

Procesos de construcción de “funcionamiento” de organismos animales genéticamente modificados: el caso de la vaca transgénica clonada (Argentina 1996-2006)

Hernán Thomas

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina/ thomas@unq.edu.ar

Mariano Fressoli

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina/ mfressoli@unq.edu.ar

Diego Aguiar

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina/ daguiar@unq.edu.ar

Abstract: This work analyses the socio-technical trajectory of the construction of a genetically modified animal in Argentina. We aim to reconstruct the diverse working ways of a singular GMO animal: high vertebrates used as human protein factories for pharmaceutical purposes. The particularities of this case lead to the research of two entwined problems. In the first place, the study in-the-making of the construction's process of a technological artifact helps to show how “working” is built. In the second place, the analysis of the construction of the “working” of a GMO animal may get us some clues to understand how at the same time that “working” is constructed the relation nature-culture is re-constructed and re-defined.

Keywords: Working, socio-technical artifacts, constructivism, transgenic organism, nature/culture.

Resumen: Este trabajo realiza un análisis de la trayectoria sociotécnica de la construcción de un organismo animal genéticamente modificado en la Argentina. Para ello intentamos reconstruir las diversas formas de funcionamiento de un OAGM singular: animales superiores utilizados como productores de proteínas humanas de uso farmacéutico. Las particularidades de este caso llevan a la indagación de dos problemas entrelazados. En primer lugar, el estudio *in the making* del proceso de construcción de un artefacto tecnológico permite visualizar cómo se construye “funcionamiento”. En segundo lugar, el análisis de la construcción del “funcionamiento” de un organismo genéticamente modificado nos da pistas para comprender de qué modo al mismo tiempo que se construye “funcionamiento”, se reconstruye y redefine la relación entre naturaleza y cultura.

Palabras clave: Funcionamiento, artefactos sociotécnicos, constructivismo, organismos transgénicos, naturaleza/cultura.

1. Introducción¹

En 1996 un grupo de investigadores de una empresa argentina, en asociación con centros públicos de investigación y desarrollo, decidieron iniciar la construcción de un artefacto tecnológico singular: un organismo animal genéticamente modificado (OAGM) productor de proteínas humanas, principal medio de producción del proyecto “Tambo farmacéutico”.

Este artefacto era visualizado en un principio como una solución potencial al problema del aumento de la escala de producción de drogas recombinantes, para satisfacer su creciente demanda. En el transcurso de este desarrollo se construyeron otros problemas, surgieron contingencias y se formularon soluciones que implicaron cambios en la especie del organismo a ser creado, la proteína a ser producida y el tipo de organización que iba a requerir este artefacto.

Aunque en el año 2002 fue anunciado el nacimiento de un OAGM productor de una droga recombinante, este hecho no constituyó en sí mismo una solución definitiva al problema planteado inicialmente. Como consecuencia de este desarrollo han surgido nuevos problemas (regulatorios, técnicos, culturales), que modificaron sucesivamente la forma original del proyecto. Debido a algunas de estas razones este proceso no se encuentra estabilizado. No obstante, para los miembros de la empresa se puede sostener que el proyecto “Tambo farmacéutico” presenta diversas formas de “funcionamiento”.

A diferencia de los estudios que describen linealmente la historia de los artefactos tecnológicos (como un proceso que va desde la concepción, la selección de diseño, su desarrollo y aplicación), el estudio *in the making* permite observar los procesos simultáneos y divergentes de construcción de su “funcionamiento”. A través de este concepto se pretenden evitar dos problemas: por un lado, la noción de funcionamiento desafía el carácter estático otorgado a los artefactos tecnológicos. Por el otro, al admitir la posibilidad de varias formas de funcionamiento, esta noción permite descentrar el objeto dando cuenta de los diversos significados que conviven encarnados en un artefacto tecnológico.

¹ Este trabajo forma parte de una investigación realizada con el apoyo de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

El análisis de este particular proceso posibilita visualizar de qué manera, al mismo tiempo, se genera un fenómeno de co-construcción de naturaleza y cultura.

El artículo está estructurado en seis secciones. La primera es esta introducción. En la segunda, se analiza brevemente el alcance del concepto “funcionamiento”, de acuerdo con la perspectiva teórica de Wiebe Bijker, así como algunas herramientas analítico-conceptuales de los estudios de la Construcción Social de la Tecnología (*Social Construction of Technology*: SCOT). En la tercera, se describe de manera sintética el caso estudiado. La cuarta sección relata en cuatro fases la construcción del “funcionamiento” del OAGM productor de proteínas humanas. En la quinta se efectúa un análisis de formas diversas y complementarias de construcción de “funcionamiento”. En la sexta se propone, a modo de conclusiones, una serie de derivaciones teórico-conceptuales del estudio de base empírica.

2. Acerca del concepto “funcionamiento”

El concepto “funcionamiento de las tecnologías” suele presentarse en la literatura asociado a las nociones de apropiabilidad y utilidad. En los estudios deterministas tecnológicos, además, estas cuestiones aparecen “end of pipe”, como resultado final de los procesos de I+D o diseño de tecnologías.

En el campo de la sociología de la ciencia y la tecnología, es posible registrar desarrollos conceptuales alternativos al determinismo tecnológico, focalizados en procesos sociales de construcción de la utilidad de los conocimientos: Collins (1981a, 1981b, 1985), Shinn (1982, 1988) y Lemaire y Darmon (1983) —en el campo de la sociología de la ciencia— y de Callon (1987, 1992), Pinch, Bijker (Pinch y Bijker, 1987; Pinch, 1992; Bijker, 1995) —en el campo de la sociología de la tecnología. Cabe señalar, finalmente, la aparición de una línea de investigación, basada en el concepto de “technisation des connaissances” (Mignot y Poncet, 1998).

Es posible detectar un desarrollo relativamente reducido de la temática por parte de autores latinoamericanos. Ya en los sesenta, la cuestión era planteada en términos antitéticos, en el marco de una polémica que oponía a “científicos” con quienes abogaban por una “ciencia comprometida con necesidades sociales” (Varsavsky, 1969). Desde entonces, se han llevado a cabo escasas investigaciones —en el campo de

la sociología de la ciencia en América Latina— que aportaran elementos para la comprensión de esta tensión. Sólo en años recientes es posible registrar la realización de algunos estudios orientados a la construcción de una agenda interpretativa sobre la apropiabilidad y la utilidad de la producción de conocimientos en el contexto local. Cabe contar entre estos trabajos las investigaciones de Vessuri (1993) en Venezuela; Cueto (1989) en Perú; Velho (1985), Velho y Dagnino (1998), y Dagnino y Thomas (1997, 1999) en Brasil; Charum y Prado (1995) en Colombia; Thomas (1995), Kreimer (1999), Kreimer y Thomas (2003, 2004), Vaccarezza (1990, 1994), Vaccarezza y Zabala (2002) en Argentina, y parcialmente los artículos publicados en el volumen colectivo editado por Gómez y Jaramillo (1997).

Es de notar, sin embargo, que en tanto las nociones de *utilidad* y *apropiabilidad* han recibido relativamente mayor atención (en particular vinculadas con la producción de conocimientos científicos), pocos son los estudios sociológicos sobre procesos de construcción de *funcionamiento* de la tecnología. Sólo es posible registrar dos líneas de trabajo en este sentido.²

La primera aproximación, de carácter tentativo, es desarrollada por Michael Mulkay (1979), quien busca analizar cuál es la relación entre validez del conocimiento y aplicación práctica. Ello requiere considerar el modo en que el conocimiento científico es reelaborado de acuerdo con las condiciones de aplicación técnica en diferentes contextos y usos sociales. Mulkay rechaza el modelo lineal que postula que “la ciencia desarrolla conocimientos, la tecnología los aplica”. Reconoce que es posible y necesario analizar sociológicamente la construcción de “funcionamiento” (*work*) de un artefacto (como significado atribuido por distintos actores), y llama la atención sobre la escasa cantidad de estudios que toman a este problema como eje.

