

# Las Redes Sociotécnicas en Torno a la Investigación Biotecnológica del Maíz

Antonio Arellano Hernández

Claudia Ortega Ponce

*Universidad Autónoma del Estado de México*

**Resumen:** En este trabajo se aborda la organización sociotécnica de la investigación biotecnológica del maíz en México. Rompiendo con tres malentendidos impuestos desde hace algún tiempo a la noción de red, relacionados con la distancia de los actores, el tamaño y número de actores y el espacio de la red, en este texto empleamos una noción metodológica de red que permite abordar el tipo de conexión que se establece entre los actores participantes del fenómeno técnico (conectividad), así como su grado de conexión (intensidad) y la duración de su relación (estabilidad). Los resultados de la aplicación metodológica de la noción de Red en 6 laboratorios donde se realizan investigaciones biotecnológicas aplicada al maíz en el país, indican que la investigación biotecnológica del maíz mexicana no se afilia entorno al objeto maíz. Sin embargo, existen diferentes modelos de organización de la investigación biotecnológica del maíz que corresponden a situaciones particulares definidas por la disposición de aspectos sociales, materiales y simbólicos de los equipos de investigadores.

**Palabras clave:** organización sociotécnica, investigación biotecnológica del maíz, Red, actores red, conexiones, conectividad, intensidad, estabilidad.

**Abstract:** *This paper reviews the sociotechnical organization of biotechnological research of maize in Mexico. Breaking with three misunderstandings imposed since a long time to the net notion, having to do with actor's distance, size and number and net's space, in the text we analyze the sociotechnical organization of maize's biotechnology using a methodological net notion that allows us to explain the type of connection that establishes between the participant actors of technical phenomena, as well as their grade of connection (intensity) and their time-relation (stability). The results of the methodological net notion applied in 6 laboratories where biotechnology applied to maize in the country; show that the biotechnology research of Mexican's maize is not affiliated to maize's object. Nonetheless, there are different models of research organization of maize's biotechnology that correspond to particular situations defined by the disposition of social, material and symbolic aspects of research's groups.*

**Key words:** socio-techic organization, biotechnological research of maize, net, connection, intensity, stability.

## La noción de red

De conformidad con Anderson (1990), el término red (*réseau*) fue utilizado inicialmente por Diderot para describir sustancia y cuerpo en aras de eludir la división cartesiana entre materia y

espíritu. Así, desde el inicio, el término ha tenido una carga ontológica profunda. En Deleuze, la noción de red alude a un cambio de metáforas descriptivas de esencias: en lugar de superficies uno tiene filamentos (o rizomas, en palabras de Guattari y Deleuze). En lugar de pensar en términos de superficies (en dos dimensiones) o de esferas (tres dimensiones) el postestructuralismo nos invita a pensar en términos de nodos que tienen tantas dimensiones como conexiones. En esta línea de pensamiento, la primera aproximación de red niega la descripción de las sociedades modernas sin reconocer sus fibras, filamentos, cables, cuerdas, caracteres capilares que no pueden ser capturados por las nociones de niveles, territorios, esferas, categorías, estructuras, sistemas. Esto aspira a explicar los efectos considerados por esos tradicionales términos sin tener que adquirir las implicaciones ontológicas, topológicas y políticas que les acompañan. La noción contemporánea de red ha sido desarrollada por estudiosos de la ciencia y la tecnología en aras de mostrar el papel que juegan los conocimientos acuñados por las ciencias naturales y las sociales, y los artefactos inventados por los ingenieros en la compleja organización de la sociedad.

La noción de red ha sido usada por múltiples estudiosos de la investigación, y de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, las acepciones de esta noción muestran el disenso en su significación; así, el término Macro-Sistema Técnico (MST), empleado por Thierry (1981), se refiere al nivel empírico material de una red. Un MST sería, en ese sentido, un conjunto de hilos que permiten enviar y transmitir mensajes y objetos, un MST une comunicativamente los diferentes puntos que integran una red. De esta forma, el primer MST sería el ferrocarril, seguido por la red de iluminación pública urbana (Hughes, 1983), la telefonía, la aeronáutica y últimamente las telecomunicaciones por satélite, incluyendo las autorrutas informáticas. Para Latour y Woolgar (1981: 94), una definición propedéutica de red se enunció como “un conjunto de posiciones en las que un objeto tiene un sentido”, esto alude a los contextos significantes de un hecho científico o de un objeto técnico. Un tanto ambiguamente, Law (1989:117) considera que “una red designa un conjunto de elementos interconectados, un orden y una estructura”. En la perspectiva de la traducción, Callon (1986: 205) señala que una red es “una traducción (de entidades diferentes) por la cual un mundo natural y social se forma y se estabiliza”. Influenciado por la teoría de

sistemas, Hughes (1983) define una red simplemente como una estructura coherente. Para él, un sistema es una red y viceversa.

Estas nociones empíricas de red han tenido una connotación topológica o comunicativa. En la primera se alude a superficies dentro/fuera, lejos/cerca y grande/pequeña; en la segunda a intercomunicación. Empleando el metalenguaje computacional, a estas nociones corresponden las primeras definiciones del Grupo de París.<sup>1</sup>

A fines de los años ochenta, las elaboraciones del Grupo de París desembocaron en la teoría del actor-red. Aquí, la noción de red se elaboró como sinónimo de explicación socioeconómica. Según esta idea, los actores-red construyen relaciones y asociaciones sin necesidad de recurrir al metalenguaje marxista, funcionalista o sistémico de los anteriores estudios sociales de la investigación. El gran problema de esta idea radica en que la descripción material de la red posibilita saber quién está relacionado con quién, pero impide conocer el tipo de relación que sustenta este contacto entre las superficies de los actores.

