parcialmente, por ningún
medio electrónico o de otro tipo, sin autorización escrita del editor.

*This book may not be reproduced, whole or in part, by any means, without
written permission from the publisher.*

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ÍNDICE

Introducción	9
Capítulo 1	
Las imágenes de la ciencia	
Somos diversos, y qué	14
<i>Luis Felipe Rodríguez Jorge</i>	
Un dilema para divulgadores	20
<i>Sergio de Régules Ruiz Funes</i>	
La ciencia representada por la divulgación	25
<i>Mario Mendoza Toraya</i>	
Capítulo 2	
La ciencia en imágenes	
Ciencia e imagen: observación, reflexión y precisión	36
<i>Antonio Lot Helgueras</i>	
La ilustración biológica y la divulgación de la ciencia	46
<i>Elvia Esparza Alvarado</i>	
Arte y ciencia en el cruce del conocimiento.....	53
<i>Montserrat Galí Boadella</i>	
Capítulo 3	
La divulgación en otros estudios	
El impreso: un soporte para la divulgación de la ciencia	71
<i>Laura Suárez de la Torre</i>	
La intensa vida de la ciencia en las entrañas de internet	85
<i>Delia Covi Druetta</i>	
El mejoramiento genético del maíz en México (1938-1961)	100
<i>Antonio Arellano Hernández</i>	

Introducción

El presente texto se deriva de la invitación a abordar la investigación sobre la divulgación de la ciencia en el *Seminario de Investigación sobre Divulgación*. Sin desestimar esta invitación, hemos optado por reflexionar sobre la transferencia de tecnología a partir de un trabajo sobre la historia del mejoramiento genético del maíz en México que se publicó bajo el título *La producción de los objetos técnicos agrícolas, antropología del mejoramiento del maíz y de los agricultores de los valles altos de México* (Arellano, 1999), y sobre el papel de la transferencia dentro del conjunto de acciones conducidas por los actores a lo largo de un programa tecnológico.

El lector puede argüir que nos equivocamos de tema pues la convocatoria era para abordar la divulgación científica y no la transferencia tecnológica. Existe razón en el argumento si no fuese porque en nuestro trabajo previo hemos explorado que no existe una diferencia radical, única ni inmutable entre la producción científica y tecnológica, y que la investigación tecnocientífica es un proceso continuo sin solución de ruptura en el que las fases clásicas investigación y desarrollo experimental (IDE) son instrumentos heurísticos que permiten analizar parcialmente algunos aspectos de los procesos de investigación.

El concepto de tecnociencia y de investigación como objeto de estudio tiene implicaciones en otros ámbitos del estudio de la actividad científico-técnica, particularmente en la epistemología (Arellano, Martínez y Castaño, 2005). En efecto, el término epistemología tiene una connotación relativamente estable para referirse al estudio de la elaboración del conocimiento científico;

¹ El autor agradece los comentarios críticos de León Arellano Lechuga y Laura María Morales Navarro.

sin embargo, el estudio de la producción tecnológica no cuenta con un término tan estable como el primero. Eventualmente, el término tecnología, que podría servir para dar cuenta del proceso de producción de artefactos técnicos, se refiere convencionalmente a los artefactos tecnológicos en sí mismos, dejando un vacío conceptual y empírico al abordaje y análisis de su elaboración. La opción que hemos tomado en este trabajo es que para el estudio de la tecnología bien podría emplearse el término *technología* sin mayores pretensiones que brindarnos un poco de libertad de investigación para el análisis de procesos de investigación social asociados a la producción de artefactos o de objetos que no son exclusivamente de conocimiento.¹

101

En este texto reflexionaremos e ilustraremos la construcción de objetos científico tecnológicos (OCT) y de colectivos sociales, poniendo énfasis en el íntimo compromiso existente entre *technología* de las semillas mejoradas, en general, y de transferencia tecnológica para hacer realidad la agricultura del maíz genéticamente mejorado. Para ilustrar este proceso, mostraremos las controversias entre dos grupos de investigación en torno al mejoramiento genético del maíz que involucraban aspectos científico-técnicos, sociales y maneras de transferir y hacer aceptar a los agricultores la siembra de las semillas mejoradas científicamente, que ocurrieron desde finales de los años treinta hasta inicios de los sesenta del siglo XX. Después haremos una reflexión que nos permita argumentar la necesidad de una *technología* sustentada en el estudio del proceso de investigación que involucre y relacione íntimamente una estrategia de construcción de ciencia básica, de experimentación, de vinculación y de difusión del conocimiento como un *continuum* reversible de innovación tecnocientífica.

La *technología* y la acción de los usuarios de artefactos

Los términos oficiales con que las oficinas de los gobiernos y responsables de la ciencia y tecnología dividen la actividad científico-técnica son IDE, por un lado, y Divulgación y Transferencia (DT), por el otro (Witkowski, 1991; Conacyt, 2002). Los funcionarios y burócratas tienen un cuidado meticuloso de no mezclar las actividades de los científicos e ingenieros, pero también los especialistas adoptan corrientemente una posición que les identifica como científicos o

tecnólogos.² Los gobiernos establecen sus políticas gubernamentales de ciencia y tecnología controlando esta división de trabajo y regulando el conjunto de actores y funciones mediante lo que se ha denominado el Sistema Nacional de Innovación (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; y Dagnino, Thomas y Davyt, 2000).

102

Según esta división de trabajo, la difusión es la actividad que consiste en socializar los conocimientos científicos que permite elevar la cultura científica de las poblaciones de los países, y la transferencia tecnológica es la actividad que relaciona la producción de nuevas tecnologías con la producción social de OCT. Así pues, los especialistas de la divulgación y transferencia son los actores responsables de la explicación de las definiciones técnicas de los conocimientos científicos de los OCT a los colectivos y del convencimiento de la capacidad instrumental de los OCT para resolver las necesidades de los usuarios.³

El modelo de la difusión⁴ supone el transporte y el tráfico de los OCT como si se tratara de productos acabados, en lugar de considerarlos como objetos en proceso de fabricación, o en proceso de utilización para la producción. La transferencia científico-tecnológica no se reduce al problema del desplazamiento de los resultados de los experimentos de un contexto de alta densidad científico-técnica hacia otro de alta densidad empírica, tal como los difusionistas han pretendido establecer.

La división IDE-transferencia tecnológica ha afianzado una división de trabajo en los estudios de la investigación científico-tecnológica. De este modo, los estudios sobre la IDE⁵ responden a preocupaciones generales, amplias y profundas de la ciencia y la tecnología, y son realizados por filósofos, sociólogos, historiadores, antropólogos, etc., todos ellos profesionales, así como el estudio de la transferencia la realiza un grupo de especialistas enfocados a temas de carácter técnico-metodológico del *transfert* tecnológico, sin grandes pretensiones conceptuales ni de envergadura teórica. El objeto de estudio de estos especialistas de la difusión-transferencia corresponde al estudio del trabajo de divulgadores y transferidores de tecnología, a saber: explicar los contenidos técnicos implícitos en las innovaciones y convencer a los usuarios de las bondades instrumentales de los OCT. Aun una parte de la sociología de ciencias posblooriana ha adoptado la división de fronteras entre concepción, desarrollo y adopción de OCT, teniendo como

consecuencia detener sus estudios justo antes del momento de su utilización por los usuarios.