² Tal vez debido al escaso desarrollo alcanzado por los estudios sociales de la tecnología en América Latina, prácticamente no se registran análisis sobre procesos de construcción de funcionamiento en la región. Sólo de manera tangencial, algunas críticas a la transferencia de tecnologías —generadas en la matriz antidependentista— abordan problemas vinculados al no-funcionamiento de tecnologías —desarrolladas en países centrales— en contextos periféricos.

Este es uno de los puntos de partida que componen la segunda aproximación a la noción de “funcionamiento” realizada desde los estudios de la Construcción Social de la Tecnología (SCOT), desarrollados por Trevor Pinch y Wiebe Bijker.

Esta aproximación teórica surgió como una extensión de los estudios sociales de la ciencia (en particular, del programa relativista efectuado por Collins en la universidad de Bath) a los problemas que presentaba el análisis de artefactos tecnológicos, heredando de esta forma sus herramientas conceptuales iniciales —grupos sociales relevantes, flexibilidad interpretativa— (Pinch y Bijker, 1987). Así, el estudio de la emergencia de un artefacto tecnológico se logra mediante el análisis de las controversias sociales a partir de la cual ésta se establece. Para el marco SCOT es fundamental responder a las siguientes preguntas: ¿por qué un artefacto tecnológico es como es y no de otra manera?, ¿por qué determinado artefacto deviene más exitoso que otros? y ¿cuáles son las distintas articulaciones sociales y técnicas que favorecen el éxito de un artefacto sobre otro? (Bruun y Hukkinen, 2003).

La respuesta a estas preguntas son buscadas tomando en cuenta dos posicionamientos relativistas básicos. El primero afirma que los artefactos tecnológicos se encuentran constituidos como ensamblajes heterogéneos entre actores sociales y artefactos. Por consiguiente, no es posible considerar a los artefactos como puramente tecnológicos (o inversamente, a las formas sociales como puramente sociales), sino como resultados de la dinámica de procesos de constitución de “ensamblajes sociotécnicos” (Bijker, 1995).

El segundo posicionamiento parte de considerar como contingente la forma de un artefacto o tecnología. Es decir, el diseño de los artefactos se construye como resultado de las disputas, presiones, negociaciones y convergencias que van conformando el ensamblaje heterogéneo entre actores y objetos.

La contingencia señala al mismo tiempo el carácter abierto de los procesos de construcción tecnológica como la necesidad de un abordaje relativista, porque los artefactos sociotécnicos que son vistos como exitosos por determinados grupos sociales pueden, al mismo tiempo, ser considerados como fracasos por otros grupos. A lo largo de su existencia y, fundamentalmente, durante su proceso de generación, los diferentes actores involucrados en el proceso otorgan significados divergentes al artefacto.

El concepto “flexibilidad interpretativa” permite deconstruir la unicidad del artefacto, dando cuenta de esta diversidad de asignaciones de sentido. Así, la flexibilidad interpretativa permite visualizar de qué modo los distintos actores sociales que participan de la construcción plantean problemas y soluciones que intervienen sobre el mismo diseño del artefacto. A medida que los actores construyen consenso sobre los significados del artefacto, se generan “grados de estabilización” del artefacto. Si, eventualmente, el consenso se generaliza, tiene lugar un momento de “clausura”: de cierre del proceso de flexibilidad interpretativa de sentido del artefacto. Al producirse el fenómeno de clausura y estabilización, se origina un oscurecimiento de los hechos que llevaron a la construcción final del artefacto y, con ello, de su contingencia: el artefacto deviene en una “caja negra”. Si bien Bijker piensa que la flexibilidad interpretativa de los artefactos nunca se encuentra definitivamente clausurada, señala que el proceso tiende hacia la irreversibilización de la forma de los artefactos. El efecto problemático de la irreversibilidad es que dificulta “concebir el mundo tal cual existía antes de la clausura” (Bijker, 1995: 271).

Para estos autores la construcción social del “funcionamiento” (*working machines*) de un artefacto aparece, en este abordaje, como una extensión del principio de simetría de Bloor:

Esto es análogo a argumentar que la “Naturaleza” no puede desempeñar el papel de explanans, en el sentido enunciado por Bloor (1973, 1976) en su “programa fuerte”. La “Naturaleza” no puede ser invocada para explicar la verdad de las creencias científicas, ni específicas circunstancias sociológicas pueden ser invocadas exclusivamente para explicar la falsedad de las creencias científicas. Este “principio de simetría” pugna por la imparcialidad respecto de la verdad o falsedad de las creencias científicas por parte de los sociólogos que analizan los desarrollos científicos (Bijker, 1995: 75-76).

A través del concepto de flexibilidad interpretativa, Pinch y Bijker (1987) extienden este principio para argumentar que el “funcionamiento” o “no-funcionamiento” de las máquinas debe ser analizado simétricamente. El “funcionamiento” de una máquina no debe ser considerado como el *explanans* sino como el *explanandum*: “El funcionamiento de una máquina no debe ser considerado como la causa de su éxito sino como el resultado de haber sido aceptada por grupos sociales relevantes” (Bijker, 1995: 119).

Bijker (1995) explica que el “funcionamiento” de los artefactos no es algo dado, “intrínseco a las características del artefacto”, sino que es una

contingencia que se construye social y culturalmente: “El éxito de un artefacto es precisamente aquello que necesita ser explicado. Para una teoría sociológica de la tecnología no debería ser el *explanans*, sino el *explanandum*” (Pinch y Bijker, 1987: 24).

El proceso de construcción de “funcionamiento” es el foco de interés teórico de este trabajo. El análisis de base empírica de un proceso de construcción de un artefacto tecnológico *in the making* (en este caso, del desarrollo de un OAGM) permite observar la generación (concepción, propuesta, planteo problema-solución, negociación) no ya de uno, sino de varios significados sociales o formas de “funcionamiento” simultáneas y divergentes.

Con este objetivo, el artículo analiza la trayectoria sociotécnica del proceso de construcción de “funcionamiento” del proyecto “Tambo farmacéutico” y de su principal medio de producción —una vaca transgénica clonada—, desarrollado por una firma argentina entre los años 1996 y 2006.

Una trayectoria sociotécnica (Thomas *et al.*, 2004) es un proceso de coevolución de productos, procesos productivos y organizacionales, e instituciones, relaciones usuario-productor y usuario-proveedor, procesos de *learning*, racionalidades, políticas y estrategias de un actor (firma, institución de I+D, universidades, etc.), o, asimismo, de un marco tecnológico (Bijker, 1995) determinado (tecnología nuclear, siderurgia, etcétera).

Tomando como punto de partida un elemento sociotécnico en particular, por ejemplo una tecnología (artefacto, proceso, organización determinada), una firma, un grupo de I+D, este concepto —de naturaleza eminentemente diacrónica— permite ordenar relaciones causales entre elementos heterogéneos en secuencias temporales. Así, el concepto resulta particularmente adecuado para analizar secuencias de construcción de relaciones problema-solución y procesos de construcción de “funcionamiento” de un artefacto o de una tecnología.