Bruno Latour ha tratado de elaborar una noción de red, según la cual ella es “en un mismo tiempo, real como la naturaleza, narrado como el discurso y colectivo como la sociedad” (Latour, 1991:15). Dicha noción tiene dos compromisos: toma partido por una perspectiva metodológica más que axiomática y apunta a la disolución de tres dicotomías recurrentes del análisis de la realidad.

La primera dicotomía se refiere a la idea superficial de distancia y proximidad proveniente de la geografía clásica. En efecto, todas las definiciones en términos de superficie y territorio vienen de nuestras lecturas de planos y mapas. La noción geográfica de red es simplemente otra conexión a una estructura interesada en definir métrica y escala pero fuera de sus redes, no hay cosas como una proximidad o una distancia las cuales podrían ser definidas por conectibilidad (Latour, 1996). Opuesta radicalmente a la idea superficial de red, una perspectiva metodológica tiene la ventaja de

---

<sup>1</sup> El Grupo de París está integrado por los investigadores del Centro de Sociología de la Innovación, principalmente Bruno Latour, Michel Callon y Antoine Hennion, y John Law de Lancaster University.

romper con la tiranía de la distancia y de la proximidad, y permite aludir a las asociaciones y conexiones de los actores.

La dicotomía entre lo micro y lo macro se ha establecido en la teoría social desde sus inicios. Así, la metáfora de las escalas sociales va del individuo al estado nación pasando por la familia, los grupos consanguíneos, las instituciones, etc. La perspectiva metodológica de red reemplaza esta metáfora por la búsqueda de la intensidad de las conexiones.

En la teoría social pareciera que existe un tope y un mínimo de sociabilidad; esto implica que un elemento macro es de diferente naturaleza que un elemento micro cancelando la posibilidad de seguir como un elemento va de lo individual a lo colectivo y viceversa. En este sentido, la noción de red sirve, igualmente, para evitar la distinción entre local y global. Ella presupone pensar una entidad global (altamente conectada) que no obstante permanece local. Una red no es más o menos grande sino que sus actores se encuentran situados en grados de intensidad de conexión diferentes.

La tercera dicotomía se refiere a la dicotomía dentro-fuera o fondo y primer plano, la gran economía de pensamiento aportada por la noción de red es que no estamos obligados a llenar el espacio entre las conexiones. Una superficie tiene un interior y un exterior separado por un límite. La perspectiva de red no pretende establecer una noción positiva que requiere de negatividad para ser comprendida, ella no tiene sombra. Una red es todo límite sin dentro sin fuera; por esta razón, una pregunta pertinente sobre las redes se refiere a la indagación sobre la estabilidad de una conexión entre elementos.

La noción topológica de red se manifiesta en la investigación como estrategia metodológica superficial, en tanto que una noción centrada en la intermediación corresponde a una perspectiva metodológica conducida a la indagación del papel que juegan los medios en la conformación de relaciones entre los actores. Esta diferencia crucial demanda a los investigadores una postura metodológica de red que proporcione suficiente margen de maniobra a la indagación, en lugar de proporcionar una serie de conceptos que definen a priori las características de la relación de los actores.

Empleando las propiedades metodológicas que se desprenden de la oposición superficial de red, en este trabajo exploraremos las condiciones de la conectividad, la intensidad y la estabilidad de las

conexiones de la red de investigación biotecnológica relacionada con el maíz. Esto significa que se pensará la ciencia partiendo de la actividad y de los procesos de investigación que la integran y no de los resultados empíricos producidos. Esta decisión tiene como consecuencia que el campo de observación se concentra en el estado de las conexiones de la producción científica y los procesos que se generan en ella. Desde luego, esta perspectiva rechaza las tentativas de separar el contexto del contenido científicos, y las fases de la producción científico-técnica en sus componentes tradicionales de creación-desarrollo-aplicación (Arellano, 1999).

En este trabajo se examinarán los resultados de aplicar a la investigación biotecnológica mexicana del maíz una noción metodológica de red, según la cual se trata de explicar el tipo de conexión que se instaura entre los actores participantes del fenómeno técnico (conectividad), así como su grado de conexión (intensidad) y la duración de su relación (estabilidad).

La marcha explicativa de este tema comienza con la presentación de la caracterización de la investigación que nos ocupa; en seguida se aplican las ideas de conectividad, intensidad y estabilidad a la red biotecnológica del maíz; posteriormente se presentan los diferentes modelos de red observados en el campo de estudio, y finalmente se hace una lectura de conjunto extrayendo algunas conclusiones de los resultados obtenidos a la luz de la perspectiva de red adoptada.

### **Caracterización de la investigación biotecnológica del maíz en México**

Retomado brevemente de un texto anterior (Arellano y Ortega, 2002), diremos que el tema de la biotecnología ha sido abordado por un número importante de investigadores del mundo. Particularmente, en México encontramos estudios sobre: la importancia general de las biotecnologías (Arroyo, 1988; Quintero, 1989), las tendencias biotecnológicas (Arroyo y Waissbluth, 1988), las relaciones entre los diversos tipos de productos biotecnológicos y los impactos sobre la economía (Mestries, 1990; Vega, 1989; Casas, 1991, 1993), las políticas económicas (Massieu, 1990) o la ecología (Baark, 1991), y el estado del arte de la biotecnología en diferentes áreas (SMBB, 1996).

*Todos esos estudios muestran efectivamente las implicaciones políticas, económicas, sociales, éticas y legales de las biotecnologías. Sin embargo, una paradoja se vuelve evidente, las pretensiones explicativas globales de esos*

*estudios contradicen las situaciones particulares derivadas de la complejidad, la diversidad y la acelerada mutación de estas tecnologías. Frente a esta situación, nosotros nos propusimos observar etnográficamente los procesos de investigación biotecnológica relacionada con el maíz y algunas de sus implicaciones sociales y técnicas. Este estudio se concentra en la producción de la red de relaciones sociales, materiales y simbólicas que surge a propósito de los esfuerzos de los científicos por establecer y fortalecer el abanico de investigaciones que pretenden mejorar el conocimiento, las características técnicas y el desempeño de la genética del maíz (Arellano y Ortega, 2002: 48).*

Las biotecnologías, junto con los nuevos materiales y los progresos en la informática y las tecnologías de la comunicación, conforman un conjunto de disciplinas que están transformando las condiciones materiales y simbólicas de la reproducción social de manera dramática.

