



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

Instituto de Investigaciones Filosóficas  
Facultad de Filosofía y Letras  
Facultad de Ciencias

**EL ESTATUTO ONTOLÓGICO DE LOS ORGANISMOS  
MODIFICADOS Y SUS CONSECUENCIAS EPISTÉMICAS**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

PRESENTA  
**MÓNICA MARÍA MÁRQUEZ SÁNCHEZ**

TUTOR PRINCIPAL  
Dr. JORGE LINARES SALGADO

COMITÉ TUTORAL  
Dra. ANA ROSA PÉREZ RANSANZ  
Dra. ADRIANA MURGUÍA LORES

TUTOR EXTERNO  
Dr. FERNANDO BRONCANO

México, D.F. Noviembre de 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Dedico este trabajo académico a mis padres y hermanas*

*y*

*a*

*Arturo Ávila Cano*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Coordinación de Estudios de Posgrado de la Subdirección de Programas Institucionales de la Universidad Nacional Autónoma de México por la beca con que fui favorecida para adelantar el doctorado, y que me fue otorgada entre octubre de 2007 y junio de 2010. Agradezco también al programa de Fomento a la Graduación, por el apoyo fundamental para la culminación del presente trabajo otorgado por tres meses.

Agradezco al Programa de Estudiantes Asociados del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, al que pertencí hasta diciembre de 2009, ya que dentro de tal programa conté con un espacio físico en el Instituto para adelantar mi trabajo doctoral, y también tuve la oportunidad de presentar avances de mi trabajo en el Seminario de Estudiantes Asociados. También agradezco a mis tutores asignados dentro dicho programa, el Dr. Carlos Lopez Beltrán y la Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz.

Este trabajo doctoral surgió como el interés de continuar la reflexión que inicié en la Maestría en Filosofía de la Ciencia en la Universidad Nacional Autónoma de México, en la cual trabajé el tema de la Idealización y los organismos modelo bajo la tutoría del Dr. Rasmus Gronfeldt Winther, quien se trasladó después a la Universidad de California en Estados Unidos. Inicié el ciclo doctoral quedando finalmente como tutor principal el Dr. Jorge Linares, a quien agradezco el interés y la enorme disposición que tuvo para acoger este trabajo, con lo cual pude continuar con mi ciclo doctoral, a partir de plantear la pregunta sobre el estatuto de tales organismos, tema que se amplió a todos los organismos modificados. En especial agradezco su apoyo permanente para que el trabajo avanzara y llegará a feliz término. Por otro lado, quiero destacar la libertad que tuve bajo su tutoría para explorar distintas líneas de pensamiento, fundamentales en la construcción de la propuesta personal que presento, y su disposición para incorporar a más investigadores en aras de enriquecer el trabajo. Por último, destaco su disposición para revisar el trabajo, siempre con la mayor prontitud, lo cual fue indispensable para cumplir con las exigencias del programa académico. Agradezco también en su calidad de coordinador del posgrado, el que posibilitará por su parte mi estancia en España.

Por otro lado, se conformó el comité tutorial por la Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz y la Dra. Adriana Murguía Lores, que junto con el profesor Jorge Linares revisaron mi trabajo semestre a semestre. Agradezco a la profesora Ana Rosa Pérez sus agudas críticas, tan pertinentes para tener en cuenta los problemas que enfrentaba a cada paso en el desarrollo de la propuesta, y su disposición permanente para revisar el trabajo y que éste pudiera avanzar. Por otro lado, agradezco a la profesora Adriana Murguía, su permanente estímulo para continuar con este trabajo. Le agradezco sus importantes críticas y comentarios para el mejoramiento del trabajo en cada etapa y su cuidadosa revisión del texto semestre con semestre lo cual fue enriquecedor para comprender las debilidades que se tenían en la argumentación.

Para mí fue un proceso formativo en lo que se refiere al oficio del filósofo de la ciencia, lo cual implica el rigor en la discusión, la precisión en las ideas propuestas, la concentración en el tipo de problemas centrales. Agradezco la dedicación del comité tutorial.

Posteriormente, se incorporó el Dr. Fernando Broncano al trabajo de investigación para el examen de candidatura presentado en octubre de 2009, a quien contacté en marzo de 2009 gracias a la Dra. Ana Rosa Pérez. A este respecto tuve la oportunidad de ser invitada a participar en febrero de 2010 en el seminario académico que llevó a cabo el posgrado del Máster en Humanidades de la Universidad Carlos III de Madrid, desplazamiento que puede realizar gracias al apoyo de la UNAM, dado que me encontraba en la ciudad de San Sebastian, en el programa de Master en Filosofía, Ciencia y Valores de la Universidad del País Vasco, en convenio con la Universidad Nacional Autónoma de México. Tal visita a la Universidad Carlos III, se aprovechó para recibir asesoría personal, ya que por parte del programa del Master él fue mi tutor de tesis. En tal trabajo desarrollé el tema de los organismos modificados como objetos artísticos. Como parte de tal asesoría el profesor Broncano me ayudó a encontrar un tipo de razonamiento que me podía llevar a encontrar una salida para el difícil problema sobre las distinciones entre organismos y

artefactos. Tal asesoría fue fundamental para el problema que venía investigando y que se decidió incorporar en el trabajo que adelantaba bajo su dirección para el Master y que también incorporé posteriormente en mi tesis de doctorado de la Universidad Nacional Autónoma de México. Durante este periodo le agradezco la revisión de los avances que surgieron a partir de tal asesoría. Además agradezco el apoyo permanente que ha tenido y las lecturas cuidadosas de la tesis.

La idea inicial que surgió a partir de tal asesoría se refería a profundizar sobre el concepto de la autonomía y en este sentido tuve la fortuna en la Universidad del País Vasco de incorporarme al grupo de Investigación IAS-Research (Information and Autonomous Systems), dedicado a investigar el problema de la autonomía desde la perspectiva naturalizada de la biología. Este grupo me acogió durante mi estancia y me incorporé a los seminarios regulares que este grupo lleva a cabo de manera semanal. Sostuve asesorías con la profesora Arantza Etxeberria y el profesor Alvaro Moreno. En especial agradezco a la profesora Arantza Etxeberria porque me brindó material bibliográfico, me asesoró respecto al tema de la autonomía. De tal manera que mi estancia en España fue muy importante para el presente trabajo doctoral, estancia en la cual se desarrollaron dos capítulos, correspondientes al análisis de la biología sintética, la autonomía y las diferencias entre organismos y artefactos.

Finalmente, se incorporó en la etapa final de lectura el profesor Ricardo Noguera de la Facultad de Ciencias, docente de gran calidad académica y humana, quien me hizo críticas y comentarios importantísimos desde la perspectiva biológica. Agradezco especialmente su lectura atenta del texto, sus comentarios certeros, su disposición para atenderme y discutir conmigo sobre tales problemas, su águda inteligencia sobre los temas de la filosofía de la biología.

Agradezco finalmente a mi familia, por su permanente apoyo que me han enviado desde Colombia, estando al tanto de mi proceso académico en México. A Arturo Ávila, por su permanente e incondicional apoyo. A mis compañeros del programa de estudiantes asociados Ana Laura Fonseca, Juan Reyes, Yuriditzi Pascacio y Pavel Real, con los cuales he discutido permanentemente sobre temas de la filosofía de la ciencia.

## INDICE

Introducción.....	1
1. CAPÍTULO I. LOS ORGANISMOS MODIFICADOS, LA POSTULACIÓN COMO ARTEFACTOS Y SUS PROBLEMAS.....	19
1.1. Los organismos modificados.....	20
1.1.1. Los organismos modificados genéticamente.....	21
Organismos transgénicos.....	21
Organismos modelo.....	22
1.1.2. La Modificación de lo vivo: desde la domesticación hasta la ingeniería genética.....	27
1.2. La postulación de un estatuto artefactual para los organismos modificados.....	31
1.2.1. Los organismos modificados y la acción intencional en la propuesta de Fehér.....	32
1.2.2. La selección intencional de rasgos y los organismos modificados.....	35
1.2.2.1. Los bioartefectos propuestos por Cuevas.....	35
Los bioartefectos: si no los mantenemos dejan de existir.....	38
1.2.2.2. Los efectos seleccionados en los organismos modificados en la propuesta de Sperber... ..	40
1.3. La propuesta de organismos modificados como instrumentos vivientes por Kohler.....	45
1.4. La postulación del estatuto artefactual y los criterios involucrados en la definición de un artefacto técnico .....	46
1.5 La posibilidad de intervención de los organismos y la dicotomía antigua natural/artificial.....	49
1.6. Problemas y objeciones del planteamiento de un estatuto artefactual para los organismos modificados.....	54
El enfoque sistémico de funciones propuesto por Cummins.....	63
Los mecanismos de la variabilidad y adaptabilidad en los organismos.....	65
Conclusiones.....	67

2. CAPÍTULO II. EL DISEÑO DEL NIVEL ESTRUCTURAL Y LA INDUCCIÓN DEL PROCESO AUTÓNOMO EN SISTEMAS VIVIENTES.....	70
2.1. El criterio del diseño en relación con los organismos modificados.....	71
2.2. La biología sintética y la construcción de componentes sintéticos.....	74
2.2.1. La visión genocéntrica de los organismos.....	76
2.2.2 La célula controlada por el genoma sintético presentada por Venter y colaboradores.....	78
El ADN sintético construido en conjunción con técnicas in vivo.....	79
La célula controlada por el genoma sintético.....	80
2.2.3. La construcción de los componentes de la protocélula en las investigaciones de Szostak y colaboradores.....	82
Las membranas protocelulares.....	83
De la protocélula a la célula viva.....	84
2.3 La construcción de componentes sintéticos y la inducción del proceso autónomo en los sistemas vivientes.....	85
2.4 La autonomía de los sistemas vivientes desde la perspectiva biológica.....	86
2.4.1. El concepto de autonomía como autopoiesis.....	88
La individualidad del sistema.....	91
La autorreplicación en los sistemas autopoieticos.....	93
2.4.1.1 Limitaciones de la propuesta de autopoiesis.....	95
2.4.2. La autoorganización (self-organization) y los sistemas moleculares autónomos en Kauffman.....	96
Los sistemas vivientes como sistemas disipativos fuera del equilibrio y termodinámicamente abiertos.....	99
2.4.3. La autonomía básica y la relación de los organismos con el medio ambiente.....	102
2.5. Una concepción integrada de autonomía en los sistemas vivientes.....	105
Conclusiones.....	108

3. CAPÍTULO III. LOS SISTEMAS VIVIENTES Y LOS ARTEFACTOS COMO DOS ESFERAS ONTOLÓGICAMENTE SEPARADAS.....	111
3.1. Sistemas vivos y artefactos.....	112
3.1.1. Sistemas vivos y artefactos en Maturana y Varela.....	112
3.1.2. Sistemas vivos y artefactos en Kauffman.....	116
3.1.3. Sistemas vivos y artefactos en Moreno.....	117
3.2. Rasgos de los sistemas vivientes en contraste con los artefactos.....	119
3.3. Sistemas vivientes como aquellos con autonomía constitutiva.....	121
3.4. Una definición de artefacto que se deriva del contraste con los sistemas con autonomía constitutiva.....	124
Los objetos artificiales.....	126
3.5. Los organismos como sistemas naturales de un orden natural emergente.....	128
Lo natural de primer orden.....	128
3.6. Una representación de los organismos y artefactos dentro de una esfera ontológica.....	130
3.7. Organismos modificados.....	131
Conclusiones.....	132
4. CAPÍTULO IV. LA POSTULACION DE LA CATEGORÍA HÍBRIDA NATURAL-ARTIFICIAL PARA LOS ORGANISMOS MODIFICADOS.....	134
4.1. La comprensión de lo artificial en los organismos modificados.....	135
4.1.2 La estandarización en los organismos modificados.....	139
La Homogenización de la población.....	144
4.1.1. La incorporación de genes y otras moléculas .....	144
4.1.2. La definición de lo artificial.....	145
4.2. Las diferentes de representar las categorías de lo natural y lo artificial.....	147
La antigua dicotomía de los objetos naturales y artificiales.....	148
El mundo como un continuum de lo artificial.....	150
Lo artificial como una parte característica del mundo natural.....	151
4.3. La categoría híbrida natural-artificial para los organismos modificados .....	154
4.4. Categorías propuestas en el sistema ontológico.....	156



Conclusiones.....	159
<b>5. CAPÍTULO V, CONSECUENCIAS DERIVADAS DE LA POSTULACION DE LA CATEGORÍA HIBRIDA PARA LOS ORGANISMOS MODIFICADOS.....</b>	<b>161</b>
5.1. Los organismos modificados y la tecnociencia.....	162
5.1.1 La artificialización del mundo actual.....	164
5.1.2. La propuesta de la tecnociencia en el proceso de producción de los organismos modificados .....	170
5.2. La categoría natural-artificial para los organismos modificados y las discusiones sobre su uso y propiedad.....	174
5.2.1. Las patentes sobre organismos modificados.....	175
5.2.2. La producción de organismos para consumo y la producción de organismos para espectáculo.....	178
5.3. La categoría híbrida para los organismos modificados y la discusión sobre los organismos modelo.....	180
Conclusiones.....	185
Conclusiones generales.....	189
Bibliografía general.....	202

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Una idea generalizada es que los seres vivos forman parte del mundo natural, distinto de un mundo artificial. Sin embargo, la modificación intencional que de los organismos vivos hace el hombre a través de la técnica, plantea el problema sobre su estatus en el mundo. Se discute si debemos considerar a los organismos modificados como entidades naturales o artificiales, o incluso si pudieran colocarse en una categoría diferente.

