

# Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina

Antonio Arellano Hernández, Pablo Kreimer  
Jorge Ocampo Ledesma, Hebe Vessuri  
(compiladores)



prometeo  
libros

Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina / Rui Albuquerque...[et al.] ; compilado por Antonio Arellano Hernández...[et al.]. - 1ª. ed.- Buenos Aires : Prometeo Libros, 2005.

296 p. ; 22x15 cm.

ISBN 987-574-007-1

I. Ciencias Agrícolas-Investigación 2. Ciencias Agrícolas-América Latina I. Albuquerque, Rui  
II. Arellano Hernández, Antonio, comp.

CDD 306.349 80

©De esta edición, Prometeo Libros, 2005  
Av. Corrientes 1916 (C1045AAO), Buenos Aires  
Tel.: (54-11) 4952-4486/8923 / Fax: (54-11) 4953-1165  
e-mail: [info@prometeolibros.com](mailto:info@prometeolibros.com)  
<http://www.prometeolibros.com>

Diseño y Diagramación: R&S  
Cuidado de textos: Gervasio Espinosa

ISBN: 987-574-007-1  
Hecho el depósito que marca la Ley 11.723  
Prohibida su reproducción total o parcial  
Derechos reservados

# Índice

Introducción .....	9
CIENCIAS GENÉTICAS VEGETALES	
La tecnología de la investigación en la temprana fitotecnia sudamericana: Horovitz, el maíz y la investigación agrícola. <i>Hebe Vessuri</i> .....	15
La genética de Edwin Wellhausen y la irreproducibilidad en México de la hibridación norteamericana del maíz. <i>Antonio Arellano Hernández</i> .....	45
Debates sobre el método de maíz híbrido en Estados Unidos y su traducción en México. <i>Karin E. Matchett</i> .....	79
La constitución de nuevos objetos de conocimiento como proceso socio-cognitivo: los organismos vegetales genéticamente modificados (OVGMS) en la investigación agrícola. <i>Pablo Kreimer y Patricia Rossini</i> .....	97
COMUNIDADES CIENTÍFICAS Y SU IMPACTO SOCIAL	
La escuela nacional de agricultura y el establecimiento de sus misiones históricas. <i>María Isabel Palacios Rangel</i> .....	119
Ciencias agrarias y motivos de investigación: evidencias del caso uruguayo. <i>Mariela Bianco</i> .....	165
La nueva agricultura: desafíos para la enseñanza agrícola superior en Venezuela. <i>José Miguel Cruces H. y Hebe Vessuri</i> .....	191
INGENIERÍA, AGRONOMÍA Y VETERINARIA	
"Tecnología Agrícola y Conflicto". Las propuestas de los ingenieros agrícolas Mexicanos. <i>Jorge Ocampo Ledesma</i> .....	213
Importância da C&T para a citricultura Brasileira. <i>Rui Albuquerque, Maria Beatriz Bonacelli, Mauro Zackiewicz, Marcelo Valle</i> .....	247
Vacunas y vacunos: la lucha antiaftosa y la producción de conocimientos científicos y tecnológicos en Argentina. <i>Juan Pablo Zabala</i> .....	273
Referencias de los autores .....	291

# La genética de Edwin Wellhausen y la irreproducibilidad en México de la hibridación norteamericana del maíz

*Por Antonio Arellano Hernández*

## Resumen

En este trabajo abordaremos la problemática de la reproducibilidad de los esquemas de producción sociotécnicos (EPST) que sustentan la producción de los artefactos tecnológicos mediante la presentación analítica de un caso de transferencia de tecnologías de Estados Unidos a México vinculadas a las innovaciones de semillas mejoradas.

Para ilustrar las problemáticas anteriores, nos serviremos de las referencias existentes de las acciones del fitogenetista norteamericano Edwin Wellhausen enfocadas al mejoramiento genético del maíz durante 3 décadas en México, iniciadas en el marco del Programa Agrícola Mexicano (PAM) acordado entre la Fundación Rockefeller y el Gobierno Mexicano a fines de los años 30 permitiendo la intervención de científicos estadounidenses en la agricultura mexicana.

El campo de observación de este trabajo está constituido por dos hitos en las investigaciones de Wellhausen: en el primero, trata de reproducir el esquema de hibridación del maíz de Estados Unidos en México en un contexto de controversia con un grupo de científicos mexicanos. En el segundo, trata de reproducir el esquema de hibridación del maíz de zonas de alto potencial productivo y capitalista en zonas campesinas con restricciones productivas.

En este texto presentaremos, en primer lugar, el dominio de nuestra intervención en relación con algunos enfoques desarrollados por la sociología de la tecnociencia sobre los progresos técnico-científicos; enseguida, expondremos brevemente la noción de EPST y la hipótesis que anima este estudio sobre su irreproducibilidad; posteriormente, mostraremos empíricamente las dificultades de reproducir los EPST partiendo de la presentación de una controversia de largo aliento sobre el mejoramiento genético del maíz en México entre ciertos equipos de investigación; y, finalmente, obtendremos algunas conclusiones sobre la reproducibilidad de las innovaciones tecnológicas a la luz de la problemática del constructivismo.

## 1. Sociología de la tecnociencia y reproducibilidad de esquemas de producción sociotécnicos

Uno de los frutos de la puesta en escena del Programa fuerte de la sociología de la ciencia (PF) (Bloor, 1976) fue la preparación metodológica de la sociología para el surgimiento de los estudios empíricos sobre las ciencias y las tecnologías contemporáneas "tal y como se hacen" (Callon y Latour, 1982). Los principios del PF animaron la conformación de un programa de estudios sobre la construcción de los conocimientos científicos y de los artefactos tecnológicos sustentado sobre tres líneas principales de investigación: *las controversias científicas, la observación etnográfica de los laboratorios y el análisis de la literatura científica*. Un poco después, la sociología de técnicas pasaría por la misma reorientación que la de ciencias permitiendo la conformación de una sociología de la tecnociencia de base antropológica (Woolgar, 1991a y 1991b).

Después de más de 25 años de investigaciones sobre la tecnociencia, los sociólogos han mostrado en numerosos estudios de caso que las prácticas y los contenidos científicos pueden abordarse como procesos de construcción social y de estabilización de innovaciones (Latour, 1991; Pinch, 1993-94; Collins, 1983; Hughes, 1983). En efecto, la lógica de demostración de numerosos casos de desarrollo tecnocientífico comienza por la puesta en escena y negociación social de un problema técnico y/o científico y concluye con el acuerdo, igualmente negociado, sobre la operación de un artefacto o la solución de un problema científico.

La vasta literatura desarrollada por el constructivismo muestra empíricamente los procesos mediante los cuales las cosas, las representaciones y los instrumentos se vuelven conmensurables, puestos en relación de correspondencia y equivalentes unos respecto a otros. Y, en la misma lógica, los fracasos científico-técnicos son explicados por la ausencia de coordinación entre los actores y de equivalencia entre cosas y colectivos (Barnes, 1993-94, ver la revista *Social Studies of Science*).

El constructivismo ilustra la elaboración de las tecnologías y de los hechos científicos; sin embargo, no aborda el tejido de los supuestos que sustentan la elaboración de la tecnociencia. La consigna generalizada del constructivismo invita a seguir la acción de los actores en la elaboración de conocimientos y artefactos. Frente a esta máxima, nosotros pretendemos demostrar que los actores no sólo elaboran ambos sino que simultáneamente intentan elaborar programas de acción de todos los actores involucrados en los actos tecnocientíficos. En esta investigación, cambiaremos la escala de observación de la fabricación de tecnología para observar a los actores en procesos de escenificación de situaciones en las que transforman a otros actores transformándose a sí mismos simultáneamente.

A pesar de los buenos resultados del empleo del constructivismo en el estudio del tejido de las relaciones sociales y la confección de objetos (Boltanski y Thévenot, 1991:35), consideramos pertinente revisar los problemas de la cons-

trucción de los esquemas que soportan las innovaciones<sup>1</sup>, especialmente los que se refieren al resultado de los intentos de reproducibilidad de los EPST.

Para abordar la producción de artefactos y conocimientos científicos es necesario considerar que ésta supone la elaboración de un esquema de producción inscrito como programa de acción. Tendríamos así que la fabricación de un artefacto supone la elaboración de un programa de acción sociotécnica de modo que una vez que éste se estabiliza soporta la reiteración del proceso de producción técnico científica.

En cierta medida, Madeleine Akrich ha abordado esta problemática. De acuerdo con ella, los sociólogos inspirados en la teoría del actor-red (digamos, el primer Bruno Latour, Michel Callon y sobre todo John Law) han "asimilado la idea de un dispositivo técnico a un programa de acción capaz de coordinar un conjunto de papeles complementarios, sostenidos por no-humanos (quienes constituyen el dispositivo) y por humanos (...) que forman los periféricos o las extensiones" (Akrich, 1989b, Akrich en: Callon, 1991:200). Desde nuestro punto de vista, esa asimilación que han realizado es inversa. Esos sociólogos han asimilado y reducido la idea de un programa de acción de coordinación sociotécnica de los actores a la elaboración de los resultados de los programas de acción manifestada empíricamente en los objetos tecnológicos. En última instancia, las implicaciones de ambas escalas del fenómeno tecnocientífico radican en que la producción tecnológica está sustentada en procesos de formateo de las relaciones. No queremos revivir la metáfora heideggeriana de la esencia de la técnica y su fenómeno, por esta razón queremos emplear la idea de escala de la tecnicidad puesto que un programa de acción sociotécnico alude a toda clase de supuestos que sustentan la producción de artefactos y conocimientos. Un programa de acción sociotécnica no es la esencia oculta de la producción de un artefacto o conocimiento, ambos son situados y pueden ser fenomenológicamente percibidos.

Antes de proseguir, nos gustaría rápidamente retomar la consideración de Akrich sobre los dispositivos expuesta en la frase seleccionada anteriormente. Aquí, ella asume que un dispositivo técnico está constituido por los no-humanos que soportan un programa de acción. Dicho de otra manera, el dispositivo técnico tiene exclusivamente una constitución material-instrumental. Frente a esta posición, quisiéramos retomar de Michel Foucault la noción de dispositivo tal como la ha expresado en *Vigilar y castigar* (Foucault, 1976) y en entrevistas de la época (Foucault, 1979). Un dispositivo sería una red integrada por diferentes realidades en la que cohabitan humanos y no-humanos. Este alto en el camino nos permite capitalizar la noción foucaultiana de dispositivo y asimilarla

---

<sup>1</sup> Sin desconocer los debates en torno a la distinción entre innovación, invención, investigación científicotécnica, etcétera, en este documento nos referiremos a la tecnociencia como la actividad que integra en un solo haz la producción científica y técnica contemporáneas. El caso empírico que ilustraremos forma parte de esta actividad integral en tanto que las acuñaciones científicas eran simultáneamente solidarias de las tecnológicas y de las sociales.

a la de programa de acción y a la de esquema de producción. El esquema de producción sociotécnica es la inscripción material, social y simbólica del programa de acción técnica.

Después de lo anterior no parece haber problemas al evocar que para rendir cuenta de esta producción de dispositivos técnicos empleemos la noción de esquema de producción sociotécnica (EPST). Esta noción está empleada en el sentido de que en un solo haz se reúnen las instrucciones y métodos relativamente estabilizados para poner en situación a los actores a fin de que jueguen el papel asignado en los programas de acción. Dicho brevemente, un EPST comprende todos los supuestos de la producción de un programa de acción. Esta aclaración es importante en la medida que muchas descripciones de objetos técnicos (OT) se han concentrado en la fabricación en sí del objeto y han dejado implícito el esquema de acción que se construye y que le da sustento. Un EPST es una matriz que permite la producción en serie y relativamente estable de un producto, de allí que sea diferente referirse a la reproducción de un esquema sociotécnico que a la puesta en marcha de un proceso sociotécnico para iniciar o repetir la producción de un producto.