La investigación biotecnológica en maíz ha puesto en escena nuevos organismos modificados genéticamente al implantar un gen que codifica la producción de la toxina del *Bacillus thuringiensis* (Bt) que es letal para ciertas larvas de plagas del maíz en los Estados Unidos, registrándose hasta 1998 cerca de 100 tipos de este grano, y sembrándose en ese país 20% con maíz-Bt (véase: [www.grain.org](http://www.grain.org)). Las consecuencias de esta modificación tocan tópicos delicados de la bioética, la bioseguridad, la biodiversidad, la ecología, el consumo de alimentos transgénicos y su etiquetaje para el conocimiento de los consumidores. El tema es nodal en muchos sentidos y el propósito del apartado es mostrar la envergadura de las relaciones y temáticas que ocupan a los investigadores e instituciones mexicanos.

De acuerdo con el Banco Mundial, hace una década en México había 40 instituciones que realizaban investigaciones biotecnológicas, y de ellas 18 hacían biotecnología vegetal. En relación con el maíz, siete institutos investigaban sobre el maíz. El CIMMYT, la UACH, el INIFAP, el CINVESTAV-Irapuato, la Facultad de Química de la UNAM, el Colegio de Posgraduados, el Instituto de Biotecnología de la UNAM. Hoy el panorama no ha cambiado mucho (Matus *et al.*, 1990).

El campo de observación que hemos escogido se compromete directamente con la filiación de una definición de investigación biotecnológica. Adoptar una definición es una tarea compleja porque las acepciones de ambos términos son inagotables y cada día se agregan nuevas acepciones y clasificaciones. Por esta razón, y por la consecuencia de nuestra perspectiva etnográfica, hemos tomado prestadas las categorías de los investigadores informantes para decir

que nosotros nos interesamos en dos ámbitos de la investigación que parecen tener un mejor estatuto epistemológico; nos referimos a la investigación en biología molecular y en ingeniería genética. La primera se concentra en el estudio del genoma y su relación con las características físicas y/o fisiológicas que los genes codifican. En cambio la ingeniería genética pretende llevar a cabo modificaciones estables en el genoma para fijar determinadas características en las propiedades anatómicas y/o fisiológicas en los vegetales. En todo caso, ambas consisten en la manipulación del genoma de los organismos vivos para alterar sus características en búsqueda del conocimiento de ciertos procesos o de la instrumentación productiva de dichos procesos.

Si en la década de los ochenta la investigación biotecnológica se limitaba a los dominios de la bioquímica del cultivo de embriones, el cultivo celular *in vitro* y la selección de líneas celulares resistentes a plagas y ambientes adversos, ahora la investigación biotecnológica en maíz se ha diversificado y profundizado. Actualmente, los temas que abarcan los investigadores del campo de observación son: biología molecular, bioquímica de la germinación, caracterización de germoplasma, mejoramiento genético asistido con técnicas biotecnológicas, fisiología de organelos relacionados con la fotosíntesis y el cultivo celular; en la ingeniería genética, la apomixis, la aceleración de la clonación por biobalística (Cuadro 1).

Una de las grandes mutaciones de la nueva investigación biotecnológica consiste en que si en algún momento ella podía organizarse de conformidad con un producto, en nuestros días la investigación se aboca en las principales técnicas de la biología molecular. Si hasta los años setenta los mejoradores vegetales debían escoger alguna planta para especializarse en su mejoramiento, en la actualidad las plantas se han convertido en modelos de intervención genética en los que los procedimientos de mejoramiento extrapolables a otras circunstancias. De esta forma, la investigación biotecnológica del maíz mexicana no se afilia en torno al objeto maíz. Sin embargo, existen diferentes modelos de organización de la investigación biotecnológica del maíz que corresponden a situaciones particulares definidas por la disposición de aspectos sociales, materiales y simbólicos de los equipos de investigadores.



Cuadro 1. Previsiones internacionales de la biotecnología del maíz en 1982 y estado del arte en 1990 y 1998.

Previsiones internacionales en 1980	Estado del arte, 1990	Estado del arte, 1998
Aumento de la eficiencia del mejoramiento	Operable en varios cultivos	Amplio desarrollo del mejoramiento asistido (GEM, 1998)
Inserción de genes de resistencia a enfermedades	Existen ejemplos	Se comercializan cerca de 100 maíces transgénicos en el mundo y ninguno en México (USDA, 1998)
Mejoramiento de híbridos existentes	Aún no demostrado	Mejoramiento de líneas puras por vía de la balística de plásmidos
Conservación de germoplasma	Aún no demostrado	No desarrollada.
Fijación de nitrógeno	Esbozado en teoría (Gilliland, 1988)	Casi en abandono
Intensificación fotosintética	Especulativo	Complejización de los enfoques
<b>Desarrollos posteriores a las previsiones de Robert Herdt</b>	---	
Inserción de genes por balística de plásmidos	---	Aceleración de la eficiencia de inserción genes clonados
Desarrollo de maíz de reproducción asexual	---	Existen ejemplos experimentales
Fuente: Herdt in: World Bank, 1989.	Fuente: Elaboración de Arellano, H. A y Ortega, P. C., 1998.	

La etnografía que realizamos abarca los laboratorios del CINVESTAV-I, del Instituto de Biotecnología de la UNAM, de la Facultad de Química de la UNAM, de la Universidad Autónoma de Chapingo, del INIFAP y del Colegio de Posgraduados. Los recursos humanos involucrados con la investigación abarcan 13 investigadores, ocho doctorantes, 13 maestrantes, siete tesis de licenciatura y 11 técnicos.