3) El caso escogido: el proyecto “Tambo farmacéutico”

El caso escogido para el análisis constituye una experiencia relevante de desarrollo tecnológico: el área de biotecnología farmacéutica. La empresa constructora del artefacto analizado es una firma familiar de capitales argentinos. Inició sus actividades en 1980 como Área de Biotecnológica

de un grupo farmacéutico, para luego, en 1983, constituirse como empresa independiente dentro del grupo.

En 1990, la firma lanzó al mercado su primer producto genérico biotecnológico: Eritropoyetina recombinante, que fue rápidamente seguido por otras seis moléculas genéricas recombinantes comercializadas en mercados nacionales y extranjeros. A partir de fines de la década de 1990, la empresa entró en una fase de consolidación y diversificación, al encarar nuevos proyectos (investigación en terapias génicas, desarrollo de productos y novedosas formas de producción de drogas recombinantes).

Actualmente la empresa emplea alrededor de 360 personas, de las cuales 30% son investigadores profesionales. La facturación anual se ubica cerca de los 24 millones de dólares y la inversión en I+D alcanzó, en el año 2005, alrededor de dos millones de dólares.

Facturación y gastos de I+D de la empresa			
	Año 2003	Año 2004	Año 2005
Facturación anual en USD	19.778.031	22.046.927	23.918.092
Gasto en I+D en USD	1.625.355	1.993.292	2.093.173
Porcentaje	8.22	9.04	8.75

Fuente: Gerencia de Administración de la empresa.

La empresa ocupa una posición significativa en el sector biotecnológico local. Según datos recientes, en la Argentina el total de ventas de las empresas biotecnológicas del sector Salud Humana para el año 2002/2003 sumaron aproximadamente 36 millones de dólares, y el gasto en I+D en el sector alcanzó 5.5 millones de dólares. De esta forma, el gasto en I+D de la empresa durante el año 2003 constituyó 30% del total invertido por el sector (Bisang *et al.*, 2005).³

Junto con empresas como GTC Biotherapeutics, esta empresa es una de las pocas farmacéuticas en el mundo que ha iniciado procesos de

³ Aunque, según cálculos complementarios, la inversión de la firma es inferior al promedio del gasto en I+D del sector, que alcanzaría 15.5%.

aumento de la escala de producción de moléculas recombinantes, a través de la clonación y transgénesis de organismos animales superiores.

4) Proceso de construcción de “funcionamiento” de un OAGM

Primera fase: la construcción de un problema

Hacia mediados de los noventa, la empresa comenzó a alinear tres hechos diferentes para establecer las coordenadas de una nueva estrategia de desarrollo. Estos eran: la caída prevista de las patentes de las principales drogas recombinantes, la dificultad para aumentar la capacidad de producción de tales proteínas con los sistemas tradicionales, y la intención de adquirir conocimientos y habilidades sobre nuevas tecnologías

Percepción del mercado de biogénicos

A partir del año 2006 expirarían las patentes de once drogas recombinantes, cuyo volumen de ventas anual mundial se encuentra alrededor de los trece mil millones de dólares (Nieminen y Nordström, 2004). Algunas de estas drogas, tales como el Interferon alfa 2b, el Filgrastim, la Eritropoyetina o la Hormona de Crecimiento Humano ya eran producidas por la firma. Existen aún varias disputas sobre la forma que va a adoptar el futuro mercado de biogénicos, y sus características son todavía inciertas (Chamberlain, 2004). A pesar de ello, dado el volumen de ventas que implican estas drogas, la oportunidad de competir en este mercado era tentadora si se lograban obtener productos a costos competitivos. Sin embargo, previamente debía ser elaborada una nueva estrategia de producción.

Aumento de la escala de producción

En este contexto uno de los problemas más difíciles es la construcción de mecanismos para aumentar la escala de producción de las moléculas recombinantes. Las plantas de cultivo celular o bacteriano enfrentan varios problemas, por ejemplo: intensivos requerimientos de automatización y altos costos de producción e insumos muy específicos. En los países centrales se calcula que el costo de la construcción de una nueva planta de producción de cultivo celular de 10 mil litros se ubicaba entre los 250 y 500 millones de dólares, sin contar el tiempo de construcción y aprobación que puede tomar hasta cinco años (Dyck *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta este hecho, los directivos de la empresa decidieron encarar un proyecto arriesgado y relativamente inusual, la

construcción de animales genéticamente modificados como productores de proteínas humanas.

Adquisición de nuevas tecnologías

Por último, otra de las cuestiones estratégicas tomadas en cuenta por los directivos e investigadores de la firma fue el deseo de adquirir conocimientos y competencias en el manejo de tecnologías transgénicas en animales. Como afirma un gerente de la empresa:

Honestamente en un comienzo [el proyecto] fue un poco una curiosidad [...] cuando hay una tecnología buena y uno conoce gente que está trabajando en eso, ya de por sí uno apuesta a tener esta tecnología aunque no tenga un objetivo inicial muy concreto.

Aquí se conjugaron el desafío y oportunidad presente en la nueva tecnología con un deseo de resolver problemas. Para los investigadores de la empresa, en particular la existencia de un desafío tecnocognitivo se imponía, al principio, por sobre la utilidad efectiva del proyecto.

Construcción de un problema

En esta fase los directivos e investigadores de la empresa comienzan a construir un problema: competir en el mercado de biogénicos aumentando su escala de producción disponible y al mismo tiempo reduciendo los costos que implicaban los sistemas de cultivo bacteriano o celular. Frente a este problema, se elabora una estrategia de solución inusual: la construcción de un OAGM como bioreactores productores de proteínas humanas recombinantes. Esta estrategia constituye la primera noción de funcionamiento que, en líneas generales, se mantiene a lo largo de la trayectoria del artefacto, más allá de los cambios en las formas del problema, su alcance, la forma del artefacto y de los mismos actores que lo construyeron.

Debido a las dificultades que presentaba esta solución, dicha estrategia de aumento de la escala fue considerada solamente por un puñado de empresas en el mundo. La firma analizada fue el único caso conocido en América latina.

Segunda fase: hacia un bioreactor productor de proteínas humanas. Limitaciones sociotécnicas de la primera forma del proyecto. Creación de nuevos problemas

En 1996 la empresa realizó una serie de convenios con instituciones públicas de investigación (principalmente de la Universidad de Buenos Aires [UBA], en especial el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular [INGEBI] y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas [CONICET]), con el fin de comenzar a desarrollar el nuevo bioreactor. La estrategia de asociación con otras empresas o instituciones públicas para I+D se encuentra muy extendida en el sector biotecnológico (Rabinow, 1996; Fransman, 2001).

En este caso, los investigadores de la empresa no disponían de la mayoría de los conocimientos ni del equipo necesario para encarar un desarrollo de este tipo. Así, en esta fase fue necesario armar un grupo de I+D, en el cual participaron en total doce equipos de investigación entre públicos, privados externos, y pertenecientes a la empresa. La coordinación de todo el proyecto era compartida entre la firma y una de las instituciones públicas, mientras que la unidad de vinculación tecnológica de la UBA (UBATEC) realizaba las tareas de administración; el financiamiento del proyecto se llevó a cabo a través de un crédito de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT) y del CONICET de aproximadamente un millón de dólares.

En un inicio, la intención del proyecto era obtener cabras y vacas transgénicas para la producción de una proteína humana: el activador tisular del plasminógeno humano (*human plasminogen tissue activator*: htPA). Esta proteína no se hallaba entre las moléculas ya producidas por la empresa.