En este documento, nos interesamos en el estudio de la reproducibilidad de los EPST a partir del interés de los actores para hacer repetibles sus sistemas de producción sociotécnicos elevados a nivel de casos ejemplares de producción de programas de acción. Se trata de observar los desafíos de reproducibilidad de las estabilizaciones sociotécnicas, sus condiciones y resultados; y simultáneamente, de evidenciar que la dificultad de la reproducción de los esquemas sociotécnicos requiere de innovaciones de los actores, sobre todo cuando estos se encuentran en situación controversial.

La hipótesis que guía nuestro trabajo consiste en suponer que las dificultades para reproducir un EPST dan la ocasión de crear nuevas vías para las innovaciones y para el tejido de relaciones. Entonces, lo que convencionalmente llamamos estabilidad sociotécnica (enunciada por el constructivismo como solución de un problema científico-técnico o cierre de una controversia) no sería sino un conjunto sociotécnico a partir del cual se inician o retoman nuevas investigaciones y controversias sociotécnicas. La estabilidad haría parte de la problemática que sirve de punto de partida sobre la que los actores se sitúan para iniciar nuevas disputas científico-técnicas. En ese sentido, corresponde más a una perspectiva epistemológica que a una realidad empírica de los actores.

Intentaremos mostrar los intentos de reproducción de ciertos esquemas de producción de los OT y las nuevas innovaciones en las que se ven envueltos los científicos, ejemplificándolo mediante la exposición de dos hitos en la historia del mejoramiento genético del maíz desarrollado por Wellhausen en México durante tres décadas. En los dos casos, agregaremos la situación controversial en que este genetista se situaba debido a las investigaciones de científicos mexicanos.

## 2. Desafíos de reproducibilidad del esquema de producción sociotécnica del maíz híbrido en México

En el trabajo científico de Wellhausen se aprecian dos hitos: en el primero (hacia 1942), se ve confrontado a enormes desafíos de reproducibilidad del esquema estadounidense de mejoramiento genético, enfocado a la hibridación del maíz, en las condiciones mexicanas debido, en primer término, a las dificultades encontradas en el propio proceso de investigación y, en segundo, al establecimiento de una controversia científica con un grupo de científicos mexicanos liderados por Edmundo Taboada. En el segundo hito (ubicado aproximadamente en 1967), la capacidad de aprendizaje y la autocrítica conducen a Wellhausen a replantear el esquema original de la hibridación del maíz para zonas de alto potencial productivo y a considerar la necesidad de mejorar genéticamente el maíz de zonas con restricciones productivas y de importante presencia campesina (zonas excluidas de los resultados de la hibridación), desarrollando con otros investigadores un amplio programa de investigación y mejoramiento genético de maíz conocido como "Plan Puebla".

Para explicar el primer hito presentaremos la manera como se construye un problema de investigación a partir de una negociación entre actores de magnitud variable; enseguida, mostraremos los pasos que siguen los investigadores para tratar de controlar una investigación sociotécnica en la que se pretende reproducir el esquema norteamericano de producción sociotécnica de maíz híbrido en México; y, finalmente, su no-reproducibilidad.

### **Primer hito.** Intentando reproducir en México la hibridación norteamericana del maíz

Al final de los años 30, tres actores estaban interesados en la instauración de un programa de investigación agro-alimentaria en México: la Fundación Rockefeller (FR), la Vicepresidencia de los EE.UU. y el Gobierno mexicano.

La FR había incursionado en dos ocasiones en la agricultura en México (Fitzgerald, 1986). La primera, en 1906, fue una campaña fitosanitaria en el sudeste de los E.U. y el norte de México, donde luchaba contra el "boll weevil" que no respetaba fronteras<sup>2</sup>. La segunda, en 1933, buscó sin éxito colaborar en

---

<sup>2</sup> Según Fitzgerald, la experiencia de la Fundación Rockefeller había comenzado en 1906. Así -dice Fitzgerald- "La introducción de la FR al futuro de las ciencias agrícolas para promover tanto el mejoramiento rural como una economía agrícola viable fue el concepto del Departamento de agricultura de Estados Unidos en 1906. El programa de 1906, llevado a cabo bajo la dirección de Seaman Knapp, fue una vigorosa cruzada contra el boll weevil en el sur de los Estados Unidos para enfatizar la importancia de las prácticas agrícolas científicas. La estrategia de Knapp para mejorar las prácticas agrícolas fue la demostración de finca, donde los agricultores, estratégicamente ubicados, fueron persuadidos para adoptar un paquete de prácticas que generalmente incluía semillas mejoradas, mejoras en la forma de cultivar, fertilización y mecanización..." (Fitzgerald 1986:460).

el área de la salud pública mexicana a través de la "International Health Board (IHB)" de la FR, en la cual se discutieron las perspectivas de colaboración con los responsables de la salud pública mexicana (Fitzgerald 1986:463). A fines de los años 30, la FR concentraba sus trabajos en el mejoramiento de la salud pública de tal manera que para concretar su intervención en la agricultura mexicana necesitaba adecuar las nociones de la salud pública con las de la agricultura alimentaria. En febrero de 1941, Henry Wallace proporcionó la equivalencia entre el término de la salud pública y el de la agricultura alimentaria que necesitaba la FR para justificar su intervención en la agricultura mexicana. En una conversación privada, Wallace dijo al presidente de la FR, Fosdick, que la mejor manera de actuar sobre la salud de las poblaciones consistía en mejorar su alimentación (Harrar 1950:6).

La Vicepresidencia de los EE.UU. estaba representada por Henry Wallace. Éste mostró su interés por la agricultura mexicana en 1940 cuando, luego de asistir al relevo del presidente mexicano Lázaro Cárdenas, se reunió con el presidente de la FR, Raymond B. Fosdick, y le declaró que "toda la estructura de México podría ser mejorada si alguna organización daba asistencia para el desarrollo de la agricultura" (Harrar, 1950: 5-6). Para Wallace, el hecho de ir a otros lugares para seleccionar semillas tenía una doble significación: la de coleccionar semillas para enriquecer los programas de mejoramiento de los EE.UU. y la de construir un sistema mundial de semillas híbridas consolidando el papel de líder mundial de la empresa Pioneer Hi-breed Seeds.<sup>3</sup>

Ambos actuaron coordinadamente frente al gobierno mexicano. La alianza entre la FR y la Vicepresidencia para intervenir en la agricultura mexicana tenía por objetivos desplazar la práctica agrícola norteamericana hacia un país subdesarrollado y tener acceso a la más importante diversidad genética de maíz para construir una verdadera red internacional de maíz mejorado.

El Gobierno mexicano, representado por Marte R. Gómez, deseaba aplicar técnicas para aumentar la producción nacional de cultivos básicos destinados a la alimentación de la población. Gómez creía que el conocimiento científico-técnico era el instrumento más útil para aumentar la productividad agrícola (Stakman, 1969:4-5), lo que quedó plasmado cuando ordenó la formación de la Oficina de campos experimentales (OCE) en 1938.

Al final de 1941, los tres actores estaban de acuerdo en la firma entre la FR y el Gobierno mexicano del acuerdo de cooperación científica mediante el cual fueron creados el programa de investigación denominado Programa agrícola

---

<sup>3</sup> Pero Wallace no sólo era un vicepresidente de los EE.UU. interesado en promover una buena vecindad y representar los intereses de las instituciones norteamericanas como la FR. En su propia persona se conjugan varios actores e intereses. Además de vicepresidente de los EE.UU., Wallace era un agrónomo heredero de la escuela de los hibridistas americanos. Él mismo había cofundado en 1926 la Pioneer Hi-breed Corn Co., la primera empresa productora de semillas de maíz híbrido F-1 en el mundo (en efecto, en 1922 Jones sugirió el uso de los cruzamientos dobles y los primeros híbridos comerciales fueron liberados en 1925).

mexicano (PAM) y la Oficina de Estudios Especiales (OEE), que conduciría la investigación.

Siguiendo los intereses de los tres actores puede explicarse la elección del mejoramiento genético del maíz como línea de investigación prioritaria del PAM. En primer lugar, el Gobierno mexicano estaba interesado en aumentar 20% la producción agro-alimentaria en 6 años (Wellhausen, 1984), es decir que toleraría cualquier vía técnica sugerida por la FR y el vicepresidente de los EE.UU.. La FR aceptó la propuesta de Wallace sobre la equivalencia de los términos salud pública y aumento de la producción agro-alimentaria siempre y cuando se conservara el interés de intervenir en México. Wallace imponía su interés de transformar la red de maíz mejorado estadounidense en una realidad internacional al convencer a la FR de enviar genetistas a México aprovechando la neutralidad técnica del gobierno mexicano y escogiendo implícitamente (Marte R. Gómez), explícitamente (Wallace) o en alianza explícita (FR y Wallace) la vía de la hibridación genética.

Con la firma del PAM, los actores crearon un espacio unificado de circulación de sus diversos intereses. La FR aportaba el dinero para intentar introducir el esquema de producción técnico aprobado en los EE.UU., el Vicepresidente orientaba técnicamente la intervención y el Gobierno mexicano daba acceso a la biodiversidad y a la diversidad cultural sustentada en el maíz para importar el saber-hacer con el objeto de acrecentar la producción. He aquí la manera en que todos ellos aprovechaban su poder para acordar y determinar una constelación de actores integrada por una estrategia técnica y un conjunto de conexiones.

Vale la pena aclarar que desde la óptica de la elaboración de los esquemas de producción sociotécnicos, Wallace reconocía que el modelo de mejoramiento genético del maíz había llegado a un límite en el desempeño de la planta, mismo que podría ser superado en la medida que se incorporara germoplasma exótico que rindiera riqueza genética. Así, el PAM era la posibilidad de relanzar el propio EPST de EE.UU..

Con el PAM se iniciaba un vasto programa de mejoramiento genético de maíz poniendo en juego dos proyectos científicos concurrentes. Por un lado, la FR enviaba a México al joven genetista americano Edwin Wellhausen para intentar la reproducción del esquema norteamericano de mejoramiento genético del maíz dirigido a la formación de híbridos en México. Por el otro, el Ministerio de agricultura apoyaba al equipo de investigación dirigido por Edmundo Taboada quien estaba interesado en la posibilidad de extender a escala nacional el éxito de la formación y recepción campesina de la variedad estabilizada<sup>4</sup> (VE) nombrada "Celaya" del Estado de Guanajuato.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Posteriormente explicaremos la diferencia entre variedades estabilizadas, locales e híbridos.

<sup>5</sup> En otro momento, el autor de este texto ha ilustrado este debate (Arellano, 1999). Ahora nos concentraremos en las acciones del actor Wellhausen retomando ciertos hechos de las controversias en las que estaba inmerso para apreciar las dificultades que enfrentaban sus estrategias.

### Formulación hipotética de la reproducción del EPST maíz híbrido

Con los primeros intercambios científicos que condujeron al PAM, se inició una etapa de formulación de problemas científico-técnicos y de sus posibles soluciones. Los problemas planteados por Wellhausen contemplaban las cuestiones siguientes: ¿las plantas tolerarán las manipulaciones genéticas de la misma forma que las de los EE.UU.?, ¿los agricultores mexicanos aceptarán la idea de comprar y de sembrar anualmente los híbridos, tal como le demandan los contenidos técnicos y como lo hacen los *farmers* americanos?. Estas preguntas apuntaban a una que se sintetizaba así: ¿la experiencia de la FR en la promoción de nuevas técnicas agrícolas podrá repetirse en México con el mismo éxito que la realizada en los EE.UU.? (Fitzgerald, 1986). Dicho en los términos que hemos anotado antes, la hipótesis se expresaría cuestionando la reproducibilidad del esquema de producción sociotécnica de hibridación norteamericana en México.

Inspirado en su formación en la genética norteamericana, Wellhausen trataba de replicar sus lecciones sobre la formación de híbridos de generaciones avanzadas en México. De este esquema mejorador se desprendía la integración de híbridos formados con líneas puras de varias autofecundaciones para aprovechar el principio del vigor híbrido en el incremento de la productividad de la planta.