El grupo de investigadores está integrado por 11 doctores y dos candidatos a doctor, seis de ellos han hecho estancias posdoctorales. La formación de estos investigadores corresponde a dos generaciones, tres de ellos se formaron en disciplinas pre-biotecnológicas y 10 en formaciones en biotecnología, propiamente dicha. En promedio, su



edad académica contada a partir de su primera publicación certificada es de 14 años.

De conformidad con la producción certificada de publicaciones y formación de recursos científicos se tiene que las publicaciones de este grupo datan de 1978 (Sánchez, 1978); pero es en 1980 cuando se presentan los primeros reportes de investigaciones efectuadas en México. El grupo ha publicado 331 artículos, de los cuales 212 aparecieron en revistas internacionales y 41 capítulos de libro. De los 331 artículos publicados, 77 corresponden a publicaciones internacionales sobre el maíz y 16 publicaciones nacionales. Respecto a patentes, un investigador ha registrado cuatro.

En relación con la formación de recursos científicos, este grupo ha formado 96 licenciados, 47 maestros en ciencias y 25 doctores. Según el Cuadro 5, la vocación de estos laboratorios incluye la formación de recursos humanos, a excepción del CIMMYT e INIFAP que están consagrados a la investigación. Para el caso que nos ocupa, no contamos el caso del CIMMYT debido a ausencia de información del conjunto de la institución.

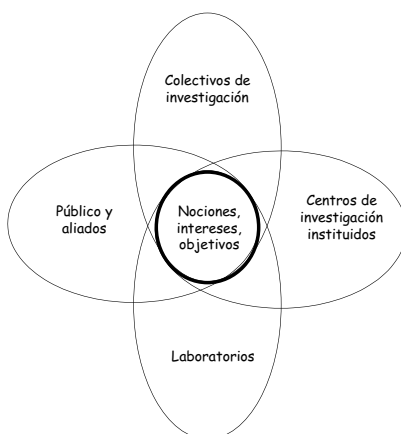
### **El campo de observación de las relaciones de la investigación biotecnológica en el maíz**

Una red es un complejo que reúne entidades tan disímbolas como los aspectos materiales, naturales, simbólicos y sociales en un solo haz. Desde esta óptica, la red de investigación que abordamos está conformada por científicos constituidos en colegios de investigación (colectivos de investigación), espacios de negociación sociocientífica reconocidos legítimamente (centros de investigación instituidos), centros en los que los científicos movilizan la acción de la naturaleza (laboratorios), de espacios sociales de reconocimiento y de consumo de los productos de la actividad de investigación (público y aliados), y de nociones, intereses y objetivos plasmados en documentos. La red de investigación que estos elementos conforman se encuentran situados, entendiendo por situación al arreglo único de elementos reales, narrados y colectivos en un dispositivo localizado.

El campo de observación de las redes de investigación consiste en captar el estado de relación, intensidad y estabilidad de conectividad de las entidades presentes en la investigación biotecnológica, observables en la autonomía de los grupos de investigación (o el grado de

consolidación de una disciplina científica), en la institucionalización de la actividad de los científicos y en los vínculos que mantienen los investigadores con otros colectivos sociales, en el núcleo constituido por las nociones fundamentales del quehacer científico-técnico, y en el desplazamiento de la naturaleza (el grado de movilización de la naturaleza). El grado de conexión se mide por la coherencia lógica de las nociones, intereses y objetivos. El núcleo que hemos escogido para esta ocasión se refiere a la investigación biotecnológica relacionada con el mejoramiento genético y el desempeño fisiológico del maíz, dejando afuera las investigaciones que se refieren a los productos del cultivo del maíz (Figura 1).


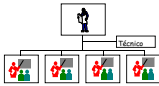

**Figura 1. RED DE INVESTIGACIÓN**



Fuente: Centre de Sociologie de l'Innovation, École des Mines de PARIS; M. Callon y B. Latour.

Atendiendo a estos cinco elementos, en la investigación biotecnológica mexicana del maíz se aprecian tres modelos de red. El de la investigación biotecnológica federal representado por el INIFAP; el de la investigación universitaria que tiene dos variantes: la investigación en biología molecular representado por el IBt y el DB-Q, ambos de la UNAM, y la práctica en cultivo de tejidos, representada por los laboratorios de biotecnología del CP y la UACH; y el de la investigación en ingeniería genética representada por el CINVESTAV-I (Figura 2).

Figura 2. ORGANIZACIÓN SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Modelo			
Laboratorio	INIFAP	IBT-UNAM DBQ-UNAM CP UACH	CINVESTAV-I



Investigador



Estudiantes

Fuente: propia.

## Los modelos de red de investigación biotecnológica en el maíz

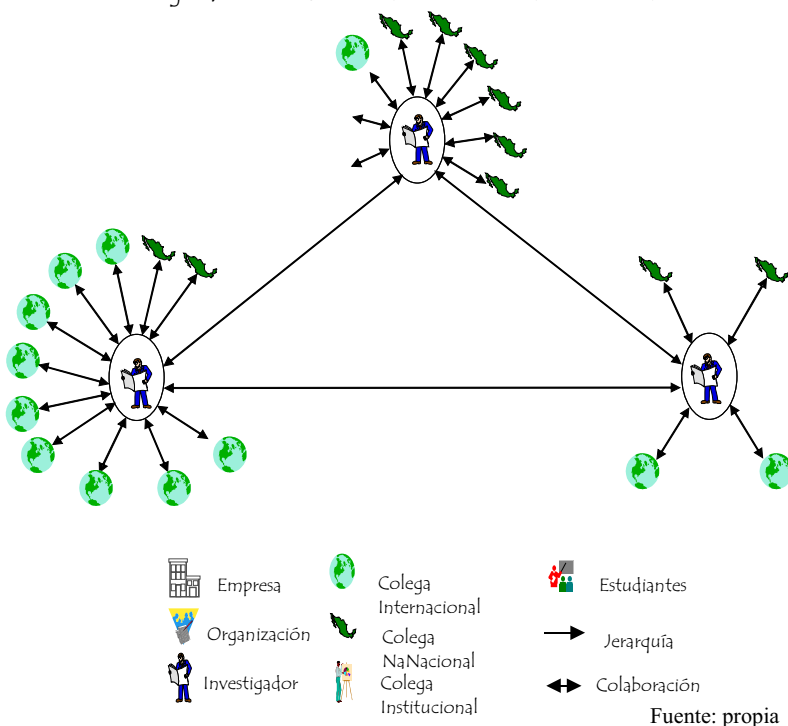
### *La red de investigación biotecnológica federal*