Desde luego, numerosos estudios han recalcado el hecho de que las innovaciones que salen de las instituciones científicas requirieron de un proceso de adopción y adaptación muy complejas para ser eficazmente puestas en marcha por los actores (Hennion, 1991; Akrich, 1987, 1989, 1990 y 1993; Hughes, 1993; Norman, 1993), mostrando que la innovación científico-tecnológica no concluye su historia sino en los complejos procesos de su adopción sociotécnica (Arellano, 1999).

La divulgación implica el problema crucial de la fabricación de los colectivos y sus *hechos científicos* y sus artefactos en arreglos sociotécnicos. En todo caso, la situación de la transferencia es el proceso por el cual un OCT se hace habitual y socialmente eficaz, como diría Mauss, y esto implica un proceso complejo que rebasa la simplicidad con la que el modelo difusionista pretende explicar el movimiento y construcción de objetos y sujetos.

Aceptando el término tecnología, puede decirse que buena parte de estudios sobre la tecnología escinden la actividad científico-técnica en las fases de IDE y, por el otro, la divulgación y la transferencia (Conacyt, 2002). A nuestro juicio, el estudio del proceso de fabricación de los objetos tecnológicos puede escindirse sólo cognitivamente, a condición de mantener una perspectiva integral respecto al proceso de elaboración simultánea de objetos materiales y cognoscitivos, y de éstos con los colectivos sociales. Según la perspectiva que se adopta en este trabajo, la transferencia de técnicas es el hito de construcción de los objetos científico-tecnológicos (OCT) durante la cual vastos sectores de usuarios potenciales los adaptan y adoptan, o bien los mantienen como *pretensiones de validez*⁶ o prototipos tecnológicos.

Siguiendo el enfoque de controversias y negociaciones (Callon, 1986; Arellano, 1999), la transferencia de tecnología es la fase en la cual sectores científizados negocian los contenidos técnicos y ciertas formas de uso de los OCT con los usuarios. En esta perspectiva, estos últimos son actores activos del *continuum* reversible de la innovación, en tanto que en su acción recae la aceptación o el rechazo de las pretensiones de validez implícitos en los OCT. En este sentido, el estudio de una innovación técnica debería comprender desde el momento en el cual los científicos negocian su participación en un proyecto, hasta cuando los usuarios la reciben y la

adoptan a sus condiciones concretas, implicando la construcción de redes en las que participan todos los actores.

Esta perspectiva de estudio equivale a aquella de la epistemología, en sentido amplio, respecto a la producción de conocimientos científicos, por lo que bien se podría hablar de una perspectiva tecnológica (Arellano, s/a). Perspectiva, que por lo demás se aleja de la *sociología de los usuarios* propuesta por Akrich y Norman.

104

En el texto sobre “la hibridación del maíz y de los agricultores”, hemos mostrado las dificultades de mantener separadas la ciencia y la tecnología y, por lo tanto, las acciones de la difusión científica y de la transferencia tecnológica que propician las divisiones entre ciencia y tecnología, y divulgación y transferencia, son operables en términos cognoscitivos a condición de no intentar imponer esta división conceptual a la actividad real de investigación (Arellano, 1999). En este trabajo tratamos de ceñirnos al abordaje de la transferencia tecnológica siguiendo la problemática de interés del *Seminario de Investigación sobre Divulgación*, a saber: la relación entre la forma de producción sociotécnica y la de su adopción y adaptación técnico-social, lo que significa la producción simultánea de colectivos y de artefactos.

A continuación mostraremos la construcción de colectivos sociales y de artefactos en relación con la elaboración de maíz mejorado científicamente, y la de su transferencia a los potenciales usuarios mediante la explicación de las controversias sociotécnicas entre dos grupos de investigación consagrados al mejoramiento del maíz en México entre 1938 y 1961. El periodo de estudio corresponde a los primeros contactos oficiales para traer al país al genetista Edwin Wellhausen con el financiamiento de la Rockefeller Foundation en 1938, y la llamada “fusión” de los programas de mejoramiento de maíz de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) y la Oficina de Campos Experimentales (OCE) de la Secretaría de Agricultura, en 1961, para instaurar el Instituto de Investigaciones Agrícolas.

Los modelos de domesticación genética del maíz

La domesticación tradicional del maíz

Antes de la aparición de la industria mexicana de semillas en los años cuarenta, el proceso de producción de granos y de semillas

era parte de una sola actividad que tenía lugar en las fincas de los agricultores. La semilla y el grano aparecían al momento de la cosecha; así, una parte del grano era utilizada como objeto fértil para el consumo técnico del ciclo agrícola siguiente, en tanto que otra era destinada al consumo final o como materia prima. Aún hoy, esta forma de producción de grano y semilla se lleva a cabo en las fincas de los agricultores tradicionales.

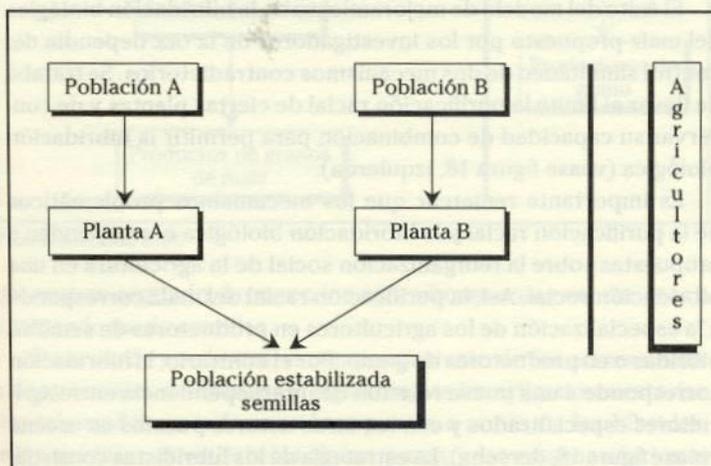
La tradición de seleccionar semillas corresponde a lo que los científicos llaman *selección masal*, es decir, de las mazorcas de la cosecha los agricultores seleccionaban algunas para sembrar sus granos durante el ciclo agrícola siguiente. De este modo, el maíz fue seleccionado durante miles de años en las fincas de los agricultores (véase figura 17, izquierda), lo que corresponde con la cultura de los agricultores mesoamericanos (véase figura 17, derecha).

105

Los modelos científicos de mejoramiento genético del maíz

La investigación científica separó y aisló la producción de grano de la de semillas en los campos experimentales de los institutos de investigación agrícola. Simultáneamente, separando la antigua relación maíz-agricultores, creó dos nuevas relaciones entre el maíz y los actores sociales.

Figura 17. Esquema de la selección en masa



Fuente: Palacios, 1964.

Pretendiendo mejorar la fisiología y el desempeño del maíz, las controversias científico-técnicas que tuvieron lugar en México entre 1944 y 1961 muestran los dispositivos posibles de intervención de los científicos sobre la genética del maíz, y de las acciones de los actores sociales y las versiones correspondientes de redes sociotécnicas de maíz mejorado científicamente.