Dada la diversidad de disciplinas involucradas (veterinaria, embriología, biotecnología) y la diferente adscripción institucional de los investigadores, el proyecto requería atención y coordinación precisa entre los equipos de trabajo. Una parte de los equipos de investigación públicos se ubicaban en lo que Shinn (2000) denomina régimen disciplinario de producción de conocimiento, con lo cual prestaban más atención a los requerimientos de publicación y prestigio de su campo que a las características del trabajo orientado hacia un proyecto, propias de un régimen transversal. Este choque de dos regímenes de producción diferenciales fue un obstáculo en la coordinación requerida para el “funcionamiento” del desarrollo.

Técnica de microinyección

Con el fin de generar un embrión transgénico se utilizó la técnica de microinyección de ADN recombinante. Esta técnica consiste en la inyección de una solución que contiene ADN codificante para la proteína seleccionada en el pronúcleo de un ovocito fecundado. La misma fue empleada con éxito por primera vez en 1980 en ratones, y a partir de ésta se produjeron cabras, cerdos, ovejas y vacas transgénicas (Brink *et al.*, 2000). Sin embargo, dicha técnica ofrece algunos inconvenientes, entre ellos se cuenta la baja tasa de nacimientos transgénicos: menos de 5% para cabras, ovejas y vacas (Brink *et al.*, 2000: 141).

Conjunción negativa de hechos técnicos y sociales. Construcción de “no-funcionamiento” del proyecto

Durante este periodo la empresa se encontró con varias dificultades. Las limitaciones de la técnica de microinyección se combinaba negativamente con problemas organizacionales y de diferencias en los criterios de investigación entre los equipos de trabajo de la empresa y algunos de los equipos de investigación públicos. Como consecuencia, los resultados durante esta fase fueron desalentadores: llegaron a producirse ratones transgénicos, pero no tuvieron éxito en el caso de cabras y vacas. Debido a estos inconvenientes y a la falta de resultados, en 1998 el gerente de desarrollo y el presidente de la empresa decidieron cancelar anticipadamente el proyecto cuando ya se había otorgado cerca de 80% de los fondos para su desarrollo. El criterio de los directivos de la empresa era que bajo esta articulación sociotécnica (baja eficiencia de la microinyección recombinante y falta de coordinación entre los equipos de investigación), la estrategia de solución del problema producía el “no-funcionamiento” del “Tambo farmacéutico”.

En este punto, un nuevo problema fue creado por los investigadores de la firma: la necesidad de trazar una nueva estrategia de solución que vinculara técnicas biotecnológicas diferentes con una nueva forma organizacional.

Tercera fase: nuevas estrategias de solución. Redefinición del artefacto y de la estrategia sociotécnica, nuevos problemas

Hacia marzo de 2000, después de un año y medio de suspensión del proyecto “Tambo farmacéutico”, los directivos de la firma decidieron reiniciar la generación de OAGMs, pero esta vez trazando modificaciones

que pueden calificarse como sociotécnicamente significativas. En parte, este cambio se relaciona con cambios radicales en el escenario de la biotecnología, debido a la primera clonación de un animal superior adulto a partir de células somáticas (Kolata, 1998).

Aunque al principio existían dudas acerca de la posibilidad de repetir esta experiencia, para los miembros de la empresa este hecho revitalizó las intenciones de construir un bioreactor animal, y se iniciaron negociaciones para recomenzar el proyecto utilizando la reciente técnica de transferencia nuclear. Otra vez fue necesario obtener capacidades y materiales que la empresa no disponía, para lo cual se contactó a un investigador argentino radicado en el extranjero que tenía experiencia en clonación y se decidió invertir en equipos para su desarrollo.

Clonación y transgénesis

En la clonación de animales superiores se usa como metodología la técnica de transferencia nuclear. Esta técnica consiste en la introducción de un núcleo de células fetales no diferenciadas en el óvulo enucleado no fertilizado de un animal donante. Luego de ser activado mediante un pulso eléctrico y mantenido en cultivo durante un breve periodo, el embrión producido es luego transferido a un animal receptor hasta su nacimiento.

A diferencia de la técnica de microinyección, la técnica de transferencia nuclear permite "seleccionar y expandir las células caracterizadas como transgénicas, con anterioridad a la generación de embriones transferibles", reduciendo la tasa de nacimientos de animales no transgénicos (Brink *et al.*, 2000: 143-144). Uno de los puntos decisivos del proceso de clonación es la preparación de las células donantes para que entren en estado *G0*, lo que modifica su crecimiento y permite la sincronización celular entre el núcleo donante y la célula receptora.

A esta nueva técnica se le sumaron las capacidades técnico-cognitivas disponibles en la firma tales como las referidas a la identificación, aislamiento y la transfección de genes, que ya eran utilizadas en la puesta a punto de las drogas producidas por la empresa. Se montó, además, un laboratorio de clonación para el cual se adquirieron equipos para realizar la micromanipulación de embriones, estufas de cultivo y otros. Al mismo tiempo, se comenzó una búsqueda de información sobre los cuidados que requieren los animales clonados a través de revistas especializadas.

Por último, se construyó un quirófano de campo completo adaptando elementos (esterilidad de la sala y del suelo, iluminación del lugar, poleas para manejar a los animales, instrumentos de intubado respiratorio, etc.) destinados al cuidado especial que necesita el nacimiento de animales clonados.

Nueva forma organizacional: cooptación de recursos y producción in-house

Simultáneamente se decidió concentrar la dirección del equipo de investigación en un miembro de la empresa: el gerente de desarrollo, quien llevó a cabo la coordinación de todo el programa. Este directivo tomó la decisión de contratar parte del personal de los centros de investigación públicos que habían participado en la fase anterior de desarrollo. De esta forma la empresa se aseguró el control de la mayoría de las fases del proyecto; áreas como las de clonación y de tareas veterinarias pasaron a responder directamente a los directivos de la empresa.

En el comienzo de esta fase del proyecto, los equipos de investigación empezaron a desarrollar de manera simultánea la clonación de cabras y vacas. El primer intento de clonación se realizó en vacas y resultó en el nacimiento de un animal muerto el 28 de enero de 2002. Aunque este hecho no puede considerarse totalmente exitoso, demostró el “funcionamiento” de una parte significativa del proyecto: las capacidades técnicas adquiridas en clonación y la factibilidad de efectuarlo en bovinos. Sumado a esto se ponderó la mayor disponibilidad en la Argentina de bovinos y de capacidades cognitivas sobre esta especie (veterinaria, embriología, inseminación artificial) por sobre los caprinos. Como consecuencia se decidió descartar la clonación de esta última especie y continuar la construcción de vacas transgénicas.

En este punto, la empresa también decidió cambiar la proteína que pretendían producir a través del bioreactor animal. Mientras que en la primera fase se intentó la producción del htPA (Activador del Plasminógeno Tisular), durante esta fase se decidió producir la Hormona de Crecimiento Humano (*human growth hormone*: hGH).

Entre las razones para este cambio está la necesidad de los investigadores de reducir el nivel de riesgo del proyecto. Mientras que elegir el htPA implicaba la incorporación de un nuevo producto para la empresa, al mismo tiempo se necesitaba desarrollar procesos de identificación, aislamiento y transfección del gen, así como el proceso de

purificación. Por el contrario, la hGH era una molécula ya producida por la empresa, y se tenía conocimiento de estos procesos para su expresión de manera recombinante en bacterias y su purificación posterior.