Esta red corresponde a la investigación biotecnológica para el maíz en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP). El patrón de organización social de la investigación pertenece a un trabajo individual y la ayuda de técnicos de escasa capacitación. Los tres investigadores de esta red no han logrado autonomía necesaria para consagrarse a la investigación biotecnológica. Las capacidades técnicas de los científicos de estas instituciones corresponden a los estándares internacionales; sin embargo, su presencia y actividad no se encuentra bien identificada y legitimada en su institución. Actualmente, ellos están intentando conformar un colegio organizado mediante una división de temas específicos y una vida interna sustentado en la negociación académica (Figura 3).

En este caso, los científicos se han movilizado desde hace una década para lograr establecer un espacio legítimo de investigación. Los investigadores de esta red han realizado un repertorio de acciones para

lograr convencer a sus instituciones de las bondades de la investigación biotecnológica, y obtener recursos financieros y materiales con el fin de equipar su laboratorio. Los investigadores de este estadio se debaten para materializar sus esfuerzos en un espacio que les permita movilizar a la naturaleza y producir resultados científicos certificados en el dominio de la caracterización genética, de la investigación de riesgo y la virología (INIFAP, 1998).

Figura 3. INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA FEDERAL



Desde una óptica material de la investigación, el acceso de los tres investigadores al laboratorio es compartido. La infraestructura y los equipos están mal dotados y son anacrónicos posibilitando principalmente análisis de marcadores genéticos moleculares. Esto explica por qué los científicos de esta institución se concentran en la

caracterización genética de plantas y sus utilidades como la comparación de germoplasma y sus consecuencias filogenéticas y ontogenéticas. La movilización de la naturaleza genética a nivel molecular y la manipulación ingenieril del genoma no son materialmente factibles.

Los aliados de esta red abarcan actores relacionados con el flujo y variación genéticos, así como la virología del maíz. La relación de una investigadora con una poderosa ONG interesada en la conservación de la biodiversidad ha permitido enriquecer la capacidad de análisis del laboratorio y ha proporcionado algunos recursos para estudiar el flujo genético (Cervantes, 1998). Por otro lado, un investigador lleva a cabo lo esencial de su investigación en un instituto internacional de investigación sintonizando una filiación con el instituto anfitrión. Para el conjunto, estas alianzas no son estratégicas ni para los actores con los que se vinculan ni para la red de investigación biotecnológica federal.

La conexión de los elementos de esta red es débil, de baja intensidad en sus relaciones y de poca estabilidad. La consideración más importante de esta red consiste en que esta primera generación de científicos consume sus energías fundamentales en la construcción del núcleo material, de un espacio social y de legitimidad para la investigación en biotecnología. En esta red, la investigación biotecnológica del maíz es un elemento de transformación social, institucional, técnico y científico en el INIFAP.

El progreso de esta red depende del establecimiento de laboratorios científicos, pues ellos posibilitarán la movilización de la naturaleza, la producción de conocimientos y artefactos que legitimarán la acción de los científicos. Las circunstancias de esta red son un indicador de la institucionalización de la ciencia en una organización que depende del grado de desarrollo y consolidación de un laboratorio científico.

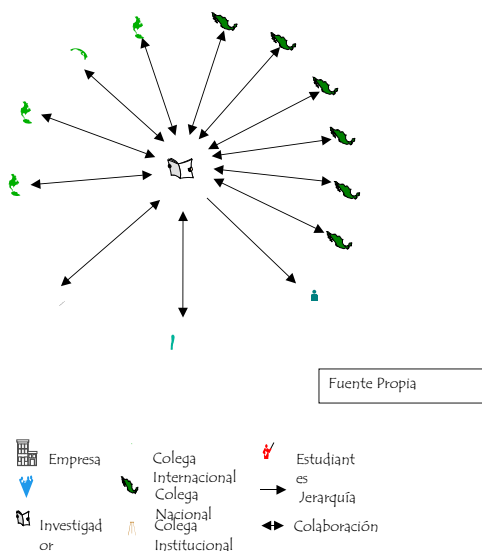
#### *Las redes de investigación biotecnológica universitaria*

La organización social de la investigación está integrada por un líder académico, quien coordina el trabajo de estudiantes tesisistas y técnicos permanentes. Los investigadores del IBt y DBQ de la UNAM dirigen estudiantes de doctorado, maestría y licenciatura. En cambio, el investigador del CP dirige a estudiantes de maestría, y el de la UACH, a estudiantes de licenciatura (Figura 4).

Los presupuestos son obtenidos por estrategias personales. La dinámica académica cambia según el equipo, en algunos casos existen reuniones estilo seminario en los que participan los estudiantes y el responsable del laboratorio; en cambio, en otros, la dirección se realiza directamente por el investigador titular sin mediación de reuniones de todo el equipo. Los investigadores tienen autonomía en sus ámbitos de trabajo y mantienen bajo su control sus propios laboratorios, equipos, reactivos y procesos de hibridación naturaleza-sociedad.