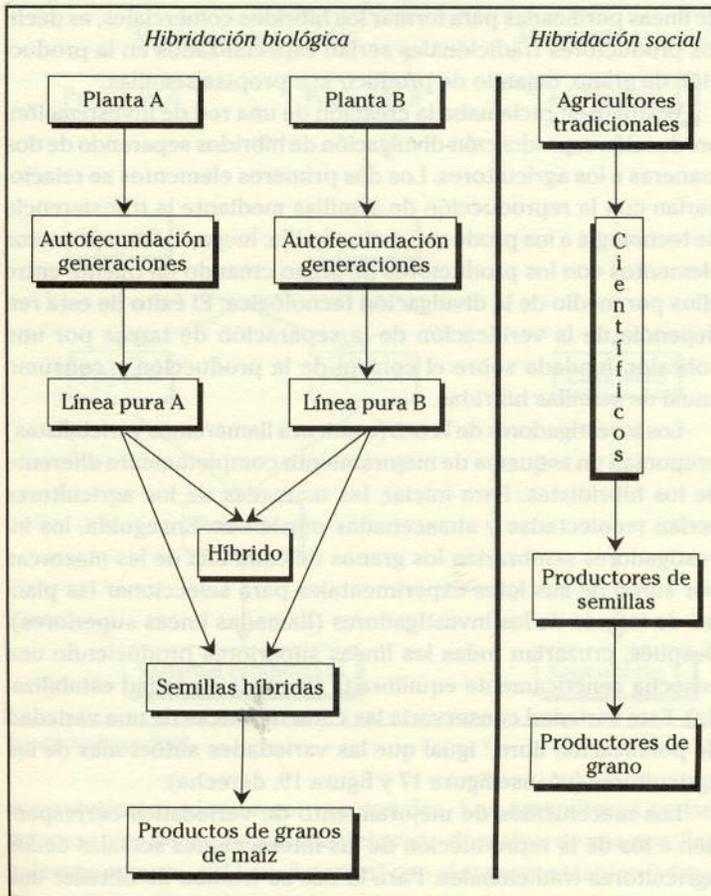
Al inicio de los cuarenta nadie podía imaginar las controversias científico-técnicas y sociales que, a propósito de la manipulación del maíz, se establecerían entre los equipos de investigación representados por los estadounidenses de la Oficina de Estudios Especiales (OEE), dirigidos por Edwin Wellhausen, y los mexicanos de la Oficina de Campos Experimentales (OCE), encabezados por Edmundo Taboada.

El equipo de Wellhausen (a quienes llamaremos hibridistas) solicitaba a los agricultores algunas muestras de mazorcas para seleccionarlas, almacenarlas y clasificarlas científicamente; en seguida cultivaban las muestras para intentar la *purificación racial* por medio de la autofecundación, y finalmente ciertas plantas autofecundadas (llamadas líneas puras) eran seleccionadas para ser cruzadas en diferentes combinaciones, buscando los mejores cruzamientos mediante la obtención de plantas deseadas por los intereses de los científicos, llamadas híbridos F-1 (véase figura 18, izquierda) (Wellhausen, 1951).

El éxito del modelo de mejoramiento de la hibridación biológica del maíz propuesto por los investigadores de la OEE dependía del control simultáneo de dos mecanismos contradictorios. Se trataba de llevar al límite la purificación racial de ciertas plantas y de conservar su capacidad de combinación para permitir la hibridación biológica (véase figura 18, izquierda).

Es importante remarcar que los mecanismos problemáticos de la purificación racial y la hibridación biológica corresponden a propuestas sobre la reorganización social de la agricultura en una hibridación social. Así, la purificación racial del maíz corresponde a la especialización de los agricultores en productores de semillas híbridas o en productores de grano. Por el contrario, la hibridación corresponde a una nueva relación de interdependencia entre agricultores especializados y con los otros actores puestos en escena (véase figura 18, derecha). La estrategia de los hibridistas consistía, en primer lugar, en especializar a los agricultores de semillas y de

Figura 18. Esquema de la hibridación biológica e hibridación social



Fuente: Arellano, 2006.

grano y, en segundo, formar a los agricultores como vendedores o compradores de semillas.

De acuerdo con la OEE, el comportamiento de los actores naturales y sociales debería ser el siguiente: los investigadores estarían especializados en la formación y puesta a punto de los híbridos; ellos deberían transferir las líneas puras y las recomendaciones técnicas pertinentes para producir las semillas comerciales. Si-

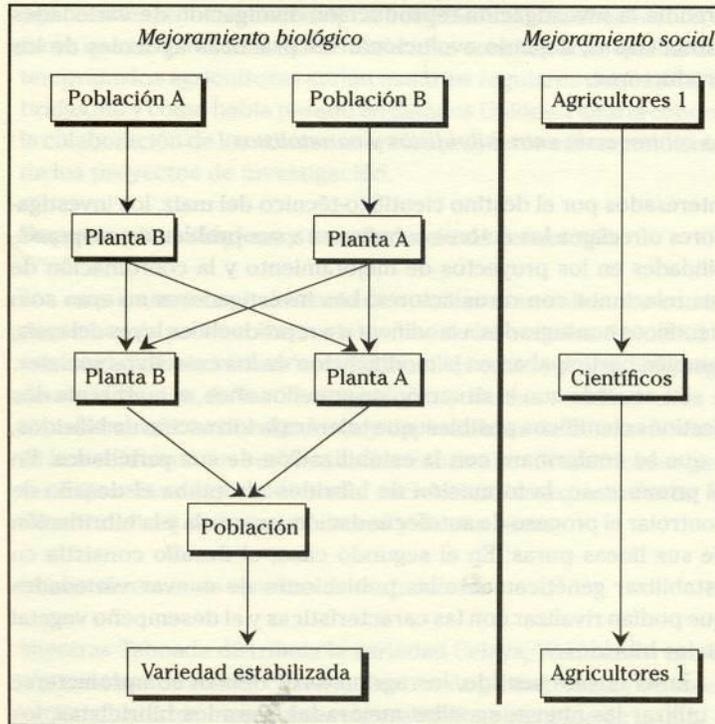
guiendo las recomendaciones técnicas de los investigadores, los productores de semillas serían especializados en el cultivo y cruce de líneas purificadas para formar los híbridos comerciales, es decir, los productores tradicionales serían especializados en la producción de grano, dejando de producir sus propias semillas.

Wellhausen reclamaba la creación de una red de investigación-producción-reproducción-divulgación de híbridos separando de dos maneras a los agricultores. Los dos primeros elementos se relacionarían con la reproducción de semillas mediante la transferencia de tecnología a los productores de semilla; luego, los tres primeros elementos con los productores de grano creando un puente entre ellos por medio de la divulgación tecnológica. El éxito de esta red dependía de la verificación de la separación de tareas por una cohesión fundada sobre el control de la producción y consumo anual de semillas híbridas.