Para octubre de 2002, dos meses después del nacimiento de la primera ternera clonada, ya se contaba con otras cuatro terneras clonadas. Tres de ellas son transgénicas, portadoras del gen que expresa en su leche la hGH. Un año después, la empresa anunció que una de las terneras transgénicas había comenzado a producir leche conteniendo la hGH.

Conjunción positiva de los hechos sociales y técnicos. Primera forma de “funcionamiento” del OAGM a escala piloto

Durante esta fase fueron varios los cambios en la construcción del proyecto “Tambo farmacéutico” respecto a la configuración sociotécnica anterior.

Se produjeron modificaciones organizacionales y técnicas simultáneas. Se decidió concentrar la coordinación de los recursos en directivos de la empresa. Al mismo tiempo, se cooptaron recursos humanos de los institutos de investigación que participaron de la primera fase y se realizó una fuerte inversión en instrumental e infraestructura para poder albergar la investigación dentro de las instalaciones de la firma.

La empresa reutilizó capacidades de ingeniería genética y, a su vez, incorporó técnicos capaces de manejar las nuevas técnicas de clonación, neonatología y veterinaria.

La nueva técnica de clonación mejoraba notablemente la eficiencia del proceso de transgénesis en relación con la técnica de microinyección. Sin embargo, su disponibilidad no explica por sí misma el nacimiento de las terneras clonadas. Es su articulación con una nueva forma organizacional en una red sociotécnica bajo coordinación directa de la empresa lo que configura las condiciones de “funcionamiento” del proyecto.

De esta manera, los clones transgénicos constituyen un artefacto singular, las vacas transgénicas que se presentan como primera “solución” al problema planteado en la primera fase: la necesidad de competir en el mercado de biogénicos con “plataformas de producción” de proteínas más eficientes y menos costosas que las tradicionales. En este proceso se tomaron decisiones que modificaron en gran medida los primeros bocetos de solución del problema: de cabras transgénicas se pasó a la construcción de bovinos transgénicos, al mismo tiempo se cambió el tipo

de droga a producir al pasar del htPA a la hGH. Simultáneamente se pasó de un diseño organizacional que privilegiaba “instituciones híbridas” (Fransman, 2001) a un gerencia de proyectos fuerte que cooptaba recursos, imponía tiempos de desarrollo y promovía la producción *in-house*.

Todas estas modificaciones implican una resignificación de la relación problema-solución, de las estrategias trazadas y de las formas de construir “funcionamiento”, pero también de los actores que participaron del proyecto, de las técnicas y equipos utilizados, y de las formas de enrolamiento de los mismos.

A diferencia de la segunda fase, estas resignificaciones resultaron en una disminución de la “flexibilidad interpretativa” así como en la construcción de “funcionamiento” del “Tambo farmacéutico”. Una vez que el “Tambo farmacéutico” comenzó a “funcionar” a escala piloto, la empresa empezó a cambiar la escala. Con ello se crearon nuevos problemas, pero también se extendió y complejizó lo que la empresa consideraba “funcionamiento”.

Empero, lejos de estar clausurado, el “funcionamiento” del proyecto enfrentaba todavía otros desafíos técnicos y sociales que configuraron nuevos problemas, otras estrategias de solución y, eventualmente, nuevas formas de “funcionamiento”.

Cuarta fase: de la escala piloto a la escala productiva. Construyendo “funcionamiento” más allá del laboratorio

El nacimiento de los primeros animales clonados y transgénicos, y la comprobación en octubre de 2003 de la expresión de la proteína en la leche de una de las terneras permitió la extensión y diversificación de los alcances del proyecto. Durante esta fase los problemas del proyecto cambiaron, pasando de la escala piloto a la escala productiva, pero también se sumaron actores y aumentó la complejidad del mismo.

Aumentando la escala del proyecto

Durante esta fase se continuó el trabajo de producción de clones transgénicos hasta disponer de un rodeo de aproximadamente una docena de animales capaces de producir la hGH en su leche; una parte de los animales fue obtenida a través de la clonación de clones. También se propuso la obtención de un toro transgénico que permitiera continuar la ampliación del rebaño transgénico por medio de la reproducción sexual.

De esta manera, los investigadores del proyecto pretenden sostener su línea de producción de terneras transgénicas evitando el costoso proceso técnico de clonación y transgénesis. El nacimiento del primer ternero macho transgénico fue anunciado en diciembre de 2004.

A medida que se consolidó el proyecto, se tomaron medidas para construir su “funcionamiento” a escala productiva. Se invirtió en equipos y en personal de seguridad para el campo. Se instauró un mecanismo de control de la circulación de los animales para separar los clones y las vacas receptoras de los animales transgénicos. Sobre estos últimos se elaboraron historias clínicas completas, y se establecieron controles y una dieta específica a cargo de un equipo de veterinarios que realiza guardias las 24 horas en el campo. Por último, se iniciaron las gestiones para obtener cuatro patentes sobre el proceso de producción de animales transgénicos, y el proceso de producción y purificación de las proteínas obtenidas en la leche de las vacas transgénicas.

Una vez que se obtuvo el rodeo de vacas productoras de hGH, se decidió usar la capacidad ociosa del equipo de trabajo para comenzar la construcción de OAGM productores de otras proteínas recombinantes.

Aparición de nuevos actores y problemas. El problema regulatorio

Otro de los problemas que la empresa debió enfrentar se relaciona con la ausencia de marcos regulatorios establecidos, tanto sobre la creación de OAGM como sobre la posibilidad de producir medicamentos recombinantes en bioreactores animales. Este vacío legal facilitó una interacción fluida entre los miembros de la empresa y el personal de los organismos regulatorios. En la Argentina, para el caso del “Tambo farmacéutico”, las regulaciones se encuentran divididas entre la fase de aprobación de drogas y procesos farmacéuticos, a cargo de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) y la fase de aprobación de organismos genéticamente modificados y su liberación a campo, que corresponde a la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agrícola (CONABIA).

La legislación mundial sobre productos farmacéuticos no disponía hasta hace poco tiempo de ningún caso testigo de producción de medicamentos a partir de bioreactores animales (Larrick y Thomas, 2001; Dyck *et al.*, 2003). Uno de los principales inconvenientes para su aprobación había sido la posibilidad de infecciones por virus desconocidos o de enfermedades tales como las de la “vaca loca”. Sólo

recientemente la EMEA (European Medicines Agency) aprobó la comercialización de la droga “Atryn” producida en cabras transgénicas por la empresa GTC Biotherapeutics.

En el caso de las normativas sobre liberación a campo, la firma colabora con la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Argentina (CONABIA) en la elaboración de las regulaciones. En el caso del “Tambo farmacéutico”, la aprobación de la resolución que regula los requisitos para proyectos de OAGM se realizó en julio de 2003, con posterioridad al nacimiento de los primeros OAGM. La aprobación de la liberación a campo de los animales se obtuvo en diciembre de 2005. La falta de experiencia en el país sobre cuidados sobre animales transgénicos y las pocas experiencias conocidas han llevado a que se negocien continuamente las medidas sanitarias entre el personal de CONABIA y el personal de la empresa.

No obstante, aún persisten en la Argentina cuestiones abiertas que impiden el cierre del artefacto. Éstas se relacionan con la falta de aprobación legal definitiva del OAGM generado.

Complejización del “funcionamiento”

En esta fase se visualizan varios procesos que diversifican el alcance productivo del “Tambo farmacéutico” de OAGM. El pasaje del laboratorio a la escala productiva presenta nuevos problemas de interpretación y diferencias operativas. Esto representa una complejización del proceso de producción de “funcionamiento” que modificó el ensamble sociotécnico. El cambio de escala del proyecto aumentó el diálogo interdisciplinario dentro y fuera de la empresa, mientras se incorporaban nuevos actores y disciplinas. Este pasaje no puede ser considerado simplemente como difusión del artefacto, sino que implica un verdadero proceso de resignificación (del artefacto y de los actores enrolados) desde el laboratorio a la escala productiva.