La técnica norteamericana clásica se componía de 4 etapas. La primera consistía en coleccionar sistemáticamente muestras de todas las regiones de intervención genética. La segunda, en cultivar todas las variedades seleccionadas en condiciones homogéneas para comparar su desempeño, su resistencia a las pestes y plagas, etc.; esta etapa tenía por objetivo seleccionar las mejores variedades para distribuir las entre los agricultores. La tercera etapa consistía en cruzar las mejores variedades para formar nuevas variedades sintéticas e híbridos modificados. En la misma etapa, los científicos hacían autofecundaciones para integrar líneas puras, y cruzaban estas líneas puras para formar híbridos simples. La cuarta etapa consistía en cruzar híbridos para integrar *híbridos de híbridos* conocidos técnicamente como *híbridos de cruza doble* y luego seleccionar los mejores de ellos.

El éxito del esquema de mejoramiento propuesto por Wellhausen dependía del control de dos mecanismos contradictorios. Se trataba de llevar al límite la purificación racial de ciertas plantas y simultáneamente de conservar su capacidad de combinación para permitir la hibridación. En realidad, este esquema es técnicamente más complicado. En efecto, sucede que ciertas plantas seleccionadas por sus características apropiadas no son capaces de soportar la endogamia producto de la autofecundación y también sucede que al soportar la endogamia, la capacidad de combinación de esas plantas es nula, lo que impide el éxito en la integración de los híbridos.

La estrategia social de la OEE consistía en ordenar el comportamiento de los actores de la manera siguiente: los investigadores serían especializados en la formación y puesta a punto de los híbridos. Deberían transferir las líneas autofecundadas (llamadas líneas puras) y las recomendaciones técnicas pertinen-

tes para producir las semillas híbridas comerciales. Siguiendo las recomendaciones técnicas de los científicos debería crearse un grupo de productores de semillas que serían especializados en el cultivo de las líneas purificadas racialmente y en su cruzamiento para formar los híbridos comerciales para cada ciclo anual. Los productores tradicionales serían especializados en la producción de grano, cesando de producir sus propias semillas para comprarlas cada año.

En el mismo sentido, los agricultores debían implicarse en utilizar las nuevas semillas mejoradas. Para Wellhausen y su equipo los agricultores deberían aceptar por su propio interés aumentar el rendimiento mediante la compra de semillas híbridas anualmente y tolerar la nueva disciplina de trabajo impuesta por las recomendaciones técnicas.

Los investigadores mexicanos, por su lado, estaban escépticos sobre el éxito del desplazamiento a México del modelo agrícola americano de maíz híbrido. Según ellos, el método de formar variedades estabilizadas (VE)<sup>6</sup> había mostrado su eficacia científico-técnica y también la aceptación de los agricultores para sembrarlas. Para ellos, 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.<sup>7</sup>

### Intentando redomesticar al maíz mediante la hibridación

Luego que en 1944 los científicos tuvieron instalaciones que pudieron identificar como sus laboratorios de investigación, el siguiente paso consistiría en la búsqueda de la colaboración de las leyes del maíz para lograr el éxito en sus proyectos de investigación. Los investigadores de la OEE dirigidos por Wellhausen propusieron cambiar la identidad y el contexto del maíz. De entrada, solicitaron a los miembros de la OCE intercambiar sus fuentes de germoplasma y solicitar a los agricultores algunas muestras de sus mazorcas para seleccionarlas, almacenarlas y clasificarlas científicamente; en seguida, cultivaron las muestras para intentar una purificación racial por medio de la autofecundación; finalmente, ciertas plantas fueron seleccionadas por su alta productividad y adapta-

<sup>6</sup>Las VE son el resultado de seleccionar dos plantas y realizar su autofecundación y su intercruza, de modo que se eliminen los genes indeseables pero que se mantengan los que actúan con sinergia para dar estabilidad a la población de maíz resultante.

<sup>7</sup>El informe decía: "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" (SAyF, 1945:12-13 y Limón, 1945).

ción ambiental para ser cruzadas en diferentes combinaciones buscando los mejores cruzamientos llamados híbridos F1. Wellhausen esperaba producir en un periodo de cinco años híbridos bien adaptados a las condiciones mexicanas (Stakman, 1969).

Wellhausen pudo coleccionar cerca de 2000 muestras de maíz de todo el país. Esta colecta permitió tener y controlar los instrumentos fundamentales para la producción de datos y de OT. De inicio, esas muestras integraron la base genética más importante del mundo para seleccionar y mejorar el maíz y el objeto *materia del trabajo de manipulación genética de la planta*. En seguida, Wellhausen pudo imponer dos proposiciones, la primera sobre la tipología del maíz mexicano y la segunda sobre la utilidad genética de los descubrimientos. La primera decía que “de acuerdo con el estudio de las muestras, existen 25 razas de maíz en México” (Wellhausen, et al. 1951:225) y la segunda que “esta diversidad es prometedora para avanzar el mejoramiento genético no solamente en México sino también en los EE.UU.” (Wellhausen et al., 1951:212). Finalmente, él pudo consolidar un laboratorio a escala nacional mediante la regionalización del país en cuatro zonas específicas de intervención científica para el mejoramiento (Wellhausen et al., 1951). Con esas puestas en escena, el proyecto de la hibridación devenía realidad.

Las intervenciones que Wellhausen comenzó a realizar sobre las muestras de maíz consistieron en purificar la raza de algunas plantas por medio de la autofecundación y la hibridación gracias al cruzamiento de las plantas autofecundadas. Comienza a intervenir el maíz intentando separar los genes deseados por la autofecundación. Seleccionaba las plantas de alto desempeño agronómico y de alta productividad sexual que consideraba como las mejores. Pretendía continuar la selección durante 5 ó 6 generaciones hasta obtener una población de maíz homogéneo (llamada sub-variedad o línea pura) simultáneamente a la autofecundación y a la selección. Evaluó genéticamente las selecciones para asegurar que estaba en el camino de seleccionar los genes buscados y para evitar que la degeneración física de las líneas no pusiera en peligro la supervivencia de las plantas.

Luego que coleccionó variedades originales, inició la selección y la separación de los genes de alto valor, comenzó la manipulación genética en las plantas seleccionadas con la idea de reunir los genes por el cruzamiento de las líneas puras. Wellhausen explotó el principio del vigor híbrido según el cual si el proceso de selección de líneas puras implica la pérdida de vigor de las plantas sometidas a la autofecundación el proceso de cruce de las líneas puras puede acrecentar el vigor de las plantas de origen (incluyendo el rendimiento). La hipótesis de aumentar el vigor de las plantas híbridas a partir de la selección de los genes causantes del alto desempeño y su concentración mediante cruces era una maquinación para evitar los genes indeseables por el efecto combinado de selección y autofecundación de líneas filogenéticas de plantas.

El funcionamiento de la producción de maíz sustentada en el principio de la hibridación muestra que el aumento del vigor híbrido alcanzado en una cruce sólo puede mantenerse con la hibridación repetida de líneas puras que le hayan dado origen. Si una población híbrida es dejada en libertad de reproducirse, la

contaminación con genes de otras plantas eliminaría la purificación y el rendimiento descendería inevitablemente. Dicho de otra manera, los híbridos que los genetistas han producido por el mecanismo de la manipulación genética son un producto único que no puede reproducirse sino sólo repetirse. Sobre este principio de la repetibilidad descansa la posibilidad de formar híbridos comerciales para cada ciclo agrícola.

En esta historia, Wellhausen se sirvió de la purificación y la hibridación de las líneas de las plantas de maíz, del germoplasma recolectado por la OEE y de la oportunidad de utilizar el germoplasma de la OCE (Ortega, 1993:c.p.). Todo esto le permitió poner a punto y afinar las variedades sintéticas V-7, V-10, V-520, V-216 y V-221 en un periodo que se extendió de 1944 a 1947 (Wellhausen, 1961:443). La producción de estas variedades sintéticas tenía un carácter provisional. Según Wellhausen, el verdadero trabajo de hibridación iniciaría con la formación de mestizos simples y mestizos múltiples. Los primeros con las cruces de líneas, derivadas de una autofecundación con las variedades (línea de una autofecundación "A" x variedad X) x (línea de una autofecundación "B" x variedad Y).

Rápidamente, los mestizos fueron remplazados por los híbridos de cruce doble. Esos híbridos se compusieron por la cruce de líneas de una autofecundación (líneas "A1"), por ejemplo el H-215 que tenía la genealogía siguiente: (L-124 x L-V-126-2) x (Urq-66 x Qro.VI-101). En Estados Unidos, los híbridos comerciales de los años 40 eran metodológicamente del mismo tipo que los compuestos por Wellhausen en México; sin embargo, la gran diferencia entre ellos era que mientras los híbridos mexicanos se formaron por líneas de una o dos autofecundaciones como máximo, los americanos tenían 5 o 6 autofecundaciones. Esta diferencia no era un detalle menor, por el contrario, se trataba de la inconmensurabilidad de los programas de mejoramiento de ambos países.

Los científicos calculaban que el hecho de agregar genes de alto desempeño por la vía de la autofecundación avanzada y la formación de híbridos aumentaba el rendimiento entre 15 y 20% respecto a las variedades de origen. En sentido contrario, sembrar los granos cosechados de semillas híbridas produciría la segregación genética, lo que representaría una pérdida de vigor híbrido que se expresaría en una caída de cerca de 15% del rendimiento respecto a la primera generación (Wellhausen, 1951). Los agricultores americanos sabían empíricamente que era preferible comprar semillas híbridas cada año en lugar de sembrar los granos de su propia cosecha.

En México, el uso de las líneas puras de una sola autofecundación tenía por consecuencia que los híbridos no manifestaran un aumento visiblemente superior en relación a las variedades de origen. Además, al momento en que los agricultores intentaban reproducir en sus parcelas los híbridos, la disminución del vigor híbrido no era tan espectacular como en el caso de los híbridos producidos por líneas autofecundadas durante varias generaciones. Esto permitía a los agricultores obtener semillas de sus cosechas tal como lo hacían con sus variedades locales; dicho de otra manera, la diferencia entre los híbridos de Wellhausen

y las variedades autóctonas no era tan ostentosa, por lo que los agricultores podían seleccionar sus semillas de la cosecha de siembras de híbridos sin grandes pérdidas de rendimiento.

### **Intervenciones sobre los agricultores**

Las condiciones de la intervención científico-técnica sobre el maíz son solidarias de las negociaciones sociales, veamos esto detenidamente. Las relaciones entre el equipo de la OEE y los agricultores comenzaron desde la llegada de Wellhausen a México. Esto marcó una diferencia entre el modelo de investigación estadounidense y el que nacía en México. En los EE.UU., la tradición del Land-grant system había creado una red de estaciones experimentales bien equipadas; estos centros de hibridación permitían a los científicos interponerse de manera eficaz entre el maíz y los agricultores.

En México, la primera estación experimental de la OEE se estableció en 1944. A juicio de la OEE, no satisfacía las necesidades que requerían sus delicados trabajos. Esto condujo a Wellhausen a buscar agricultores capitalistas que poseían 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). Después de algunos años de trabajo, ciertos agricultores fueron convencidos por Wellhausen de la utilidad y de la rentabilidad de la hibridación creando así una red de agricultores en ello interesados 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 que actuaría entre los mejoradores y cultivadores de grano de maíz. Faltaría, en seguida, negociar con los agricultores su consentimiento para convertirse en cultivadores especializados de grano mediante la siembra de semillas híbridas.

Las relaciones entre los investigadores y los agricultores consistieron en crear dos grupos sociales inéditos en México: un grupo de agricultores-productores de semillas mejoradas y otro de agricultores productores de grano.

### ***Nacimiento de un grupo de agricultores-productores de semilla.***

Las autofecundaciones pueden ser controladas artificialmente por los científicos gracias al desplazamiento de polen hacia los estigmas de la misma planta; de la misma forma, la formación de híbridos experimentales puede ser controlada colectando 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. Normalmente se siembran 6 surcos de la línea pura que tendrá la función femenina y 2 surcos de la línea pura que tendrá la función masculina; al momento de la floración, las flores masculinas de la línea pura femenina son eliminados dejando las flores masculi-

nas 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.