El cuestionamiento sobre el estatuto de los organismos modificados se ha generado en las últimas décadas a partir del desarrollo de organismos transgénicos, el uso de organismos modelo y la construcción de componentes celulares dentro de la biología sintética. La ciencia y la tecnología, como actividades que no pueden desligarse en tales desarrollos, van más allá de lo que uno se pudiera imaginar sobre las modificaciones que se llevan a cabo en los seres vivos. La manipulación e intervención sobre estos objetos del mundo que antes habían sido considerados como naturales, ha provocado una transformación de los mismos.

El estatuto de los organismos modificados, que incluye, desde la perspectiva del presente trabajo no sólo a aquellos que han sido modificados genéticamente, sino también a aquellos modificados por técnicas tradicionales, y

hasta aquellos que denominamos domésticos, representa un problema que se ha planteado desde hace varias décadas y que nos obliga a plantear la siguiente pregunta: ¿La modificación altera el estatuto de los organismos como objetos naturales para otorgarles un nuevo estatuto?

La pregunta sobre la naturaleza de tales entidades se ha abordado desde diferentes aproximaciones. Una de ellas es la que los sociólogos de la ciencia han emprendido, y de la que nos ocuparemos brevemente. Su perspectiva es la de realizar una distinción entre dos mundos: el mundo del laboratorio y el mundo experimental, donde surge una realidad particular de fenómenos sociales y objetos sociales y epistémicos. Fuera del laboratorio los objetos tienen otras razones para su existencia, otras funciones, otras dinámicas relacionales.

Desde esta perspectiva los organismos experimentales, aquellos que se producen en los laboratorios, son objetos de naturaleza diferente; en otras palabras, el laboratorio es un espacio de transformación. Bien se sabe que las modificaciones a nivel genético y la alta intervención sobre los organismos en sistemas productivos y aún en los denominados animales y plantas domésticos, alteran su estructura, de manera que no es posible decir que el organismo es exactamente el mismo que en su estado silvestre, pero esta es una diferencia que tiene sentido desde una perspectiva sociológica, de la existencia de objetos dado cierto contexto social en el que éstos aparecen.

Hans-Jörg Rheinberger (1997) se refiere a estos objetos como aquellos que cambian y tienen formas ideales cuando son aislados, purificados, fragmentados en sus moléculas, para ser utilizados en las investigaciones. En este sentido, lo natural en el laboratorio tendría una connotación diferente a lo natural. Por

ejemplo, en el laboratorio lo natural puede ser el cultivo de células libres, mientras que fuera del laboratorio esto es antinatural.

Respecto a los objetos de la biología molecular que incluyen tanto a los organismos experimentales como a sustancias naturales, Karin Knorr-Cetina (1999) afirma que estos son objetos que se van transformando a medida que son manipulados en el laboratorio, de manera que no hay objetos fijos, por el contrario, se consideran objetos transitorios, los cuales tienen cada vez un significado epistémico distinto. En sus palabras, el objeto material es un objeto maleable, es un objeto que puede transformarse en encarnaciones materiales distintas, ya que se trata de objetos que se pueden descomponer: "Objects are decomposable entities from which effects can be extracted through appropriate treatment" (Knorr-Cetina, 1999). Esto quiere decir que si el organismo silvestre es considerado un objeto inicial, luego de la extracción de sus proteínas, surge un objeto distinto, las proteínas aisladas, a su vez, son también un objeto transitorio que luego puede transformarse en otro. Esto es cierto no sólo desde su significación epistémica, sino desde su materialidad.

Por otro lado, Donna Haraway (1997) afirma que con la intervención en el laboratorio, es posible ahora, producir nuevos especímenes, que no encajan en los sistemas de clasificación tradicionales, por esto los denomina objetos "trans", entre los que incluye no sólo los organismos transgénicos, sino también a los organismos modelo. Por tanto, ya no pueden ser concebidos como organismos pertenecientes a un dominio puro del mundo natural. Estos objetos cruzan la línea culturalmente establecida entre lo natural y lo artificial, y entre lo que se ha entendido como límite de lo natural, pues son criaturas que llevan genes de

organismos no relacionados filogenéticamente. Además se han traspasado los límites de lo que era considerado “puro”, como valor que regía a las sociedades puritanas de Occidente, y que desde Lineo era la base de los sistemas de clasificación para todos los seres naturales. Los límites transgresores, sostiene Haraway, convierten las concepciones de lo natural en cultural, por ejemplo con el “oncomouse”, la idea de lo natural como intacto no es sostenible, la clasificación de las especies existentes se modifica cuando se obtienen organismos que presentan arreglos genéticos distintos a los que presentan, ya sea de especies afines o distantes.

Esta aproximación sociológica se ha centrado en los laboratorios y en el análisis de los objetos que surgen a partir de esta distinción: entre un espacio interior, como lo es el laboratorio, y el exterior, un espacio silvestre. Pero en este trabajo se pretende postular que los laboratorios no son los únicos espacios en los cuales se modifican organismos. El cuestionamiento sobre el estatuto de objetos modificados puede hacerse también en el caso de los animales y plantas domésticos. Por lo tanto, habría que incluir no sólo a los organismos desarrollados recientemente por medio de la ingeniería genética, sino también a aquellos que el hombre ha modificado con el constante crecimiento de las civilizaciones; es decir, los organismos domesticados, como los animales y plantas más comunes.

Ya sea a partir de los desarrollos vertiginosos de organismos modificados por medio de ingeniería genética, o por el ritmo lento de la modificación en los animales y plantas domésticos, plantean la pregunta sobre el estatuto de tales organismos. Desde la aproximación de la filosofía de la tecnología, tal pregunta se ha respondido desde distintas posturas.

Robert Kohler (1994) fue uno de los primeros autores que se enfocaron en el estatus complejo de los organismos experimentales, para otorgarles un estatuto artefactual. Él denominó a los organismos modificados, los organismos estándar, objetos análogos a artefactos, desatando una polémica sobre la naturaleza de ese tipo de organismos experimentales. Como lo sostiene Kohler, el organismo experimental es rediseñado, es reconstruido, en algo que ya no es natural, en una entidad cada vez más y más lejana de la condición silvestre que tenía, convirtiéndose en un artefacto vivo.

Posteriormente han surgido otras propuestas en torno a los organismos utilizados en los sistemas productivos, y a los mismos animales y plantas domésticos, con lo cual hay una reflexión sobre una gran cantidad de casos que no sólo incluye a los organismos modificados genéticamente, sino otra serie de casos como las vacas lecheras, las variedades de uva sin semilla, los híbridos estériles como los ceburros, los perros domésticos, las sanguijuelas.

Estas propuestas son las de autores como Marta Feher (2000), Ana Cuevas (2008), Dan Sperber (2007), autores que se cuentan entre los principales autores en esta discusión.

El estatuto artefactual que se otorga a los organismos modificados desde cualquier tipo de propuesta plantea el problema de la distinción natural/artificial, relacionada en principio con la antigua dicotomía aristotélica entre objetos naturales y objetos artificiales. Esta dicotomía ha servido para describir la mayoría de los objetos existentes, y una idea generalizada es que los artefactos, según esta antigua distinción, estaban hechos por los humanos a diferencia de las cosas naturales. Por ello, al aplicar estos antiguos criterios a los organismos modificados

tendríamos que ubicarlos en la categoría de artefactos. Pero la intención de este trabajo es ubicarlos en una categoría distinta.

Plantear una categoría diferente a la de objetos naturales o artefactuales para los organismos modificados, en tanto, objetos existentes con una materialidad, tendría implicaciones no solo en una reorganización de los objetos existentes; es decir, la distinción que puede hacerse entre un ser vivo ya sea un árbol o animal, por ejemplo y lo que sería un artefacto, ya sea una máquina o instrumento, sino en las implicaciones y en el uso de tales organismos en diferentes contextos. Un primer terreno tiene que ver con el uso de tales organismos, y es aquel en el que se desenvuelven las más álgidas discusiones: el campo de derechos de propiedad o patentes de las formas vivas modificadas. En tal terreno de discusión, muchas patentes se han otorgado apelando a la estructura molecular y bioquímica como última instancia explicativa de los sistemas vivientes, a partir de lo cual se postula un estatuto artefactual sin mayor problema, lo cual significa que lo que se ha considerado un bien de la humanidad, es ahora una propiedad privada con derecho a comercializarse que se convierte en mercancía. Por otro lado, los organismos utilizados para espectáculo y consumo humano plantearían el mismo problema: si son considerados artefactos, se da vía libre a su uso y sacrificio.

En el caso de consumo, no se toman en cuenta las condiciones adecuadas en las que se deben mantenerlos; en el caso de los organismos para espectáculo, no se toman en cuenta el sufrimiento del animal. Por último, estaría el problema que representa sostener que los organismos modificados, en el caso de los organismos modelo, son artefactos, sobre todo si se piensa en la correlación que

debe existir entre estos organismos y sus parientes, a los cuales se dirigen las inferencias. Sostener un estatuto artefactual implícitamente nos lleva a plantear estas consecuencias en distintos terrenos de discusión.

Respecto a la propuesta de un estatuto artefactual para estos organismos, se plantea la siguiente pregunta en el presente trabajo ¿es el estatuto artefactual el único posible de postular? Si bien es cierto que ahora los organismos pueden ser objeto de intervención intencional por parte del hombre, esto no los convierte necesariamente en artefactos.

Dado el estado de discusión del problema que nos ocupa, y con la intención de postular una propuesta ontológica diferente, se planteó la presente investigación. Una reflexión sobre el estatuto de los organismos modificados nos obliga a reflexionar sobre qué es lo “natural” y qué lo “artificial”, como constitución de tales organismos, sin recurrir a definiciones esencialistas, ni caer tampoco en definiciones extensivas de lo vivo. Se trata de entender la acción intencional en la constitución del organismo modificado, para lo cual será necesario profundizar en los compromisos que se tienen sobre los sistemas vivos, y acerca de los componentes que constituyen un sistema viviente. En esta tarea lo importante será definir claramente los diferentes componentes del sistema ontológico, teniendo en cuenta la coherencia de la propuesta, en la que, por un lado, no haya ambigüedades y, por el otro, se definan con claridad los diferentes componentes del sistema ontológico, y que dichas definiciones se mantengan ante cualquier caso problemático.

En torno al estatuto de los organismos modificados, y a partir de la refutación de un estatuto artefactual, la intención es replantear la discusión



enfocándola desde la combinación de dos aproximaciones: la filosofía de la biología y la filosofía de la tecnología.

Desde la aproximación de la filosofía de la biología, este trabajo no pretende entrar en discusiones exhaustivas sobre qué es la vida, pero podríamos mencionar los aspectos o características que ha reunido Ernst Mayr (1997) para referirse a los organismos vivos, estas serían: todos los sistemas vivos tienen una organización compleja y ordenada; los organismos están compuestos de un único grupo de macromoléculas químicas; los organismos son producto de la selección natural; los procesos biológicos son especialmente impredecibles; las clases de organismos están definidas por conexiones históricas de descendientes comunes; los organismos presentan ciclos de vida definidos, al menos aquellos que presentan reproducción sexual; los organismos vivos son sistemas con adaptación; los sistemas están programados para actividades teleonómicas desde el desarrollo embrional hasta las actividades en adultos; los organismos vivos continuamente obtienen energía y materiales del medio ambiente externo, siendo sistemas abiertos. Estas características les dan a su vez un número de capacidades para la evolución, el crecimiento y diferenciación vía programa genético, el metabolismo, la auto replicación, la auto regulación, a partir de un sistema de homeostasis, la respuesta a estímulos del medio ambiente, para cambiar a nivel del fenotipo y el genotipo.

Sin embargo, se ha alegado en ocasiones que los artefactos pueden tener varias de estas capacidades. Este trabajo se concentra en la concepción de la autonomía desde una visión naturalizada, como vía que permite encontrar criterios

demarcadores entre estos dos tipos de sistemas. En este sentido, en principio se rechaza una visión de un determinismo genético de los sistemas vivientes en los que el ADN se constituye como la molécula maestra que explica la conformación del sistema. La perspectiva de la autonomía, privilegia relaciones, en la que la conformación del organismo surge de las relaciones de especificidad entre los componentes.

Por otro lado, se plantea un compromiso con una perspectiva evolutiva que tiene en cuenta las trayectorias de vida, y la evolución como fenómeno que no se restringe a la selección natural, sino que incluye los procesos más básicos de la evolución que comienzan con la autorreplicación de las unidades mínimas de la vida, pero también se tienen en cuenta los procesos de transferencia horizontal, mutación, deriva genética, plasticidad fenotípica y poliploidia. Se persigue una perspectiva de historias de vida de los organismos, en las cuales las modificaciones transforman al organismo sin división de realidades entre el interior y el exterior del laboratorio.

El presupuesto en este trabajo de investigación es que la intervención humana sobre organismos los convierte en algo distinto a un artefacto; tomando como punto de partida el estado de la discusión actual que involucra varias propuestas que los postulan como artefactos. Este trabajo pretende defender que lo vivo involucra procesos autónomos en su constitución que no pueden equipararse con la forma de constitución material de los artefactos.