La co-construcción de procesos de control con los organismos regulatorios, la obtención de patentes, la construcción de la seguridad y la salud de bioreactor, etc. son elementos que refuerzan y extienden el “funcionamiento” del “Tambo farmacéutico”, inclusive cuando el OAGM no dispone aún de aprobación legal.

En este sentido, es necesario preguntarse si la ausencia de clausura legal significa que el artefacto no funciona propiamente, o no lo hace para otros actores (ANMAT). Pero responder afirmativamente a esta cuestión

implica considerar sólo una forma de “funcionamiento”, entre las varias que construyen los miembros de la empresa. El “Tambo farmacéutico” pasó de ser un sistema de producción de la hGH a ser pensado como un bioreactor capaz de producir varias proteínas. Al mismo tiempo, es considerado una forma de adquirir conocimientos y habilidades en nuevos procesos tecnológicos (y su propiedad bajo la forma de patentes), que pueden ser negociados con otras empresas. En este sentido, el artefacto analizado soporta una multiplicidad de formas de “funcionamiento”.

En la próxima sección consideraremos de qué modo la empresa construye a partir del mismo artefacto otras formas de “funcionamiento”.

5) Otras formas de “funcionamiento”. Construcción de prestigio y resignificación de la biotecnología

Existen otras dos formas de construcción del “funcionamiento” del “Tambo farmacéutico” que se encuentran íntimamente ligadas con la estrategia de la firma. Esta estrategia se basa en la divulgación científica del la construcción de los terneras clonadas. La apuesta es dual: por un lado, al exhibir el desarrollo del “Tambo farmacéutico”, los directivos de la empresa construyen simultáneamente capital con base en sus capacidades tecnológicas en el sentido empleado por Callon (2006); es decir, no simplemente como la generación de un *stock* de capacidades y prestigio, sino como una estrategia de movilización e incorporación de intereses para enlazar nuevos actores.

Es esencial resaltar la importancia de este punto. Aunque el “Tambo farmacéutico” literalmente no está en condiciones de producir productos comercializables debido a la falta de aprobación legal del sistema de producción, los miembros de la empresa consideran que funciona en otros sentidos. En este caso, la generación de prestigio es clave. Y también la acumulación de capacidades científico-técnicas, posibles de ser reutilizadas en otros contextos.

Por otra parte, esta estrategia de divulgación también construye información sobre la definición de biotecnología y de transgénicos, contribuyendo así a la aceptación social del proyecto en su totalidad.

La divulgación del “Tambo farmacéutico” se desplegó en diversos espacios. Por un lado, la empresa realizó, a través de algunos de sus investigadores, charlas informativas sobre el “Tambo farmacéutico” orientadas tanto a público científico como a instituciones escolares o

público en general. En algunos casos, estas charlas fueron organizadas en conjunto con los representantes comerciales de la firma, sobre todo en el interior del país.

Al mismo tiempo, el caso de la vaca transgénica y sus distintas fases han sido referidas asiduamente en los principales medios gráficos del país: diario *Clarín*, diario *La Nación*. De esta manera, los investigadores y directivos del proyecto “Tambo farmacéutico” han logrado posicionar a la empresa como un ejemplo destacado de la capacidad biotecnológica (científico-tecnológica) nacional (Vitagliano y Villapando, 2003).

Por último, la empresa ha editado tres videos de divulgación entre los que se encuentran una “Breve introducción a la biotecnología” y un video informativo sobre el proyecto. En estos trabajos conviven dos discursos diferenciados. Por un lado, la información del desarrollo de la vaca transgénica hace hincapié en la generación de un mecanismo de producción de proteínas recombinantes más eficiente que los sistemas tradicionales. Por otro lado, en la “Breve introducción a la biotecnología”, la empresa presenta una elaborada metáfora de la ciencia y de la relación entre naturaleza y cultura. En ésta se expresa que:

- Todos los organismos vivos comparten un código genético.
- El hombre ha intervenido de manera ininterrumpida en el proceso evolutivo de la naturaleza, aún desconociendo la noción y “funcionamiento” de los genes.
- A través de la creación de la biología molecular, se puede intervenir racionalmente en la naturaleza.
- Los organismos genéticamente modificados se encuentran programados, su información se transmite fielmente y sin equívocos.

De esta manera, la construcción del “funcionamiento” del “Tambo farmacéutico” también se resuelve para los investigadores del proyecto en una resignificación de la biotecnología. Con ello se “naturaliza” (Franklin, 2003) la continuidad “evolutiva” de las técnicas de ingeniería genética con los procesos tradicionales de selección de variaciones. En estas prácticas —tanto en las discursivas como en las biotecnológicas— se reconfigura lo que se entiende por “naturaleza” y por “organismos vivos” (Landecker, 2005). Para los integrantes del proyecto construir el “funcionamiento” del “Tambo farmacéutico” implica también “naturalizar” el OAGM construido y las nuevas formas de intervenir en la relación naturaleza-cultura.

6) Conclusiones

Acerca de los procesos de construcción de OAGMs

La construcción de “funcionamiento” de OAGM es un proceso complejo y abierto, en el que pueden intervenir actores y disciplinas diversas. El análisis de las diferentes fases de este proceso se ha focalizado en comprender de qué manera la construcción de “funcionamiento” del proyecto “Tambo farmacéutico” varía de acuerdo con el diseño del artefacto, a las técnicas utilizadas en su construcción, a los actores que intervienen en la construcción del problema y en sus estrategias de solución, etc. Las distintas configuraciones de este “ensamble sociotécnico” puede llevar a la constitución del “no-funcionamiento” del artefacto (como en la segunda fase), o al desarrollo “exitoso” del “funcionamiento” producido en la tercera fase.

La construcción de OAGMs es un proceso sociotécnico coevolutivo que requiere el alineamiento y coordinación —la manipulación— de una heterogénea multiplicidad de elementos, desde recursos cognitivos, económicos y organizacionales hasta seres vivos y, aun, la propia constitución de “lo natural” para funcionar.

Si bien este proceso de construcción de “funcionamiento” es perceptible claramente en el plano macrosocial: en los debates regulatorios o en las controversias bioéticas, el caso analizado permite observar la materialidad de las resignificaciones y manipulaciones de sentido en el nivel de una firma productora de OAGMs. Permite superar, por otra parte, la oposición binaria, para desplegar múltiples secuencias de construcción de significados, “funcionamiento” y viabilidad de las biotecnologías desarrolladas.

La construcción del “funcionamiento” de un OAGM un proceso continuo que, si bien aparece centrado en el artefacto, también necesita de resignificaciones y traducciones y procesos de “naturalización”. Así, las tareas de divulgación de los investigadores del proyecto también constituyeron otra forma de construir “funcionamiento”.

Gran parte de las estrategias *problem-solver* de construcción de “funcionamiento” pueden ser releídas desde este proceso de resignificación. Por ello, la comprobación diaria de la salud de los animales y el cambio del método de reproducción de las vacas transgénicas —de la clonación a la reproducción sexual— también son una “naturalización” del OAGM.