Los investigadores de la OCE (a quienes llamaremos varietalistas) proponían un esquema de mejoramiento completamente diferente de los hibridistas. Para iniciar, las mazorcas de los agricultores serían recolectadas y almacenadas por la OCE. Enseguida, los investigadores sembrarían los granos de cada una de las mazorcas por surco de sus lotes experimentales para seleccionar las plantas de interés de los investigadores (llamadas líneas superiores). Después, cruzarían todas las líneas superiores produciendo una cosecha genéticamente equilibrada (llamada variedad estabilizada). Esta variedad conservaría las características de una variedad de polinización libre,⁷ igual que las variedades autóctonas de los agricultores (véanse figura 17 y figura 19, derecha).

Los mecanismos de mejoramiento de variedades corresponden a los de la reproducción de las interacciones sociales de los agricultores tradicionales. Para la OCE se trataba de obtener una población de maíz capaz de reproducirse sin las intromisiones permanentes del plasma germinativo externo. Así, los agricultores no tendrían la necesidad de comprar nuevas semillas anualmente. De acuerdo con la OCE, el comportamiento de los actores debería tomar la forma siguiente: los investigadores serían los responsables de la formación y puesta a punto de las variedades estabilizadas. Finalmente, los investigadores propondrían a los agricultores sustituir las variedades autóctonas por las variedades estabilizadas sin ninguna restricción ni recomendación técnica suplementaria hacia

Figura 19. Esquema de la formación de variedades estabilizadas



109

Fuente: Arellano, 2006.

sus prácticas agrícolas convencionales. Los agricultores serían responsables de la producción del grano de maíz y de sus semillas y, de esta manera, se “beneficiarían” con el esquema técnico (véase figura 19, derecha) obteniendo mejores y mayores cosechas.

El esquema de mejoramiento de los varietalistas no imponía ninguna especialización de los agricultores. De acuerdo con Taboada, líder de la OCE, este esquema mantenía una relación estrecha entre los investigadores y los agricultores, ya que permitía la penetración de los conocimientos de los agricultores sin violentar su cultura (Taboada, 1984, pp. 132-133). Según este modelo, no había necesidad de construir un productor de semillas sino sólo de poner en contacto a genetistas y agricultores de maíz.

En oposición a la red proclamada por Wellhausen, la noción sociotécnica subyacente a la posición de Taboada sólo comprendía la investigación-reproducción-divulgación de variedades estabilizadas, dejando evolucionar las prácticas agrícolas de los productores.

La controversia entre hibridistas y varietalistas

110

Interesados por el destino científico-técnico del maíz, los investigadores ofrecían a los actores soluciones a sus problemas, responsabilidades en los proyectos de mejoramiento y la coordinación de sus relaciones con otros actores. Los investigadores no eran sólo científicos consagrados a modificar o a reproducir las leyes del maíz; también participaban en la modificación de los colectivos sociales.

De acuerdo con la situación de aquellos años, el maíz tenía dos destinos científicos posibles: que tolerara la formación de híbridos, o que se conformara con la estabilización de sus variedades. En el primer caso, la formación de híbridos afrontaba el desafío de controlar el proceso de autofecundación avanzada y la hibridación de sus líneas puras. En el segundo caso, el desafío consistía en estabilizar genéticamente las poblaciones de nuevas variedades que podían rivalizar con las características y el desempeño vegetal de los híbridos.

En el mismo sentido, los agricultores debían comprometerse a utilizar las nuevas semillas mejoradas. Para los hibridistas, los agricultores debían conceder, en su propio interés, incrementar el rendimiento, aceptar comprar semillas híbridas anualmente, y tolerar la nueva disciplina de trabajo impuesta por las recomendaciones técnicas. Para los varietalistas, los agricultores no tenían necesidad de comprar semillas anualmente para aumentar el rendimiento del maíz, era suficiente reemplazar las semillas locales por las nuevas semillas de las *variedades estabilizadas* desarrolladas por los investigadores de la OCE. Para los hibridistas, la utilización de nuevas semillas de maíz representaba un problema de cambio técnico de carácter cualitativo; para los varietalistas, el problema se planteaba cuantitativamente. Así pues, las opiniones giraban en torno de la intensificación de las relaciones que los agricultores deberían mantener con los actores que proporcionarían las nuevas semillas.

A todo lo largo de esta historia, los partidarios de las variedades estabilizadas estuvieron animados por la hipótesis de que los agricultores rechazarían comprar semillas híbridas anualmente, en tanto que los partidarios de los híbridos consideraban que tarde o temprano los agricultores serían usuarios regulares de semillas híbridas, tal y como había pasado en Estados Unidos. Faltaría conocer la colaboración de los actores sobre los proyectos correspondientes de los proyectos de investigación.

111

Esquemas tecnológicos y transferencia de tecnología

Los esquemas de transferencia de semillas eran solidarios con los esquemas de producción sociotécnica de las semillas de maíz. Las estrategias de socialización de las semillas eran la propia estrategia de socialización de los investigadores y de sus semillas: ellos se transformaban en divulgadores y especialistas de la transferencia en la medida que sus semillas comenzaban a ser domesticadas para ser expuestas a las condiciones sionaturales expresadas en las características de los agricultores y de sus fincas.

La transferencia de semillas de maíz híbrido

Mientras Taboada distribuía la variedad Celaya, Wellhausen estaba aún en la fase de recolección de muestras de germoplasma y de observación de ciertos materiales sobresalientes obtenidos de la OCE.

Nacimiento de un grupo de agricultores-productores de semilla

Las condiciones de la intervención científico-técnica sobre el maíz son solidarias con las negociaciones sociales; veamos esto detenidamente. Las autofecundaciones pueden ser controladas mecánicamente por los investigadores gracias al desplazamiento de polen hacia los estigmas de la misma planta; asimismo, la formación de híbridos experimentales puede ser controlada al coleccionar el polen de una línea pura para depositarla sobre los estigmas de otra línea pura.

En la formación comercial de híbridos, los investigadores aprovechan la acción del viento para hacer los cruzamientos genéticos. Se siembran seis surcos de la línea pura que cumple la función

femenina, y dos surcos de la línea pura que realiza la función masculina; al momento de la floración, las flores masculinas de la línea pura femenina son eliminadas dejando las flores masculinas de la línea masculina. De esta manera, un híbrido se forma en las plantas de la línea pura femenina, y la línea pura masculina es conservada por el mecanismo de la autofecundación.

112

El control de los *incestos y matrimonios*, manipulados por los investigadores, tiene necesidad de aislar los terrenos en los que se forman los híbridos del resto de las poblaciones de maíz para evitar contaminar los cruzamientos con polen desconocido. Para aislar las líneas puras responsables de la formación comercial de híbridos es necesario no sembrar maíz en, al menos, un radio de 200 metros. Esta “maquinación” de la formación de híbridos comerciales es una actividad muy delicada que los investigadores no pueden confiar más que a un grupo selecto de agricultores, con lo que surge la necesidad técnico-social de generar un grupo de agricultores especialistas de la propagación de semillas.

