

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIAS,
CONTEXTO SOCIAL E IDENTIDAD CULTURAL.
LA BIOTECNOLOGIA EN AMERICA LATINA.

JAVIER GOMEZ FERRI*

Resumen

Se analizan las transferencias de tecnologías y en especial el caso de la biotecnología y las limitaciones inherentes tanto de la ciencia y la tecnología como del contexto en que funcionan.

Palabras claves: *Transferencia de tecnología, biotecnología, filosofía de la tecnología.*

Muchas de las terribles herejías de hace una docena de años están convirtiéndose ahora en algo así como "sabiduría convencional". Hoy en día es normal sugerir que tanto la práctica como los productos de la ciencia y la tecnología reflejan desigualdades sociales sistemáticas, concentraciones de poder político, marginaciones por razón de clase o sexo. La concepción de un progreso lineal ha dejado paso a nuevas interpretaciones que descubren el cambio científico-tecnológico como un proceso de construcción social complejo y no unívoco. Hoy en día se acepta comúnmente que los grandes sistemas sociotécnicos poseen cualidades inerciales que pueden socavar otros fines e instituciones sociales.

(Landon Winner: **De herejía a sabiduría convencional**).¹

* Universitat de València. INVESCIT.

La historia se repite²

El tema del que me voy a ocupar aquí tiene que ver con la formulación de un marco para el análisis de las limitaciones de la transferencia de biotecnología. Aunque el tratamiento es general haré especial referencia al ámbito latinoamericano. Mi propósito es señalar que existen una serie de rasgos propios de la tecnología que tienen que ver con el contexto en el que ésta surge y que pueden convertirse en factores limitantes cuando dicha tecnología es trasladada al contexto social económico de otros países. Además, en el nuevo medio social al que se transfieren, ciencia y tecnología pueden manifestarse en forma de valores ajenos a la sociedad que las adopta. Tales constricciones o limitaciones nunca son tenidas en cuenta a la hora de tratar -o de realizar- la transferencia de tecnología, lo cual en parte puede dar cuenta del fracaso de la transferencia de muchas tecnologías o de resultados que poco tenían que ver con lo esperado.

Pero antes de llevar a cabo tal análisis me detendré en mostrar como el tratamiento que se ha dado, y se sigue dando, a los temas científicos-tecnológicos hace difícil que los aspectos que tienen que ver con el contexto social en el que la ciencia y tecnología surgen reciban la atención que merecen.

La transferencia de tecnología es una cuestión que casi indefectiblemente se presenta asociada al tema del desarrollo.³ Simplistamente se piensa que lo que diferencia a los países desarrollados de los que no lo están es su distinto nivel científico-tecnológico. La ciencia y la tecnología serían los instrumentos clave del desarrollo. Dentro de este discurso, por un lado, se hallarían los defensores de la generación de una capacidad propia en ciencia y tecnología gracias a un desarrollo endógeno y, por otro, quienes verían sólo posible el desarrollo a través de la introducción de ciencia, tecnología e industrias provenientes del exterior.⁴ Simplificando mucho, hay quienes piensan que la transferencia de tecnología es el medio más adecuado para lograr el desarrollo de un país y, por contra, quienes creen que la transferencia es un camino que lleva a los países que la siguen a una completa dependencia exterior. Ambas actitudes persiguen, sin embargo, la consecución de la autonomía de un país o zona geográfica; lo que debaten es el camino para lograr el desarrollo económico. A su vez, ambas coinciden en que la ciencia y la tecnología son elementos imprescindibles para ello.

Desde que en 1960 la ONU declara dicha década como primer decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo, donde la ciencia y la tecnología eran los instrumentos para alcanzar tal desarrollo, mucho se ha escrito sobre este tema.⁵ No es mi intención aquí analizarlo ni añadir más a ello. Sí quiero mencionar, sin embargo, algo que ha sido característico y común -y que por desgracia lo sigue siendo- centro de ésta serie de literatura: el valorar apenas las experiencias habidas en los treinta años transcurridos desde que la ONU pusiera en un primer plano dicho tema. Tal es así que podemos afirmar al respecto que la historia se sigue repitiendo. Indudablemente ha habido variaciones y progresos; los personajes cambian, también los referentes de los discursos, pero el fondo de la historia es el mismo.

Primero se habló, como si de un algoritmo se tratase, de "ciencia más tecnología igual a desarrollo"; o se señaló la importancia de variables como la Planificación o los Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología, que tan parecidos nombres han recibido en los países de América Latina y en España (CONACYT, CONICIT, CSIC...). Hace poco, en cambio, los protagonistas eran, y aún lo siguen siendo, los parques tecnológicos y la Investigación y Desarrollo, el famoso I+D. No quiero que se saque de esto la errónea impresión de que considero que tales elementos son innecesarios. Mi propósito al tratar estos temas es muy distinto. Lo que pretendo, más bien es que se tenga en cuenta la cuestión de si en el fondo no se sigue manteniendo la idea simplista inicial, si no se están repitiendo las mismas cosas cada vez que un nuevo elemento surge dentro del tema 'ciencia tecnología y desarrollo'. ¿No sigue siendo el discurso más o menos el mismo: manifestar una confianza extrema en que serán los elementos científicos y tecnológicos, de la índole que sea, los encargados de resolver los urgentes problemas de la región?

Voy a tratar de ejemplificar lo que acabo de señalar recurriendo a un tema que está de actualidad. El desarrollo reciente de las tecnologías de la información, la computación y la comunicación ha puesto en un primer plano la importancia de la gestión en el proceso de innovación tecnológica, la cual es fundamental, para la competitividad en el mercado de muchas empresas. Siempre ha sido importante el papel que la innovación tecnológica, la cual es fundamental para la competitividad en el mercado de muchas empresas. Siempre ha sido importante el papel que la innovación y la renovación tecnológica desempeñan como factor

productivo. Ahora, rizando el rizo, ya las nuevas tecnologías no son importantes sólo en lo productivo, también su papel en la gestión e innovación de los medios productivos se torna imprescindible y fundamental. Con las nuevas aplicaciones tecnológicas, los halagos para el recién llegado no se escatiman lo más mínimo, el viejo discurso desarrollista aparece así remozado y las viejas esperanza de redención, *vía* ciencia y tecnología, son renovadas.

Probablemente sea una suerte para gestores y políticos de la ciencia y la tecnología de todos los países esta providencial y novedosa aplicación de las nuevas tecnologías de la información, la computación y la comunicación; de lo que dudo es que también sea una suerte, sobre todo, para los países latinoamericanos u otros países. Seguir los dictados de la nueva moda, sin ningún tipo de cuestionamiento, como ya se siguieron anteriormente, augura resultados muy pobres.