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 surgió la necesidad técnico-social de generar un grupo de agricultores especialistas en 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. En 1946, Wellhausen sugirió al agrónomo-productor Ricardo Acosta la idea de fundar una empresa reproductora y distribuidora de semillas. Acosta lleva adelante la idea y crea la primera empresa mexicana productora y distribuidora de semillas híbridas. Esta empresa no significa el nacimiento de una empresa cualquiera, sino que se trataba de la formación de un grupo de empresarios sustentados en el desarrollo tecnológico en México. Esta fue otra gran diferencia, pues mientras que en EE.UU. los empresarios fomentaban la ciencia (como Henry Wallace padre), en México los científicos fomentaban las empresas.

Sin embargo, la empresa fue rápidamente cooptada por el gobierno federal mexicano. Fueron el político-agrónomo Norberto Aguirre así como el abogado Gabriel Ramos (Aguirre, 1984:50) quienes, apropiándose del 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 de la CM. En 1953, la Comisión fue transformada en Comisión Nacional del Maíz (CNM). Estos acontecimientos muestran la aparición de un grupo de políticos que vieron la ocasión de aprovechar un nuevo campo político basado en el progreso de las ciencias agrícolas.

### ***La resistencia a la especialización de los agricultores como productores de grano de maíz.***

Para la OEE, el año de 1948 en México era el equivalente al de 1933 en los EE.UU.. Se trataba de la primera ocasión en que se ponían a la venta las semillas híbridas producidas por una institución de investigación establecida en el país. Ese año, la CM distribuyó 1.400 toneladas de semillas del histórico H-1 (Stakman, 1969:2) estimando que aproximadamente 108.000 hectáreas fueron sembradas con ellas. Dicho brevemente, se estimaba que 1,8% de la superficie nacional de maíz fue sembrada con híbridos (PAM, 1950:27).

En el momento en el que los primeros híbridos vieron el día, tres limitaciones a su adaptación aparecieron. Primero, 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 técnicas 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 en los campos experimentales.

La OEE esperaba que los agricultores y los híbridos quedasen incluidos en una fórmula equivalente, como en los EE.UU.. Pero la historia tomó caminos diferentes, los agricultores rechazaron la interacción con el maíz híbrido y con las instituciones que los ofrecían. Los agricultores que sembraron los híbridos no siguieron las recomendaciones técnicas de los científicos sobre la manera de cultivar las plantas, como tampoco respetaron la prohibición de no convertir el grano en semilla para ciclos posteriores.

De conformidad con Aguirre, entre 1948 y 1961, la superficie sembrada de semillas mejoradas no aumentó de manera espectacular y estable como en los EE.UU., tal como lo deseaban los investigadores, los productores de semillas y los políticos. Solamente en los años 1955 y 1959, la superficie sembrada con semillas mejoradas alcanzó 5 y 7% respectivamente de la superficie total sembrada de maíz (Aguirre, 1984).

La construcción de toda una red de maíz mejorado científicamente no podía rebasar el marco de las instituciones de investigación y de la empresa estatal productora de semillas. A pesar de los esfuerzos de los genetistas para ofrecer buenas semillas (Stakman, 1969) y la gran publicidad a favor de las semillas mejoradas ni las ventas de la CNM aumentaron considerablemente, ni se logró la consolidación de un mercado regular. Dicho brevemente, la resistencia de los agricultores a la empresa de la hibridación significó otro elemento de irreproducibilidad del EPST de Wellhausen.

En 1959, el binomio maíz-agricultores contaba tres arreglos. El binomio maíz-agricultores de híbridos fue, respecto al de los EE.UU., una decepción. Según los científicos, la superficie máxima sembrada con híbridos entre 1945 y 1961 fue en 1959 y alcanzó solamente 8,2% de la superficie de maíz. La mayor parte de los agricultores rechazaban el uso de híbridos negándose a aumentar la parte alícuota de la producción solicitada por los hibridistas y sus aliados. Pero el núcleo de agricultores que poseían terrenos de irrigación, maquinaria agrícola y buenas tierras se convirtió en el eje de una agricultura especializada de híbridos. Del binomio maíz-agricultores de variedades estabilizadas, es decir el grupo de los agricultores tradicionales que habían comprado las VE, no podía decirse gran cosa pues los datos no proporcionaban las cantidades de semillas utilizadas. El binomio maíz-agricultores tradicionales no había sido tocado por los proyectos de los mejoradores. Este último binomio representaba la capa más extensa. Los agricultores rechazaban integrarse a las semillas mejoradas como usuarios.

Digamos que las fuerzas de las leyes de la genética y las técnicas, económicas, institucionales y ambientales se comportaban centrifugamente haciendo difusas las posibilidades de atar a los actores para su acción coordinada y hacer realidad el EPST maíz híbrido.

## Las controversias entre los colegas

Como hemos dicho anteriormente, el programa de Wellhausen se encontraba situado en una controversia científico-técnica con el grupo de investigadores mexicanos liderados por Edmundo Taboada y agrupados en la Oficina de Campos Experimentales.

Las controversias que los investigadores vivieron entre 1943 y 1960 fueron increíblemente difíciles. En 1955, Taboada argumentaba a través de un informe de la OCE que: "el maíz para la irrigación representa solamente 5,3% de la superficie total nacional; si su rendimiento aumentaba 50%, la producción nacional aumentaría solamente 5%. Entonces, la mejor alternativa para aumentar la producción nacional sería aumentar el rendimiento por hectárea en las regiones de agricultura de temporal que representan 94,7% de la superficie total" (SAG, 1952). Las propuestas de la OCE-IIA<sup>8</sup> significaban que aumentando 19% el rendimiento de las zonas de temporal con el desempeño de las VE, la disponibilidad nacional de maíz podría incrementarse 14%. Con este análisis, Taboada defendía el trabajo a escala nacional de la OCE diciendo que no se trataba de crear zonas de alto desarrollo a expensas de zonas que debían importar el grano (Taboada, 1984:135). En 1959, Taboada decía que "las 10 variedades de maíz obtenidas por la OCE son descendientes directos de las que utilizaban los aborígenes antes de la conquista española. Los genetistas de los EE.UU. habían, solamente mientras tanto, obtenido 4. Entre las variedades mexicanas destacan la costeño, H-52, Lleca 399, Cáfime, H-22 y la barca" (Taboada, 1959: 882-830).

Wellhausen, por su parte, centraba sus argumentos en el aumento de la productividad por medio de los híbridos. Él decía que, a pesar del inicio tardío del proceso de hibridación en México, la OEE había producido, entre 1943 y 1960, 26 híbridos y 20 variedades sintéticas (INIFAP, 1986 y de la Fuente, 1990:58).

A fines de los años 50, las instituciones en controversia eran dos ejércitos bien definidos. La OEE tenía 100 científicos mexicanos y 19 estadounidenses y una masa de entre 15 y 20 doctores; su investigación se centraba en el maíz y el trigo. En la OCE había 30 personas, de los cuales 20 eran científicos, contaba con un sólo doctor y la investigación se extendía sobre muchos cultivos.

La controversia Wellhausen-Taboada no era una lucha contra el mejoramiento genético en sí. Ambos reconocían que el mejoramiento genético y el uso de semillas mejoradas habían tenido un efecto sobre el desempeño de la agricultura aún si no podían precisar este efecto positivo. Según los datos gubernamentales de la producción agrícola mexicana, entre 1941 y 1961 el aumento del rendimiento del maíz alcanzaba 70% pero era imposible determinar si la causa de tal aumento podía atribuirse al uso de semillas mejoradas o a la generalización de la

---

<sup>8</sup> En 1938 se creó la Oficina de campos experimentales (OCE). En 1946 la OCE deviene en el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA). Se utiliza la sigla OCE para designarla hasta 1946, después de esta fecha se utiliza la sigla OCE-IIA.

fertilización o a la irrigación. A pesar de todo, en 1960, nadie podía negar la afirmación de la OEE según la cual “la producción de maíz ha alcanzado 6 millones de toneladas, gracias en parte, al uso generalizado de variedades mejoradas y de semillas híbridas, así como a la utilización creciente de fertilizantes” (OEE, 1960).

A diferencia de lo sucedido en EE.UU., donde las controversias sobre las vías de mejoramiento no paralizaron el EPST maíz híbrido, la controversia Wellhausen-Taboada se convirtió a la postre en un factor de irreproducibilidad en México.

### Los políticos interviniendo en la redomesticación del maíz

Wellhausen pudo desarrollar sus investigaciones sin problemas durante cerca de 20 años. Su desempeño lo había llevado a la presidencia de la FR en México, sin embargo, su controversia con Taboada se desbordaba del terreno político-científico y se desplazaba hacia el medio político, lo que planteaba la necesidad gubernamental de una negociación generalizada.

En 1958, un nuevo gobierno federal apareció. Los políticos tomaron la iniciativa de negociar con los científicos sus proyectos de mejoramiento. Taboada y Wellhausen fueron convocados por el ministro de agricultura para exponer sus puntos de vista. Según el ministro Julián Rodríguez Adame, en esta ocasión Taboada argumentó que “las variedades estabilizadas evitan a los productores la compra anual de semillas híbridas”. Taboada, según el mismo Rodríguez, “reconocía el aporte representado por el uso de híbridos y de fertilizantes al incremento de la producción pero cuestionaba la posibilidad de generalizar la explotación de híbridos porque los pequeños agricultores tenían necesidad de semillas producidas por ellos mismos” (Rodríguez, 1984:14-15).

En la misma ocasión, Rodríguez Adame (1984) dijo que Wellhausen habló de los progresos sorprendentes que él estaba logrando con los nuevos híbridos de maíz. Rodríguez Adame preguntó a Wellhausen, en calidad de presidente de la FR en México, si, en caso de que se integrara un solo instituto de investigación, los científicos de la OEE podrían ser consejeros de los investigadores mexicanos. La respuesta de Wellhausen fue afirmativa (Rodríguez, 1984:17).

Después de estas entrevistas, Rodríguez Adame argumentó que un país como México no podía darse el lujo de tener dos programas de mejoramiento de maíz y que era necesario fusionar las dos instituciones (Rodríguez, 1984). De esta iniciativa surgió el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Las reglas del juego científico en el INIA se fijaron por la competencia basada en la formación en investigación y en los diplomas. Esas reglas del juego daban sustento a la jerarquización de tres grupos de investigadores: los estadounidenses de la FR dirigían la ruta de investigación, los mexicanos venidos de la OEE dirigían y operaban la investigación y los mexicanos venidos de la OCE realizaban las tareas menos importantes. En esta etapa, Wellhausen venció a Taboada. Aunque la historia del mejoramiento daría las ocasiones para reagrupar otras controversias bajo circunstancias diferentes.

### **La no reproducibilidad en México del EPST maíz híbrido norteamericano**

Evidentemente, no fue posible transportar los supuestos de la hibridación de la agricultura norteamericana como solución a los problemas agrícolas de México.

Los investigadores de la OEE formaron híbridos de una sola autofecundación en tanto que los de los EE.UU. tenían varias. Esto significó que no se incrementara el vigor híbrido anunciado por los hibridistas, los agricultores podían reproducir sus semillas como si se tratase de sus propias variedades sin la pérdida de rendimiento por efecto de la segregación. Respecto al ambiente, los híbridos formados por Wellhausen se sembraron en condiciones de irrigación, de amplia disponibilidad de maquinaria y de acceso a los recursos financieros. Sin embargo, si bien 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.

Al final de los años 30, el maíz, los agricultores y los científicos tenían identidades difusas; pero después de 2 décadas, Wellhausen reclamaba la creación de una red de investigación-producción-reproducción-divulgación de semillas mejoradas separando los tres primeros elementos de los productores de grano y creando un puente hacia ellos por medio de la divulgación. Él proponía una separación de funciones y asignaba a los actores para cumplirlas. El éxito de esta red dependía de la verificación erudita de la separación de las tareas por una cohesión fundada sobre el control de la producción anual de semillas híbridas. La producción de semillas debería ser confiada a los productores profesionales y tener en sus procesos autonomía respecto al gobierno. La historia evidenciaría que el EPST maíz híbrido mexicano sería claramente diferenciable del EPST maíz híbrido estadounidense.