La creación de un sistema de reproducción y distribución de semillas ligaría el desarrollo de la investigación agrícola del maíz con el de los agricultores. La primera estación experimental de la OEE se estableció en 1944 que, a juicio de sus funcionarios, no satisfacía las necesidades que requerían sus delicados trabajos de hibridación. Esto condujo a Wellhausen a buscar agricultores capitalistas poseedores de terrenos de buena calidad, equipo mecánico y terrenos de buen temporal o irrigados para hacer la experimentación que no podía realizar en la estación experimental (Wellhausen, 1984). Complementariamente, los primeros resultados de Wellhausen interesaron a algunos agricultores que habían reproducido anteriormente las variedades de la OEE, como el caso del ingeniero Ricardo Acosta, quien reprodujo comercialmente la semilla de la VE Celaya (Martínez, 1984, p. 107) y fue una de las personas más importantes para la constitución de la industria de semillas de maíz.

En 1946, Wellhausen sugirió al agrónomo-productor Ricardo Acosta la idea de fundar una empresa reproductora y distribuidora de semillas. Acosta aceptó la idea y creó la primera empresa mexicana productora y distribuidora de semillas híbridas. Sin embargo, ésta fue rápidamente cooptada por el gobierno federal mexicano. Fueron el político-agrónomo Norberto Aguirre y el abogado Gabriel

Ramos (Aguirre, 1984, p. 50) quienes, apropiándose el proyecto de reproducción y comercialización de semillas, transformaron la empresa de maíz de Acosta en la empresa estatal "Comisión del Maíz" (CM). Ricardo Acosta fue contratado como alto funcionario.

La CM no era una institución aislada de los debates entre la OEE y la OCE, pues formaba parte de las posiciones del proyecto hibridista. La creación del actor productor de semillas era necesaria para la estrategia de la OEE. De conformidad con esta información, no hay ningún misterio sobre la estrecha colaboración entre la OEE y la CM para integrar una "cadena operatoria" de *formación-producción-distribución de híbridos*, como no lo hay sobre el rechazo de la OCE para realizar ensayos uniformados de todas las semillas mejoradas producidas en ambas instituciones, y así evitar proporcionar semillas para su multiplicación y su venta a la Comisión del Maíz.

La construcción de las relaciones entre la fabricación de un OCT y la construcción de los actores sociales quedaba de manifiesto en la relación entre la puesta en escena del objeto técnico maíz mejorado y el nacimiento de nuevos grupos sociales organizados en torno a las semillas mejoradas. Desde luego, el primer grupo organizado por el nacimiento del OCT maíz mejorado corresponde a los equipos de investigadores. Después aparecería la empresa productora de semillas mejoradas (dirigida por Ricardo Acosta) y la aparición de un grupo de políticos que veían la ocasión de aprovechar un nuevo campo político basado en el progreso de las ciencias agrícolas (dirigido por Norberto Aguirre y Gabriel Ramos). De esta creación de actores sociales sobresalió el surgimiento de la Comisión del Maíz, porque su entrada en escena no es el nacimiento de una empresa cualquiera: se trataba de la formación de un grupo inédito de empresas en México.

En la época de la formación de la industria de semillas mejoradas en México, el número de personas implicadas era restringido; sin embargo, la construcción de la organización social en torno al maíz mejorado científicamente había sido detonada. La construcción de lo social no está en función de la cantidad de las personas, oficinas o empresas formadas; más allá de los números, lo social es la fundación de nuevas relaciones y de actores sociales.

Después de algunos años de trabajo ciertos agricultores fueron convencidos por Wellhausen de la utilidad y rentabilidad de la hibridación, creando así una red de personas interesadas que se

convertirían en los primeros aliados mexicanos de la propagación y utilización de las semillas híbridas de maíz. Estas prácticas de investigación fueron la causa del nacimiento de un grupo de agricultores-productores de semillas surgidos de entre los mejores cultivadores de maíz. Faltaría negociar con los agricultores su consentimiento para convertirse en cultivadores de grano mediante la siembra de híbridos.

114

Negociaciones con los agricultores productores de grano

Las transacciones entre los científicos y los agricultores de grano fueron más complejas que las que se acaban de describir para los cultivadores de semillas. Con la liberación del famoso H-1, el año de 1948 en México era el equivalente al de 1933 en Estados Unidos, en tanto que era la primera ocasión que se ponían a la venta las semillas híbridas de maíz. Ese año, la CM distribuyó 1400 toneladas de semillas, estimando que aproximadamente 108 000 hectáreas fueron sembradas con dichas semillas. Dicho brevemente, se calculaba que 1.8% de la superficie nacional de maíz fue sembrado con híbridos (PAM, 1950, p. 27).

Para convencer a los agricultores de las ventajas de cultivar los híbridos y de ligarles a la suerte del maíz, los promotores de los híbridos aplicaron la educación no formal. Los científicos se convirtieron en divulgadores realizando películas, revistas, visitas guiadas en los campos de experimentación, emisiones de radio, etc., con el fin de mostrar las ventajas de la utilización de las nuevas semillas (Aguirre, 1984).

En el momento en el que se sembraron los primeros híbridos, aparecieron tres limitaciones a su adaptación. Primeramente, el precio de la semilla representaba un costo anual sorprendentemente alto para los agricultores que no asignaban un valor monetario a su semilla. Además, los híbridos exigían condiciones precisas para poder manifestar las características científico-técnicas incorporadas en su cruzamiento. Y, finalmente, las variaciones del ambiente eran enormes respecto a los espacios restringidos de la adaptación de estas plantas.

La OEE esperaba que los agricultores y los híbridos quedasen incluidos en una fórmula equivalente, como en Estados Unidos, y que la hibridación biológica fuese exactamente simétrica a la hibri-

dación social (figura 18). Pero la historia tomó caminos diferentes y los agricultores rechazaron la interacción con el maíz híbrido y con las instituciones que les ofrecían. Los agricultores que sembraron los híbridos no siguieron las recomendaciones técnicas de los investigadores sobre la manera de cultivar las plantas, como tampoco respetaron la interdicción de no convertir el grano en semilla para ciclos posteriores.

Así, entre 1948 y 1961, la superficie sembrada de semillas mejoradas no aumentó de manera espectacular y estable como en Estados Unidos, tal como lo deseaban los investigadores, los productores de semillas y los políticos. Solamente en 1955 y 1959 la superficie sembrada con semillas mejoradas alcanzó 5 y 7%, respectivamente, de la superficie total sembrada de maíz (Cisneros, 1985, p. 35).

De 1945 a 1961 el rendimiento de maíz creció 56.6%. Este aumento no fue el efecto del número de hectáreas cultivadas de maíz mejorado; en todo caso, este aumento podía ser atribuible a la utilización de fertilizantes sintéticos, que entre 1940 y 1950 alcanzaba 8000 toneladas, en tanto que en 1959 esta cifra llegaba a 165 000 toneladas (Reyes *et al.*, 1974, pp. 931-932). Esto es coherente con los datos de un estudio sobre la adopción de innovaciones por los agricultores de las regiones del Bajío (los estados de Jalisco y Michoacán) y la Laguna (los estados de Durango y Coahuila). Según los resultados de este estudio, el orden de adopción de las innovaciones era la siguiente: en primer lugar los fertilizantes y los pesticidas, enseguida la maquinaria agrícola, a continuación las nuevas semillas mejoradas, después otras materias primas como las construcciones agrícolas menores (almacenes y canales de irrigación, etc.) y, finalmente, los nuevos métodos de trabajo (Reyes *et al.*, 1974).