Desde la perspectiva de la filosofía de la tecnología nuestro objetivo se acota a la contrastación de los sistemas vivos con los artefactos. Así que se enfatizará sobre aquellas diferencias que nos sirvan para distinguir tales tipos de

sistemas. En esta diferenciación lo primero que se puede decir, es que el sentido aristotélico de lo natural, como aquello que incluye tanto los elementos como los seres vivos, es diferente a la que se sostiene en la propuesta que se desarrolla en el presente trabajo; en este trabajo se sostiene que lo vivo es natural, pero no todo lo natural es vivo.

Desde estas aproximaciones y perspectivas se plantean tres problemas importantes que se abordan a lo largo de la investigación, con la pretensión de ser un marco conceptual sobre el cual se construye la propuesta.

El primer problema tiene que ver con la división natural/artificial desde la caracterización de las formas materiales. Aceptando que el hombre interviene lo vivo, el primer problema es la división natural –artificial, como la dicotomía antigua que define a los artefactos como hechos por el hombre.

El segundo problema tiene que ver con los compromisos que subyacen en la caracterización del mundo biológico. La era genómica o del ADN, constituye una forma predominante no sólo de caracterizar teóricamente la vida sino de emprender la experimentación con los seres vivos, que no da cuenta de procesos dinámicos que se dan en el organismo, como por ejemplo, en la formación del mismo ADN.

El tercer problema hace referencia a cómo entender la autonomía que los organismos modificados conservarían. En este sentido, no se trataría de una discusión sobre el tema de la autonomía moral, en referencia a la perspectiva kantiana, sino de la autonomía desde la perspectiva biológica.

A partir de estos problemas se desprenden temas fundamentales que se tratan a lo largo de la discusión. Uno es el tema de las dicotomías involucradas en la distinción natural/artificial sobre la cual planteo, a la luz de este caso de estudio, que debe haber maneras no disyuntivas de entenderlas, y propongo una manera distinta de abordarla. El segundo tema es el referente al “rediseño biológico” entendido como la obtención de organismos “estándar” en el contexto experimental a partir de la intervención genética y la obtención de organismos transformados. El tercero es el tema de la autonomía desde la perspectiva naturalizada de los sistemas biológicos, su constitución y surgimiento como sistemas vivientes.

## **OBJETIVOS**

El objetivo principal es indagar sobre el estatuto de los organismos modificados, para construir una propuesta alterna a la que se ha postulado para tales organismos; es decir, la propuesta artefactual. En el presente trabajo me interesa dar cuenta de las modificaciones que se hacen sobre éstos, pero analizando los procesos ligados al fenómeno de la vida, en particular el fenómeno de la autonomía.

Los organismos modificados son un grupo heterogéneo de organismos de los cuales a veces no pueden hacerse generalizaciones fácilmente; sin embargo, uno de los objetivos del trabajo es profundizar en la reflexión teórica de una

manera suficiente para encontrar el eje común de problemas que subyace a todos estos casos.

La pretensión es abordar desde una perspectiva biológica la autonomía, para postular un estatuto híbrido, natural-artificial que de cuenta de los procesos autopoieticos en el origen de tales sistemas, sin dejar de incluir la acción intencional del hombre en tal constitución.

Asimismo, otro objetivo tiene que ver con las consecuencias epistémicas que esta nueva concepción y categoría presenta, con plena sustentación de las mismas.

## **HIPÓTESIS PRINCIPAL**

El estatus ontológico de los organismos experimentales es diferente a aquel que los postula como artefactos. La tesis de este trabajo es que estos organismos hacen parte de una categoría híbrida, es decir, serían objetos de constitución híbrida, natural-artificial. En este sentido se postula que los sistemas vivientes presentan entre los rasgos de lo *natural*, una *autonomía constitutiva*, y respecto a lo *artificial*, un conjunto de acciones intencionales que los constituirían como unidades *estandarizadas*.

## **ESTRUCTURA DE LA TESIS**

El trabajo de investigación en torno al problema de los organismos modificados está dividido en cinco capítulos. El primer capítulo comienza con una breve introducción sobre el tipo de organismos que están involucrados en la discusión, haciendo énfasis en que se trata no sólo de los organismos modificados genéticamente, sino también de organismos modificados por técnicas tradicionales de mejoramiento genético. La primera apreciación sobre el problema es que tal tipo de intervenciones en los organismos o seres vivos refuta la idea de que sólo los artefactos se pueden intervenir por acción intencional del hombre.

La siguiente parte de este capítulo se enfoca a presentar directamente el tema de los organismos modificados a partir de las propuestas de los principales autores que han abordado el problema, como son Feher (2000), Cuevas (2008), Sperber (2007) y Kohler (1994). La presentación y discusión inmediata de cada una de las propuestas revela los problemas, limitaciones de cada una, así como las objeciones a algunos de los argumentos presentados. Al final del capítulo concluyo que todas esas propuestas que se han presentado como respuestas al estatuto problemático de los organismos modificados, apuntan a un estatuto artefactual, y que el principal problema es que no se podría postular tal estatuto artefactual para un organismo modificado en un momento, a sabiendas de que los mecanismos de variabilidad y readaptación que éstos pueden presentar si retornaran a espacios silvestres.

El segundo capítulo analiza el reto que representa un argumento dominante en la biología sintética que aboga por un estatuto artefactual pero desde el escenario del diseño total de los organismos. Tal argumento afirma que si los organismos modificados no son ahora artefactos es porque aún no se han diseñado todas sus partes, pero que en el momento en que esto sea posible, no habrá duda de que son artefactos. La idea de este capítulo es refutar esta tesis a partir de mostrar los dos últimos desarrollos en la biología sintética de dos reconocidos investigadores y sus respectivos equipos de colaboradores: Venter y Szostak. La conclusión principal de este capítulo es poner en evidencia que aunque se logren construir todas las partes sintéticas, lo realmente vivo es aquello que muestra una autonomía y una capacidad de que el sistema se autorreplique, crezca y se mantenga funcionando en el tiempo.

Como una segunda parte me interesa explicar en detalle lo que sería un sistema autónomo, a partir de los siguientes autores que abordan el tema desde una perspectiva común, una perspectiva naturalizada de la autonomía. Francisco Maturana y Varela (1994), Stuart Kauffman (1995), Etxeberria y Moreno (2007), Kepa Ruíz-Mirazo y Alvaro Moreno (2004;2010) y Alvaro Moreno (2009). La perspectiva de estos autores nos permite construir una idea de autonomía que al menos involucra tres aspectos básicos. El primero sería la formación de una red autorecursiva, en la cual los productos son a su vez componentes de la misma red. En segundo lugar a nivel termodinámico es posible explicar estos sistemas autónomos como sistemas disipativos, que son redes autocatalíticas cerradas y que por otra parte son sistemas termodinámicamente abiertos. En tercer lugar podríamos afirmar que son sistemas que tienen un flujo permanente en relación

con el entorno de materia y energía, y en este sentido habría que reconocer los mecanismos adaptativos que surgen de tal interacción, necesarios para el propio mantenimiento e integridad del sistema como tal.

En el tercer capítulo mi interés es contrastar, dentro de esta concepción general de autonomía, lo que serían los rasgos distintivos de los sistemas vivientes u organismos respecto a los artefactos. En este sentido, la hipótesis es que sí existen criterios que demarquen una separación entre los sistemas vivientes y estos sistemas artefactuales. Tendríamos, a partir de esto, varios rasgos o características distintivas:

1) El primer rasgo sería que en los sistemas vivientes los componentes que se obtienen como producto de su permanente accionar constituyen la propia estructura del sistema. En el caso de los artefactos, el producto de su funcionamiento es algo diferente a ellos mismos.

2) Las acciones del sistema se realizan para la propia constitución y mantenimiento del mismo. En los artefactos las acciones no tienen repercusiones en la constitución material del sistema.

3) En los organismos se presenta una condición que se refiere a que si dejan de accionar se desintegran como consecuencia de esta lógica de operar. En los artefactos, el nivel funcional y el nivel estructural no guardan una relación dependiente que nuevamente pueda poner el sistema en marcha. En relación con el nivel estructural y el operacional, tendríamos que en los organismos el nivel estructural y el nivel operacional no pueden desligarse; de esta manera cuando un



organismo deja de realizar acciones, deja de haber un nivel operacional, la consecuencia es la destrucción del nivel estructural.

La estructura, al ser consecuencia de su accionar permanente, deja de serlo cuando tales acciones cesan, esto es algo que los diferencia de los artefactos.

4) En los organismos hay un flujo de energía y materia con el medio ambiente circundante. Están separados del medio y por tanto son unidades independientes, pero hay una interacción permanente, en la cual hay que reconocer el papel de los mecanismos adaptativos presentes como parte de este accionar permanente e interacción con el medio. En los artefactos no hay este tipo de relación con el medio, ya que la energía del sistema es suministrada por una fuente externa definida de antemano.

A partir de estos rasgos, afirmo que los organismos tienen autonomía constitutiva que los diferencia de los artefactos, entendida la autonomía como la capacidad de autoconstituirse como sistema.

En el cuarto capítulo, y a partir de la distinción entre sistemas vivientes y artefactos, la intención es explicar qué serían entonces los organismos modificados si no son artefactos. En este capítulo defiendo la tesis central de este trabajo, y es que los organismos modificados son sistemas con autonomía constitutiva, lo que los ubica como sistemas naturales, pero con un componente artificial identificado como el conjunto de insertos moleculares en el organismo, como los genes por un lado, y por otro, por las acciones intencionales del hombre para controlar el sistema a partir de la estandarización de los individuos y la población. Por tanto, se concluye que el organismo modificado pertenece a una

categoría híbrida, natural-artificial. En este sentido, lo natural, definido como esta capacidad autónoma de constituirse, permanece a pesar de las transformaciones que sufran los organismos, sin negar que las acciones intencionales estarían presentes en la nueva constitución del objeto modificado o rediseñado.

En el quinto capítulo se abordan las principales consecuencias de tal estatuto en diferentes discusiones correspondientes a diferentes ámbitos. Estas discusiones serían: 1) los organismos modificados en el proceso de su producción experimental y la forma de entender los objetivos de la ciencia y la tecnología. 2) los organismos modificados y la propiedad de tales organismos, respecto a las patentes y el sacrificio de animales para consumo y espectáculo. 3) Los organismos modificados y la dificultad de una correspondencia entre los organismos modificados en el laboratorio y los organismos que están fuera del laboratorio a los que se dirigen las inferencias.

La propuesta que se presenta en este trabajo de investigación es una respuesta alterna que contempla estos casos, y pretende servir como conjunto de argumentos en contra de un estatuto artefactual y la propiedad de organismos que en realidad son bienes universales. En este sentido, se puede entender la importancia que para este trabajo constituyó comprender la intervención intencional que el hombre hace sobre estos organismos de una manera distinta a aquella que aduce el antiguo criterio, a partir del cual los artefactos son aquellos objetos productos de acción humana.

Por otro lado, la discusión sobre el uso y sacrificio de organismos también es un terreno para argumentar a favor de un estatuto artefactual, a partir de establecer una diferencia con los animales silvestres que no están sometidos a la

intervención intencional del hombre. En este sentido, la propuesta aquí presentada va en la misma dirección, rechazar todo este tipo de posturas que sirven para avalar tales sistemas productivos que tienen en cuenta solamente este factor de la acción intencional como el factor determinante para considerarlos artefactos. Por otra parte, la selección artificial que el hombre lleva a cabo en tales poblaciones mantenidas en condiciones controladas no hace tampoco de los organismos, artefactos. Los mecanismos de variabilidad y readaptación a espacios silvestres dan cuenta de las historias de vida que los organismos traen por su cuenta.

En el terreno de discusión de los organismos modelo, se ha postulado un estatuto artefactual por autores como Kohler, lo cual invalida la correspondencia que debe existir entre los objetos experimentales y aquellos a los cuales se dirigen las inferencias, la postulación de la categoría híbrida representa una explicación más adecuada de aquellas entidades transformadas pero que retienen una autonomía constitutiva, como componente natural que no se pierde. Por tanto, ya no habría esta dificultad para comprenderlas cómo entidades que son transformadas en el laboratorio, pues representan un modelo válido para establecer inferencias con un mundo exterior.

# **CAPÍTULO I**

## **LOS ORGANISMOS MODIFICADOS, LA POSTULACIÓN COMO ARTEFACTOS Y SUS PROBLEMAS**

Este primer capítulo tiene, en tanto introducción al problema, un objetivo central que es identificar el problema filosófico que representa para una ontología la existencia de objetos a partir de la intervención intencional del hombre, como son los organismos modificados. Respecto a este objetivo, lo que se sostendrá es que la modificación de los organismos se ha hecho desde la antigüedad con la domesticación de animales y plantas, a estos se han unido los casos problemáticos que ha producido la ingeniería genética con el desarrollo de los transgénicos; todos los casos anteriores conformarían lo que denomino organismos modificados.

Por otro lado, se sostiene que las acciones intencionales del hombre al tener la capacidad para modificar los organismos, ponen en cuestión las definiciones utilizadas en antiguas dicotomías para separar objetos naturales y artefactos, las cuales ya no resultan adecuadas en estos casos.

Además de este objetivo central, se tiene otro objetivo a partir de la exposición de diferentes propuestas que ubican a estos organismos modificados como artefactos, lo cual constituye el estado del arte en dicha problemática. En este sentido se analizan las posturas de los autores más relevantes en tal discusión: Marta Fehér (2000), Ana Cuevas (2008), Dan Sperber (2007) y Robert Kohler (1994). El objetivo se centra en identificar las objeciones a sus argumentos, los problemas de sus perspectivas y las limitaciones de las afirmaciones presentadas.