La integración del INIA significó la intervención de los políticos en el cierre temporal de una controversia que se extendía por más de 20 años entre Wellhausen y Taboada y el fracaso completo de la idea de reproducir el EPST de maíz estadounidense en México. Este cierre no significó en lo absoluto la conclusión técnica de un programa de investigación por el logro de sus objetivos ni la reproducción del EPST maíz híbrido estadounidense. Sin embargo, había nacido un programa de mejoramiento de maíz que aunque presentaba resultados en sus frentes técnico-científicos y sociales, éstos no eran los esperados. El cierre era en realidad una situación híbrida de los programas de investigación en disputa y era el punto de partida de nuevas controversias y potenciales esquemas de producción sociotécnicos.

### **Segundo hito, intentando producir proyectos de mejoramiento genético del maíz para la agricultura pluvial**

El punto inestable de la creación del INIA consistió en la eliminación del equipo de Taboada y en la escisión del equipo de Wellhausen en dos: los investigadores mexicanos que operaban la investigación y los norteamericanos que diri-

gían y asesoraban la investigación. No se trataba de una escisión étnica pero creaba las condiciones para alimentar las controversias sobre la distribución del poder científico-técnico en el seno del INIA. En este hito expondremos el debate que tuvo lugar para cambiar el enfoque del programa de maíz híbrido y para tratar de mejorar genéticamente el maíz y las condiciones productivas de los agricultores de las zonas de agricultura dependientes de la precipitación pluvial (Agricultura pluvial, AP).

Veremos la formación de nuevos conocimientos y de productos genéticos, así como la integración de un grupo de investigadores que pretendían tener la representatividad del maíz y de los agricultores de agricultura pluvial. Se verán además las dos tentativas que hubo entre 1961 y 1985. La primera, que corresponde a la década de los años 60, está caracterizada por la influencia directa de los científicos de la FR, liderados por Wellhausen y su exdiscípulo mexicano Gilberto Palacios de la Rosa. La segunda, que corresponde a la década de los años 70, con la acción de un grupo de científicos mexicanos liderados por Abel Muñoz y Aquiles Carballo.

El inicio de la reconsideración de los programas de mejoramiento del maíz ocurrió con la fundación del INIA y las discusiones se organizaron alrededor de las cuestiones siguientes: La formación de maíz mejorado para las zonas no irrigadas podía seguir varias vías: Wellhausen proponía una metodología de largo aliento que, partiendo de una nueva recolección de maíz de áreas de AP, proseguiría la formación de variedades sintéticas de alta diversidad genética, a partir de éstas podrían derivarse líneas autofecundadas y, finalmente, esto concluiría con la formación de híbridos para las zonas de agricultura pluvial. Palacios de la Rosa, exdiscípulo de Wellhausen, proponía la explotación de una línea sobreviviente a una severa sequía como fuente de germoplasma para la formación de híbridos comerciales. Por último, el equipo formado por los científicos del INIA Abel Muñoz Orozco y Aquiles Carballo Carballo proponían la vía de la hibridación con ciertas variantes del método de Wellhausen para continuar la metodología general de la hibridación.

#### ***Primera tentativa de mejoramiento genético de maíz para agricultura pluvial: Wellhausen y Palacios confrontados a las sequías.***

En un artículo publicado en 1961, Wellhausen reconoce que “se dispone de variedades híbridas para las principales áreas productivas de maíz en México. Sin embargo, queda mucho por hacer, especialmente para las zonas de cultivo marginales donde el maíz es cultivado en condiciones temporales” (Wellhausen, 1961:416-417). “Los genetistas –continúa Wellhausen– tienen una gran responsabilidad en la solución del problema temporal de la lluvia. A veces, el problema no es la cantidad total de lluvia sino su distribución anual. Necesitamos entonces variedades resistentes a periodos más o menos largos de sequía durante su desarrollo. Desgraciadamente, la Oficina así como el Instituto han ignorado este problema” (Wellhausen, 1961:449).

Según Wellhausen, cuando las condiciones de cultivo no son buenas, las variedades autóctonas pueden tener un rendimiento que rebasa el doble del de las variedades mejoradas (Wellhausen, 1961). Él ilustró este fenómeno con los resultados de experimentación de la OEE planteando el problema de las condiciones de producción de la agricultura pluvial (AP), y avanzó como solución iniciar un nuevo proyecto de mejoramiento genético basado en la formación de híbridos resistentes a la sequía. La solución de la hipótesis tiene la experiencia ejemplar de la formación del híbrido llamado Celita.

En 1950, el equipo de la OEE había logrado poner en punto el híbrido H-220 llamado también Celita. Este híbrido era la mezcla de las líneas provenientes de las variedades Celaya y Bolita, ambas mejoradas por la OCE. La primera línea fue incorporada debido a sus buenos rendimientos y la segunda porque tenía una extraordinaria resistencia a la sequía. El Celita fue recomendado para ser cultivado en las condiciones de AP del Bajío y sería el modelo general recomendado por Wellhausen para resolver el problema del cultivo de temporal del maíz.

Wellhausen trataba de desarrollar híbridos aprovechando, como el mismo decía, “la alta correlación existente entre el nivel de producción de una variedad de polinización libre y el nivel de rendimiento que puede ser alcanzado por los híbridos que se obtienen” (Wellhausen, 1961:451). En este sentido, Wellhausen toma como pista la explotación de las líneas provenientes de la raza Bolita que produce al menos 20 o 30 granos por planta en condiciones de extrema sequía mientras que, en condiciones de buena humedad, es capaz de producir más de 400 gramos por planta, lo que significaba garantizar una producción mínima de 3 toneladas por hectárea.

Wellhausen y Gilberto Palacios (Jefe del Programa de Maíz) coincidían en perseguir la formación de híbridos pero a diferencia del primero, Palacios no problematizaba la recolección de nuevas fuentes de germoplasma. Palacios presentó el problema de la domesticación de la “línea latente”<sup>9</sup> y Wellhausen el del dominio de la heterosis (la sinergia producida por la cruce de las líneas de orígenes diferentes) y de la recolección de nuevas variedades autóctonas.

Palacios de la Rosa tenía una solución basada en el encuentro fortuito del fenómeno que permitía a ciertas líneas retomar su proceso de desarrollo después de un periodo de sequía. Para él, la solución estaba en la incorporación de la característica latente de líneas en la reformación de los híbridos de los años 40 y 50. A partir de este momento, Palacios se inclinó sobre la manera de convertir

---

<sup>9</sup> Durante el verano de 1957, Palacios de la Rosa trabajaba en la parte rutinaria de la formación de mestizos para seleccionar líneas de alta capacidad combinatoria, se sembraban las mejores líneas para tratar de lograr cruces y seleccionar las líneas que responderían bien a la hibridación. Pero una sequía prolongada causó la muerte de varias líneas. Palacios de la Rosa exigió a sus ayudantes, como lo cuenta más tarde, “la aplicación de un riego, observando que una línea de la variedad Mich-21 (era la Mich-21 comp. 100) pudo recuperarse de la sequía y fue incluso capaz de continuar su ciclo biológico” (Palacios 1985:28). Palacios nombraría a este fenómeno latencia y a la línea Mich-21 comp. 100, “línea latente”.

este hecho natural en un hecho científico, una herramienta técnica y un instrumento político. La utilidad personal de Palacios de la Rosa en el campo del mejoramiento dependía del logro de estas conversiones.

Cuando un programa de investigación consiste en la modificación de uno ya existente, los científicos no cuestionan la legítima identidad de los actores pero plantean el problema de su adaptación a las nuevas condiciones. Así, Wellhausen y Palacios no cuestionaron la estrategia de la hibridación como la estrategia para avanzar en el incremento de los rendimientos en el cultivo de temporal del maíz (como el caso de Taboada). Ellos cuestionan solamente las vías utilizadas para volverla más eficaz. Las cuestiones formuladas por estos científicos implicaban de manera diferente al maíz, a los agricultores, al clima y al suelo, así como a la población mexicana y a los colegas.

Wellhausen empuña estos actores de la manera siguiente:

a) El maíz mejorado es problemático porque, según él, "esta planta ha sido mejorada en su resistencia contra las plagas y las enfermedades pero el mejoramiento del rendimiento ha sido desalentador" (Wellhausen, 1961:451). El maíz autóctono es una fuente preciosa de germoplasma que será útil para seleccionar variedades estables de amplia base genética y para futuras manipulaciones basadas en la explotación del principio de heterosis.

b) En 1950, los agricultores de la región del Bajío cultivaron por primera vez el híbrido Celita. Aquel año, la sequía destruyó una parte importante de la cosecha, empero, los cultivadores del Celita obtuvieron una pequeña cosecha. Por este hecho, en 1951, la Comisión Nacional del Maíz recibió muchos pedidos del Celita. Según Wellhausen "los agricultores consideran que con el híbrido Celita pueden tener una cosecha mínima en los años de sequía y un rendimiento de cerca de 4 ton/ha cuando la lluvia es normal" (Wellhausen, 1961:457).

c) El clima y los suelos son factores influyentes en la producción del maíz. El clima influye por la cantidad y la distribución estacional de la lluvia (Wellhausen, 1961:448). Los suelos de la región conocida como Mesa Central son pobres, sobre todo aquellos que no tienen irrigación. Estos problemas se resumen en uno solo pues la precipitación pluvial es crucial porque la humedad disponible en los suelos afecta la fisiología de las plantas y las condiciones de absorción de los fertilizantes.

d) Los pronósticos de la tasa de crecimiento de la población indicaban que entre 1960 y 1990 ésta se duplicaría. Era entonces necesario pensar en doblar, al menos, la producción agrícola nacional, incluyendo la del maíz (Wellhausen, 1961:448).

e) De acuerdo a Wellhausen, los colegas de los antiguos OEE y OCE-IIA no habían puesto suficiente atención al problema del maíz de las zonas de AP.

Wellhausen distribuyó los papeles a los actores que convocó de una manera única procurando construir un EPST proponiendo los siguientes pasos para su puesta en escena: si existe una correlación entre el nivel de producción de una variedad autóctona y el nivel de rendimiento de los híbridos (Wellhausen,

1961:451), es posible formar híbridos de alta producción. Igualmente, si se seleccionan variedades con el criterio de estabilidad del ambiente, es posible formar híbridos capaces de resistir o escapar a las limitaciones climáticas y edáficas de los terrenos de AP. Entonces, si los agricultores deseaban lograr una cosecha de maíz a pesar de las condiciones severas de sequía y de infertilidad de los suelos, si la población demandaba cantidades crecientes de grano y si los colegas se interesaban en estimular la producción de materiales genéticos para las zonas de agricultura pluvial, todos los actores deberían aceptar comenzar un vasto programa de mejoramiento del maíz de sequía.

Para estos momentos, Wellhausen ya no recomendaba la vía de formación de híbridos de temporal como los antiguos H-26, H-27 y H-28 en los que el germoplasma de estas líneas había sido sobreexplotado y la heterosis no repercutía en el aumento del rendimiento. Al principio del PAM, Wellhausen trataba de desplazar el modelo de la hibridación norteamericana a México. Pero en 1961, intentaría un desplazamiento que consistía en reproducir el caso de una experiencia casuística a la escala nacional.

Por su parte, Palacios de la Rosa empeña los actores de otra manera:

a) El maíz es problemático mientras no haya híbridos resistentes a la sequía. En las zonas secas, los rendimientos son inferiores a aquellos en condiciones de irrigación y de humedad residual en 50% y 29% respectivamente (Palacios, 1985:15) y no suscitan el interés de los agricultores para empeñarse en su actividad de producción. A partir de este hecho, Palacios se interroga sobre los límites de la capacidad de latencia de la línea Mich-21 comp. 100. Por ejemplo: ¿cuánto tiempo puede la planta soportar la sequía?, ¿en qué periodo de su ciclo puede soportar la ausencia de agua? ¿cuál es el mecanismo fisiológico que permite la manifestación del fenómeno de latencia?

b) Los agricultores de maíz representaban 42% de la población económicamente activa en 1961 (Palacios, 1985:13). No sembraban más de 20% de la superficie total de maíz con semillas mejoradas. Según Palacios, los agricultores que estaban convencidos de las ventajas de los híbridos no disponían de semillas en el momento preciso de la fecha de siembra (Palacios 1985:15).

c) El clima es problemático pues 81% de los suelos donde el maíz es producido es de agricultura pluvial (Palacios, 1985:28).

d) La población mexicana tenía una tasa de crecimiento anual de 2,18%, una de las más elevadas en el mundo (en 1950 la población en México era de 25.8 millones de personas, en 1961 rebasaba los 56 millones). Los consumidores de maíz necesitaban 72% de la producción total de maíz. Por otra parte, el régimen alimenticio de la población mexicana no cambiaría, lo que significaba que el consumo humano de maíz sería cada vez más elevado.

e) Palacios argumentaba que la línea Mich-21 comp. 100 tiene un gen que le permite soportar ausencias de humedad (Ángeles, 1994:c.p.r.) en las cuales las plantas continúan su reproducción. Así, si este gen pudiera incorporarse a las cruces, se podrían formar híbridos resistentes a las sequías. Si los agricultores de

AP se interesan en acrecentar su producción, los híbridos de sequía podrían ser bien recibidos. Si el desempeño del maíz aumenta, la población podría disponer de cantidades suficientes de maíz para alimentarse. Finalmente, si los colegas están de acuerdo en estimular este campo de estudio y en incorporar la línea latente a los híbridos, deben aceptar abordar la manera de manipular la línea latente.