La construcción de la red de maíz mejorado no podía rebasar el marco de las instituciones de investigación y de la empresa estatal productora de semillas. A pesar de los esfuerzos de la OEE y la OCE para ofrecer buenas semillas (Stakman, 1969, p. 69) y la gran publicidad en favor de las semillas mejoradas, las ventas de la CNM no aumentaron considerablemente ni se logró la consolidación de un mercado regular. Brevemente dicho, los agricultores no estaban dispuestos a dejarse comprometer por la empresa de la hibridación.

La transferencia de tecnología de variedades estabilizadas de maíz

116

A la pregunta sobre el tipo de plantas a producir, Wellhausen propuso modificar la organización de la producción agrícola en función del contenido científico-técnico de las plantas híbridas; por su parte, Taboada propuso que dicha modificación siguiera la estrategia de la OEE, o mejorando las plantas según la estrategia de selección de semillas de los agricultores tradicionales y según la estrategia de la OCE. En el primer caso, los agricultores debían comprar anualmente las semillas híbridas, en tanto que en el segundo, debían comprar eventualmente semillas provenientes del exterior. El proyecto de la OEE suponía la formación de híbridos de cruza doble y aceptaba la formación de variedades de polinización libre solamente como un primer paso para habituar a los agricultores a comprar semillas y para que ellos aceptaran el papel de compradores anuales de semillas.

En 1942 Taboada pudo interesar a algunos agricultores y políticos en conocer las buenas cualidades de las VE y concretar un acuerdo de cooperación entre la OCE y el gobierno del estado de Guanajuato para multiplicar y distribuir la VE nombrada Celaya. Según este acuerdo, la OCE sería responsable de la multiplicación de la variedad, el gobierno federal demandaría créditos para comprar la semilla, y el gobierno estatal prestaría la semilla a los gobiernos municipales más importantes en la producción de maíz. El gobierno estatal fijaría un precio por kilogramo de semilla Celaya de conformidad con el precio comercial del grano, pero que los agricultores pagarían en especie realizando un trueque en el que aportarían grano de maíz y recibirían el mismo peso de semilla. Finalmente, los gobiernos municipales y el gobierno venderían el grano, recuperando de este modo el crédito y los gastos de administración (Taboada, 1984, pp. 132-133). A esto se le llamó, desde aquella época, "distribución de semilla kilo-por-kilo".

Taboada se ponía en la vanguardia con su programa kilo-por-kilo y anunciaba que el método para formar variedades estabilizadas había mostrado su eficacia científico-técnica y, también, la aceptación de los agricultores a sembrarlas. Para los varietalistas, era evidente que los productores pobres adoptaban las nuevas semillas si los cambios no eran radicalmente diferentes de los procedimientos técnicos tradicionales.

Esto quedó evidenciado por la gran aceptación de la variedad Celaya en 1942 en el estado de Guanajuato. De conformidad con el Informe del Campo Agrícola Experimental de León, Guanajuato (atribuido al fitogenetista Eduardo Limón), se reconoce que:

Por la superioridad demostrada, en enero de 1942, financiada por el gobierno del estado, se distribuyó semilla de maíz Celaya a base de canje por la que los agricultores estaban a punto de sembrar. [...] Se repartió un total de 21 toneladas [...] entre agricultores en pequeño en Silao, León, Lagos y San Francisco del Rincón. [...] En 1944 nuevamente el gobierno se interesó en efectuar el canje de semilla para lo cual adquirió la producción de la mejor semilla entre los agricultores que la sembraron en 1942 y 1943, principalmente en León, Silao y Celaya. La cantidad reunida de 169 082 kg fue vendida o canjeada en varios municipios del estado de Guanajuato. De la cantidad mencionada, 18 652 kg fueron enviados a diversas partes del país (Limón, 1945, pp. 12-13).

117

Sin embargo, los problemas de los científicos mexicanos eran complicados pues se trataba de reproducir los éxitos de la formación de la variedad estabilizada Celaya en otras variedades, de hacer aceptar a los agricultores intercambiar las nuevas semillas de las variedades estabilizadas por su grano, y de socializar en el interior de las comunidades y en los mercados regionales estas nuevas semillas de la manera ancestral de distribución.

En este sentido, no existen estadísticas que puedan mostrar el empleo de las variedades estabilizadas pues la propia estrategia de distribución de la OCE a los agricultores, y de la reproducción en las fincas, imposibilita dar cuenta del uso de estas semillas; sin embargo, como queda claro en la referencia de Eduardo Limón, las variedades estabilizadas suponían un mejoramiento de los agricultores.

La incesante movilización y transformación de los actores

En el apartado anterior hemos seguido la puesta en equivalencia de los esquemas sociotécnicos del mejoramiento con los de la transferencia de tecnología, pero vale la pena abordar la manera en que artefactos y colectivos logran organizarse en un momento de conclusión provisional de la acción de investigación.

En la teoría convencional de la transferencia tecnológica, los artefactos son desplazados hacia los usuarios en la fase final de la vida de un proyecto, o son éstos quienes son movilizados para adquirir a aquéllos; pero en la historia que hemos abordado, el movimiento de los actores ocurre a lo largo de las investigaciones y en este transcurrir se van modificando ellos mismos.

A lo largo de esta historia, los investigadores tenían por objetivo representar de manera incontestable a los actores implicados en los proyectos del mejoramiento. Desde el comienzo de las controversias, dichos investigadores realizaron una serie de actos para reducir el número de actores a su expresión mínima con el fin de poder manipularlos, y hablar y actuar en su nombre.

Para lograr el mejoramiento del maíz, los investigadores negociaron la formación de híbridos y de variedades estabilizadas con un puñado de mazorcas. Se colectaron miles de semillas, pero solamente algunas plantas fueron seleccionadas para ser manipuladas genéticamente. El proceso de colecta y de selección de muestras permitió movilizar el maíz en la forma fenotípica y de acceder a la movilización de su estructura genética (la forma genotípica).

La primera movilización científica del maíz en México fue la del equipo de Taboada y Limón, quienes colectaron muestras de maíz de las mejores plantas de variedades autóctonas del centro del país. Enseguida, Efraín Hernández y Wellhausen (Wellhausen *et al.*, 1951) recolectaron las muestras de todo el país de manera más sistemática que Taboada-Limón. Desde luego, en ambos casos el maíz colectado se convirtió en un actor domesticable, pero fue la movilización de sus leyes genéticas lo que permitió a los investigadores convertirse en sus representantes: Wellhausen representaría al maíz híbrido y a sus cultivadores de semilla y grano, y Taboada a las variedades estabilizadas y a los agricultores de maíz.

Los investigadores no podían movilizar los miles de productores dispersos sobre el territorio nacional. Entonces concentraron sus trabajos en la región central del país donde la producción de maíz y el número de agricultores eran los más importantes, pero su número seguía siendo muy grande para ser movilizada. Por ello, fue necesario hacer un nuevo esfuerzo de reducción hasta tener como interlocutores a ciertos productores individuales.