En este modelo, los científicos se ubican en espacios de negociación institucionalizados. Estos científicos cuentan con el estatuto necesario y el respaldo institucional para dedicarse a sus funciones científicas. Aunado a lo anterior, el gasto social de los científicos para reconstruir el compromiso institucional de investigación biotecnológica es mínimo.

Figura 4. INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA EN BIOLOGÍA  
 MOLECULAR  
 Y CULTIVO DE TEJIDOS



Los laboratorios de este modelo reflejan en sus nombres, edificaciones, laboratorios y equipos de manera inequívoca que su vocación es la investigación biotecnológica. Los laboratorios del IBT y del DB-Q datan de 1985 y 1976, respectivamente; en tanto que los

laboratorios del CP y la UACH se fundaron en 1977 y 1988, respectivamente.

Por su orientación, la investigación adquiere dos sentidos: la dedicada a la biología molecular y la consagrada al cultivo de tejidos. La primera corresponde a los cuatro investigadores en biología molecular de la UNAM, y la segunda a los dos restantes del Colegio de Posgraduados y de la Universidad Autónoma Chapingo.

Los laboratorios de la UNAM permiten analizar y manipular el genoma para estudios fisiológicos a nivel molecular, en cambio los laboratorios del CP y UACH posibilitan realizar mapas genéticos por medio de isoenzimas, cultivo celular y de tejidos para estudios de organogénesis y embriogénesis.

En términos del público y los aliados de estas redes existe una notable diferencia entre las redes de biología molecular y el cultivo de tejidos. En las primeras, cada investigador mantiene relaciones regulares con colegas de entre dos y cinco universidades del extranjero, por lo menos una relación de colaboración en sus propias instituciones, de entre dos y siete con instituciones nacionales. Dos de cuatro investigadores sostiene relaciones con alguna empresa transnacional para trabajos de recepción y prueba de ciertos materiales, los otros dos tienen relaciones de liderazgo en un grupo internacional de semillas.

Las relaciones de los investigadores en cultivo de tejidos son escasas. Ninguno de ellos mantiene relaciones con colegas en universidades del extranjero, sus relaciones con colegas nacionales se circunscribe a una persona y sólo un investigador del CP sostiene relaciones con una empresa agroindustrial.

La conexión de los elementos de las redes en biología molecular está dada a partir de la enorme autonomía de la que gozan los investigadores particulares, más que por colegios de investigadores. Sus elementos se encuentran intensamente vinculados, en tanto que los investigadores cuentan con puestos permanentes y forman personal científico reconocido por sus titulaciones; la institución que los alberga reconoce la legitimidad de su trabajo científico, los laboratorios están equipados de conformidad con sus objetivos de investigación y producen materiales e información certificada. Los científicos cuentan con aliados y colegas del extranjero que les permiten recircular sus



méritos en ámbitos ampliados que les retribuyen legitimidad. Estas redes gozan de gran estabilidad simbólica, material y social.

Por otro lado, los elementos de las redes de investigación en cultivo de tejidos se encuentran conectados intensa y establemente. La única diferencia entre ambas es su grado de complejidad, debido a las características de cada una de las áreas de intervención. Hay que recordar que las técnicas de cultivo de tejidos se han convertido en un insumo para la moderna investigación en biología molecular.

Las circunstancias de esta red muestran la autonomía académica, legitimidad institucional, consolidación técnica y las alianzas que permiten el desarrollo de ciertas áreas de la investigación fundamental (biología molecular) o de la reproducción de técnicas estabilizadas en décadas pasadas (cultivo de tejidos).

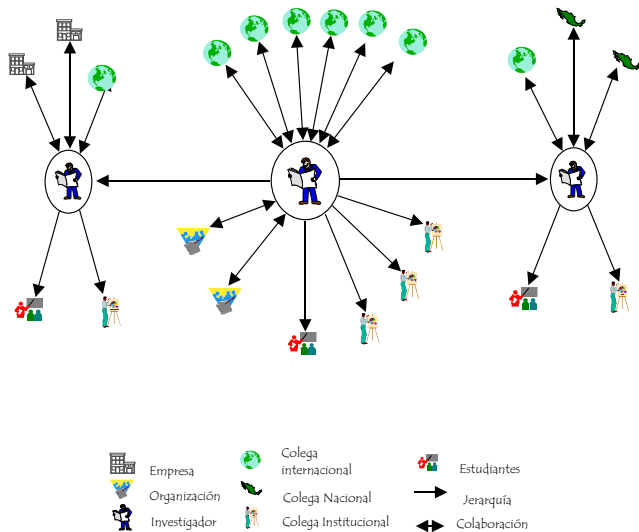
La constelación y jerarquía de las biotecnologías han cambiado dramáticamente en el transcurso de únicamente tres décadas. En efecto, el cultivo de tejidos y celular era el éxito científico de los años sesenta, y el eje instrumental de la biología vegetal devino, en tan sólo diez años, en un medio para la producción de material vegetal necesario para la transformación genética a nivel molecular.

#### *Red de investigación en ingeniería genética*

El patrón de organización social de la investigación de esta red está sustentado en una organización en la que un investigador de mayor rango ejerce un liderazgo intelectual sobre uno o más investigadores. Este núcleo de investigadores tiene bajo su supervisión a tesisistas y técnicos de laboratorio. Dicha organización no tiene fronteras exactas, aunque se aprecia una división de responsabilidades entre ellos que opera con base en corresponsabilidades entre el investigador líder y cada uno de los otros investigadores. La responsabilidad en la formación de los tesisistas ocurre de manera concertada, de modo que cada uno de ellos dirige a sus propios tesisistas; pero ciertas técnicas de investigación son desarrolladas en colaboración con otros investigadores. Puede percibirse una jerarquía en sus relaciones, sin embargo se adapta de conformidad con los créditos que negocian los investigadores de forma casuística. En todo caso, habría que hablar de que el grupo ha logrado una división del trabajo funcional y estable (Figura 5).