El resultado de esta confrontación entre maestro y discípulo no tuvo mayor repercusión en el campo tecnocientífico de su época. La "línea Mich-21 comp. 100" o línea latente nunca fue incorporada a un híbrido comercializado y los trabajos de Wellhausen sobre el híbrido Celita no llegaron más allá de un reporte a las oficinas centrales de la FR en el que se daba una respuesta a las posibilidades tecnológicas de la línea latente.<sup>10</sup>

En 1963, la FR y sus nuevos aliados (The Ford Foundation, The Kellogg's Foundation, etc.) consideran que las condiciones climático-geográficas e institucionales de México eran ideales para fundar un centro internacional de investigación sobre el maíz. Ese mismo año, el programa de mejoramiento del maíz para condiciones de sequía se detuvo repentinamente por la migración de sus investigadores. Palacios de la Rosa fue nombrado director de la Escuela Nacional de agricultura y casi simultáneamente Wellhausen se convirtió en el Director fundador del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), lo que le obligó a abandonar los trabajos de resistencia a la sequía sugeridos con anterioridad. Palacios no retomaría el mejoramiento, mientras que Wellhausen retomaría el tema del maíz de sequía algún tiempo después.

Entre 1961-1963, ni Wellhausen ni Palacios de la Rosa tuvieron ocasión de representar legítimamente el maíz de sequía, no hubo más controversia sobre las vías de mejoramiento entre los dos investigadores. Esta situación muestra que, en el tiempo, la innovación tecnológica es una cadena de hechos no necesariamente sincrónica, donde las controversias pueden interrumpirse para ser retomadas posteriormente en circunstancias diferentes.

Hasta ese momento, Wellhausen no impuso la identidad de los actores evocados. Ningún dispositivo real de interesamiento fue establecido a partir del proyecto de mejoramiento de maíz de sequía. Las negociaciones con los actores nunca tuvieron lugar. La posición de Wellhausen muestra cómo una línea de investigación es abandonada temporalmente por su grupo de investigación. Posteriormente, Wellhausen retomará el mejoramiento de maíz de sequía, entre tanto, el eje de la formación de semillas mejoradas de sequía sería desplazado y concentrado en el INIA.

---

<sup>10</sup> Wellhausen consideró que la línea Mich-21 de la que derivó la línea latente era poco resistente a la sequía pero muy productiva. La noticia del descubrimiento de la línea latente no fue validada por los investigadores de la OEE. El reporte anual de la FR de 1963 anunció que: "para las zonas altas los nuevos híbridos H-26, H-27 Y H-28 han sido liberados y algunos de ellos portan una considerable resistencia a la sequía y al frío" (The Rockefeller Foundation 1963:20). El efecto latencia nunca fue evocado en el reporte de la OEE.

## Segunda tentativa de mejoramiento genético de maíz para la AP: el Plan Puebla.

A finales de los años 60, Wellhausen, entonces director del CIMMYT, quería en alianza con un equipo de edafólogos del Colegio de Postgraduados (CP) dirigidos por Reggie Laird generar un vasto programa de mejoramiento del maíz para la AP.

Esta alianza entre los equipos del CIMMYT y el CP logró implantar en el Estado de Puebla un programa de desarrollo rural conocido como Plan Puebla (PP), movilizandoo subvenciones económicas de la FR y del Gobierno Federal a través del CP (Laird, 1993 y 1994:c.p.r.). La participación del CIMMYT en el PP tuvo lugar entre 1967 y 1973. Después, el PP recibiría exclusivamente subvenciones gubernamentales. El periodo que se analiza en este caso, corresponde con la participación del CIMMYT en el PP.

Laird y Wellhausen elaboraron una problemática social y económica de la agricultura de la región nombrada en los años 40 como Mesa Central (MC), de modo que justificaban el establecimiento de un programa de mejoramiento genético de maíz y de afinación de recomendaciones técnicas sobre el uso adecuado de fertilizantes para las zonas de agricultura pluvial. Según ellos, la penuria de productos alimenticios, la persistencia de bajos salarios y la desnutrición crónica de la mayoría de la población rural amenazaban la estabilidad social (Díaz et al., 1993:iv). En última instancia, decían Laird y Wellhausen, son las minúsculas áreas de las Unidades de producción (UP) quienes orientan su producción hacia el autoconsumo y que impiden la producción de excedentes agrícolas capaces de incorporarse en el mercado nacional. Proponían partir del reconocimiento de la importancia de la agricultura tradicional para iniciar el proceso de investigación y de aprendizaje de una estrategia operatoria capaz de transformar el vasto sector de la agricultura tradicional (ATr) en una agricultura moderna y viable (Díaz et al., 1993:vi). La hipótesis del equipo del PP consistía en proponer el uso de técnicas modernas en la ATr y particularmente en el cultivo del maíz para resolver la problemática social y económica subyacente de la población rural mexicana.

El PP consistía en convertir al Valle de Puebla en un inmenso laboratorio<sup>11</sup> y en un espacio representativo de la MC<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> El valle de Puebla comprende cerca de 117 000 hectáreas de tierras laborables con 80 000 hectáreas de maíz.

<sup>12</sup> Después de algún tiempo, el PP se convertirá en un ambicioso proyecto experimental de desarrollo rural. En las últimas décadas, el PP se propone suministrar nueve elementos o factores de cambio para transformar la agricultura tradicional en una agricultura técnica y moderna: "1) variedades de maíz regionales de alto desempeño productivo; 2) recomendaciones sobre las prácticas eficaces de producción basadas en el buen uso de dosis y épocas de aplicación de fertilizantes, así como densidades de población de maíz; 3) información técnica disponible para los agricultores y sus líderes, así como para los representantes de las instituciones gubernamentales de influencia en la región; 4) informes sobre las formas de organización campesina pedidos por las instituciones para tener acceso al crédito y al seguro agrícola; 5) suministrar las materias primas, fertilizantes y otros materiales en lugares de fácil acceso; 6)

El núcleo central del programa que los investigadores del PP han representado visualmente y que llaman triángulo estratégico pone en sus vértices como actores a los agricultores, los técnicos y las instituciones, mientras que en su centro se encuentran los colegas y los OT responsables de la promoción del desarrollo agrícola. Aunado a lo anterior, aquí se señalan los desplazamientos y los consentimientos que los actores deben aceptar como alianzas para alcanzar los objetivos de los científicos.

La identidad de los actores y de su acción fue definida según el supuesto del funcionamiento del triángulo estratégico. Según este esquema, los técnicos tienen la responsabilidad de conducir la investigación agronómica.<sup>13</sup> Las instituciones de apoyo a la producción agrícola estarían encargadas de suministrar el crédito, los fertilizantes y otras materias primas así como los seguros agrícolas.

Los investigadores proponen que si hubiera un interés para ensayar una estrategia para volver eficaz el cultivo de maíz de las zonas agrícolas pluviales, si hubiera que diseñar proyectos de formación de agricultores, de científicos y de funcionarios de las instituciones comprometidas con el desarrollo rural, y si hubiera una intención para mejorar las condiciones socioeconómicas de los agricultores, los actores deberían apoyar el proyecto de desarrollo de las técnicas para el maíz del Valle de Puebla, sintetizados en el Plan Puebla.

La intervención del CIMMYT en el PP podía apoyarse en la situación política de la época. En efecto, en 1967, luego del encuentro de los presidentes americanos en Punta del Este, hubo consenso sobre la importancia de apoyar políticas científicas para hacer avanzar el desarrollo económico y social (Leff, 1979:271-272). En México se aprovechó esta coyuntura para realizar el Primer encuentro sobre la ciencia y la tecnología en el desarrollo nacional en 1967 (INIC, 1970:7), poco tiempo después se realizó el Encuentro Nacional de Ciencia y Tecnología para el desarrollo económico y social de México que concluyó con el establecimiento de una política nacional en ciencia y tecnología para colaborar en el desarrollo integral del país (INIC, 1970:11). Estos encuentros edificaban una red de aliados que apoyaban la realización del Plan Puebla. En este contexto, se podía en adelante contar con el apoyo necesario para la movilización del maíz y de los agricultores.

Para Wellhausen-Laird, se trataba de interponerse entre dos viejas vías de mejoramiento genético, colocando un dispositivo de investigación comparativo

---

créditos a buenas tasas de interés; 7) seguros agrícolas para proteger las inversiones de los agricultores que adopten las nuevas técnicas; 8) relaciones de ganancias razonables entre el precio de producción y los costos de producción y, 9) mercados accesibles para los productores" (Díaz et al. 1993:28).

<sup>13</sup> La investigación agronómica entendida como la fitomejoración y la productividad de suelos debería guiarse "partiendo del conocimiento de la técnica local y de la potencialidad de los recursos naturales disponibles. La investigación debería conducirse sobre los terrenos de los agricultores y con su participación. Los agricultores deberían aprender el contenido de la investigación, la manera de realizarla y la manera de aplicarla en sus condiciones" (Díaz et al. 1993:xii).

entre los resultados de la vía *formación de variedades de polinización libre* por medio del mejoramiento local y de la vía "importación" de híbridos de los campos de experimentación a las parcelas de los agricultores del Valle de Puebla. Como puede apreciarse, en este momento Wellhausen no defiende alguna de las vías de mejoramiento ensayadas en los últimos 25 años de mejoramiento y de recuperar el sentido de las investigaciones originalmente realizadas por J. Laird, cuando en los años 40 procuraba integrar las tecnologías complementarias en insumos para que las plantas híbridas pudiesen, como rezaba la idea de los científicos rockefellerianos, "expresar al máximo su potencialidad genética".<sup>14</sup>

Los dispositivos de manipulación no son necesariamente herramientas para escindir las relaciones entre los actores, como lo hemos visto en los casos precedentes. El aspecto más importante del emplazamiento de estos dispositivos corresponde al interés de los investigadores en cambiar la identidad original de los actores, definirlos y reorganizarlos según un esquema de manipulación preestablecido. En el fondo, un proyecto de innovación técnica es un programa de asignación de nuevas identidades y de nuevas relaciones entre actores.

Un primer dispositivo para intervenir científicamente el maíz en el Valle de Puebla intentaba traducir los resultados de la acción científica concretados en los híbridos formados en el INIA con los de la agricultura tradicional manifestados en la existencia y utilización de variedades autóctonas. En seguida, se pretendía implementar otro dispositivo que permitiera escindir maíz autóctono y agricultores tradicionales para manipularlos *in situ*. El primer dispositivo consistía en ligar maíz mejorado y agricultores y el segundo en reorganizar maíz autóctono y agricultores.