Para Wellhausen, los agricultores seleccionados serían aquellos que tenían la posibilidad de controlar los procesos del cultivo de

las semillas híbridas, que poseían superficies susceptibles de ser mecanizadas y de controlar la humedad, y que económicamente disponían de capital de riesgo. Así, el tipo de agricultores que buscaba Wellhausen era el de Ricardo Acosta.

Para Taboada, los investigadores no deberían demandar la movilización de los agricultores. Por el contrario, deberían ser ellos quienes entraran en las redes de distribución ancestral de semillas. En todo caso, aprovechando los resultados de la explotación de variedades, Taboada intentaría representar a los agricultores tradicionales.

Evidentemente la hipótesis de Wellhausen, de la Rockefeller Foundation y de la OEE consistente en transportar los supuestos de la hibridación de la agricultura estadounidense como solución a los problemas agrícolas de México, fue parcialmente lograda. Los investigadores de la OEE formaron híbridos de una sola autofecundación, en tanto que los de Estados Unidos tenían varias. Sin embargo, si un grupo importante de agricultores rechazó el uso de híbridos, un sector de productores capitalistas siguió las instrucciones científico-técnicas para convertirse en productores de semillas híbridas. Las investigaciones por realizar la hibridación biológica y social fueron un proceso de traducción, movilización y transformación de actores que hizo posible la construcción de la red de maíz híbrido en México.

Pero también los científicos de la OEE-OCE lograron parcialmente sus hipótesis. Después de las importantes introducciones de variedades estabilizadas en la región del Bajío, las nuevas semillas no ofrecían los mismos resultados satisfactorios que las primeras. Las investigaciones posteriores al encuentro y difusión de la variedad Celaya se complicaron, y el rendimiento no podía ser aumentado fácilmente. De cualquier modo, se realizó en estas investigaciones una serie de modificaciones y “mejoramientos biológicos y sociales” que se expresaron en la institucionalización del nuevo Instituto de Investigaciones Agrícolas.

Socialmente, los investigadores se convirtieron en voceros del maíz mejorado y de los agricultores de este grano. Wellhausen y Taboada se transformaron en personalidades que representaban equipos de investigación, maíces, productores de semillas y de grano, agricultores con o sin dinero, población deseosa de continuar comiendo maíz, y políticos que juzgaban necesario aumentar la producción de grano. Sin embargo, a pesar de los éxitos de los

investigadores sobre la representatividad del maíz y de los agricultores, la competencia entre los dos grupos de productores limitaba la legitimidad de su pretendida representación.

120

Al final de la década de los treinta el maíz, los agricultores y los científicos tenían identidades difusas; pero después de dos décadas, Wellhausen y Taboada pudieron hacer móviles a esos actores para acordarles y fijarles una nueva identidad. A cada desplazamiento, los investigadores construían eslabones y asociaciones que tenían como punto central su propia identidad. En el momento de la definición de hipótesis, los investigadores señalaron la constitución de una red de problemas y de actores; para 1961, cuando el gobierno decide la "fusión" de ambos programas y su ubicación en el recién instaurado Instituto de Investigaciones Agrícolas, existía una extensa red de colectivos que se relacionaba íntimamente con el objeto científico-técnico: el maíz mejorado genéticamente.

Paradójicamente a la libertad en la que los actores se encontraban al inicio del programa de mejoramiento, la nueva situación de los actores respondía a un consenso donde los márgenes de maniobra eran restringidos. Las identidades de los actores habían sido construidas, concesionadas y aceptadas. La hipótesis que indicaban nociones sobre la identidad de los actores, sus relaciones y sus objetivos, dieron lugar a una red de enlaces restringentes.

La historia que hemos presentado es resultado del corte analítico del *continuum* de investigación que se prosigue hasta nuestros días con colectivos y artefactos renovados, en el que la transferencia tecnológica es apenas un aspecto construido epistemológicamente para hacerlo visible y apreciarlo diferente de las otras actividades de investigación implicadas; aún así, esta transferencia tecnológica no es el traslado físico de objetos y colectivos terminados en todas sus piezas, sino parte de la incesante movilización y transformación a la que los actores son sometidos en los procesos de investigación. Esta visibilidad puede realizarse mediante un enfoque tecnológico, como el que hemos hecho en este ejercicio.

Hemos planteado la idea de tecnología para poner en escena la idea que la transferencia tecnológica es un elemento que forma parte de un proyecto sociotecnológico, que los supuestos técnicos que lo sustentan son consideraciones sociales, y que las fases de este proyecto sociotecnológico son categorías empleadas por los especialistas del estudio de la investigación científica y tecnológica.

“Esto implica dos aspectos: de un lado, que los actores científicos y los usuarios están ligados de manera más compleja que como simples creadores y consumidores de OCT y, de otra parte, que la construcción del objeto técnico es igualmente la fabricación simultánea de su público (su contexto) y de sus condiciones de legitimidad. Dicho de otra manera, la fabricación de un OCT es la construcción de colectivos sociales ligados materialmente” (Arellano, 1999, p. 55).

121

En la transferencia de técnicas, un proyecto técnico es adaptado y adoptado por sectores de supuestos usuarios o bien se mantiene como pretensión de validez. En este sentido y hasta inicios de los sesenta del siglo XX, las semillas mejoradas y particularmente los híbridos eran asunto de investigadores y de algunos agricultores interesados en desarrollar empresas de semillas, pero para los grandes usuarios estas semillas deberían sufrir otras modificaciones técnicas y sociales para convertirse en realidad productiva. Las semillas y los colectivos mantienen relaciones únicas de manera que la modificación de ellas se corresponde con la transformación de los colectivos.

Los actores identificados como usuarios son actores activos del *continuum* de la innovación, en tanto que en sus manos reposa la aceptación o el rechazo de las pretensiones de validez implícitas en los OCT, pero estos potenciales usuarios son transformados en usuarios por su propia transformación. En este sentido, en México las semillas tradicionales de maíz se encontraban, hasta los años sesenta, íntimamente ligadas a los productores de forma que eran equivalentes al grano, y las semillas mejoradas se encontraban ligadas al destino de las controversias científicasociales entre los grupos de la OEE y OCE.

Si se rechaza la separación de la divulgación y de la transferencia de la fase de la investigación nos encontramos con la noción de que el modelo de investigación incorpora en sus fundamentos una perspectiva de asociación con otros actores, tal como ha sido mostrado en esta historia. La razón de emplear la idea de tecnología consiste en llamar la atención a los actores sobre el carácter implícito de la transferencia y de la divulgación en la definición de los procesos de investigación y en la consideración de que los supuestos usuarios no son ajenos al proceso de construcción de los hechos científicos y de los artefactos.