No voy a negar que la adopción de nuevas tecnologías por parte de algunos estados de América Latina va a beneficiar a algunas empresas (o quizá a muchas, sería lo deseable). Lo que quiero cuestionar es que la adopción indiscriminada de estas nuevas tecnologías beneficie, en general, a estos países. Habría que poner en entredicho la 'obligatoriedad' con que políticos y gestores imponen sus políticas científico-tecnológicas y preguntarse si no se está recorriendo un camino ya recorrido. Como apunta Langdon Winner⁶ dejarse llevar por el agitado ritmo del cambio tecnológico deja poco lugar para reflexionar acerca de adonde nos dirigimos.

Este estado de irreflexión, unido a las promesas en torno al maravilloso mundo de las nuevas tecnologías, impiden darse cuenta de otros hechos evidentes que nunca se mencionan al respecto: por ejemplo, que probablemente aquellas industrias latinoamericanas que alcancen el éxito acabaran siendo subsidiarias de alguna transnacional; que, con dichas políticas de adquisición masiva de equipos electrónicos, las grandes beneficiadas son las multinacionales del sector microelectrónico de los países industrializados; o que la deuda externa que padece Latinoamérica tiene mucho que ver con las políticas científico-tecnológicas relacionadas con la adquisición de ciencia y tecnología porque son factores de desarrollo. Como bien señala Winner,⁶ en esta 'carrera,' que se plantea en términos de la amenaza de 'innovar o morir' (lo cual contradice en parte la benéfica e idílica imagen que nos quieren vender del nuevo mundo de las nuevas tecnologías), no habrá ganadores únicos

y absolutos, porque nadie dominará todos los campos de las nuevas tecnologías. pero, como ya digo, éstos y otros aspectos no parecen ser tenidos en cuenta a la hora de plantearse estos temas.

Así, por ejemplo, para animar el discurso al que nos estamos refiriendo, se suelen citar el caso de citar el caso de otros países que se supone han alcanzado las metas perseguidas. Japón un clásico en estos temas, ha dejado paso a países como Taiwan y Korea en oriente y Brasil o México en América Latina. Lo que uno no sabe muy bien cuando se toma como referencia a estos países arquetípicos es de qué cosa son arquetipo. ¿Son arquetipo de un ritmo de trabajo y producción frenéticos, inaceptables para nuestros modelos culturales?, ¿son ejemplo de un estilo de desarrollo a toda costa que pasa por encima de cualquier consideración de carácter ecológico? ¿o son ejemplo por la existencia de una gran clase social que vive en condiciones de miseria y que en nada se ha beneficiado de ese desarrollo científico-tecnológico? ¿lo que se quiere imitar es la estrategia general o sólo los factores de éxito? supongo que lo último. Pero quienes hablan sobre estos temas, por lo menos, dan la impresión de que su cultura apenas tiene algún valor que sea digno de conservarse. La importancia de armonizar el cambio técnico con la serie de valores propios que son valiosos dentro de una sociedad lo subraya por ejemplo, Margarita Peña⁷ en los siguientes términos:

Se trata de preguntarnos si es posible ese "desarrollo con siesta", (según expresión y deseo del argentino Jorge Sábato), y que podríamos traducir como un "desarrollo a la latinoamericana", con todas las ventajas de desarrollo, pero sin tener que renunciar a las costumbres, valores culturales, o formas de vida profundamente arraigadas en la tradición, y asociadas con una idea de calidad de vida que se perdió, quizá para siempre, en las naciones más avanzadas.

La tecnología, como mantendremos a lo largo de esta ponencia, es portadora de valores, y la transferencia de tecnologías debe ser entonces vista como una transferencia de valores de una sociedad a otra. Muchos de esos valores proceden del contexto social en el que una tecnología surge o, para usar la idea que mantendremos más tarde, se construye. Que el cambio tecnológico sea el 'valor último' al que tienden las sociedades modernas^{8,9} es no sólo un valor dudoso en sí mismo, sino que también es un mecanismo acrítico que introduce una serie de nuevos valores en una sociedad a costa de su propia identidad cultural.

Siguiendo con la referencia a los países arquetípicos, la impresión que algunos ofrecen cuando hablan de estos temas, por lo general bajo el epígrafe 'ciencia, tecnología y desarrollo', es que unos países han adoptado una aptitud pasiva, se han quedado parados, mientras que otros, que han sido dinámicos en ciencia y tecnología, han conseguido el anhelado despegue.

Curiosamente los treinta años transcurrido desde que, con la declaración de la ONU, se iniciara la fiebre por la ciencia y la tecnología al servicio del desarrollo nunca se ven como una acumulación de errores o fracasos que se hallan ido repitiendo en los mismos términos a lo largo del tiempo. se habla como si se hubiera permanecido inactivo en tales materias. Sería muy importante hacer una evaluación de lo que ha ido mal en todos estos años. Pero ya digo que muchos se empeñan en hacer ver que lo que se ha hecho es que no se ha hecho nada. A este respecto sería interesante, por ejemplo, realizar un estudio de lo que han supuesto para los distintos países de América Latina los proyectos relacionados con la energía nuclear. A principio de la década de los setenta, la ONU¹⁰ señalaba la importancia que una nueva tecnología, como la nuclear, podría tener al servicio del desarrollo para los países menos industrializados. Tales afirmaciones hoy no sólo causarían una profunda sorpresa, sino también hilaridad. Actualmente lo que cabe es proceder con mucha prudencia ante muchas de las afirmaciones que se formulan, desde cualquier organismo, respecto de la ciencia, la tecnología y el desarrollo de Latinoamérica.

Olvidando toda esta serie de cosas, hoy se vuelve a insistir en el potencial revolucionario de tecnologías como las de información, computación o de las biotecnologías para solventar los problemas de la zona. sobre esta "euforia tecnológica", Ominami señala, haciendo referencia a la década de los setenta, pero creo que no es exclusivo de ella, que:

En más de un sentido la década de los setenta aparece retrospectivamente como la de las revoluciones tecnológicas fallidas [...] la aceleración del ritmo de la innovación tecnológica parecía abrir un ancho cauce para la superación de una situación de crisis y marasmo que muchos consideran como un accidente pasajero. En efecto ahí estaban la Revolución de la Inteligencia, de los microprocesadores o de las biotecnologías para superar los obstáculos que se oponían al desarrollo y retomar la senda del auge y la prosperidad. En la euforia tecnológica, no faltaron incluso quienes decretaron la obsolescencia de los antagonismos sociales e internacionales clásicos y se atrevieron a predecir la

derrota casi ineluctable del sub-desarrollo a manos de... los computadores y las biotecnologías¹¹

Actualmente, de la informática se dice sobre todo que es el elemento fundamental que puede formar dinámica la economía de América Latina. Con estos nuevos medios tecnológicos, la vieja estructura productiva puede llegar a salir de su atraso y que las industrias consigan ser competitivas en los mercados internacionales a través de una gestión más eficaz. Con la robótica, por ejemplo, se pueden superar los mecanismos tradicionales de producción que esta impidiendo que América Latina salga de su condición de sub-desarrollo; o se puede modernizar el ineficiente sector público. su introducción en el sistema educativo puede mejorar la enseñanza sustancialmente.