Partiendo del hecho que las semillas mejoradas del INIA no estaban a disposición de los productores, los investigadores intentaban ligar las variedades mejoradas y los híbridos recomendados por el INIA a las condiciones particulares del Valle de Puebla.<sup>15</sup> Se trataba de mostrar a los productores el desempeño de los materiales genéticos liberados para la región de estudio para permitirles participar activamente en el proceso de adopción de las técnicas. Inversamente, los investigadores pretendían separar a los agricultores de su maíz local para permitir estudiarlo y manipularlo genéticamente. Este doble dispositivo de inter-

---

<sup>14</sup> En efecto, en los años 40, J. Laird dirige un programa de investigación conocido como "trabajo de campo" que consistía en adaptar los híbridos a las condiciones técnicas y socioeconómicas de los agricultores. De hecho el PP fue el laboratorio para elaborar una disciplina que posteriormente se llamaría "Sistemas de Producción Agrícola" y que actualizaría la idea original de "trabajo de campo" bajo la perspectiva de la "Teoría general de Sistemas" y considerar la producción agropecuaria como la función de las condiciones invariables (clima, suelo, etc) con las condiciones variables (hombre, semillas, fertilizantes, etc) (Ver: Arellano, 1999).

<sup>15</sup> La estrategia de los genetistas consistía en sembrar las variedades e híbridos liberados por el INIA desde el primer ciclo agrícola del PP para estudiar su desempeño y para hacer cruces entre los materiales disponibles a fin de formar variedades mejoradas capaces de rebasar el rendimiento tanto de las variedades locales como de los híbridos (CIMMYT 1974).

vención científica estableció, de hecho, una competencia entre variedades autóctonas y materiales manipulados científicamente por el INIA. Es interesante notar que este doble dispositivo materializaba las hipótesis sobre la identidad de las plantas obtenidas por los investigadores: ellos suponían que los materiales genéticos liberados antes de 1967 debían ser probados en las condiciones productivas de los agricultores y que el mejoramiento genético debía sustentarse en el germoplasma autóctono.

En lo que concierne a los agricultores, los investigadores intentaban llamar su atención sobre las investigaciones genéticas del PP. Una manera original de interesar a los agricultores hacia la investigación consistía en subvencionar los costos de la investigación y los riesgos que implicaba (Laird, 1994:c.p.r). El PP proponía que los agricultores participantes en el proyecto tendrían, cuando menos, ingresos similares a los que obtenían de sus actividades tradicionales. En breve, los investigadores se comprometían a asegurar los riesgos de la innovación técnica. El laboratorio instalado por los científicos del CIMMYT-CP tenía como núcleo los terrenos de los agricultores. Las variedades autóctonas, los híbridos, los agricultores, los científicos, las instituciones de desarrollo rural deberán pasar por este centro de hibridación, produciendo datos y nuevos OT.

Mientras tanto, los funcionarios del INIA consideraban al Valle de Puebla bajo su responsabilidad técnica, de allí que no veían bien la interposición de los investigadores del CIMMYT-CP entre los agricultores del Valle de Puebla y los investigadores del INIA. (Ángeles, 1994:c.p.).

Criticando el *efecto de especialización* de las nuevas plantas generadas en el INIA antes de 1965, Wellhausen-Laird pretendían poner en el centro del mejoramiento genético la perspectiva local-autóctona.

Así, una parte del dispositivo de competencia ponía en situación de comparación el desempeño de las semillas producidas por el INIA con las que produjeron los agricultores del Valle de Puebla. Después de tres años de experimentación sobre el comportamiento de los materiales liberados por el INIA y las variedades locales en los terrenos de los agricultores, los genetistas del PP verificaron que el desempeño de las variedades locales era superior. En las condiciones de los campos de experimentación y de ciertas áreas agrícolas de excelentes condiciones de producción, las semillas del INIA guardaban un alto desempeño, pero era nulo en las condiciones de sequía del Valle de Puebla.

De este hecho, los investigadores iniciaron la segunda parte del dispositivo consistente en mejorar el germoplasma local. Obteniendo semillas locales de los agricultores, en 1970, los investigadores recolectaron 249 variedades locales de alto desempeño del Valle de Puebla para ser probadas cuidadosamente durante los ciclos siguientes (Cervantes y Mejía, 1979). Hay que recalcar que los agricultores colaboran activamente dando sus fuentes de germoplasma y prestando sus terrenos para la experimentación científica.

Del conjunto de variedades colectadas (108 colecciones de las muestras de variedades de ciclo largo y 141 de ciclo corto), las del ciclo corto tuvieron un

desempeño superior a los materiales del INIA pues las semillas tardías son sembradas cuando la temporada de las lluvias se retrasa. En estas condiciones, las semillas locales no tienen rivales. Los científicos concluyeron que: "el nivel superior (el techo) de rendimiento de las variedades locales fue alcanzado, pero no rebasado por las semillas mejoradas, con excepción del híbrido experimental H-110E, los híbridos comerciales H-28 y H-129 tuvieron rendimientos inferiores a los de las variedades locales" (Cervantes y Mejía, 1979:9).

Aprovechando el dispositivo de interesamiento, los investigadores del CIMMYT-CP descalifican la validez de los materiales del INIA y no recomendaban su explotación. Los investigadores llegaron a la conclusión de que la pequeña talla de las plantas locales y la baja inserción de su mazorca, deberían ser tomados en cuenta para que las variedades autóctonas fueran resistentes a los daños causados por el viento.

Pero, para la ciencia y técnica, no hay actores débiles. Era el caso del Dr. Sprague que, siendo responsable del programa de maíz del CIMMYT, consideraba el PP como un proyecto de desarrollo rural portador de compromisos sociales incompatibles con la posición apolítica del CIMMYT y con su programa de mejoramiento genético. Según Laird, Sprague no comprendió nunca la filosofía del PP. En 1972, en ocasión del encuentro del consejo del CIMMYT, Sprague logró poner en duda la eficacia del trabajo en ciencias naturales del PP causando la desmovilización del apoyo institucional que ofrecía Wellhausen. En 1972, el CIMMYT concluyó su trabajo en el Valle de Puebla y por consiguiente del mejoramiento del maíz de sequía.<sup>16</sup> En este momento, el gobierno del Estado de Puebla y la Secretaría de agricultura tuvieron que remplazar el papel del CIMMYT.

El proceso de relación de los actores orquestado por los científicos insiste en la naturaleza del maíz. Los investigadores del CIMMYT-CP construyeron una parte de la representatividad del maíz de AP demostrando que el desempeño de las variedades locales de los agricultores del Valle de Puebla es más elevado que el de las semillas liberadas por el INIA, desacreditaron la correspondencia entre el maíz producido por el INIA y los agricultores del VP. La hipótesis señalada en el triángulo estratégico de PP no pudo comprobarse, en el sentido de no reunir la colaboración de los científicos e instituciones para mejorar las condiciones socioeconómicas de los agricultores impulsando un proyecto de mejoramiento del maíz local. Este proyecto no encontró la alianza de los actores para impulsarlo y hacerlo realidad; en cambio, encontró opositores quienes pretendiendo la pureza del mejoramiento, separaron política y ciencia imponiendo una política científica en la que los agricultores no tenían cabida.

En cierta medida, el programa de mejoramiento genético perdió su apogeo porque ciertos actores consideraban que los investigadores hacían política en

---

<sup>16</sup>En 1974, el CIMMYT cambia sus objetivos concentrándose sobre la investigación de las variedades resistentes a la sequía, a las plagas y a las enfermedades (De la Fuente et al. 1985:34-35, CIMMYT 1989).

lugar de ciencia y técnica. El proyecto del CIMMYT-CP auspiciado por Wellhausen sólo duró cinco años y concluyó en 1972 con un diagnóstico: hace falta iniciar un proyecto de mejoramiento de maíz *in situ*; mientras que el proyecto de mejoramiento del maíz de sequía del equipo de Muñoz-Carballo se extendió por un periodo de 12 años (1970-1982).

Ninguna de las dos tentativas que hemos abordado concluyó en la edificación de un EPST de maíz híbrido para las zonas de AP. En cambio, esas zonas se convirtieron en un laboratorio científico de una genética vegetal del maíz que tomaba en cuenta las condiciones socioambientales en las que se intentan formar nuevas plantas de maíz para el desarrollo de los agricultores de las zonas de AP.

### 3. Conclusiones

De inicio puede reconocerse que este trabajo muestra la capacidad de coordinación de ciertas leyes naturales de plantas de maíz con los intereses de ciertos sujetos sociales para innovar las técnicas de las semillas que los científicos capitalizaron de manera decisiva al tejido de relaciones de los colectivos, como señalan Boltanski y Thévenot (1991).

Como se apreció, los esquemas de mejoramiento genético puestos en escena por cada uno de los equipos de investigadores correspondía con sus propias propuestas de organización social y la organización de los argumentos de las controversias sobre la vías del mejoramiento genético entre los equipos de investigación tomaban un arreglo equidistante. Hemos constatado que desde que las semillas mejoradas científicamente irrumpieron en el escenario mexicano, los actores sociales las han incorporado en las discusiones y las estrategias relacionadas con el aumento de la producción agroalimentaria.

En cierta medida, la irreversibilidad calloniana de una trayectoria mejoradora científicamente de las semillas de maíz se manifestó en esta historia si consideramos que los actores podían cuestionar la acción técnica y el desempeño de investigadores y de semillas pero no podían cuestionar su existencia. En ese sentido, la irreversibilidad se manifiesta como una discusión técnica pero no ontológica de la intervención científica sobre el genoma del maíz.

Los actores participantes en la fabricación de nuevas semillas contribuyeron a la puesta en operación de ciertos elementos de Esquemas sociotécnicos de producción y, así, se han comprometido a convivir con ellos. Inversamente, los actores han reforzado su asociación con el maíz en la medida en que el propio maíz mejorado se generalizaba socialmente (a pesar de que ciertos agricultores rechazasen su utilización). De este modo, el surgimiento en México del maíz mejorado genéticamente corresponde con la integración de un grupo de especialistas, de institutos de investigación, de empresas reproductoras de semillas, de agencias gubernamentales y filantrópicas que regulan y financian las investigaciones y sus resultados. En este escenario, es claro que las semillas mejoradas

son irreversibles pues se han integrado en un sistema, como diría Hughes (1993 et 1983:21), y porque es casi imposible regresar a una situación prístina en la que no constituían sino una opción abierta, entre otras, parafraseando a Callon (1991).

El mejoramiento genético del maíz en México es una historia simultánea de tentativas de reproducción de los esquemas de elaboración de semillas mejoradas y de innovación, entendida ésta como la elaboración de relaciones sociotécnicas inéditas. Frente a los desafíos de reproducción de esquemas tecnológicos aparentemente estabilizados para alcanzar la formación de híbridos y de variedades estabilizadas, Wellhausen y los científicos en situación de controversia debían recrear los esquemas técnicos y sociales para intentar controlar los procesos técnicos de producción medianamente logrados como casos ejemplares del mejoramiento genético.

La historia está llena de irreproducibilidades, en el sentido de la incapacidad de reproducir un programa de acción e incluso de irrepeticibilidades, en el sentido de la incapacidad para reiniciar la producción de los artefactos que surgen de los esquemas técnicos. Así, la formación de los híbridos mexicanos no pudo repetirse como en los EE.UU., las líneas puras mexicanas no estaban tan purificadas racialmente como sus vecinas del norte y esta condición de impureza les emparentaba más con las variedades estabilizadas formadas por los investigadores mexicanos. Los primeros campos experimentales establecidos en México no respondían a los enfoques científicos de las normas norteamericanas, eran improvisados y más parecidos a los campos de los agricultores comerciales del Bajío mexicano. Considerando que Wellhausen y sus investigadores no podían tener mucha confianza en las condiciones controladas de los campos experimentales, puede comprenderse la búsqueda de colaboración de los agricultores modernizados mexicanos, quienes con tierras de buena calidad y recursos financieros y técnicos podían invertir en la experimentación agrícola. Pero a diferencia de los EE.UU., donde los empresarios de HI-BREED SEED contrataban científicos e impulsaban la investigación (como el caso de H. Wallace), Wellhausen debió convencer al agricultor Ricardo Acosta de formar la primera empresa reproductora de semillas de maíz. Finalmente, otra diferencia notable de los intentos de reproducción del esquema de la hibridación de EE.UU. en México es que mientras que en éste la investigación sobre esta línea fue contestada y controvertida por un importante grupo de investigación, en aquél esta controversia fue casi inexistente.