Notas

122

- ¹ Como lo hemos señalado en el texto antes citado, y de acuerdo con algunos estudiosos de la producción de ciencia y tecnología, las consideraciones para separar la producción de conocimientos y de artefactos no tienen actualmente mucha consistencia teórica o empírica, de modo que en este enfoque el término epistemología tendría más dificultades para seguir sosteniéndose independientemente del término tecnología, y para ser coherentes habría que plantear una episte-techne-logía como un término adecuado para referirse al estudio de la producción simultánea de conocimientos y artefactos, pero tal término requeriría del desarrollo de un programa de investigación el cual, por el momento, no podemos abordar. Concediendo esta ausencia de coherencia, y dado que nos concentraremos para este texto en la producción de artefactos y colectivos, sólo indicaremos que nuestra intervención se da en el marco de la tecnología.
- ² Esto es muy característico en todos los manuales que divulgan la ciencia, por ejemplo en: *L'état des sciences de Witkowski* (1991) y en los documentos oficiales de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 1991, 1972). Para el Conacyt, la investigación y desarrollo experimental (IDE) se define como el trabajo sistemático y creativo realizado con el fin de aumentar el acervo de conocimiento, y el uso de este último para idear nuevas aplicaciones. La IDE se divide en investigación básica y aplicada, y desarrollo experimental (Conacyt, 2002, p. 22).
- ³ Quienes emplean la división, investigación, desarrollo-divulgación y transferencia dividen el conjunto de la producción científico-técnica intentando construir fronteras que ninguna persona respeta; también exigen una estricta especialización profesional como científico, tecnólogo, divulgador o especialista en transferencia, que tampoco se lleva a cabo.
- ⁴ La extrapolación de las metáforas difusionistas ha sido aplicada por las disciplinas sociales gracias a toda suerte de traducciones; por ejemplo, la idea económico-mercantil de que las innovaciones, para tener éxito, sólo necesitan de clientes (el empuje del mercado o *science & technology push*), o a la inversa, de que unos clientes tienen necesidad de ciertas innovaciones (el jalón del mercado o *market pull*). Para Rogers, Shoemaker y Svenning, la difusión es un tipo de comunicación que esparce las ideas e innovaciones desde su fuente (los centros de investigación) hasta los miembros del sistema social (Rogers y Shoemaker, 1971; Rogers y Svenning, 1971). Respecto a los impactos, casi todos los documentos oficiales recurren a la acción benéfica de las innovaciones en los colectivos sociales. En cualquiera de estas ideas se percibe un movimiento rectilíneo de difusión de innovaciones o de impacto a los usuarios (Callon y Latour, 1986); los OCT van del laboratorio de investigación básica al mercado, los usuarios son atraídos al consumo de aquéllos.
- ⁵ La inercia de esta clasificación repercute en una especialización disciplinaria que puede ser percibida en casi todos los campos del estudio erudito de la investigación científico-tecnológica que sería prolijo enumerar en este trabajo.

⁶ Término empleado de la obra habermasiana. Véase Habermas, *Teoría de la Acción Comunicativa*, 1987.

⁷ La polinización libre corresponde a la cruce de plantas por medio del viento, en tanto que la polinización controlada corresponde al cruzamiento controlado por los investigadores.

Bibliografía

- Aguirre, P. N., "Entrevista", en L. Jiménez, *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*, Colegio de Posgraduados, Chapingo, 1984.
- Akrich, M., "Comment décrire les objets techniques?", en *Techniques et culture*, 1987.
- _____, "La construction d'un système technique, Esquisse pour une anthropologie des techniques", en *Anthropologie et sociétés*, 1989.
- _____, "De la sociologie des techniques a une sociologie des usages", en *Techniques et culture*, 1990.
- Akrich, M., C. Bessy, B. Bril et al., *Les objets dans l'action*, París, Éditions EHESS, 1993.
- Arellano, H. A., *La producción social de los objetos técnicos agrícolas: antropología de la hibridación del maíz y de los agricultores de los Valles Altos de México*, Toluca, UAEM, 1999.
- _____, "¿Puede la noción foucaultiana de dispositivo ayudarnos a escapar de las redes del estructuralismo para estudiar la investigación tecnocientífica?", en *Revista de Psicología de la Universidad Federal Fluminense* (en prensa).
- Arellano, H. A., M. R. Martínez y M. V. Castaño, "Epistemología, divulgación y vinculación en la investigación universitaria: dos casos del bajo mexicano", en Germán Sánchez Daza (coord.), *Innovación en la sociedad del conocimiento*, BUAP/UNAM/CIECAS/RIDIT/Editorial Benemérita Universidad de Puebla, 2005.
- Callon, M. y B. Latour, "Les paradoxes de la modernité, comment concevoir les innovations?", en *Prospective et santé*, vol. 36, 1986.
- Cisneros, D. J., "Problemática de la producción de semilla de los cultivos básicos (maíz, frijol, trigo y arroz)", en *Memoria de la reunión nacional sobre la producción de semillas en México*, México, Pronase, 1985.
- Conacyt, *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología 2002*, México, Conacyt, 2002.

- Dagnino, R., H. Thomas y A. Davyt, "Vinculacionismo/neovinculacionismo. Racionalidad de la interacción universidad-empresa en América Latina (1955-1995)", en G. R. Casas y G. Valenti, *Dos ejes de la vinculación de las universidades a la producción: la formación de recursos humanos y las capacidades de investigación*, México, IIS-UNAM/UAM y Plaza y Valdéz, 2000.
- Freeman, Ch., *El reto de la innovación*, Caracas, Galac, 1987.
- Habermas, J., *Teoría de la acción comunicativa II*, Madrid, Taurus, 1987.
- Hennion, A., "Le peuple, le sociologue et le producteur à succès", en *Révoltes logiques*, París, La Découverte et Presses Universitaires de France, 1991.
- Hughes, P. T., "The Evolution on Large Technological Systems", en *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, The MIT Press, 1993.
- Limón, E., *Informe de trabajos realizados en el campo agrícola experimental de León, Guanajuato (marzo de 1941 a diciembre de 1945)*, México, Secretaría de Agricultura y Fomento, 1945.
- Lundvall, B-A (ed.), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres, Pinter Publishers, 1992.
- Martínez, M. L., "Entrevista", en Leobardo Jiménez (comp.), *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*, Chapingo, 1984.
- Norman, Don, "Les artefacts cognitifs", en *Les Objets dans l'action*, París, Éditions EHESS, 1993.
- Organisation de coopération et de développement économiques, *Politique scientifique gouvernementale et méthodes analytiques*, Paris, OCDE, 1972.
- _____, *La gestion du progrès technologique dans les pays les moins avancés*. París, OCDE, 1991.
- Programa Agrícola Mexicano, *Programa agrícola mexicano*, México, Fundación Rockefeller, 1950.
- Reyes et al., *Estructura agraria y desarrollo agrícola en México*, México, FCE, 1974.
- Rogers, E. M. y F. F. "Shoemaker, Communication of innovation. A crosscultural approach", en H. V. Volke y G. I. Sepúlveda, *Agricultura de subsistencia y desarrollo rural*, México, Trillas, 1971.
- Stakman, E. C., *Campañas contra el hambre*, México, 1969 (multicopiado).

- Taboada, E., "Taboada, Edmundo", en L. Jiménez Sánchez (comp.), *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*, Chapingo, Colegio de Posgraduados, 1984.
- Wellhausen, E. J., "Entrevista", en Leobardo Jiménez (comp.), *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*, Chapingo, 1984.
- Wellhausen E. J., L. M. Robert y X. E. Hernández, *Razas de maíz en México, su origen, características y distribución*, México, OEE-SAG, 1951.
- Witkowsky, N., *L'État des sciences*, París, Éd. Boréal-La Découverte, 1991.