Respecto de la biotecnología, se insiste en que no requiere el alto grado de inversión para desarrollarla que sí haría falta con otra serie de nuevas tecnologías. Además, la biotecnología conecta de lleno con los sectores en que América Latina posee una riqueza natural a explotar: la agricultura, la ganadería o la farmacopea, lo cual ayudaría a reforzar su papel en la economía mundial, creándole un nicho propio.

Mi intención aquí es la de centrarme en aspectos relacionados con la biotecnología. pero antes de pasar a hablar de ella querría hacer un breve comentario sobre el modelo que ha imperado en el tratamiento dado al tema anterior. Voy a denominar a ese modelo de 'caja negra', siguiendo la expresión usada por los sociólogos del conocimiento científico.¹²

La caja negra

Por lo general la ciencia y la tecnología han sido tratadas como algo dado tanto por sus estudiosos como por quienes están encargados de elaborar políticas sobre ellas o por quienes las aplican. De la ciencia y la tecnología no ha interesado conocer (salvo excepciones) ni cómo surgían ni los aspectos socio-políticos que estaban por detrás de su funcionamiento. Y en cuanto a las consecuencias que pudiera tener su implantación o aplicación ha sido un tema al que se ha dado un tratamiento sesgado. Ciencia y tecnología expresaban en su evolución el triunfo sucesivo de la racionalidad, y por su objetividad eran productos incontestables. La transferencia de ciencia y tecnología era la consecuencia inevitable y obligatoria de ese triunfo de la razón.¹³

Indudablemente relacionadas con el bienestar -y más tarde con el discurso desarrollista de la posguerra indisolublemente ligadas a él-, la ciencia y la tecnología se convierten en el factor que distingue a una sociedad desarrollada de una que no lo es. Bajo esta nueva perspectiva, ciencia y tecnología ya no son únicamente productos objetivos en sí mismos, sino que además son causas objetivas del desarrollo. Al desinterés por el contexto, origen y funcionamiento de ambas, se suma ahora el factor de instrumentalidad de éstas para la consecución del desarrollo.

Instrumentalidad que, dados los antecedentes, nunca se ha sabido muy bien cómo funcionaba, pero que debía ser cierta. De esta manera dos cajas negras aparecen alrededor de la ciencia y la tecnología. Una, que las oculta de los procesos sociales en que nacen; otra, las hace responsables de eso que se ha dado en llamar desarrollo -aunque no se sepa muy bien cómo funciona esa relación. Pero eso, quizá, ha sido lo de menos.¹⁴

No es extraño que ciencia y tecnología reforzaran, así, sus rasgos de universalidad, de productos únicos e interculturalmente válidos y, por ello, de instrumentos neutrales.

En la década de 1970, pero principalmente en la siguiente, en la de los ochenta, desde distintas disciplinas se trata de abrir esa caja negra y ver directamente cómo funcionan la ciencia y la tecnología. Sobre todo, gracias a la sociología del conocimiento científico y la sociología y filosofía de la tecnología el carácter instrumental y universal de ambas son puesta en cuestión. La ciencia y la tecnología se ven ahora como productos eminentemente sociales que expresan unos valores y modos de vida que tienen mucho que ver con los contextos en que una y otra son diseñadas y creadas. Con esta nueva visión, por lo menos la idea de que ambas son herramientas al servicio del desarrollo es algo que necesita ser revisado. Y en general, parece que una evaluación social de la ciencia y la tecnología es algo perentorio.

Promesas sin fundamento

El primer problema con que nos enfrentamos a la hora de analizar la capacidad de las biotecnologías para el desarrollo de los países de América Latina es no confundir toda una serie de promesas y proclamas que giran sobre los benéficos logros de éstas con lo que la biotecnología realmente es. En torno a la ciencia y la tecnología se ha elaborado y difundido una mitología que la hace responsable de la solución de

problemas tan acuciantes como el hambre, la enfermedad o la pobreza (problemas que afectan en mayor medida a tales países), cuando no del logro de entidades más abstractas como el progreso o mejores órdenes sociales.

Fundamentalmente, podemos afirmar que la naturaleza de toda esta serie de proclamas posee un carácter propagandístico y que ni refleja lo que la biotecnología es ni lo que es capaz de hacer. Al hablar de la biotecnología hay que separar lo que ella puede hacer de lo que algunos se empeñan en hacernos pensar que puede hacer, e igual con cualquier otra tecnología.

José Sanmartín¹⁵ se ha ocupado de analizar cómo tales tipos de proclamas cumplen funciones distractoras y legitimadoras. En primer lugar, este tipo de promesas consiguen distraer la atención de la opinión pública sobre los posibles peligros que la introducción de una tecnología puede tener. En segundo lugar, también consiguen disimular y ocultar toda una serie de intereses económicos, comerciales, militares o políticos que presiden el desarrollo de toda nueva tecnología, especialmente al incidir sobre todo en aspectos humanitarios, como la pobreza, el hambre, o la enfermedad. En tercer lugar, se refuerza la idea de que lo que falta es más ciencia y más tecnología; que, por ejemplo, los desastres o accidentes que puedan acompañar a los propios desarrollos científico-tecnológicos se solucionarían con más ciencia y más tecnología, o con una ciencia y tecnología mejores. Y, en cuarto lugar, dan apariencia de legítimas a aplicaciones científico-tecnológicas que desde un punto de vista social o político, serían de muy dudosa naturaleza. No son éstos, por supuesto, los únicos aspectos ideológicos que acompañan a la ciencia y la tecnología y que contribuyen a alterar su verdadera imagen.

Una vez que de la biotecnología se ha excluido toda una serie de mecanismos y elementos distorsionantes, se puede abordar con más realismo sus potencialidades. y vemos que muchas de ellas no son más que mera retórica, vana palabrería que, como ya hemos mencionado, cumple una serie de funciones que no deben confundirnos. Los logros técnicos de la biotecnología están muy lejos de dar solución a los problemas para los que se la propone. No hay que confundir posibilidades técnicas con proclamas futuristas. Creo que ahora estamos en mejor situación para hablar de la biotecnología.

¿Que es la biotecnología?