El proceso de construcción de “funcionamiento” de un OAGM implica “desconstruir y reconstruir” los discursos y las prácticas sobre la relación naturaleza / cultura. Sería ingenuo afirmar que la modificación de la relación entre naturaleza y cultura se produce directa y exclusivamente mediante la introducción de una técnica o la modificación de un organismo. La construcción de artefactos que manipulan y transforman lo biológico no sólo modifica la naturaleza, sino que necesita de procesos de resignificación y traducción social, que “naturalizan” la intervención tecnológica, al mismo tiempo que construyen y normalizan nuevas formas de “funcionamiento”.

Acerca del concepto “funcionamiento”

El análisis de artefactos que aún se encuentran en proceso de construcción, donde los artefactos y tecnologías no se han *clausurado semióticamente* aún, permite percibir efectos y prácticas, de diseños y materiales que los actores construyen como diferentes *formas de “funcionamiento”*.

A partir del ejercicio realizado, surge una nueva percepción del potencial analítico-explicativo del concepto. La noción de “funcionamiento”, dinámica, continua y plural, supone ventajas descriptivo explicativas sobre la más estática y discontinua de “clausura”. Incluso la idea de “reapertura del proceso de cierre” de la flexibilidad interpretativa, considerada por Bijker, supone la existencia de una dinámica “stop and go”, que si bien es posible detectar en algunas trayectorias sociotécnicas ni es generalizable al conjunto de las tecnologías ni es tan consensual como aparece en las cajas negras “clausuradas y estabilizadas”. De hecho, hasta podría plantearse que la noción de clausura implica una “autonomización” del artefacto, incoherente con la orientación del abordaje constructivista.

O, en otros términos estudiados en cuestiones de “funcionamiento”, incluso los procesos de aparente “clausura” aparecen como dinámicas activas, en constante cambio, negociación y problematización. Sólo depende del nivel y alcance en el que se despliegue el análisis (macro, meso, micro).

Desde esta perspectiva, es conveniente diferenciar los conceptos de clausura y estabilización. En tanto la “clausura” es un momento estático, una detención del tiempo del proceso de flexibilidad interpretativa generada por un “efecto de observación” del analista, “estabilización” es

uno de los nombres dinámicos del “funcionamiento” sociotécnicamente construido.

La noción de “funcionamiento” no implica, como la de “clausura”, la necesaria convergencia de los significados adjudicados por diferentes grupos sociales relevantes. Obviamente, es posible detectar negociaciones de sentido en los procesos de construcción de “funcionamiento”, pero esto no implica la unicidad homogénea del resultado del proceso, como tiende a implicar el concepto de “clausura”. De hecho, la pluralidad de sentidos adjudicados puede ser mantenida aun después de estabilizado el “funcionamiento”.

En un plano metodológico, todavía es posible desconstruir la unicidad del significado en un mismo grupo social relevante, tanto en el tiempo como en la pluralidad de sentidos asignada al artefacto por un mismo actor. O, en otras palabras, en tanto en Bijker a cada grupo social relevante le corresponde —monolíticamente— un único significado/“funcionamiento”, es posible reconstruir analíticamente las diferentes asignaciones de sentido que puede realizar un mismo actor, considerado desde la perspectiva de los sujetos que lo constituyen. Así, es posible dar cuenta de la diversidad de formas de “funcionamiento” (por ejemplo: económico, productivo, cognitivo, ético, cultural) que un mismo actor es capaz de construir.

El concepto de “funcionamiento” retiene las ventajas teóricas de la fase de flexibilidad interpretativa de los artefactos, al mismo tiempo que evita quedar atrapada por la mirada que privilegia la “clausura” semiótica de los artefactos. Al hablar de “funcionamiento” es posible analizar las modificaciones y redefiniciones introducidas en el artefacto y en el proceso coevolutivo de actores y objetos que lo constituyen. Además, también es posible detectar otras formas de “funcionamiento” que se superponen y conviven con el “funcionamiento” originalmente proyectado.

Finalmente, en este trabajo hemos intentado mostrar que el “funcionamiento” de un artefacto sociotécnico es un proceso de construcción continua, que se despliega desde el mismo inicio de su concepción y diseño. Y que, aun después de cierto grado de “estabilización”, se continúan realizando ajustes y modificaciones que construyen nuevas y diversas formas de “funcionamiento”.

Bibliografía

- Albornoz, Mario y Pablo Kreimer [comp.] (1990), *Ciencia y tecnología: estrategias y políticas de largo plazo*, Buenos Aires: EUDEBA.
- Bijker, Wiebe (1995), *Of Bicycles, bakelites and bulbs. Toward a theory of sociotechnical change*, Cambridge: MIT Press.
- Bisang, Roberto *et al.* (2005), *Las empresas de biotecnología en Argentina. Documento de Trabajo*, núm. 1, Buenos Aires: UNGS-UNQ-CEUR.
- Bloor, David (1973), “Wittgenstein and Manheim on the sociology of mathematics”, en *Studies in history and philosophy of science*, núm. 4.
- Bloor, David (1976), *Knowledge and social imagery*, Londres: Routledge
- Brink, M. *et al.* (2000), “Developing efficient strategies for the generation of transgenic cattle which produce biopharmaceuticals in milk”, en *Theriogenology*, núm. 53.
- Bruun, Henrik y Janne Hukkinen (2003), “Crossing boundaries: An integrative framework for studying technological change”, en *Social studies of science*, vol. 33, núm. 1.
- Callon, Michel (1987), “Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis”, en Bijker, W. *et al.*, *Social construction of technological systems*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Callon, Michel (1992), “The dynamics of techno-economic networks”, en Coombs, Rod *et al.*, [ed.], *Technological changes and company strategies: economical and sociological perspectives*, London: Harcourt Brace Jovanovich Publishers.
- Callon, Michel (2006), “Luchas y negociaciones para definir qué es problemático y qué no es problemático. La socio-lógica de la traducción”, *REDES Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, vol. 12, núm. 23.
- Chamberlain, Paul (2004), “Biogenerics: Europe takes another step forward while the FDA dives for cover”, en *Drug discovery today*, vol. 9, núm. 19.
- Charum, Jorge y Luz Estela Parrado (1995), *Entre el productor y el usuario. La construcción social de la utilidad de la investigación*, Bogotá: ICFES.
- Collins, Harry (1981a), “Stages in the empirical programme of relativism”, en *Social studies of science*, vol. 11.

- Collins, Harry (1981b), "The place of the 'core-set' in modern science: social contingency with methodological propriety in science", en *History of Science*, vol. XIX.
- Collins, Harry (1985), *Changing order: replication and induction in scientific practice*, Londres: Sage.
- Cueto, Marcos (1989), *Excelencia científica en la periferia: actividades científicas e investigación biomédica en el Perú 1890-1950*, Lima: Grade.
- Dagnino, Renato y Hernán Thomas (1997), "Science and technology policy and s&t indicators: trends in Latin America", en *Research evaluation*, vol. 6, núm. 3.
- (1999), "Latin American science and technology policy: new escenarios and the research community", en *Science, technology and society*, vol. 4, núm. 1.
- Di Prisco, C. y E. Wagner [comps.] (1993), *Visiones de la ciencia. Homenaje a Marcel Roche*, Caracas: Monte Ávila, IVIC.
- Dyck, Michael *et al.* (2003), "Making recombinant proteins in animals – different systems, different aplicaciones", en *Trends in biotechnology*, vol. 21, núm. 9.
- Elias, N. *et al.* [eds.] (1982), *Scientific establishments and hierarchies. Sociology of the sciences*, vol. IV, Dordrecht: D. Reidel.
- Franklin, Sarah (2003), "Re-Thinking nature-culture. Antropology and the new genetics", en *Anthropological theory*, vol. 3, núm. 1.
- Fransman, Martin (2001), "Designing Dolly: interactions between economics, technology and science and the evolution of hybrid institutions", en *Research policy*, vol. 30.
- Gómez, Hernando y Hernán Jaramillo (1997), *37 modos de hacer ciencia en América Latina*, Bogotá: TM-Colciencias.
- Kolata, Gina (1998), *Clone: the road to Dolly and the path ahead*, Nueva York: Quill.
- Kreimer, Pablo (1999), *L'universel et le contexte dans la recherche scientifique*, Lille: Presses Universitaires du Septentrion.
- Kreimer, Pablo y Hernán Thomas (2003), "La construcción de l'utilité sociale des connaissances scientifiques et technologiques dans les pays périphériques", en Mignot, J. y Ch. Poncet [eds.], *L'industrialisation des connaissances dans les sciences du vivant*, Paris: l'Harmattan.