Desde 1986, el CINVESTAV-I está consagrado a la investigación biotecnológica vegetal. A partir de esa época, el Departamento de Ingeniería genética es una de sus partes integrantes. Como en el caso de la investigación universitaria, la institucionalización de la investigación en ingeniería genética se encuentra plenamente establecida. En esta división, el líder del grupo negocia los mayores financiamientos y, por otro lado, los investigadores subordinados operan la investigación práctica y dirigen a los tesisistas.

Figura 5. INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA EN INGENIERÍA GENÉTICA



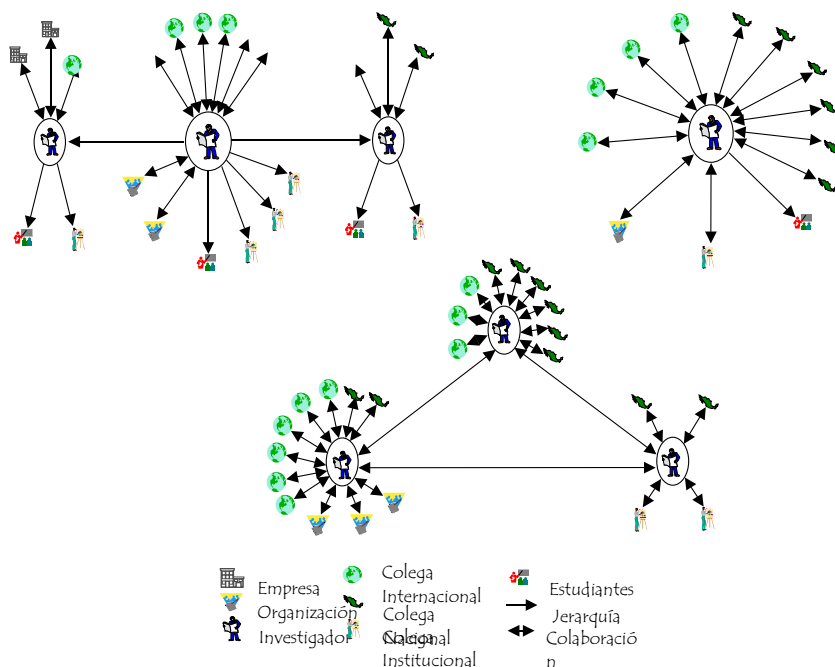
Fuente: propia

Esta red se compone de tres laboratorios, cada uno de los cuales tiene una especificidad técnica; pero en conjunto permiten realizar las tareas de transformación genética directa (biobalística), mapeo de genes mediante isoenzimas y RFLP, cultivo de tejidos y celular y, Micropropagación. Con estas técnicas, los investigadores pueden transformar genéticamente el maíz y dar seguimiento a los mapas genéticos. La movilización de la naturaleza genética a nivel de la manipulación ingenieril del genoma alcanza niveles internacionales.

Los aliados en esta red abarcan a colegas de nueve países, tres organizaciones internacionales vinculadas con la promoción de la biotecnología, dos empresas productoras de semillas, cinco colegas de la misma institución y múltiples colegas nacionales. Como en los dos modelos anteriores, los actores con los que los científicos tienen contacto no se agotan en la investigación relacionada con el maíz.

La conexión de los elementos de esta red es muy fuerte, intensa y muy estable. El núcleo ha trabajado conjuntamente por más de 10 años y esto determina la solidez del conjunto de la red, en la medida que existe una división del trabajo legitimada por los actores que participan en ella. El equipamiento de investigación se relaciona con los objetivos del conjunto de la investigación que lleva a cabo el equipo, permitiendo una gama de análisis y manipulaciones genéticas como pocos equipos de investigación tienen en el país.

Figura 6. INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA EN MAÍZ



## **Lectura de conjunto y conclusiones**

De conformidad con los elementos metodológicos de red que hemos establecido al comienzo de este trabajo, es posible extraer algunas conclusiones mediante una lectura general del campo de observación que nos fijamos (Figura 6).

Las redes no se pueden juzgar por su extensión, pues el número de conexiones de un investigador en biología molecular puede ser mayor que el que aglutinan los tres investigadores de la investigación biotecnológica federal. En realidad existen patrones de contactos relacionados con las prácticas científicas de cada área.

No se pueden juzgar las redes por la distancia de sus elementos, ya que los especialistas de la investigación biotecnológica federal comparten laboratorio pero sus relaciones son efímeras; en cambio, una relación internacional que es muy lejana puede tener rendimientos científico-tecnológicos muy productivos, es decir, en lugar de la distancia de elementos debemos hablar de intensidad de conexión.

Tampoco se pueden juzgar las redes por su interior o exterior, pues la relación de actores que hemos representado gráficamente se sostienen en la medida que todos los elementos desarrollan cierta estabilidad; el público y los aliados se mantienen en la red en la medida que la producción científico-técnica resulta exitosa.

La metáfora comunicacional tampoco puede emplearse adecuadamente para describir una red, ya que los elementos no funcionan como nodos sino como entidades de naturaleza distintas capaces de relacionarse por la acción de los investigadores.

En cambio, hemos visto cómo cada uno de los modelos de red corresponde a arreglos situados de organización de científicos, de tipos institucionales, de orientaciones de investigación permitidos por una infraestructura técnica de laboratorio, por ciertos compromisos con las disciplinas biotecnológicas y con el tipo de público y aliados que se solidarizan con la investigación.

El conjunto de la investigación biotecnológica tiene varios aspectos por abordar. La IBt no forma una red en sí misma, sus posibles elementos no están conectados. Sin embargo, tomando en consideración los tres modelos, se aprecia una distribución del trabajo compuesta por la biología molecular, la ingeniería genética y ciertos

desarrollos de la investigación biotecnológica federal. En realidad, estos modelos podrían eventualmente o coyunturalmente conectarse en la integración de una red de investigación biotecnológica del maíz.