El primer tema a tratar aquí será de índole terminológica. Es frecuente, cuando se habla de biotecnología, dejarla reducida a la ingeniería genética. Sin embargo, luego se acaba metiendo dentro del saco de la ingeniería genética técnicas que nada tienen que ver con ésta, tales como la fusión celular, la fecundación extracorporal o clonación.¹⁶ También cuando se habla de biotecnología, simplemente se suele hacer la distinción entre la biotecnología que se usaba hasta hace bien poco, de índole química, y la más reciente, en la que se dan procesos de recombinación genética, es decir, la ingeniería genética (entre estos últimos, algunos mencionan las técnicas tradicionales de fermentación como un remoto antecedente de las biotecnologías, pero nada más).

La necesidad de entender bien de lo que hablamos y de sus posibilidades es un requisito fundamental. como José Sanmartín señala:

Es necesario clarificar qué se entiende por algo antes de hablar sobre sus posibles riesgos e impactos. Esto que parece de una obviedad total, no ha sido cumplido en el caso de la biotecnología. Por biotecnología, en sentido estricto, hay que entender, el conjunto de las técnicas que, en primer lugar, permiten aislar microorganismos o células vivas a partir de tejidos vegetales y animales y, en segundo lugar, posibilitan la aplicación de esos microorganismos o células para la obtención de productos metabólicos o para la catalización de reacciones químicas¹⁶

De este modo cabe entender la biotecnología como un conjunto de distintas técnicas, que incluiría desde los procesos más tradicionales de fermentación, conocidos satisfactoriamente por babilonios y egipcios, y que tan buenos resultados les dieron en la fabricación de cerveza, pan o yogur, a las técnicas del ADN recombinante.^{17,18,19,20}

Si pocos son los que aciertan a clasificar estos procesos tradicionales, así como los de mejora genética, usados por los ganaderos desde hace tanto tiempo, como biotecnología, menos son aún los que se han ocupado de indagar las diferencias fundamentales entre unas técnicas y otras. Entre estos últimos, Sanmartín¹⁸ ha señalado que la diferencia radica en el distinto nivel de teorización que a cada una de ellas corresponde. La teorización de eventos producidos por técnicas biológicas proviene del afán de control de las causas eficientes que están por detrás de tales eventos.²¹ Ese afán de control, que entronca con el nacimiento de la ciencia moderna, principalmente con su ideólogo más conocido, Francis Bacon, es "la meta tradicional de la tecnología".²² El

modo común en que el ser humano ha manifestado este control ha sido canalizando eventos.

Pero esa meta tradicional de la tecnología ha sufrido, sobre todo desde mediados de este siglo, una modificación que estimo profunda. Hoy día tecnológicamente no se trata tanto de controlar causas naturales, cuando de, una vez conocidas, suplirlas, reemplazarlas por productos, a su vez de la tecnología.²¹

Esta es la característica distintiva de la ingeniería genética frente al resto de biotecnologías. Sus logros técnicos y sociales son hasta ahora éxitos parciales. Con ella se ha logrado producir una serie de sustancias de cuya síntesis es responsable un único gen, como la insulina, la hormona humana del crecimiento, la somatostatina o el interferón. cuando interviene más de un gen, las cuestiones son más complejas y difíciles.

No debemos pensar, sin embargo, que con el avance científico-tecnológico habremos conseguido la resolución de todos los problemas que se hacen dependerá de la ingeniería genética la más prometedora de las biotecnologías. Una serie de limitaciones que todavía tenemos que mencionar han de ser tenidas en cuenta. sigamos con ellas.

Promesas poco profundas

Hemos tratado de separar lo que debemos considerar fantasías de lo que debemos tomar por las posibilidades propias de la biotecnología. Sin embargo, de nuevo cabría proceder con cautela o con escepticismo, no ya debido a la existencia de elementos distorsionadores de la imagen de la biotecnología, sino a la existencia de *características estructurales* propias de la industria biotecnológica que tienen que ver con su funcionamiento en el seno de una economía mundial.^{20,21} Tales características nos van a obligar a que tomemos con prudencia lo que se espera que sean los posibles logros técnicos en biotecnología así como sus repercusiones sociales.

Si vamos al contexto de *funcionamiento* de la biotecnología, podremos contemplar que toda una serie de limitaciones se van a interponer tanto en el logro de avances técnicos y sociales, como en el éxito de la transferencia de biotecnología. son muchos los elementos que según se señala van a dificultar que la biotecnología pueda desempeñar un papel activo en el desarrollo de América Latina. Aquí sólo voy a mencionar los que considero más significativos.

Por un lado, en la actualidad la investigación científico-tecnológica en casi todos los campos, y la biotecnología no es una excepción, se ha convertido en un proceso complejo que requiere grandes sumas de capital que lo aleja del alcance de cualquiera que quiera incorporarse al terreno de la ciencia y la tecnologías del presente. Se puede afirmar que la mayor parte de los resultados actuales tienen que ver con actividades de I+D. Además, la investigación especialmente se lleva a cabo en aquellos terrenos para los que existen potenciales compradores de un producto que sean solventes, que hagan rentable la inversión. Está, pues, parcialmente restringido tanto el acceso a la investigación, su dirección y los resultados. Puesto que las necesidades de los países menos desarrollados no suelen coincidir con las áreas de interés en las que se investiga, los potenciales consumidores de los países más pobres quedan relativamente al margen de la biotecnología. Y sus países difícilmente pueden afrontar los altos costos de una investigación encaminada a resolver sus necesidades.

Hay que tener en cuenta, ahora respecto de la biotecnología, que la transferencia de tecnología es, en general, una actividad comercial; y hay que entenderla en ese contexto. La tecnología es una mercancía que se adquiere en el mercado. El pago de regalías, la concesión de licencias y toda una serie de condiciones en que la transferencia se realiza deben ser tenidas en cuenta, ya que muchas veces dicha transferencia o no supone ningún beneficio para el país importador o supone una carga económica para éste. De ahí que muchos señalen la inadecuación del término "transferencia" y prefieran usar "comercio de tecnología" por ser más acorde con la realidad.