Como conclusión general de esta parte, y dado que todos apuntan a sostener un estatuto artefactual, afirmo que, en cualquier caso, dicho estatuto artefactual no toma en cuenta los mecanismos de variabilidad y de adaptabilidad de los organismos. Habría que reconocer en éstos la capacidad de seguir cursos evolutivos distintos fuera de los ámbitos de los sistemas experimentales o productivos en los que se mantienen. Por tanto, no podría postularse un estatuto artefactual de un objeto al saber que en otro momento de su existencia, en un contexto silvestre, puede dejar de serlo.

### **1.1. Los organismos modificados**

Al referirme a los organismos modificados, la perspectiva de este trabajo pretende incluir no sólo a los organismos desarrollados recientemente por medio de la ingeniería genética -organismos transgénicos y organismos modelo-, sino también a aquellos que el hombre ha modificado desde la antigüedad, los

animales y plantas domesticados, ya que en todos estos casos pueden ponerse en la mesa de discusión la misma pregunta: ¿cuál es su estatuto ontológico?

### **1.1.1. Los organismos modificados genéticamente**

#### ***Organismos transgénicos***

El primer caso al que me referiré es al de los organismos transgénicos. En este sentido este caso se refiere al desarrollo de organismos por medio de estrategias de inserción de genes provenientes de especies distantes filogenéticamente. Este es un grupo heterogéneo, ya que se han desarrollado animales, plantas y microorganismos transgénicos. Los genes insertados están relacionados con procesos y fenómenos diversos: genes relacionados con la productividad; genes relacionados con la resistencia a plagas, enfermedades o herbicidas; o genes que están relacionados con la producción de metabolitos específicos para la industria farmacéutica; entre los tipos de genes más frecuentes.

Podemos citar algunos de los desarrollos más destacados lo cual nos dará un panorama de lo que acabamos de mencionar. En animales tenemos los siguientes casos: en bovinos, por ejemplo, se han insertado genes de pez para producir ácidos grasos omega-3. Se tiene también el desarrollo de las terneras de la Patagonia, raza Jersey, a las que se les ha insertado un gen precursor de la insulina humana. En ovinos se ha desarrollado en el “Roslin Institute” ovejas que fabrican 1-antitripsina en la leche, que son moléculas utilizadas para combatir el

efisema hereditario. Por otro lado, en animales utilizados para producción de carne, tenemos el caso de la inserción de genes relacionados con la masa muscular.

En el caso de plantas existen también varios ejemplos de desarrollos exitosos. Se tiene el caso del maíz bt (Bt: *Bacillus thuringiensis*), al cual se le ha insertado un gen asociado con la toxina de esta bacteria que tiene acción tóxica sobre insectos. También tenemos al algodón resistente al herbicida glifosato. Por otra parte, tenemos plantas a las que se les han insertado genes relacionados con la productividad; es decir, genes que buscan conferir longevidad en frutos como es el caso del tomate al que se le ha insertado un gen que inhibe la pectinasa, enzima que activa el curso de envejecimiento del fruto. Asimismo, al llamado arroz *Potrikus*, se le ha insertado un gen que activa los precursores de vitamina A.

En el caso de microorganismos, el caso más famoso es la bacteria *Escherichia coli* bacteria a la que se le han insertado diversos genes en un plásmido (ADN circular extracromosómico con capacidad de auto-replicarse), en este caso obtener el organismo transgénico es más sencillo que en plantas y animales.

### ***Organismos modelo***

Un segundo caso relevante es el de los organismos modelo. Son modelos vivos cuyo fin es ser mantenidos en el ámbito experimental para producir datos que puedan extrapolarse a organismos relacionados que están en el ámbito silvestre. Entre los más conocidos están: el ratón (*Mus musculus*), la mosca

(*Drosophila melanogaster*), el nematodo (*Caenorhabditis elegans*), la planta (*Arabidopsis thaliana*), el moho deslizante (*Dictyostelium discoideum*), la bacteria (*Escherichia coli*), la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y la rana (*Xenopus*).

Para la biología experimental el desarrollo de organismos modelo ha representado una estrategia exitosa. Es un modelo económico que arroja una gran cantidad de resultados suficientes para elaborar bases de datos o bancos de información que pueden ser intercambiados entre las comunidades científicas dedicadas al mismo organismo a través del mundo. Son “modelos biológicos” que juegan un papel epistémico, ya que ellos mismos son el objeto de estudio y a su vez los productores de información y datos que serán utilizados para la construcción de modelos y teorías sobre los fenómenos biológicos.

Es reconocida la importancia de los trabajos con organismos modelo en la comprensión de diversos fenómenos biológicos. La mosca *Drosophila* ha sido muy útil por sus “genes Hox”, relacionados con patrones de desarrollo en metazoos superiores, genes que han servido para explicar la morfogénesis normal en humanos y algunos defectos de nacimiento (Bier y McGinnis, 2003). Asimismo, se puede destacar el papel que ha tenido el nematodo *Caenorhabditis elegans* en el estudio de los genes relacionados con la muerte celular programada, ya que tiene ciertas características que permiten el seguimiento en el microscopio de procesos de desarrollo (Bahls, et.al., 2003). Otro ejemplo lo constituye la experimentación con *Arabidopsis* -planta con un genoma muy pequeño- que ha permitido el estudio de muchos fenómenos genéticos como por ejemplo el silenciamiento de genes (Meinke et. al, 1998).



El uso de organismos modelo ha estado influido por el desarrollo de grandes proyectos tecnológicos como el secuenciamiento del genoma de muchas especies, lo cual ha sido un factor importante para utilizar un organismo experimental como organismo modelo. Asimismo, los espacios experimentales (llámense laboratorios o invernaderos controlados ambientalmente) han exigido organismos manipulables en tales espacios. Quienes trabajan con organismos modelo muestran cómo los resultados obtenidos de la evaluación hecha con base a estos organismos han sido utilizados como inferencias válidas para organismos relacionados en algún grado con éstos. A partir del uso de tales organismos, también los científicos destacan los desarrollos tecnológicos en diferentes campos o el estudio de fenómenos biológicos a profundidad, como los procesos de regulación genética.

La estrategia experimental de los organismos modelo ha arrojado resultados que han podido ser generalizados con éxito a otros organismos, y que han constituido avances en el entendimiento de fenómenos relacionados con la vida. Según Creager (2002) los organismos modelo han constituido una estrategia de investigación que ha caracterizado en forma creciente la biología del siglo XX.

En el caso de los organismos modelo la discusión se dirige a examinar las consecuencias de tal estatus dentro de la función inferencial: organismo experimental - organismo silvestre.

Evelyn Fox Keller (2002) plantea una forma de entender este tipo de modelos desde su diferenciación respecto a otros modelos como los mecánicos o matemáticos. La distinción ya no sería solamente entre modelación teórica o modelación de los especímenes en laboratorio, sino en términos de la condición

natural o artificial de dichos modelos. Keller sostiene que tales modelos son naturales también, y esto los distingue de otros tipos de modelos.

But unlike mechanical and mathematical models (and this may be the crucial point), model organisms are exemplars or *natural* models-not artifactually constructed but selected from nature's very own workshop. (Keller, 2002, p.51).

Para Keller los organismos modelo son “ejemplares” o “modelos naturales”, al entender la constitución de dichos modelos como la “selección” de un organismo determinado a partir de la gran variedad existente de organismos en la naturaleza. Para esta autora, uno de los principales criterios en la constitución de estos modelos es precisamente que, como cualquier otro modelo, su primera función es la de la representación de algo. Pero en este caso “representar” tiene un sentido muy diferente a lo que esto significa en los modelos matemáticos. En este caso los organismos no fungen para una “clase de fenómenos”, sino para una “clase de organismos”. Desde esta perspectiva el organismo no es más que un representante con el cual se estudia un fenómeno, y a partir de los resultados obtenidos se construyen las inferencias hacia los demás organismos relacionados. Pero podríamos argumentar en contra de lo que sostiene Keller, que la constitución de los organismos modelo involucra más acciones que la mera selección a partir de un grupo de organismos en la naturaleza.

El caso de los organismos modelo es relevante para esta investigación porque algunos son organismos modificados genéticamente y tal modificación se

usa para diseñar una estructura experimental en la que el organismo arroje datos sobre su comportamiento, con los que se puedan construir inferencias hacia otros organismos relacionados.

Esto representa un problema pues la inserción de genes supone una acción por la que la secuencia genética original se altera para dar paso a un organismo con características fenotípicas distintas. Tal reconfiguración genética a partir de la obtención de mutantes espontáneos, o de la inserción dirigida de genes determinados, son los aspectos que abren la discusión sobre la distinción *natural/artificial*.

Muchos organismos modelo son además transgénicos, pues llevan insertos genes diversos, necesarios para los estudios de los fenómenos de interés. La planta *Arabidopsis* es un modelo para todos los fenómenos biológicos del reino de las plantas, aunque también se ha utilizado en el estudio de procesos de regulación genética debido a su pequeñísimo genoma, algunos tipos de esta planta son mutantes carecen de cierto gen relacionado con la resistencia a determinada enfermedad. La mosca *Drosophila* se ha utilizado en el mapeo genético y en genes relacionados con embriogénesis y desarrollo. Por otro lado, el *Oncomouse* es un ratón con un inserto denominado oncogén, utilizado para el estudio de las patologías humanas del cáncer.

Tanto la planta *Arabidopsis* como el ratón *Oncomouse* podrían ser dos ejemplos de organismos transgénicos; aunque en este caso la finalidad no sea el desarrollo de un organismo para consumo humano, la idea de insertar genes de especies distantes se encuentra también en estos casos.

### **1.1.2. La modificación de lo vivo: desde la domesticación hasta la ingeniería genética**

La producción de organismos modificados genéticamente ha abierto una discusión sobre la modificación de lo vivo. Pero la modificación de lo vivo no se refiere solamente a la modificación ocasionada por técnicas de ingeniería genética, es decir, a los organismos intervenidos experimentalmente en espacios sofisticados como los laboratorios, sino también a un tipo de modificación debida a técnicas de mejoramiento genético clásico, llevadas a cabo en campos experimentales que no necesariamente son laboratorios y, que constituyen un campo legitimado por la ciencia.

Lo primero que habría que sostener es que es en los espacios experimentales donde se da el desarrollo de los organismos modificados -y aquí es donde presento el primer tipo de idea que quiero refutar-, el espacio experimental no está limitado al laboratorio. El laboratorio se nos ha presentado como aquellos lugares donde hay todo un *instrumentarium*, como pipetas, probetas, cajas de Petri, por un lado, y todo un personal especializado para estar en estos lugares en los que se da la experimentación. Esta visión es quizá la idea predominante de experimentación. Sin embargo, en el campo hay toda una investigación permanente; me refiero a las parcelas experimentales, ya sea de animales o plantas.

Asimismo tendríamos el caso de la actividad de domesticación de los organismos llevada a cabo por el hombre desde que comenzó a vivir en comunidades. Como vemos, relaciones tan antiguas como la relación de los

hombres y los organismos por medio de la domesticación, permitieron al ser humano establecer esta estrecha relación con animales y plantas en la cual el hombre no sólo ha modificado su hábitat, sino también modificó el comportamiento y el fenotipo de estos. Pero también podríamos decir que el hombre ha incidido en las formas o variantes de dichos organismos dado que se protegieron y se continuaron cruzando y generando progenies de los organismos con ciertas características; hasta nuestros días los animales y plantas domésticas se mantienen y protegen como tales en los contextos rurales.

La primera relación fue entonces la domesticación, posteriormente, con el surgimiento de la ciencia moderna de la genética, encontraríamos lo que se ha denominado mejoramiento genético, que es la investigación que está dirigida al estudio de los caracteres observables o fenotípicos de un organismo para luego seleccionarse y realizar hibridaciones que produzcan nuevas generaciones en las cuales tales caracteres queden incorporados.

Si realizamos una comparación entre las técnicas para generar nuevos tipos de organismos, tendríamos que en las técnicas de ingeniería genética se están insertando genes, concretamente en el genoma de los organismos, para luego buscar que tales genes específicos causen modificaciones, dado que tienen correlaciones previamente establecidas con caracteres fenotípicos. Por otro lado, en el mejoramiento genético clásico se identifican las características observables y luego se procede a cruzar los progenitores con la intención de que queden incorporados sus caracteres en las subsiguientes progenies.

Una diferencia fundamental con el desarrollo de transgénicos, es que se da la posibilidad de hacer inserción de genes de otras especies distantes, que por

métodos tradicionales de mejoramiento genético no era posible, pues en general los cruzamientos exitosos surgen de líneas emparentadas filogenéticamente, nunca entre organismos distantes. Por ejemplo los híbridos interespecíficos estériles son una muestra de los límites biológicos que presenta el mejoramiento genético clásico.

En el campo del mejoramiento genético clásico es importante tener claros ciertos conceptos relacionados, pero que necesariamente no se presentan ligados en las técnicas de mejoramiento. Estos son los términos de “selección artificial” y la hibridación.