La hipótesis fuerte que consistía en trasponer los supuestos de la hibridación de la agricultura norteamericana como solución a los problemas agrícolas de México no fue más que parcialmente exitosa. Los éxitos de Wellhausen y su grupo de investigación no pueden considerarse como la reproducción del esquema original norteamericano sino como el esfuerzo innovativo de los investigadores que resultaba en inéditos esquemas sociotécnicos de producción. Esto último puede constatarse por la creación de dos actores sociales inéditos: de un lado, un grupo de productores capitalistas siguió las instrucciones científicotécnicas para convertirse en productor de semillas híbridas y, de otro lado, un grupo de agricultores aceptó convertirse en productor de grano.

Desde luego, en una posición equidistante a los investigadores de la OEE, los científicos mexicanos de la OCE alcanzaron parcialmente sus hipótesis. Después del importante desarrollo de ciertas variedades estabilizadas en la región del Bajío, las posteriores semillas no lograban los mismos resultados satisfactorios como las semillas de las investigaciones posteriores. El éxito de la formación y difusión de la variedad Celaya no pudo repetirse con las nuevas variedades y, empresarialmente, las variedades estabilizadas surgidas de este esquema sociotécnico de producción no representaban la posibilidad de beneficio económico en la medida que éstas podían ser reproducidas por los agricultores sin la intervención de las empresas productoras de semillas.

Frente a las dificultades de reproducibilidad, los investigadores reconstruyen problemáticas de investigación, replantean sus hipótesis, cambian sus objetivos y métodos para interesar a nuevos actores en sus proyectos. La estabilidad es inalcanzable e incompleta, la irreversibilidad o reversibilidad no se genera a partir de objetos o de tecnologías acabados y fijas, se trata de puntos siempre controversiales y contruidos socialmente. Sólo que estas construcciones no tienen nada que ver con fragmentos de historia separables definitivamente. Esto puede constatarse con los intentos para producir semillas híbridas para las zonas de ambientes de sequía: Wellhausen desarrolla nuevas vías de investigación, construye nuevos modelos y esquemas en los que de manera velada se evitan las posibilidades potencialmente concurrentes como en el caso de la línea latente de Palacios.

Pero existen procesos de aprendizaje y de reformulación en los que se someten a crítica los resultados producidos precedentemente. En este procedimiento, Wellhausen copta los principios de los investigadores concurrentes, por ello, en el curso de 30 años retoma los elementos sociotécnicos del enfoque de las variedades estabilizadas de Taboada poniéndolos en relación con los supuestos de su antiguo colega Laird para retomar la idea de la investigación *in situ* para mejorar el maíz de los agricultores de condiciones extremas en lo ambiental (las sequías), lo social (agricultores pobres) y lo institucional (escasa presencia gubernamental). La vorágine de las controversias internas del CIMMYT y fundamentalmente con Sprague nuevamente ponen a la deriva un esquema de mejoramiento que no se parece mucho al de apariencia puramente técnico como el de los años 40 y que es fácilmente desbalanceado por argumentos que pretenden lo apolítico en la investigación tecnológica. De nueva cuenta, la inestabilidad aparece, lo inacabado se impone, pero los actores particulares se han apropiado de conocimientos y de objetos y de relaciones que les posibilitarán operar en estos avances de complejidad e irrepetibilidad.

Después que los investigadores del CIMMYT-CP desacreditaron la correspondencia entre el maíz producido por el INIA y los intereses productivos de los agricultores del Valle de Puebla, intentaron un vasto programa de mejoramiento genético del maíz para la agricultura pluvial como sustento de un triángulo estratégico de Desarrollo. Este proyecto de Esquema sociotécnico de producción quedó en el plan hipotético pues encontró opositores quienes pretendiendo la pureza

científica del mejoramiento impusieron una política científica en la que los agricultores no tenían cabida.

Las tentativas de reproducción de los esquemas de mejoramiento genético que hemos revisado ponen en evidencia la dificultad de reproducir los esquemas de la organización de la acción de los actores porque los esquemas deben afrontar local y situadamente una constelación de factores, de fuerzas, de energías y de acción de actores en un arreglo único e irrepetible. Frente a esas enormes dificultades para intentar operar establemente la eficacia de un esquema de producción, los actores reinventan la realidad en la medida que son capaces de crear y de recrear nuevos arreglos de relaciones entre las leyes del maíz y de los colectivos.

En el caso que hemos ilustrado, las tentativas de replicación de los esquemas de mejoramiento ponen en evidencia la no reproducibilidad de los esquemas de organización de la acción de los actores. La no reproducibilidad alude a la puesta en escena de situaciones inéditas por la incesante incorporación de factores. Por ello, podemos agregar que lo que Callon ubica como traducciones estabilizadas (Callon, 1991) (o lo que podríamos evocar como tecnología) corresponde a un estado de objetivación nunca completamente realizado de los esquemas de producción sociotécnica y que son los puntos de referencia de nuevas disputas e investigaciones. Las estabilizaciones no son más que altos en la ineludible circulación de hechos científicos, de artefactos y de colectivos humanos.

Nos parece que la lógica explicativa del constructivismo debería complejizarse para darse la ocasión de considerar que las construcciones tecnológicas no son el fin de su desarrollo, sino que la innovación científico-tecnológica es un proceso inagotable, irrepetible y situado. Las consecuencias de la reformulación de esta lógica permitirían modificar la conceptualización de la elaboración de esquemas tecnológicos, así como también la transferencia de tecnologías, su adaptación y su explotación por los usuarios.

### Bibliografía

- Aguirre, P. N. (1984). "Entrevista", en: Jiménez, L. *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*. Chapingo. Colegio de Postgraduados.
- Akrich, M. (1989). "La construction d'un système technique, Esquisse pour une anthropologie des techniques", *Anthropologie et sociétés*. 13:31-54.
- Ángeles, A. H. H. (1994) c.p.r. Investigador del Colegio de Postgraduados. Cerrillos.
- Arellano, Hernández A., 1999. *La producción social de los objetos técnicos agrícolas*. México. UAEM
- Bloor, D. (1976). *Sociologie de la logique ou les limites de l'épistémologie*. Paris. Pandore.
- Boltanski, L. et Thévenot, L. 1991. *De la justification, les économies de la grandEE.UU.r.* Paris, Gallimard.

- Callon, M. (1991). 'Réseaux technico-économiques et irréversibilités<sup>a</sup>, in : 'Boyer, R., Chavance, B. et Godard, O. *Les figures de l'irréversibilité en économie*. Paris, Ed. EHSS.
- Callon, M. et Latour, B. (1982). *La science telle qu'elle se fait : anthologie de la sociologie des sciences de langue anglaise*. Paris. Pandore. Cereceres, J. 1993 et 1994. Communication personnelle. Chercheur à l'Institut National de la Recherche Agronomique (CEPAL).
- Cervantes, S. T. y Mejía, A. H. (1979). *Maíces nativos del área del Plan Puebla: recolección de plasma germinal y evaluación del grupo tardío*. Chapingo. C.P. (multicopiado).
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1974). *El Plan Puebla, siete años de experiencia: 1967-1973*. El Batán. CIMMYT.
- \_\_\_\_\_. (1989). *Toward the 21 st. Century, CIMMYT's Strategy*. México. CIMMYT.
- Collins, H.M. 1983. 'An Empirical Relativist Programme in: *The Sociology of Science<sup>a</sup>* in: *Science observed*. Knorr-Cetina K. D. London. Sage. pp. 115-140.
- De la Fuente, H. J. 1990. *La investigación agrícola y el Estado mexicano 1960-1976*. Chapingo. UACH. 125 p.
- \_\_\_\_\_. (1985). *Investigación agropecuaria en México*. Chapingo. UACH.
- Díaz, C. H., Jiménez, S. L., Laird, R. J. y Turrent, F. A. 1993. *El Plan Puebla 1967-1992, análisis de una estrategia para aumentar la producción de maíz en áreas de minifundio y agricultura tradicional*. Montecillos: C.P.
- Fitzgerald, D. (1986). "Exporting American Agriculture, The Rockefeller Foundation en: *Mexico 1943-53*", *Social Studies of Science*. 16:457-483.
- Foucault, M. 1976. *Vigilar y castigar: el nacimiento de la prisión*. México. Siglo XXI. pp 77-136.
- Foucault, M. (1977). "Le jEE.UU. de Michel Foucault" (entretien avec D. Colas, et al.) *Bulletin Périodique du champ frEE.UU.dien*, No 10. Juillet. 1977. pp 62-93.
- Harrar, J. G. (1950). *Programa agrícola mexicano*. New York. Foundation Rockefeller.
- Hughes, P. T. (1983). *L'électrification de l'Amérique<sup>a</sup>*, *Culture technique*. pp 21-42.
- \_\_\_\_\_. (1993). 'The Evolution on Large Technological Systems<sup>a</sup> in: *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, The MIT Press. pp 51-82.
- INIFAP. 1986. *Variedades mejoradas e híbridos obtenidos por el INIA y sus antecesores hasta 1985*. inédito. multicopiado.
- Laird, R.J. (1993). 'Evolución y perspectivas de la investigación en productividad de agrosistemas en México in: Ortega, P. R. et Sámano. M. et de la Fuente Juan. *Agricultura y agronomía en México, 500 años*. Chapingo (Mx). UACH. pp. 393-407.
- Latour, B. (1991). *Nous n'avons jamais été modernes*. Paris. La Découverte.
- Limón, E. (1945). *Informe de trabajos realizados en el Campo agrícola experimental de León Gto. (marzo de 1941 a diciembre de 1945)*. México. Secretaría de Agricultura y Fomento.

- (OEE) Oficina de Estudios Especiales. (1960). *Agricultural Sciences*. New York. The Rockefeller Foundation.
- Palacios de la Rosa, G. (1985). *Mejoramiento de maíz en México, Chapingo*. X:11-51.
- (PAM) Programa Agrícola Mexicano. 1950. *Programa agrícola mexicano*. México. Fundación Rockefeller.
- Pinch, T (1993-94). 'La retórica y la controversia sobre la fusión fría: del Woodstock químico al altamont físico', *Política y Sociedad*. 14-15:155-170.
- Rodríguez, A. J. (1984). "entrevista" en: Jiménez Sánchez. *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*. Chapingo (Mx).C.P.
- (SAG) Secretaría de agricultura y ganadería. (1952). *Informe de labores 1951-1952*. México. S.A.G.
- Stakman, X. (1969). *Campañas contra el hambre*. México (multicopiado).
- Taboada, E. (1959). *Producción, crédito, negocios y agricultura*, *Tiempo*. XXXIV.: 822.
- \_\_\_\_\_(1984). "Taboada Edmundo" en: Jiménez Sánchez L (comp.). *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*. Chapingo (Mx). C.P.
- Wellhausen E. J. (1951). *El maíz híbrido y su utilización en México*. México. OEE-SAG.
- Wellhausen, E. J. et al. 1951.
- \_\_\_\_\_(1961). *El mejoramiento del maíz en México, avances actuales y proyección hacia el futuro*, *Historia natural*, XXI:435-462.
- \_\_\_\_\_(1984). "Entrevista" en: Jiménez, Leobardo. *Las ciencias agrícolas y sus protagonistas*. Chapingo. C.P. pp. 289-324.
- Woolgar, S. 1991a. *Abriendo la caja negra*: México. *Anthropos*.
- \_\_\_\_\_(1991) b. "The turn of the technology in the social studies of science". *Science, technology and Human values*. Vol. 16, No 1:20-50.
- Comunicaciones personales
- Laird, R.J. Investigador del Colegio de Postgraduados. Comunicaciones personales.
- Ortega P. R. Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo. Comunicaciones personales.
- Rockefeller Fondation The (RF). 1963. *Agricultura Sciences*. Annual repport 1962-1963. New York. FR.
- Leff, E. (1979). "Dependencia científico-tecnológica y desarrollo económico", en: México hoy, México . Siglo XXI. Pp.266-285.
- Barnes, B. 1993-1994. "Como hacer sociología del conocimiento", *Política y Sociedad*. 14/15:9-19.
- Barnes, B. 1980. *T.S. Khun and Social Science*. London. MacMillan.
- Barnes, B. Y Edge D. (eds). 1982. *Science in contex*. Milton Keynes. Open University Press.
- INIC (Instituto Nacional de Investigación Científica) 1970. *Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología*. México. INIC.