Clásicamente una de las cuestiones más debatidas es que las características económico-laborales de las nuevas tecnologías no son las más idóneas para la realidad de los países menos desarrollados. Las nuevas tecnologías se caracterizan por ser intensivas en capital, requieren poca mano de obra, pero de gran formación técnica. Por lo general, algo muy distinto de lo que se da en los países en desarrollo. Parece que las tecnologías más apropiadas para los países en desarrollo serían las intensivas en mano de obra y que requieran no mucho capital. Sin embargo, ésta no es una discusión cerrada. Por un lado una mano de obra excesiva puede ahogar la inversión, por otro, la biotecnología no parece ser una tecnología que requiera fuertes inversiones. Pero, además, la escisión que caracteriza las propias sociedades de los países

menos desarrollados hace aún más problemática la cuestión. Según Amilcar O.Herrera,²³ "la mayoría de las naciones en desarrollo son sociedades duales". Un sector, el moderno, está integrado por un número de personas que va del 10 al 30 por ciento de la población y su ingreso per cápita es muy superior al del otro sector de la población, el tradicional, "el cual vive por lo general en un economía de subsistencia". Ambos sectores se relacionan con dos tipos de tecnologías, la científica o moderna y la tradicional o empírica, respectivamente. Las dos tecnologías "tienen diferencias radicales desde el punto de vista de su conexión estructural con la sociedad". Las primeras están conectadas con el bienestar y el consumo de bienes cada vez más elaborados y, en gran medida, con hábitos y pautas culturales propios de las sociedades industrializadas. Las otras, las tradicionales, usadas por el sector mayoritario de la población, están más centradas en la subsistencia. La elección o atención de unas en lugar de las otras trae consecuencias secundarias importantes para el otro grupo. "La abrumadora mayoría de las tecnologías importadas se dirige a satisfacer al sector rico de la sociedad", así que "la riqueza del sector moderno es a la vez causa y efecto del atraso del sector rural o tradicional".²³

Otros temas que también han sido señalados con el carácter polivalente que algunos productos adquieren con las técnicas biológicas. La intercambiabilidad de algunas materias primas, especialmente en lo referente a productos agrícolas, debilita aún más la situación de algunos países y su posición negociadora en los mercados internacionales.²⁰ Además, la posibilidad de que determinados productos lleguen a ser sintetizados en las factorías industriales en el Norte augura una menor dependencia de los países industrializados respecto de los productos de los países menos desarrollados. Asimismo, las nuevas técnicas de índole biológica pueden favorecer la capacidad monopolística de las grandes corporaciones multinacionales del sector con arreglo a un producto determinado.²³ También la existencia de leyes sobre patentes de invención parecen jugar a favor de ellas y de los países más industrializados.²² Todos estos aspectos pueden englobarse bajo lo que Gonzalo Arrollo,²⁴ califica como *efectos desestructurantes* de la biotecnología y que especialmente dejarán sentir en los países tradicionalmente dedicados a la exportación de materias primas.

Las relaciones industria\universidad\gobierno, uno de los aspectos más estudiados, tampoco parecen ser las más idóneas para que alber-

guemos muchas esperanzas sobre los resultados de la biotecnología. Por un lado, la función social que las universidades se piensa deben cumplir, está poniéndose en entredicho en muchos casos. Por el otro, el interés y alcance de las investigaciones con fines militares que preside muchos de los desarrollos tampoco parece poner al alcance la consecución de las metas sociales prometidas.

Marcos García de la Huerta,²⁵ también hace ver que la homogeneización que se está dando con la difusión de las nuevas tecnologías no debe crear falsas esperanza en los países periféricos. Aunque los países desarrollados *se diferencian* cada vez menos de los países en desarrollo, sin embargo, *se desigualan* cada vez más. Y es que no se debe confundir que exista una comunicación o bienes de consumo semejantes con la igualación: "un desnivel demasiado pronunciado tendría a inhibir el traspaso de tecnología" y, por tanto, pondría en serios apuros la existencia de esta actividad como un hecho comercial. La transferencia de tecnología puede acabar generando unos efectos *refractarios*,²² o, como señala García de la Huerta, producir un "crecimiento en la brecha".

Por último, dentro de esta línea, cabría señalar que muchos de los problemas a los que para su resolución se apela a la biotecnología (el hambre es uno de ellos) tienen más que ver con la mala distribución de alimentos y riqueza que con su insuficiencia. A pesar de lo dicho, América Latina y otras regiones del Tercer Mundo se encuentran ante un dilema nada sencillo. La decisión no es tan simple como entrar de lleno en el mundo de las nuevas tecnologías o quedarse al margen.

Por un lado, las aplicaciones de esta tecnología ofrecen oportunidades importantes y significativas para mejorar el bienestar humano. Por el otro, el camino a través del que en la actualidad se está desarrollando la biotecnología, principalmente en los países industrialmente más avanzados, hace probable que la difusión de estas tecnologías conduzcan a mayores desajustes sociales, así como a impactos adversos sobre grandes segmentos de la población de América Latina y de otros países del tercer mundo.²²

Desde el enfoque que aquí hemos expuesto, se considera que los mecanismos que dificultan o limitan la difusión de los resultados y beneficios de la biotecnología y su transferencia son especialmente de índole mercantil, es decir, tienen que ver con las estructuras de funcionamiento de la tecnología en el mercado o, a lo sumo, con estructuras sociales que tienen relación con éstas. Con ello, se obtiene la impresión que son mecanismos extrínsecos a la actividad tecnocientífica los que

impiden el cumplimiento de los logros sociales esperados. Creemos que es necesario, si no un análisis más globalizador, sí un análisis complementario que dé cuenta de otra serie de limitaciones.

Constricciones de la biotecnología

El análisis crítico en torno a las promesas de la biotecnología y su transferencia que acabamos de mostrar y que está centrado principalmente en los aspectos económicos es certero y realista. Sin embargo, tal análisis, al dirigir su atención hacia el funcionamiento de la biotecnología y su transferencia en el marco internacional de comercio, deja de tratar una serie de constricciones que no sólo tienen que ver con las limitaciones que tal sistema impone a la investigación científica y su transferencia. En ningún momento se considera que la ciencia y la tecnología nazcan con una serie de limitaciones que son propias del contexto en que se crean y de los grupos sociales que las crean, así como de los antecedentes históricos que tales tecnologías tienen.

De alguna manera se podría decir que los enfoques económicos adoptan una actitud cuasi-determinista o mecanicista: las leyes científicas explicarían qué procesos son posibles y las leyes del mercado determinarían lo que es factible que ocurra. Mi propuesta tiene que ver con un análisis más global. Este debe incluir tanto los aspectos relativos al funcionamiento como aquellas limitaciones que provienen de cómo es construido un conjunto de conocimientos o una tecnología. Limitaciones que podemos hallar si tomamos en cuenta el contexto social donde surge un determinado conocimiento científico.

La ciencia y la tecnología, según se señala desde varias aproximaciones recientes, nacen conformadas por la serie de problemas que vienen a resolver y en un sentido más amplio por la naturaleza del contexto social en el que surgen. Tales puntos de vista podrían ayudar a poner de manifiesto y a comprender toda una serie de limitaciones y constricciones que tienen que ver con el contexto social donde se origina una tecnología y que se introducen en ésta, poniéndose de relieve, por ejemplo, cuando es transferida a un contexto social distinto del que surgió. Bajo esta nueva perspectiva preguntarse por las limitaciones de las cuestiones tecnológicas es preguntarse por sus orígenes, por el contexto en el que surge, en el que son originalmente construidas.