El término “selección artificial surge de la contraposición con la selección natural de las especies. Seleccionar es un método que puede realizarse dentro de los individuos de una misma población, o bien entre individuos de diferentes especies, variedades o razas. La selección artificial puede representar la forma más antigua de manipulación de organismos, y con ello me refiero al proceso de domesticación. Una especie de planta puede ser seleccionada de manera artificial sin recurrir al cruce con otras especies o formas distintas; es decir, la sola selección de las plantas que presentan mejores características agronómicas sería ya una selección artificial válida; la semilla proveniente de un lote de producción puede ser de esta manera propagada indefinidamente. La selección artificial surge de las acciones intencionales humanas.

Por otro lado, nos interesa referirnos a la hibridación. En este sentido hay que aclarar que la hibridación es un proceso que se puede dar de manera espontánea o intencional. Tenemos el fenómeno de hibridación, que en sí es un fenómeno que se da de manera espontánea, y que puede dar origen a nuevas

razas o variedades. Ahora bien, los híbridos que intencionalmente se promueven, se lograrían a través de la selección artificial.

Para nuestros fines nos interesa referirnos de manera independiente a la selección artificial de poblaciones, y a la hibridación artificial, como dos procesos que pueden darse de manera separada algunas veces. Es decir, la selección artificial no necesariamente involucra el proceso de hibridación.

Una de las ideas que quiero sostener aquí es que lo que ha cambiado desde la domesticación hasta la ingeniería genética son las técnicas, las estrategias o metodologías para incorporar los caracteres en los individuos de las poblaciones, pero el objetivo es el mismo: la modificación de los organismos. Por tanto, los organismos modificados pueden ser todos aquellos organismos que son modificados por acción intencional del hombre, no importando el tipo de metodología o estrategia técnica utilizada.

Modificar al organismo, es pues un objetivo y un logro, ya sea en el caso del desarrollo de organismos modelo, transgénicos, en los casos de los organismos domésticos, o en el caso de producción de animales y plantas para consumo humano.

A partir de aceptar que en todos estos casos hay modificación, tenemos diferentes autores que participan en tal discusión sobre la modificación de lo vivo, adoptando una propuesta similar en términos generales, la de considerarlos “artefactos”, otorgándoles este estatuto distinto al de los objetos naturales.

## **1.2. La postulación de un estatuto artefactual para los organismos modificados**

Las diferentes propuestas que se han dado hasta el momento para responder a la pregunta por el estatuto de los organismos modificados apuntan a que tales modificaciones sí transforman los organismos y les otorgan un estatuto nuevo, un estatuto artefactual. Marta Fehér (2000) sostiene que estos organismos son de tipo especial, de las clases de objetos artificiales, una categoría mixta. Por su parte, Robert Kohler (1994) denomina a los organismos modificados en los laboratorios como “living instruments” (instrumentos vivientes) o también “organismos estándar”; Ana Cuevas (2008) utiliza para los organismos modificados el término “bioartefactos” y Dan Sperber (2007) se refiere a los organismos híbridos como “biological cultural artifacts”.

Además de identificar cada propuesta con un autor, es interesante analizar cuál o cuáles son los criterios relacionados con una definición de los artefactos en que cada uno se centra, lo cual se hará en la descripción de la propuesta de cada autor.

En primer lugar discutiré la propuesta de Fehér que se centra en la acción intencional. Luego explicaré las propuestas de Cuevas y Sperber que tocan aspectos similares relacionados con los rasgos seleccionados intencionalmente y las funciones adscritas en esta selección. Por último, mostraré la propuesta de Kohler, quien se enfoca en el rediseño de organismos en su genoma y que explica el diseño como un plan que se materializa en una forma estándar.

### **1.2.1. Los organismos modificados y la acción intencional en Fehér**



Marta Fehér (2000) resume la pregunta inicial que motiva su trabajo con esta cita sobre la posibilidad de grados de la artificialidad:

“¿Son las vacas actuales que habitan en las granjas, por ejemplo en Holanda, más naturales que los ceborros pero menos naturales que, por ejemplo, los leones que viven en la sabana africana? ¿Existen grados de artificialidad?” (Fehér, 2000:1).

El problema que identifica Fehér para enfrentar este tipo de casos problemáticos es que se tiene una definición demasiado estrecha de lo artificial. Esta autora se refiere a la comparación entre Aristóteles y Bacon, para proponer una nueva definición de la técnica. Según Fehér, lo que Bacon afirma es que también se produce conocimiento genuino cuando la naturaleza está sujeta a ensayos e intervenciones por las artes mecánicas, por tanto, las artes de mayor importancia son especialmente aquellas en las que los materiales naturales sufren transformaciones, como la química, y sus productos, o las artes que implican el uso de herramientas mecánicas como la carpintería, la arquitectura, la fabricación de relojes, entre otras. De esta manera se daría origen a las denominadas ciencias baconianas, en las que tales artes no eran inferiores a las ciencias naturales. Por tanto, a partir de la tradición experimental que tiene sus orígenes en Bacon a partir de siglo XVII, lo natural puede intervenir a partir del experimento; en esta intervención el hombre utiliza Fehér (2000) apunta que el “saber-como” para modificar lo vivo en aras del conocimiento. Por esto, afirma que con las

ciencias baconianas puede proponerse una definición más amplia de lo artificial que incluya todo tipo de materia que pueda ser intencionalmente producida.

Su argumento principal parte de proponer una definición alterna de lo artificial, en la que todo tipo de producto artificial sea aquel que deriva de acciones intencionales, no importando la materia que se utiliza para el producto, tal como lo enuncia en la siguiente cita:

Parece que un problema mucho más complejo es el de ofrecer una definición no tan estrecha (i.e., un conjunto de criterios necesarios y suficientes) para una distinción general entre lo natural y lo artificial, es decir, donde “artificial” signifique: hecho/producido por cualquier ser inteligente suponiendo que lo haya hecho intencionalmente. (Fehér,2000: 6).

Lo fundamental en esta definición de lo artificial es el criterio “hecho/producido”, que se refiere a poder moldear cualquier tipo de materia, incluso lo vivo. Bajo este presupuesto lo vivo también puede ser moldeado artificialmente por el hombre; por tanto, los organismos intervenidos podrían ser considerados dentro de clases artificiales.

La concepción de los organismos modificados como parte de una categoría mixta se entiende, como una, entre dos categorías extremas que corresponderían a lo que tiene poca intervención intencional, y lo que es totalmente intervenido.

Fehér establece en total tres categorías de lo artificial, concebidas como categorías que contienen productos de tal intervención intencional, teniendo en

cuenta el producto final que resulta de los diferentes tipos de materias primas utilizadas, y la producción artificial involucrada. De esta manera establece una primera categoría en la que está la clase de objetos artificiales aceptados de manera general, como los artefactos convencionales; en esta categoría estarían los carros representando lo que serían las máquinas como los artefactos más comúnmente mencionados.

Una segunda categoría está constituida por objetos cuya producción es artificial pero que pertenecen a alguna clase natural, como los gatos o las vacas lecheras; desde esta perspectiva Fehér considera que en los casos de domesticación y en aquellos donde los animales se mantienen en sistemas productivos, podríamos referirnos a ellos como objetos artificiales, pero en este caso esta categoría estaría representada por objetos cuyo origen es una clase natural, y que luego de la intervención o procedimiento artificial, siguen siendo naturales.

Por último ubica una tercera categoría mixta, constituida por un tipo especial de objetos en los que el procedimiento es artificial y el producto o resultado final es también artificial. En esta categoría ubica a los animales que como las mulas, los ceburros, producirían híbridos estériles; por otro lado está, el caso en las plantas de lo que constituyen los árboles podados; finalmente incluye aquí todos los productos que son resultado de los procesos de ingeniería genética.

De esta sección discutida sobre la propuesta de Fehér y más en general sobre esta perspectiva de ver lo artificial desde la acción intencional, lo que se

puede concluir por ahora es que este único criterio no daría cuenta de tales casos problemáticos.

### **1.2.2. La selección intencional de rasgos y los organismos modificados**

Ana Cuevas y Dan Sperber, tienen perspectivas similares sobre un estatuto artefactual de los organismos modificados a partir de una visión de la explicación funcional en biología; sostienen que los organismos modificados, entre otros casos, son artefactos porque tienen rasgos seleccionados en el pasado y por las funciones adscritas a esos rasgos. Sin embargo, sus propuestas tienen diferencias importantes, por ejemplo, proponen términos distintos para denominar a los organismos modificados y toman ejemplos muy diferentes, así que sería necesario describir detalladamente y por separado cada caso.

#### **1.2.2.1. La propuesta de “bioartefectos” en Ana Cuevas**

Para Ana Cuevas (2008) la acción intencional es también un aspecto importante al momento de referirse al caso de los organismos modificados. Su argumentación apela a la selección artificial o intencional de rasgos en los organismos. Esto se refiere a la selección y modificación de caracteres fenotípicos que estén ligados con funciones específicas en los organismos.

Para ella, el problema de los organismos modificados debe enfocarse desde la comprensión adecuada de lo que es la selección artificial, las funciones adscritas intencionalmente a ciertos órganos o rasgos seleccionados. El animal

domesticado o el que es usado en los sistemas de producción de carne o leche, es producto de la selección artificial por parte del hombre, es decir, existe gracias a la selección artificial.

Los bio-artefactos, tales como las especies animales resultado de un largo proceso de selección artificial, tienen una historia selectiva, en este caso no ciega, sino intencional, o si se quiere, son el resultado de la selección artificial. Ello no significa que el mecanismo biológico implícito sea diferente. Simplemente cambiamos las circunstancias contextuales y la selección ya no sería ciega, sino intencional o teleológica. (Cuevas, 2008: 83).

Para esta autora, tanto los organismos domesticados como los animales utilizados en sistemas productivos y los organismos productos de la biotecnología serían parte de la categoría de los bioartefactos, dado que presentan ciertos rasgos y funciones adscritas por las que han sido seleccionados.

“...son organismos biológicos, además de artefactos. Por su naturaleza biológica pueden describirse desde la perspectiva funcionalista no intencional, pero al mismo tiempo, debido a su naturaleza artefactual desarrollan funciones intencionalmente orientadas”. (Cuevas,2008: 73).

En este sentido, esta propuesta resulta atinada en cuanto resalta el hecho de que la selección artificial actúa como una fuerza intencional que favorece

ciertas formas y lleva a la producción de cierto tipo de organismos que son los que interesan al sistema productivo. Sin embargo, presenta algunos problemas en cuanto a la perspectiva que tiene respecto a la explicación funcional.

Cuevas retoma la concepción de “función propia” desarrollada por Ruth Millikan y traslada la discusión al caso de los organismos modificados para sostener que tales organismos son producto de un diseño que tiene su explicación en un rasgo seleccionado en el pasado.

La explicación de funciones propias fue desarrollada por Millikan y parte de la propuesta histórico-etiológica que propuso Wright, que básicamente afirma que un órgano u objeto está en donde está porque cumple una función determinada, y en segundo lugar, la función es una consecuencia de que el órgano u objeto este ahí; por ejemplo el corazón y su función de bombear sangre. Pero Millikan añade que el concepto de función propia resuelve el problema de que una función sea desempeñada por diferentes objetos, ya que un fenómeno tiene una función propia sólo si pertenece a una familia establecida reproductivamente; es decir que pertenezca a un linaje. Esta reproducción no tiene porque ser biológica, según Millikan, basta con que se reproduzca cualquier carácter que pertenezca a un modelo determinado; en este caso se pueden reproducir genes, gestos culturales o artefactos. (Millikan, 1989:289).

La postura de Cuevas se refiere en última instancia a lo que es el proceso de selección artificial en contraposición con lo que sería la selección natural. La selección artificial supone técnicas en las que los caracteres se seleccionan en las características observables; en las plantas tendríamos ejemplos como presencia o no de semillas, tamaño de granos, altura de una planta. En el caso de animales

tendríamos el caso de tamaño de órganos, tamaño del animal, masa muscular, pelaje, entre muchos otros.

***Los bioartefectos: si no los mantenemos dejan de existir***

En la definición de los bioartefectos que propone la autora se realiza una diferenciación de los bioartefectos con los organismos biológicos. Esta diferencia se refiere a que los organismos modificados se han modificado intencionalmente de manera que terminan por ser organismos que dependen de nuestra producción y uso.

De esta manera, un bio-artefacto también será diferente de un organismo biológico, fundamentalmente porque su existencia en el mundo depende de nuestra producción y uso” (...) “las vacas lecheras pueden sobrevivir gracias a que nosotros las hemos producido y ahora mantenemos una cierta relación con ellas. (Cuevas,2008: 75).

Esta autora utiliza un ejemplo en el que un órgano tiene una función adscrita bastante clara, y es el caso de la producción de leche en la ubre de las vacas Holstein, o lo que es la selección de animales, dado el tamaño de este órgano y la función directamente relacionada con la producción de leche.

El argumento a favor de esta dependencia es considerar el mal funcionamiento como una causa de quienes tienen a cargo el sistema productivo y la decisión de si se sacrificará un animal o no. Afirma ella que cuando un

seleccionador elige a un animal, éste también define cuál individuo está desempeñando bien su función, eliminando a los demás; de esta manera el seleccionador construye cierto tipo de población a partir de los que se mantienen artificialmente.

Por lo tanto, la función propia de la ubre de una vaca Holstein es producir grandes cantidades de leche, y en caso de que no lo haga será considerada como deficiente (o traducido al lenguaje funcionalista, no desempeñaría adecuadamente su función propia) y será sacrificada para que su carne sea consumida y sus rasgos genéticos no sean perpetuados en un linaje. (Cuevas, 2008: 90).