- Kreimer, Pablo y Hernán Thomas (2004), "The social appropriability of scientific and technological knowledge as a theoretico-methodological problem", en Arvanitis, Rigas [ed.], *Encyclopedia of technology, information and systems management resources. Section 1.30 science and technology policy*, Oxford: EOLSS Publishers
- Landecker, Hannah (2005), "Living differently in time: plasticity, temporality and cellular biotechnologies", en *Cultural machines*, núm. 7. <URL-<http://culturemachine.tees.ac.uk/Articles/landecker.htm>> [21 de septiembre de 2005].
- Larrick, J. y D. Thomas (2001), "Producing proteins in transgenic plants and animals", en *Current opinion in biotechnology*, vol. 12.
- Lemaigne, Gérard y G. Darmon (1983), *Noopolis. Les laboratoires de recherche fondamentale. De l'atelier à l'usine*, Paris: Ed. du CNRS.
- Mignot, J. y Ch. Poncet [eds.] (2003), *L'industrialisation des connaissances dans les sciences du vivant*, Paris: l'Harmattan.
- Mulkay, Michael (1979), "Knowledge and utility: Implications for the sociology of knowledge", *Social Studies of Science*, Vol. 19 (1), pp. 63-80.
- Nieminen, Otto y Katrina Nordström (2004), "Regulation of biogenetics. A survey of viewpoints", en *Biodrugs*, vol. 18, núm. 6.
- Pinch, Trevor (1992), "Opening black boxes: science technology and society", en *Social studies of science*, vol. 22.
- Pinch, Trevor y Wiebe Bijker (1987), "The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other", en Bijker, Wiebe *et al.* [eds.], *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, Londres: The MIT Press.
- Rabinow, Paul (1996), *Making PCR. A story of biotechnology*, Chicago: University of Chicago Press.
- Shinn, Terry (1982), "Scientific disciplines and organisational specificity: the social and cognitive configuration of laboratory activities", en Elias, N. *et al.* [eds.], *Scientific establishments and hierarchies. Sociology of the sciences*, vol. IV, Dordrecht: D. Reidel.
- Shinn, Terry (1988), "Hiérarchies des chercheurs et formes de recherches", en *Actes de la recherche en sciences sociales*, núm. 74.
- Shinn, Terry (2000), "Formes de divisions du travail scientifique et convergences cognitives. La recherche technico-instrumentale contre

- la ‘nouvelle orthodoxie’ en sociologie des sciences”, en *Colloque International de la AISLF*, Quebec.
- Thomas, Hernán (1995), *Sur-desarrollo. Producción de tecnología en países subdesarrollados*, Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Thomas, Hernán *et al.* (2004), “La producción de artefactos y conocimientos tecnológicos en contextos periféricos: resignificación de tecnologías, estilos y trayectorias socio-técnicas”, presentado en *V ESOCTE: La construcción de la tecnociencia en la Sociedad Latinoamericana Contemporánea*, CD, Toluca: UAEM.
- Vaccarezza, Leonardo (1990), “Reflexiones sobre el discurso de la política científica”, en Albornoz, Mario y Pablo Kreimer [comps.], *Ciencia y tecnología: estrategias y políticas de largo plazo*, Buenos Aires: EUDEBA.
- (1994), “Los problemas de la innovación en la gestión de la ciencia en la universidad: los programas especiales de investigación en la UBA”, en *REDES Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, núm. 2.
- Vaccarezza, Leonardo y Juan Pablo Zabala (2002), *La construcción de la utilidad social de los conocimientos científicos*, Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Varsavsky, Oscar (1969), *Ciencia, política y científicismo*, Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Vessuri, Hebe (1993), “Distancias y convergencias en el desarrollo de la ciencia y la tecnología”, en Di Prisco, C. y E. Wagner [comps.], *Visiones de la ciencia. Homenaje a Marcel Roche*, Caracas: Monte Ávila, IVIC.
- Velho, Léa (1985), *Science on the periphery: a study of the agricultural scientific community in brazilian universities*, PhD dissertation, University of Sussex.
- Velho, Léa y Renato Dagnino (1998), “University-industry-government relations on the periphery: The University of Campinas, Brazil”, en *Minerva*, núm. 36.
- Vitagliano, J. y F. Villapando (2003), “Análisis de la biotecnología en la Argentina. Programa del Fortalecimiento de Institucional de la Política Comercial Externa, Diseño de programas piloto sectoriales de exportación”. Disponible en: <<http://www.foarbi.org.ar/docs/BiotecArgV1.pdf>> [10 de junio de 2006]

Hernán Eduardo Thomas. Investigador de carrera – CONICET. Profesor titular de la Universidad Nacional de Quilmes (Centro de Estudios e Investigaciones - Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología). Sus líneas de investigación son: sociología de la tecnología, economía del cambio tecnológico, política científica y tecnológica. Sus más recientes publicaciones: junto con otros autores, *Producción y uso social de conocimientos. Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina*, UNQ, Bernal, 2004; con Gianella, C., *Insumos para una planificación estratégica de políticas públicas de ciencia, tecnología, innovación y educación superior*, Buenos Aires: UNSAM, 2005; junto con otros autores “Por uma política de ciência e tecnologia de esquerda”, en *Alternativas* (serie espacio pedagógico), año 8, núm. 32, 2004.

Juan Mariano Fressoli. MA in Cultural Studies, University of London. Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad de Quilmas. Sus líneas de investigación son: sociología de la tecnología, economía del cambio tecnológico, vitalismo. Sus más recientes publicaciones son: “Vitalismo y No-linealidad. Scott Lash y el regreso de la Lebenssoziologie”, en *Revista Espacios*, núm. 29, Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos, Argentina, 2005; “La ciudad y el recorrido del secreto”, en Vernik, Esteban [comp.], *Escritos contra la cosificación. Acerca de Georg Simmel*, Buenos Aires: Altamira, 2000.

Diego Aguiar. Licenciado en sociología, Universidad Nacional de la Plata, Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmas. Sus líneas de investigación son: sociología de la tecnología y economía del cambio tecnológico. Sus más recientes publicaciones son: junto con otros autores “Estudio sobre los ingresantes a la carrera de sociología 2004. Caracterización del perfil socio-cultural de los ingresantes y su evolución en los últimos años”, en *Revista Cuestiones de Sociología*, núm. 2, La Plata: Almargen, 2005; junto con otros autores “Propedéutica para estudios comparados”, en *Anuario de Investigaciones 2003*, La Plata: Secretaría de Investigaciones Científicas y Posgrado, 2004.

Envío a dictamen: 17 de agosto de 2006.

Aprobación: 17 de septiembre de 2006.