Los enfoques a los que me voy a referir han surgido alrededor de disciplinas como la Sociología del conocimiento científico, la Sociología

de la Tecnología o la Filosofía de la Tecnología. A pesar de sus diferencias, tales aproximaciones se alejan de los enfoques que tradicionalmente han estudiado la ciencia y la tecnología, a los que podríamos denominar enfoques de caja negra, retomando la terminología anterior.²⁶

Pinch y Bijker por ejemplo aplican el programa EPOR (Empirical Programme of Relativism),²⁷ propio de la sociología del conocimiento científico, a la tecnología. Un artefacto tecnológico ha de ser visto en relación a unos grupos sociales a los cuales ese artefacto les plantea un conjunto de problemas. Para Pinch y Bijker, los grupos sociales definen las funciones de un artefacto o tecnología en relación con esa serie de problemas que les son propios. Llegado un momento, uno de los grupos sociales decide que un problema se ha solventado, con lo que la tecnología se estabiliza.

Thomas, P. Huhges²⁶ habla de "sistemas tecnológicos" en donde interactúan artefactos físicos y no-físicos, los cuales son componentes del sistema global. El no prestar la atención debida a esta compleja serie de interacciones puede ser la causa muchas veces de que fracase la transferencia de tecnologías de un país a otro.

Próximo al enfoque anterior, Michael Callon²⁸ propone un modelo de 'redes de actores' (actor networks). Actores son para Callon, tomando su caso de análisis, el proyecto del vehículo eléctrico, electrones, catalizadores, acumuladores, usuarios, investigadores, manufactureros, usuarios, y departamentos gubernamentales, entre otros. Todos ellos en su interacción forman una red. El enfoque de Callon es más radical que el de Huhges en cuanto que no distingue actores animados de inanimados, individuos de instituciones; Callon no cree que halla fuera\dentro, esto es, social\tecnológico.²⁶

Vernon W. Ruttan y Yujiro Hayami, y también Nathan Rosenberg,¹³ anticipando parte de lo que Huhges y Callon ponen de manifiesto, señalaron hace algún tiempo cómo la transferencia de tecnologías tiene que salvar un obstáculo fundamental, la tecnología ha de adecuarse a una red de soporte tecnológico distinta de donde venía funcionando (*technological support network*). Es decir, ha de adecuarse a la infraestructura tecnológica existente en el país al que se quiere transferir la tecnología. Para ellos, la transferencia es real cuando se adquiere la capacidad de producir una tecnología localmente adaptada.

Cercanos a la sociología de la tecnología, pero dentro del terreno de la economía del cambio técnico, Richard R. Nelson y S.G. Winter, y también Giovanni Dosi han elaborado modelos evolucionistas del cambio técnico, bajo el criterio de selección natural.²⁹ Los primeros hablan de "régimenes tecnológicos" y el segundo, partiendo de éstos y tomando la noción de 'paradigma' de Kuhn, de "trayectorias tecnológicas". Lo que con ambos modelos del cambio técnico se pone de manifiesto es que el desarrollo de una tecnología no posee un carácter abierto, únicamente determinado por los factores científico-técnicos, sino que más bien son la serie de factores de índole socioeconómica los que conforman los regímenes o las trayectorias tecnológicas.³⁰

José Sanmartín,¹⁷ realiza una construcción sociotécnica de una tecnología concreta, la ingeniería genética. Esta tecnología se dedica a teorizar o buscar explicaciones causales de procesos técnicos existentes y usados por gran parte de la humanidad a lo largo de la historia. Las tecnologías nunca se presentan solas. Vienen acompañadas por teorías que poseen un fuerte componente ideológico-reduccionista, las teorías de segundo nivel, las cuales vienen a desempeñar sobre todo funciones de legitimación en la aplicación de tecnologías al "unificar ámbitos distintos y desconectados de la realidad".³¹ Sanmartín muestra cómo los proyectos de reduccionismo biológico han acompañado a la ingeniería genética, contribuyendo a configurar un determinado conjunto de conocimientos y líneas de investigación en lugar de otras,³² o cómo las posibilidades de intervención técnica, justificadas muchas veces por teorías reduccionistas, dan lugar a determinados conceptos científicos que acaban siendo exitosos.

"Redes de actores", "sistemas tecnológicos", "redes de soporte tecnológico", "trayectorias tecnológicas", "interacciones entre técnicas y teorías", son aportaciones recientes que deberíamos tener en cuenta a la hora de estudiar el mundo científico-tecnológico actual, ya que coinciden en señalar aspectos que apenas habían sido tenidos en cuenta hasta ahora. De lo que se trataría ahora es ver cómo las biotecnologías sufren estos procesos de constricción; cómo han ido delimitando sus aplicaciones en conexión con el contexto social en el que surgían y tratar de comprender cómo podían afectar a la transferencia de biotecnología.

Como mencionamos, las biotécnicas ya eran utilizadas por egipcios y babilonios en la producción de productos como la cerveza, el pan o el yogur. desde entonces el conocimiento técnico y científico sobre los

procesos biológicos ha ido conformándose a medida que se ha ido solventado los problemas científicos y técnicos, e indisolublemente ligados a ellos, también sociales y culturales, que concernían a ciertos grupos humanos. El otro terreno tradicional dentro de este campo ha sido el de la mejora genética de animales aplicada corrientemente por los ganaderos y que darwin (o Mendel) tuvo en cuenta a la hora de elaborar sus teorías.

En nuestro siglo ha sido la biología molecular la que ha permitido principalmente el desarrollo de la biotecnología. Por detrás de la configuración de los conocimientos de aquélla han estado fundaciones de la relevancia de la Rockefeller o la Carnegie.³³ Abir-Am, por ejemplo, ha detallado el papel que los físico jugaron en esta disciplina, concretamente en la primera de las dos fundaciones mencionadas,^{34,35} posteriormente fueron las petroquímicas las que desempeñaron un importante papel. Sobre éstas, Rancoise Chesnais comenta:³⁶

El primer grupo de grandes empresas que se interesaron en la tecnología moderna de fermentación por reactor biológico fue el de las industrias petroleras y petroquímica. Este grupo pretendía desarrollar un conjunto de procesos y productos, proteínas de células aisladas que permitieran hacer a un lado la agricultura (incluyendo la biomasa) y ofrecieran al mundo el pan de cada día mediante proteínas producidas por la fermentación de cepas de hidrocarburos, aunque no se alcanzó este objetivo, de todos modos ha sido un factor determinante del curso de desarrollo tecnológico en el área.