Para esta autora esta sentencia es la que determina que los organismos productos de la biotecnología y los organismos utilizados en sistemas productivos conforman una clase especial de artefactos: los bioartefactos. Estas ideas se usan para argumentar que las modificaciones estructurales de estos organismos seleccionados artificialmente, son suficientes para postular un estatuto como el de bioartefactos, y que estos existen porque el hombre los mantiene. Esto es cierto en el sentido de que la selección artificial favorecerá ciertas características en los organismos seleccionados, ya que si pensamos en los antepasados de las vacas que actualmente existen, que estaban bajo el influjo de la selección natural, debemos considerar que éstas desaparecieron; ahora, solo existen vacas seleccionadas artificialmente, que son la descendencia de aquellas. Lo que no es cierto es afirmar que estos organismos existen sólo gracias a que nosotros las



hemos seleccionado, ya que estos organismos pueden existir sin nuestra presencia, es decir, su existencia no depende de nuestra producción y uso.

Ante esto diremos por lo pronto que aunque la selección artificial favorece ciertas formas en los organismos, los organismos tienen la capacidad de readaptarse y tomar cursos evolutivos distintos a los impuestos y que no dependen de nuestro cuidado para su existencia.

#### **1.2.2.2. Los efectos seleccionados en los organismos modificados en la propuesta de Sperber**

Dan Sperber (2007), es un autor que sostiene una perspectiva similar en la que los organismos modificados tienen funciones biológicas seleccionadas, efectos seleccionados y efectos diseñados. Los artefactos biológicos harían su función artefactual al desarrollar sus funciones biológicas. El argumento general de este tipo de perspectiva se podría resumir de la siguiente forma: un artefacto es un objeto intencionalmente producido para cierto propósito. La función de un artefacto es un efecto diseñado (*intended effect*). En un lenguaje funcionalista, la función de un rasgo biológico es un rasgo seleccionado (*selected effect*).

Los organismos modificados se pueden definir como artefactos biológicos porque tienen una función diseñada, que desarrollan a partir de una función seleccionada. Además tienen funciones culturales que surgen de su interacción con el medioambiente cultural. La propuesta de este autor es un *continuum* de artefactos. Este *continuum* de objetos artefactuales que propone Sperber, está pensado en dos vías, un *continuum* de objetos desde aquellos objetos biológicos

con poca modificación, hasta aquellos que son totalmente diseñados como las máquinas; y por otro lado, un *continuum* de objetos de acuerdo a los usos o propósitos culturales.

Su propuesta recoge los casos de *continuum* desde el uso de organismos dada alguna utilidad práctica para los humanos, como el caso de las sanguijuelas, a las que denomina como “cultural artifacts”, hasta casos distintos como las uvas sin semilla. En el caso de las variedades de uvas sin semilla, que dependen del ser humano, se refiere a “biological cultural artifacts”. En el caso de esas uvas, la reproducción se analiza como la función determinante de lo vivo; es decir, la dependencia respecto al hombre es total.

La idea que plantea Sperber es la de buscar responsabilidades de los poderes causales naturales; es decir, dar un lugar a las intenciones dentro de las causas. La idea de plantear un artefacto biológico como aquel en el cual la función cultural explota la función biológica, y que tal recuento funcionalista tenga en cuenta todas las posibles causas, incluyendo aquellas intencionales, es un argumento que aduce una función biológica adscrita a un órgano.

Sin embargo, aunque esta pretensión es bastante importante y es un intento para recoger lo que es el tipo de causas que tienen que ver con la acción intencional entendida como acciones en una práctica cultural, el enfoque escogido por el autor y la propuesta de denominarlos como artefactos, presenta problemas si pensamos en que tales objetos “*cultural biological artifacts*” son considerados así, ignorando mecanismos presentes en los organismos. Un ejemplo para explicar lo anterior sería el caso de la uva sin semilla. La continuidad de especie vía reproducción sexual es aquí eliminada, pero esto no significa que la planta

detenga sus demás funciones, sino el hecho de que la reproducción no es la única función que un ser vivo tiene en su periodo de vida, pues la única vía reproductiva de las plantas no es la sexual, por medio de semillas, ya que se da en ellas la propagación vegetativa. La reproducción asexual en el reino vegetal está presente de manera espontánea. Gracias a la totipotencialidad de las células vegetales presente en casi cualquier tejido vegetal, puede generarse una planta completa, principio que se ha usado para la técnica denominada “cultivo in vitro”.

### **1.3. La propuesta de los organismos modificados como instrumentos vivientes en Kohler**

Robert Kohler (1994) desarrolla su propuesta desde una perspectiva de los organismos en los laboratorios como parte de lo que él denomina la “cultura material” de los espacios experimentales. La mosca *Drosophila* es parte esencial de esta cultura material y merece atención dado que sobre tales organismos se realizan acciones de rediseño, se construyen objetos distintos, objetos “estándar”, que para el desarrollo de las investigaciones son fundamentales. Además su propuesta contiene una visión de los sistemas experimentales como aquellos sistemas tecnológicos que transforman los objetos creándose objetos nuevos en el espacio experimental.

A través del análisis de la mosca *Drosophila*, uno de los organismos modelo más importantes, utilizada en el mapeo genético a principios del siglo XX, Kohler construye el ejemplo del organismo estándar. Para este autor la idea del rediseño que sustenta la artefactualidad de los organismos, contiene dos aspectos ligados

que pueden resumirse como la modificación material del objeto y el fin tecnológico, o el “para qué” del diseño.

The construction of *Drosophila*, I have tried to show, was like the construction of any laboratory technology. It involved a choice of alternative product designs-organ formula or chromosome map-and the invention of standard tools and a complex system of mass production to make them work (Kohler, 1994: 87).

Además de considerar el rediseño como un criterio importante para postular tal estatuto artefactual, Kohler argumenta que la diferenciación de organismos se puede plantear a partir de conceder que la forma estándar de las moscas no se encuentra en los espacios silvestres; es decir, que las formas que se construyen en los laboratorios difícilmente se encontrarían en los espacios silvestres; en este sentido serían unas criaturas de laboratorio: “Ecologically, too, laboratory drosophilas differed from their wild cousins (....) in the wild there are no standard flies”. (Kohler,1994: 53).

De esta manera se podría decir que hay un orden para crear tales criaturas que se podría resumir así:

-En primer lugar estaría el rediseño genético, que se realiza a partir de formas silvestres, concebido con un plan que se sigue para lograr el organismo final deseado.

-En segundo lugar, y como una consecuencia de este plan estaría la modificación física que se genera a partir de reconfigurar el genoma. Este rediseño deriva en formas estabilizadas, que serían los organismos estándar. Refiriéndose a la producción de un organismo homogéneo y diseñado de acuerdo a los planes de los investigadores.

-En tercer lugar estaría el fin tecnológico de tales organismos, los cuales no se pueden entender sin el fin para el cual son diseñados. Se refiere esto al uso que se les da a estos organismos como parte fundamental para construir los modelos teóricos a partir de los datos obtenidos de ellos.

Una consecuencia de la idea que sostiene este autor sobre el diseño de los organismos es que éstos son totalmente diferentes a los organismos naturales antecesores, tal idea contiene ya la denominación del organismo como un objeto estándar, producido bajo control de las condiciones de producción, similar a lo que puede ocurrir en un proceso industrial.

Some are dramatically designed and constructed: the “standard” organisms -*Drosophila*, White mice and rats, maize, *E.coli*, *Neurospora*- which have been reconstructed genetically through generations of selection and inbreeding into creatures whose genetic makeup and behaviour are quite different from their natural ancestors. (Kohler,1994: 6).

Esta reconfiguración genética a la que se refiere Kohler tiene una intención, y es poder sostener la generación de una entidad nueva, que en nada se parece a los antecesores que no fueron intervenidos en el laboratorio. Esta caracterización lo conduce a argumentar que los organismos modificados son un tipo de artefactos, similares a los demás artefactos de laboratorio en su diseño, pero de una naturaleza distinta, por tanto él los denomina “living instruments”, análogos al *instrumentarium* del laboratorio.

Soon the little fly was being redesigned and reconstructed into a new kind of standard laboratory instrument, a living analogue of microscopes, galvanometers or analytical reagents. (Kohler, 1994: 53).

Este estatuto de los organismos modificados como artefactos se plantea considerando que tal organismo estándar es el resultado del control de condiciones en las que se mantienen. Kohler se refiere por ejemplo, a un control de las condiciones ambientales y de los hábitos de los insectos, necesarias para que se produzcan los resultados deseados en cuanto al diseño planeado. Por otro lado, toma en cuenta todos los fracasos o intentos fallidos que los investigadores pueden encontrarse en el desarrollo de tal objetivo.

#### **1.4. La postulación del estatuto artefactual y los criterios involucrados en la definición de un artefacto técnico**

Las diferentes propuestas de los autores que se han analizado utilizan conceptos que vienen desde el campo de la filosofía de la tecnología, en referencia a las discusiones que se han adelantado sobre la naturaleza y ontología de los artefactos técnicos, ya que el caso de los organismos modificados ha sido escasamente tratado en la filosofía de la tecnología, y apenas comienza a tener una mayor importancia y mención en las discusiones actuales. Es decir, los autores que hemos analizado en cierta forma han trasladado términos para el análisis del caso de los organismos modificados. Por estas razones, es importante enunciar brevemente los criterios involucrados en las definiciones mínimas sobre lo que es un artefacto para entender cómo es que esta discusión de los organismos modificados se ha comenzado a estructurar.

En el campo de la filosofía de la tecnología no se trata de responder a la pregunta sobre ¿qué es un artefacto? con una definición exhaustiva y última, ya que existen diferentes concepciones de los artefactos desde diferentes perspectivas y tratamientos del tema. Para comenzar diremos que en la tradición discursiva de la filosofía de la tecnología este término ha estado restringido a cosas u objetos, por así decirlo, a objetos inertes; es decir, al sentido tradicional de artefacto. En este sentido, los referentes en el caso de las discusiones en la filosofía de la tecnología son diferentes, los casos o ejemplos de los diversos autores se refieren a lo que son las máquinas, herramientas, instrumentos y aparatos, principalmente; se han incluido en la discusión otro tipo de artefactos, entre estos los artefactos sociales, como sería el dinero, como objeto material en las monedas y billetes, y algunos objetos o utensilios artesanales como la cerámica.

En esta tradición discursiva específica sobre el artefacto tenemos a autores clásicos como Simon (1969), Dipert (1986, 1995), y para citar sólo algunos autores actuales: Kroes y Meijers (2006), Quintanilla (2005), Broncano (2000, 2009), Lawler, (2008), Elder (2007).

Las preguntas que se han puesto en la mesa de discusión se refieren a los diversos factores involucrados en la definición de un artefacto como son la función, la intencionalidad, el diseño, los usos, entre los principales.

El tema de la acción intencional es un tema ampliamente discutido en filosofía y hay diferentes aspectos importantes relacionados con las acciones intencionales. Podríamos preguntarnos por ejemplo qué acciones pueden ser consideradas intencionales, y por otro lado, si estas acciones intencionales tienen una repercusión efectiva; es decir, si la acción intencional transforma ese algo sobre lo que se ejerce la acción. Dipert (1995) se refiere a un artefacto como un objeto que tiene propiedades intencionalmente otorgadas, propiedades auto-comunicativas que causan estados similares a la creencia de que son herramientas. Por otro lado, el diseño es otro aspecto fundamental en la definición de un artefacto pero relacionado con la función. Kroes y Meijers (2006) han presentado una interesante perspectiva en la que destacan que los objetos técnicos no pueden ser descritos exhaustivamente desde una conceptualización intencional, como sería tener cierta función, porque además hay que tener en cuenta la perspectiva material; es decir, que el diseño de tales objetos se realiza con base en la función que éstos desempeñarán. Se trata tal como ellos lo denominan de lo que es una visión dual de los artefactos.



Por otro lado, además de la acción intencional, el diseño y la función, Broncano (2009) sostiene y añade que una visión narrativa e histórica de los artefactos es necesaria. Sin negar que la acción intencional y el diseño como plan, son aspectos fundamentales de su caracterización, enfatiza que los artefactos no pueden entenderse sin una referencia a otros artefactos con los que están relacionados, y que tienen usos que los legitiman como tales en determinados contextos.

Sin el ánimo de seguir profundizando en la discusión sobre lo que son los artefactos, y en los casos problemáticos que son propios de la filosofía de la tecnología, como sería el caso de las herramientas, los instrumentos, las máquinas sofisticadas como los robots, de manera genérica, podríamos referirnos a una definición mínima del término artefacto. En esta definición, los objetos artefactuales son concebidos como una unidad operante, construido por componentes que se ensamblan a partir de acción intencional del hombre, con una estructura definida por un diseño y con una función principal relacionada.

La discusión sobre los organismos modificados representa un caso límite escasamente tratado en las discusiones de la filosofía de la tecnología como ya se mencionó y ha seguido una ruta discursiva que comienza con el reconocimiento en primer lugar de una acción intencional que el hombre ejerce sobre éstos. Es decir, la posibilidad de establecer una discusión sobre el estatuto de los organismos modificados parte de postular la posibilidad de la intervención de lo vivo.