La ausencia de un actor y un aliado caracterizan la posibilidad de una red biotecnológica en maíz. El actor ausente de esta constelación está constituido por las universidades agrícolas; ellas no le dan importancia a la investigación biotecnológica y siguen empleando técnicas de análisis y temas de estudio anacrónicas. El aliado ausente son las empresas semilleras. Ninguno de los 13 investigadores colabora con el sector privado nacional. Sólo dos investigadores tienen relaciones con empresas transnacionales: en un caso, se trata de probar líneas puras empleadas en la formación de híbridos comerciales de maíz; y en otro, únicamente en intercambios de información sobre plantas a la sequía.

Finalmente, quisiéramos anotar que la aplicación de la noción metodológica de red brinda la posibilidad de unificar la investigación sociológica de la investigación científico-técnica sin la pretensión de generar conceptos para extrapolarlos en todos los casos de estudio. Se trata de operar con un margen de maniobra tal que sea posible conceptualizar la investigación en situaciones particulares. De esta manera, las nociones de autonomía de los grupos de investigación, institucionalización de la investigación biotecnológica, núcleo de nociones fundamentales biotecnológicas y movilización de la naturaleza deben reconstruirse para otros casos de investigación. Gracias a esa libertad de investigación podrían explorarse otros ámbitos de la construcción de artefactos y de colectivos sociales.

*aah@uaemex.mx*

**Antonio Arellano Hernández.** Philosophiae Doctor (por la Université Laval; Canadá). Pos-doctorado en el Centro de Sociología de la Innovación de la Escuela Nacional Superior de Minas de París y el Laboratorio de Antropología Social de la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales, Francia. Adscrito a la Facultad de Ciencias Políticas y Administración Pública, Universidad Autónoma del Estado de México.

*cop@uaemex.mx*

**Claudia Ortega Ponce.** Doctorante en Ciencias Sociales en la Universidad Autónoma del Estado de México. Adscrita a la Facultad de Ciencias Políticas y Administración Pública, Universidad Autónoma del Estado de México.

Recepción: 12 de abril de 2005

Aprobación: 19 de mayo de 2005

## **Bibliografía**

- Anderson, W. (1990), *Diderot's Dream*, Baltimore: The Johns Hopkin's University Press.
- Arellano, H. A. (1999), *La producción social de los objetos técnicos agrícolas: antropología de la hibridación del maíz y de los agricultores de los Valles Altos de México*, Toluca: UAEM.
- Arellano, H. A. y P. C., Ortega (2002), "La caracterización de la investigación biotecnológica del maíz en México", en *Nueva Antropología*, vol. XVIII, núm. 60, pp. 47-68.
- Arroyo, Gonzalo y Mario, Waissbluth (1988), *Desarrollo biotecnológico en la Producción Agroalimentaria de México: Orientaciones de Política*, CEPAL-ONU, México, p. 118.
- Baark, Erik (1991), "El discurso internacional sobre política biotecnológica: el caso de la bioseguridad", en *Revista Mexicana de Sociología*, LIII, núm. 2, México, pp. 3-18.
- Callon, M. (1986), "Éléments pour une sociologie de la traduction, la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc", en *L'année sociologique*, 36:169-208.
- Casas, Rosalba (1992), *La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*, México: UAM-Azc. y UNAM.
- Casas, Rosalba (1993), *La investigación biotecnológica en México: tendencias en el sector agroalimentario*, México: Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, pp. 65-111.
- Cervantes, M. J. (1998), tesis de doctorado "Infiltración genética entre variedades locales e introducidas de maíz del sistema tradicional de Cuzalapa, Jalisco", Texcoco, México: Colegio de Posgraduados.
- Genetic Resources Action International (1999) <http://www.grain.org>
- Hughes, P. T. (1983), *Networks of power, Electrification in Western Societe, 1830-1930*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- \_\_\_\_\_, (1993), "The Evolution on Large Technological Systems", en *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge: The MIT Press, pp. 51-82.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP) (1998), *Plan de investigación biotecnológica CEVAMEX*, Texcoco : INIFAP.
- Latour, B. (1991), *Nous n'avons jamais été modernes*, Paris: La Découverte.
- \_\_\_\_\_, (1996), "On actor-network theory: a few clarifications", en *Soziale Welt*, 1996/47: 369-381.

- Latour, B. y S., Woolgar (1981), *Laboratory life: The Social Construction of Scientific Facts*, Beverly Hills: Sage.
- Law, J. (1989), "Le laboratoire et ses réseaux", en Callon, Michel (coord.), *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris: La Découverte.
- Massieu T., Yolanda (1990), "Crisis agropecuaria, neoliberalismo y biotecnología", en *Revista Sociológica*, núm. 13, México, pp. 99-123.
- Matus, G. et al. (1990), *Biotechnology and Developing Country Agriculture: Maize in México*, México: OCDE.
- Mestries, Francis (1990), "Los posibles impactos de la biotecnología en la agricultura mexicana", en *Revista Sociológica*, núm. 13, México, pp. 59-99.
- Sánchez de Jiménez, E. (1978), "Tissue culture studies in maize IATPC", en *News letters*, núm. 25:27-28.
- (SMBB) Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería (1996), *Fronteras en Biotecnología y Bioingeniería*, México, p. 14.
- Thierry, G. (1981), "Ethnotechnologie pour une analyse des interactions objets/sociétés", en *Culture technique*, 4:119-121.
- Vega E., Fernando (1989), "Posibles consecuencias ecológicas y limitantes de la biotecnología agrícola", en *Revista Nueva época textual* (análisis para el medio rural), núm. 25, México: Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 12-16.