En la actualidad, pues, no cabe ver la biotecnología como tradicionalmente se ha visto cualquier rama del conocimiento científico técnico. Esto es, simplemente como resultado del avance objetivo del conocimiento. Más bien, las trayectorias de las nuevas tecnologías rara vez son "naturales" en el sentido de depender esencialmente de factores científicos y tecnológicos, es decir, de factores endógenos.

Si contemplamos los proyectos de investigación en biotecnología, vemos que el conjunto de conocimientos no favorece especialmente a la realidad de los países menos desarrollados. En agricultura, las investigaciones, por ejemplo, se dedican a la mejora genética de semillas, las cuales requieren, sin embargo, del uso de agroquímicos, como pesticidas y fertilizantes, para alcanzar un nivel productivo ideal. Además, sólo son más productivas al principio, por tanto cada cierto tiempo han de ser reemplazadas. También su mayor potencial productivo contrasta con su baja calidad alimenticia;³⁷ lo cual se repite para el caso de la ganadería.

Como es lógico, estas mejoras tecnológicas deben pagarlas los países en desarrollo a precio que les resulta muy alto, dada su situación actual. El caso de las investigaciones encaminadas a hacer las plantas resistentes a los plaguicidas está en la línea de hacer a los países en desarrollo cada vez más dependientes de la tecnología exterior. Asimismo, en los terrenos de la farmacopea y la salud, el conjunto de conocimientos existentes es más propicio para que se obtengan ciertos éxitos en terrenos para el tratamiento y cura de enfermedades propias de los países industrializados.

Lo que a lo largo de esta ponencia se ha señalado creo que debería ser tenido en cuenta para poder percibir con claridad y anticipar qué efectos puede tener una tecnología que vaya a ser trasferida de un contexto social a otro. La serie de promesas que acompañan a las nuevas tecnologías, los aspectos comerciales que tienen que ver con su funcionamiento, la particular conformación del conocimiento científico-tecnológico y los valores que acompañan a las tecnologías son aspectos que deben ser incluidos en ese análisis. Después de lo dicho, quizá el mejor modo para entender y afrontar la tecnología sea como lo propone Langdon Winner, como 'formas de vida',³⁸ porque, como también él mismo señala, dado el alcance que actualmente tienen "las tecnologías más que usarlas, las vivimos".³⁹ Ser conscientes de esto y de las limitaciones inherentes a la ciencia y la tecnología y al contexto en el que funcionan nos debe hacer selectivos a la hora de adoptarlas y nos ha de hacer ver la necesidad de evaluar todos los aspectos relacionados con la tecnología desde una perspectiva social.

NOTAS Y LITERATURA CITADA

1. Langdon Winner. *De herejía a sabiduría convencional*. En Medina y Sanmartín (eds.) 1990: 76-84.
2. Tomo el título de José Sanmartín quien lo utiliza, refiriéndose al reduccionismo en el terreno de la biología. Los determinismos biológicos a lo largo de la historia han insistido en el tema de la determinación de la conducta humana intentando aportar cada vez datos definitivos sobre ella. Su pretensión parece residir en una convicción que acaba condicionando la lectura de los datos que obtienen de la realidad.
3. Por ejemplo, Hohn Agnew señala que toda teoría del desarrollo tiene asociada una postura sobre la transferencia de tecnología. pero en general parece más razonable

pensar que todo aquel que habla de transferencia de tecnología la considera una manera de inducir al desarrollo.

Agnew, John A. *Technology transfer and theories of development. Conceptual Issues in the south Asian Context*, *Journal of Asian and African Studies*, Vol. XVII, No. 1-2. 1982: 16- 31.

4. La obra de Jorge Sábato y Michael Mackenzie, la producción de tecnología, **autónoma o transnacional**, plantea este dilema desde el título.
5. El material que existe sobre esto es ingente y muy desigual. Sin embargo, pocos se han preocupado de hacer un estudio serio que desvele los orígenes del discurso desarrollista. un excelente trabajo de reconstrucción histórica es el que ha llevado a cabo **Arturo Escobar** en su tesis doctoral. La construcción o, como él lo llama, invención del discurso del desarrollo se fragua principalmente tras la Segunda Guerra Mundial y, contra lo que en principio podría pensarse, no surge como algo premeditado, sino como una yuxtaposición de elementos. Entre estos podríamos destacar para nuestros propósitos el triunfo militar de los Estados Unidos en la mencionada confrontación bélgica, el avance de la física nuclear, el éxito del Plan Marshall en Europa, la fe acrítica en la ciencia y tecnología, o la creencia en la modernización como un estadio superior moral y materialmente para todas las culturas.
Escobar, Arturo. *Power and Visibility: the invention and management of development in the Third World*. Tesis Doctoral, UMI, 1988.
6. Langdon Winner. *La carrera tecnológica y la cultura política*, ponencia presentada al Congreso Nuevos Mundos, Nuevas Tecnologías, nuevas perspectivas (Valencia, 28 de noviembre al 1 de diciembre) en Sanmartín, J. et al. (eds.).
7. Peña, Margarita. *Nuevas Tecnologías y un viejo debate*, ponencia presentada al congreso Nuevos Mundos, Nuevas tecnologías, Nuevas Perspectivas (Valencia, 28 de noviembre al 1 de diciembre) en Sanmartín, J. et al. (eds.) (en preparación).
8. Camacho, Luis A. *Influencia de la tecnología en los valores: consideraciones filosóficas básicas*, en Ramírez, Edgar Roy (1985), pp. 55-78.
9. Camacho, Luis A. *Ética y axiología de la tecnología*. *Quipo*, Vol. 6, No. 1, 1989.
10. ONU: Plan de acción mundial para la aplicación de la ciencia y la tecnología al desarrollo. Nueva York: Naciones Unidas. 1971:304-44.
11. Ominami, Carlo. *Tercera Revolución Industrial y opciones de desarrollo*, pp. 15-39. En Ominami, Carlo. *El sistema internacional y América Latina. La tercera Revolución Industrial. Impactos Internacionales del Actual Viraje tecnológico*. Buenos Aires. Grupo Editor Latinoamericano . 1986:17.
12. Este aspecto ha sido tratado sobre todo por los sociólogos del conocimiento científico. El tema ya aparece en 1972 en un artículo de R.D. Whitley, *Black boxism and the sociology of science: A discussion of de major developments in the field*, publicado en P. Halmos (ed.): *the sociology of science*. Keele: University of Keele. Y también el de E.T.Layton (1977): *Conditions of Technological developmet*, en I. Spiegel-Rosin y De. de Solla Price (eds.): **Science; Technology and Society; A Cross-Disciplinary Perspective**. London y Beverly Hills: Sage. Sin embargo ha alcanzado más difusión a raíz de la publicación en 1982 de la obra del economista