El criterio que ha persistido a través de los tiempos y que constituye una visión intuitiva generaliza sobre qué son los artefactos, es que estos son objetos

hechos por el hombre; es decir, un artefacto es aquel objeto en el que se reconoce la acción del hombre en su construcción. Este será el primer criterio que analizaremos a través de la visión aristotélica y luego la visión de las ciencias baconianas para rastrear estas definiciones de artefacto.

### **1.5. La posibilidad de intervención de los organismos y la dicotomía antigua natural/artificial**

Al rastrear las definiciones antiguas de artefacto contenidas en los tratados de Aristóteles o Platón se define a los artefactos como los objetos hechos por arte del hombre, por tanto, había una idea general sobre quien los hacía, y a este individuo se le llamaba artesano. Esta idea constituye una concepción heredada, en la que los artefactos se identifican como productos de las acciones humanas.

La dicotomía aristotélica por ejemplo, identifica los objetos naturales con formas primarias, mientras que los objetos artificiales son formas secundarias o accidentales y en este sentido estas últimas son intencionalmente producidas.

Para Aristóteles, la naturaleza (*physis*), es el principio mismo de movimiento y cambio. En su *Metafísica*, Aristóteles describe cómo la naturaleza es el principio generador, aquello a partir de lo cual se genera cualquier cosa en el mundo físico, también aquello en donde se origina el movimiento primario, que está presente en cada una de las cosas que se dan por naturaleza. Esto define a las cosas naturales como paso a mencionar.

#### ***Las cosas naturales***

En todas las cosas naturales se encuentra el principio de lo natural: “En efecto, la naturaleza es un principio y causa de cambio y del reposo de aquella cosa en la que se da primariamente por sí misma y no sólo en sentido accidental”. (Aristóteles, *Física*, II, 192a). De tal forma, para Aristóteles hay unos entes que se dan por naturaleza, como por ejemplo los animales y sus partes, las plantas; y por otro lado, los cuerpos simples, como la tierra, fuego, aire y agua.

En todas estas cosas, hay una forma que tiene ya en sí misma lo que llegará a ser. La forma está determinada y el fin es el desarrollo de esa forma. Lo natural en Aristóteles encierra las cosas naturales, aquellas que se dan espontáneamente, en este sentido incluye aquí tanto a los elementos naturales como a los seres vivos. Esto es así, porque tanto los unos como los otros surgen de manera espontánea, es decir, no han sido producidos por el hombre. De manera que lo natural involucra tanto objetos inertes como objetos vivos.

### ***Las cosas artificiales***

Contraria a las cosas naturales, están las artificiales. La forma en las cosas artificiales es accidental, no obedece a un principio interno sino a un agente externo que la determina. En las cosas artificiales, a diferencia del dominio natural, las cosas tienen una forma, pero pudieron haber tenido otra distinta, tal como el caso de una cama o una silla, objetos contruidos a partir de una misma materia, la madera, pero con diferente forma. Además, de esto se deriva que tales acciones son intencionales, por ser producto de la acción del hombre.

En un sentido genérico, Aristóteles se refiere al término artificial como todo aquello construido por el hombre. Pero en el mundo moderno, es posible referirnos a cosas artificiales, distintas, a sustancias sintéticas obtenidas a partir de procedimientos químicos, tal como sería una resina sintética o una pintura sintética, por otro lado, los artefactos podrían ser las máquinas y entre estos los robots. Esta diferencia va a ser importante en nuestra discusión posterior.

En Aristóteles las dos categorías definidas de objetos, los objetos naturales por un lado y, por otro lado, la categoría de objetos artificiales, son categorías que se definen a partir de la forma del objeto, pero también a partir de las otras tres causas, la causa material, la causa final y la causa eficiente. La discusión aristotélica y su contrastación con discusiones en autores posteriores como Bacon, permite entender las ideas subyacentes en la posibilidad de intervenir lo vivo.

Con el objetivo de mostrar las bases de lo que es la tecnología moderna, Jesús Hernández (2009) muestra cómo en Bacon no hay una diferencia de las cosas naturales y artificiales en cuanto a la forma o esencia, a diferencia de la visión aristotélica. Esta afirmación tiene su sustento en el discurso de Bacon que se refiere a que las formas son los componentes, no el compuesto y, la única diferencia está en la causa eficiente. Por tanto, según Hernández, dado que para Bacon los productos naturales como los artificiales son compuestos que tienen las mismas formas, no es adecuado aplicarles un estatuto ontológico diferente.

Lo mismo que son las cosas naturales, son las artificiales, concluye Hernández del análisis del discurso de Bacon. Son productos derivados de las

mismas formas, de las mismas leyes, de los mismos componentes, de las mismas naturalezas simples. (Hernández, 2009:302).

Esta vía de análisis de Hernández nos llevaría a considerar como similares las dos esferas ontológicas, lo cual es una forma de evidenciar la potencialidad que tiene la técnica en la construcción de nuevas formas sin restricciones. Pero la perspectiva que nos ofrece la filosofía aristotélica nos lleva en una dirección diferente que nos interesa para explicar lo que es el fenómeno de los organismos modificados en tanto objetos que interviene el hombre. Marta Fehér (2000), autora que ya presentamos, se refiere a que tales esferas ontológicas de lo natural y lo artificial definen una línea divisoria entre lo espontáneo y lo intencional.

Al llevar esta idea al caso de los organismos modificados, se reconoce que éstos representan un tipo de objetos intervenidos en los que se transgrede la línea que separaba lo que podía intervenir. Los animales y plantas domésticos, por un lado, y los híbridos por otra, son ejemplos en los que el hombre ha intervenido ya desde hace mucho tiempo, desde las primeras civilizaciones. Recientemente se ha reconocido que estos casos no distan mucho de los ejemplos de los transgénicos obtenidos en la contemporaneidad y, es que en todos los casos, se modifica el organismo y esto cuestiona el estatuto de los mismos.

Respecto a esta discusión, es importante mencionar que la propuesta que en este trabajo se quiere plantear no se enfila en una filosofía baconiana, pero tampoco se compromete con una filosofía aristotélica, pues aunque se pretende mantener una diferencia entre objetos naturales y artificiales, tal diferencia que se propone desde una filosofía aristotélica, de objetos naturales y artificiales, no tenía

en cuenta la intervención que sobre los organismos se puede hacer. Esta esfera de lo natural, era en todo caso, una esfera que no podía ser objeto de intervención del hombre.

La idea de la esfera de lo natural explicada a partir del movimiento interno como la misma fuerza generadora que propone Aristóteles para los objetos naturales, no es una idea que se pueda mantener fácilmente en la perspectiva moderna de la biología ya que la postulación de la causa final o teleología en los organismos es bastante discutible a partir del Darwinismo. A este respecto algunos autores han postulado la idea de teleonomía como un plan definido para la especies, lo cual requeriría una discusión aparte.

Dado que Aristóteles mantiene esta separación de la esfera de lo natural respecto a aquella de lo artificial, no es posible que lo espontáneo se pueda intervenir. Aunque esto puede deberse a que para tales épocas los temas de la intervención de lo vivo no estaban en las discusiones de tales pensadores, ni remotamente cabía la posibilidad de que una intervención como la que se da ahora por las técnicas de la ingeniería genética; es decir, habría que reconocer que a partir de tales técnicas es que en la actualidad se ha despertado el interés por esta discusión, aunque el caso de los animales y plantas domesticados hubiera estado presente desde la antigüedad.

Tal intervención de lo vivo ha llevado al desarrollo de la discusión sobre el estatuto de estos objetos. Las posturas que se han presentado constituyen el estado de tal problemática, sostienen un estatuto artefactual y contienen un criterio común a pesar de las diferencias y es el criterio con el que se definía

antiguamente a los artefactos, o en su forma genérica a las cosas artificiales, la acción intencional, como un factor que explicaría la existencia de cualquier objeto como artefacto ya que es hecho por el hombre. Ante las posturas presentadas y este criterio principal y otros secundarios en tales argumentaciones pasaré a analizar los problemas y objeciones que se pueden hacer a tales propuestas.

### **1.6. Problemas y objeciones del planteamiento de un estatuto artefactual para los organismos modificados**

Las diferentes propuestas existentes sobre los organismos modificados que se describieron sostienen en general un estatuto de los organismos como artefactos basados en diferentes criterios. Frente a estas propuestas ya se hicieron algunas críticas en el apartado de cada autor, pero es posible ampliar la discusión sobre algunos problemas encontrados.

En las categorías de lo artificial que propone Fehér habría varios aspectos que se pueden discutir y cuestionar referentes precisamente las consecuencias de plantear una definición tan amplia de lo artificial. En principio tendríamos que referirnos a la dificultad que representa el hecho de aceptar que acciones intencionales tan diversas transformen de igual manera un grupo de objetos; es decir, que los ubique en una misma categoría artificial. Me refiero específicamente al caso de la categoría mixta, en la que tienen el mismo estatuto objetos con grado de intervención distinta. Por ejemplo un árbol podado y un híbrido biológico. Como consecuencia, el mundo de objetos mixtos que establece bajo este criterio es tan amplio que va desde un árbol podado hasta un híbrido estéril y esto es

precisamente la debilidad de su propuesta. Las consecuencias de la intervención de un árbol podado son muy distintas que las de un híbrido estéril. En poco tiempo el árbol pierde la forma que se ha diseñado. El híbrido de este tipo, estéril, tiene eliminada la vía de reproducción durante toda su existencia. En otras palabras, parecería que todo en el mundo termina por ser artificial, luego de cualquier grado mínimo de intervención.

Un segundo aspecto discutible es que en la segunda categoría que propone los términos “procedimiento artificial” y “producto artificial”, no son utilizados de manera dependiente, mientras que en otras categorías sí. El problema de este tipo de propuestas es precisamente que no se entiende un procedimiento artificial que no derive en un producto artificial desde lo que ella ha definido como artificial, todo aquel producto en el que hay intervención intencional.

Un tercer aspecto problemático es la contradicción que representa la siguiente afirmación doble: en la segunda categoría, afirma que los objetos que pertenecen a ésta son objetos artificiales, pertenecen, por tanto, a una categoría de lo artificial y, simultáneamente afirma que tal objeto pertenece a una categoría o clase natural. En otras palabras, afirma que en estos organismos hay un proceso de producción artificial pero añade que en última instancia son naturales. En este sentido, la autora no puede salir de un tipo de esencialismo respecto a los objetos naturales. En este sentido, parece ambiguo el caso de los ceburros, que son ubicados en la tercera categoría, pero que también pertenecen también a una clase natural. Su justificación es que el cruce, que es producto de acción intencional, deriva en un producto artificial.



Respecto a la acción intencional criterio que Fehér utiliza para definir lo artificial, es interesante mencionar lo que afirma Quintanilla (2005) sobre los organismos productos de la ingeniería genética. La acción intencional es un elemento fundamental de la definición de los artefactos técnicos, pues esto los diferencia de otras producciones no intencionales, pero tiene en cuenta para establecer ciertas distinciones entre categorías, el hecho mismo que algunos objetos pertenecen a clases naturales. Él considera que las acciones intencionales efectivas se ejercen sobre un sistema concreto, y que entre los resultados de tal acción, puede estar la modificación del sistema sobre el cual se ejerce la acción intencional, ya que el artefacto desde su perspectiva y en forma genérica, puede hacer referencia a un estado, proceso o sistema. En el caso de referirse a un sistema, el artefacto como objeto nuevo será explicado como la formación a partir del ensamblaje de sus componentes, al cual se le deben aplicar las nociones de eficiencia y eficacia para explicar tales desarrollos.

Para él, el organismo modificado es un objeto nuevo equivalente al objeto técnico; es decir, dentro de la caracterización de lo artificial, lo nuevo es aquello que puede ser ensamblado intencionalmente mediante un diseño, pero no es un artefacto en un sentido estricto, porque pertenece a una clase natural. Pero desde esta perspectiva, los organismos modificados son para Quintanilla un tipo de objetos especiales, pseudoartefactos. No serían artefactos pues pertenecen a las clases naturales. Si en los objetos artefactuales se da un “ensamblaje” de partes, en los objetos naturales se da un “reensamblaje” genético, pero esto no los hace artefactos. Quintanilla denomina los organismos modificados genéticamente como “objetos naturales producidos artificialmente”, sin ubicarlos en alguna categoría

diferente a la de ser objetos naturales. Incluso su definición de artefacto genuino está construida a partir de esta contraposición con lo que son las clases naturales: “Si el objeto no sólo es ensamblado artificialmente, sino que además no pertenece a ninguna clase natural de objetos, decimos entonces que es un *artefacto* en un sentido estricto”. (Quintanilla, 2005: 82).

Esta definición de “objetos naturales producidos artificialmente” evita el problema de un estatuto artificial que no tome en serio el problema de las clases naturales. Sin embargo, en esta solución también hay un problema y es que se apela a las clases naturales sin una explicación que nos diga cuáles serían los criterios para establecer la clase natural. El riesgo sería caer en un esencialismo, afirmando, por ejemplo, que un perro lo es por su perritud.

En este sentido el problema de los organismos modificados estaría insuficientemente resuelto en la propuesta de Quintanilla, aunque no se niegan sus aciertos porque reconoce que la acción intencional debe ser tomada en cuenta en tal discusión sobre éste caso problemático, más no define a los organismos modificados como artefactos.