- Nathan Rosemberg, **Inside the Black Box**. Más tarde, en 1984, G. Nigel Gilbert y Michael Mulkay pusieron a su obra el título **Opening Pandora Box. A Sociological Analysis of Scientist Discourse**.
13. Véase al respecto, la opinión de Goldschmidt, en STAUDENMATER, John M.: **Technology's Storytellers: Reviewing the Human Fabric**. Cambridge: M.I.T. Press, 1985.
 14. No quiero entrar en cómo se formaron ambas imágenes, pero sí me gustaría mencionar, aunque sea en nota, como, por un lado, los filósofos de la ciencia separaron la ciencia de la tecnología para luego reducir la primera a una actividad teórica-contemplativa. A partir de ahí sólo les quedaba tratar de entender el funcionamiento de la ciencia como un **recambio** de teorías. Sobre esto puede verse el artículo de Medina y Sanmartín (1989). Por otro lado, los economistas del desarrollo y los políticos de la ciencia relacionados con éstos se dedicaron a **embutir** cuanto más ciencia y tecnología pudieran en determinadas sociedades para hacerlas salir de la situación de subdesarrollo en que se encontraban. Como si de algún algoritmo se tratase la operación tenía que resultar, aunque hubiese que recurrir a ciertas variables de control como la planificación o los consejos Nacionales de la susodichas actividades. Ver Medina y José Sanmartín: *Filosofía de la tecnología, INVESCIT y el programa TECNAS*, *Anthropos*, (Barcelona) No. 94-95. 1989: 4-7 y José Sanmartín (eds): *Ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: *Anthropos*, 1990.
 15. Sanmartín, José. *El nuevo mundo de las nuevas tecnologías*, ponencia presentada al congreso Nuevos Mundos, Nuevas Tecnologías, Nuevas Perspectivas (Valencia, 28 de noviembre al 1 de diciembre) en Sanmartín, J. et al. (eds.) (en preparación).
 16. Sanmartín, José: *El desafío de la Genética, Tendencias Científicas y Sociales*, (Madrid) No. 19, 1990.
 17. Sanmartín, José. **Los Nuevos Redentores**. Barcelona, Anthropos. 1987.
 18. Sanmartín, José. *Reflexiones en torno a la cuestionable primacía de lo teórico*, *Arbor*, No. 507, 1988: 29-45.
 19. Yanchinsky, Stephanie (ed.): **La revolución biotecnológica**. Madrid\Barcelona: Debate\Círculo. 1985.
 20. Hobbelink, Henk y Guido Ruivenkamp. *Biotecnología y Tercer Mundo: desenmascaramiento de una nueva promesa*, *Revista CIDOB d Afers Internacionals*, No. 10, 1986: 5-24.
 21. *No toda producción es síntesis. Reflexiones en torno a las diferencias entre tecnología de control y tecnologías sintéticas*, en *Revista Anthropos*, (Barcelona) No. 94-95, 1989: 39-44.
 22. Dembo, David; J. Dias y Morehouse. *The vital nexus in biotechnology: the relationship between research and production and its implications for Latin-America*, *Inter-ciencia*, Vol. 14, No. 4, 1989: 168-180.
 23. Herrera, Amílcar O. *Tecnologías científicas y tradicionales en los países en desarrollo*, *Comercio Exterior*, vo. 28, No. 12, 1462-76.
 24. Arrollo, Gonzalo. *El desarrollo reciente de la biotecnología*, en Carlo Ominami (ed.).
 25. García de la Huerta, Marcos. *El mundialismo: una homogeneización con crecimiento en la brecha*, ponencia presentada al Congreso Nuevos Mundos, Nuevas Tecno-

- logías, Nuevas Perspectivas (Valencia, 28 de noviembre al 1 de diciembre) En Sanmartín, J. et al. (ed.) 1989 (en preparación).
26. Pinch, Trevor J. y Wiebe E. Bijker. *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 E.; Thomas P. Hughes y Trevor J. Pinch. (eds.) 1987: 17-50.
 27. Una buena exposición del contenido y propósitos de EPOR puede verse en el libro de Steve Woolgar: **Science: The Very Idea**. Londres: Tavistock, 1988.
 28. Callon, Michael. *Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis* en Bijker, Wiebe E.; Thomas P. Hughes y Trevor J. Pinch (eds.) 1987: 83-103.
 29. Para un análisis desde la sociología de la tecnología del modelo Nelson-Winter-Dosi, véase Van Den Belt, Henk y Arie Rip (1987): *The Nelson-Winter-Dosi Model and Synthetic Dye Chemistry* en Bijker, Wiebe E.; Thomas P. Hughes y Trevor J. Pinch (eds.) 1987: 135-158.
 30. No obstante, hay que ser cuidadosos con los modelos evolucionistas debido a que pueden acabar explicando lo que hay **porque** está, en lugar de explicar **por qué** está.
 31. Los casos de las ciencias cognitivas y de las teorías biológicas de corte reduccionista son ejemplos paradigmáticos. Sobre esto puede verse la excelente exposición que José Sanmartín hace en su última obra: **Tecnología y Futuro Humano**. Barcelona: Anthropos (1990).
 32. Referencias al tema del determinismo biológico en relación con la teoría de los test pueden hallarse en la obra de López Cerezo, J.A. Y Lujan López, J. L. **El artefacto de la inteligencia**. Barcelona: Anthropos, 1989.
 33. Yoxen, Edward. *Life as a productive Force: Capitalising the Science and Technology of Molecular Biology* en Levidow, L. y B. Young. 1981: 66-122.
 34. Abir-Am, Pnina. *Theme, Genres and Orders of legitimation in the consolidation of New Scientific Disciplines: Deconstructing the Historiography of Molecular Biology, History of Science*, Vol. XXIII, 1985: 72-117.
 35. Yearly, Steven. **Science, Technology and Social Change**. London: Unwin Hyman. 1988.
 36. Chesnais, Rancoise: *La biotecnología y la exportación de productos agrícolas en los países en desarrollo*, **Comercio Exterior**, vol.40, No.3, 1989: 256-266.
 37. Ramos, Francisco: *América Latina: El saqueo de los recursos genéticos*, **Interciencia**, Vol. 14 No. 3, 1989: 141-2.
 38. Winner, Langdon: **La ballena y el reactor**. Barcelona: Gedisa, 1987.
 39. Winner, langdon: **Tecnología autónoma**. Barcelona: Gustavo Gili, 1979.