Respecto a la propuesta de Kohler, la principal objeción es la que se mencionó sobre el problema que representa colocar como similares a organismos e instrumentos de laboratorio. Por otro lado, la defensa de un estatuto artefactual en los organismos modificados implica que estos pueden tener un estatus como artefacto en un contexto experimental, pero pueden dejar de ser artefacto en un contexto no experimental; es decir, si son liberados a un ambiente silvestre, en este caso no queda claro qué serían desde la perspectiva de Kohler.

Esta concepción de los organismos modificados considera que instrumentos y organismos formarían una misma categoría, lo cual establece una equivalencia que vuelve todo artificial, lo cual convierte al laboratorio en un mundo de máquinas y cosas artificiales sin ninguna distinción.

Ahora, respecto a las propuestas de Cuevas y Sperber, quienes comparten una perspectiva de un rediseño en los organismos basado en un rasgo seleccionado intencionalmente, ya se mencionaron algunas críticas pero es necesario tocar algunos puntos más que son cuestionables de tales propuestas.

### ***La ambigüedad de un estatuto dual en Cuevas***

Esta propuesta de Cuevas está inspirada en la teoría dual de los artefactos que propone Peter Kroes (1993). Este autor considera que los artefactos genuinos son aquellos contruidos por el hombre y sostiene que para que un objeto sea considerado un artefacto no puede desligarse de la función asignada por el sujeto que lo diseña u opera. Sin esta función definida no es posible entenderlos como tales. Kroes se refiere por tanto a que un objeto artefactual por sí solo no nos dice nada, sino sólo cuando alguien nos da un instructivo que describe las funciones que el artefacto puede llevar a cabo, entonces se comprende por qué esas partes están ensambladas de cierta manera, y sólo entonces podemos manipular el artefacto y entender los diferentes dispositivos que tiene. Para Kroes, es sólo a través de la función que les asignamos, cuando estos organismos tienen el sentido de artefactos cada vez que se usan.

Peter Kroes y Anthonie Meijers (2006) sostienen, por su parte, que el artefacto es aquel objeto físico que además de ser producido intencionalmente por humanos, es diseñado, y su diseño puede ser entendido a través de las funciones que desempeña como objeto físico. Es decir, las funciones sirven de puente para entender el diseño, el cual es entendido a su vez a partir de la función para la cual fue diseñado.

El traslado de la teoría de los artefactos desarrollada por Kroes y Meijers a lo que ocurre con los organismos modificados genera una idea contradictoria en el caso de Cuevas. Los artefactos técnicos tienen una naturaleza dual, por un lado son objetos físicos y por otro lado presentan una función por la cual fueron diseñados. Para ella los organismos productos de la biotecnología conforman una clase especial de artefactos: los bioartefactos. Estos tienen, por un lado, una estructura física que se comprende por las funciones que los organismos pueden realizar, y por otro, tienen funciones intencionales derivadas del diseño y uso, como cualquier tipo de artefacto, pero más aun que los bioartefactos pueden ser entendidos a partir de una perspectiva doble, un estatuto doble.

El problema es que se propone un estatuto doble, por un lado un carácter natural y por otro, artefactual. Supongamos que utilizamos otro lenguaje, y en lugar de funciones seleccionadas utilizamos caracteres fenotípicos seleccionados; en una planta de café, al seleccionar ciertos caracteres, el tamaño de granos, podemos encontrar que ciertas funciones se alteran y en este sentido son artificiales, pero esto no significa que las demás funciones naturales y caracteres del organismo hayan desaparecido.

Si bien podemos explicar la modificación de los organismos como acciones intencionales, diseños y funciones, como un recuento histórico de la relación de los humanos con los seres vivos, existen mecanismos reversibles frente al rediseño impuesto. Estos mecanismos se refieren a la capacidad de readaptación frente a las funciones seleccionadas, la capacidad de activar mecanismos y rutas alternas de metabolismo. Tales procesos explican una dinámica en los organismos más robusta, que no puede ser reducida a unas funciones seleccionadas y un diseño asociado.

La postura de Cuevas se refiere en última instancia a lo que es el proceso de selección artificial en contraposición con lo que sería la selección natural. La selección artificial supone técnicas en las que los caracteres se seleccionan en las características observables. En las plantas tendríamos ejemplos como presencia o no de semillas, tamaño de granos, altura de una planta. En el caso de animales tendríamos el caso de tamaño de órganos, tamaño del animal, masa muscular, pelaje, entre muchos otros.

En este sentido, Sabina Leonelli (2007) se refería a lo que significaba la modificación de la planta *Arabidopsis*, organismo modelo, como un proceso de selección, ya que el investigador abstraía los rasgos que quería que contuviera el organismo modificado. Sin embargo, esta propuesta no pretende ser de corte ontológico y ubica al organismo como un objeto híbrido a nivel epistemológico.

Por otro lado, Richard Burian (1993) afirma respecto a este organismo modelo que si en los primeros años del siglo XX la mosca se utilizó en el mapeo genético, antes ya se había utilizado en los estudios de desarrollo y ontogenia, y más tarde sería utilizada por sus genes gigantes que servirían para estudios de

genética. Lo que significa que en este caso las moscas serían seleccionadas y diseñadas, de acuerdo a diferentes funciones, por lo cual cabría preguntarse, si en todos estos casos se trató del mismo artefacto o de distintos.

Richard Lewontin (2000) afirma que un problema del análisis o perspectiva funcional es que hay, por un lado, una cascada jerárquica de funciones, en la que una función está relacionada con un órgano, pero a su vez hay otras estructuras involucradas con otra función para que ese órgano tenga esa función, y estas estructuras dependen finalmente de proteínas que tienen otra función involucrada. El ejemplo es el corazón, cuando se ve como una unidad anatómica natural. Hay una multiplicidad horizontal de las vías funcionales, es decir, cuando ciertas estructuras pueden tener varias funciones, por ejemplo, los huesos, como elementos colectores que secretan calcio, o como tejidos embrionicos del sistema circulatorio. (Lewontin, 2000:78-79).

Está presente como argumento la idea de que los organismos a los cuales se les ha modificado sus funciones pueden morir si no están bajo nuestro cuidado. La idea en este caso aplica a que la alteración funcional modifica el órgano, como en el caso de la ubre de la vaca, lo cual puede conducir a problemas patológicos, si no están bajo estricto cuidado, o simplemente a que no produzcan la cantidad de leche requerida. La idea que se olvida en estos casos es que los organismos también tienen la capacidad de readaptar sus órganos a una nueva situación silvestre, luego de haber estado sometidos a sistemas productivos intensivos.

En el caso del tamaño de la ubre, se aumenta el tamaño de ésta en función de que al animal al que se le ha modificado, produzca más leche; el tamaño de la ubre aumenta, y el animal puede sufrir mastitis en el sistema reproductivo, en caso

de no ser ordeñado. Pero lo que no se tiene en cuenta es que bajo condiciones no controladas la vaca en periodo posparto amamanta a sus crías, y después de este ciclo el tamaño de los órganos disminuye a un tamaño habitual para la condición estructural del animal. De esta manera el cambio en el órgano, el tamaño de la ubre, es reversible, y el animal logra adaptarse a las nuevas condiciones.

Esta misma dependencia, que en el caso de Sperber muestra cómo la supervivencia de la planta depende del ser humano, es una perspectiva antropocéntrica, que oculta también que la supervivencia se da así porque son los intereses humanos los que así lo determinan, imponiendo medidas de control, esto puede darse de otras maneras.

En el caso de las uvas sin semilla, ejemplo que coloca Sperber para argumentar a favor de lo que denomina como “cultural biological artifacts”, este fenómeno de no poseer semillas correspondería a lo que se ha denominado como la estenospermocarpia; es decir, un fenómeno natural en el que hay polinización, fertilización y formación del embrión, pero este último aborta tempranamente durante su desarrollo. (Kanamadi *et al.*, 1999; Ponce *et al.*, 2000, citados por Hewstone *et al.*, 2007). Las plantas pueden nuevamente cruzarse con otras plantas, en el caso de que las medidas de control fallaran y el cruce con otras plantas con semilla podría revertir el proceso.

Un aspecto cuestionable respecto al *continuum* de objetos artefactuales que propone Sperber es el encuentro de estas dos vías: del continuum desde objetos biológicos con poca modificación, hasta aquellos que son totalmente diseñados, y el *continuum* de objetos de acuerdo a los usos o propósitos culturales. Sin duda en estas dos vías hay una función seleccionada intencionalmente repetida

culturalmente pero el problema de esta propuesta es que precisamente este *continuum* se encuentra con casos problemáticos; es decir, el caso del uso de un objeto cuando simplemente se usa momentáneamente y luego se deja en el lugar que se encontró sin mayores modificaciones. En este sentido podemos plantear la siguiente pregunta ¿Qué grado de modificación es necesario para que un organismo pueda ser considerado ya un artefacto? Ante esta pregunta que representa una vía se podría formular otro interrogante con otra perspectiva ¿Podríamos referirnos a un estatuto diferente para los organismos modificados que no sea el de artefacto? El punto de discusión en esta perspectiva de funciones asociado a un diseño en los organismos modificados es principalmente la modificación del organismo; pero el grado de modificación no es fácilmente medible en todos los casos que postulemos.

### ***El enfoque sistémico de funciones propuesto por Cummins***

Respecto a las dos propuestas de Cuevas y Sperber, las cuales tienen en cuenta un enfoque etiológico de las funciones, considero pertinente referirme a una perspectiva sistémica, como un tipo de réplica que podría plantearse. Dicha perspectiva revela algunos de los problemas de este tipo de propuestas comprometidas con una perspectiva etiológica y en última instancia teleológica.

Si bien las explicaciones de tipo funcional, y específicamente aquellas que se desarrollan desde la perspectiva etiológica, son utilizadas para este tipo de argumentaciones y postulaciones de un estatuto artefactual en los organismos modificados, no hay que ignorar que tales visiones de la explicación funcional han



recibido permanentes críticas. Ya Cummins desde 1975 se refiere a que la función de un objeto es entendida en relación con un sistema. Existen “capacidades” de las partes de un sistema para realizar una subactividad que contará dentro de la capacidad total de un sistema, así entiende lo que son las funciones desempeñadas por estas partes.

Para Cummins las explicaciones teleológicas y el análisis funcional tienen diferentes tipos de explananda. El explanandum en la explicación teleológica es la existencia o presencia del objeto de su atribución funcional: el ojo tiene un lente debido a que el lente tiene la función de enfocar sobre la retina. En lugar de esto, el análisis sistémico busca explicar las capacidades del sistema que contiene la atribución funcional del objeto. Se supone que la atribución de la función de enfocar la luz, nos ayuda a entender como trabaja el ojo, y en última instancia, como trabaja el sistema visual.

En otras palabras, en el contexto del análisis sistémico, la pregunta “¿para qué es esto?”, es construida de una forma que tal que se implica el interés por saber la contribución que “esto”, es decir, la parte, tiene en el sistema. Mientras que el análisis etiológico y teleológico propone otro tipo de pregunta y, por tanto, encuentra otro tipo de respuesta. Se busca la respuesta a la pregunta ¿por qué – está- esto-aquí? respondiéndose con una pregunta a priori “esto-está-aquí-para”. De lo anterior queda claro que el análisis sistémico no se enfoca en una pregunta de cuatro palabras: ¿Por qué-está-estó-aquí?, sino con una pregunta de tres palabras: ¿cómo-trabaja-esto? (Cummins, 2009:164-174).

Cummins plantea una advertencia sobre la forma en que se construye el razonamiento en el enfoque etiológico teleológico, enfatizando en que se están

planteando inadecuadamente las preguntas y, por tanto, la respuesta al problema de las funciones en los organismos es errónea.

Ahora bien, Cuevas por un lado, y Sperber, por el otro, utilizan esta perspectiva etiológica teleológica para analizar el caso de los organismos modificados, pero esto podría tener una respuesta muy diferente si el análisis se construyera desde esta otra perspectiva sistémica.

### ***Los mecanismos de la variabilidad y la adaptabilidad en los organismos***

En última instancia, si los organismos modificados se liberaran al ambiente silvestre, podrían ocurrir entre muchas posibilidades, que se dieran algunos cruzamientos, los cuales originarían una vía evolutiva diferente a la anterior. Esto conduce a la objeción de que no existe tal dependencia total de los organismos modificados respecto del ser humano, hay una dependencia lograda o mantenida por condiciones de estricto control y supervisión, pero los organismos exhiben una independencia en sus dinámicas como organismos, expresada en los procesos reversibles, de readaptación, mecanismos de dispersión variados, rutas metabólicas alternas. Los organismos se construyen culturalmente como artefactos a partir de las prácticas de control y estandarización realizadas por los humanos, pero éstos pueden volver a un estado silvestre y generarse nuevas variantes, diferentes a las que los productores habían producido por selección artificial, y dejarían de ser artefactos.

## **Conclusiones**

Tal como se argumentó, los organismos se han modificado desde que comenzó la domesticación; por tanto, habría que tener en consideración estos casos además de los evidentes casos a partir de las técnicas de selección e hibridación y de ingeniería genética. Tales modificaciones ponen en evidencia la capacidad del

hombre para intervenir los objetos naturales, de manera que éstos ya no pueden ser considerados como un mundo natural que el hombre se limita a observar.

Reconocer que la modificación de organismos socava las definiciones más antiguas ancladas en nuestro pensamiento sobre lo que son los artefactos y lo que son los objetos naturales, constituye una primera conclusión de este trabajo. Si bien una definición general sobre lo que es un artefacto incluía lo que era el criterio de la acción intencional del hombre para crear los artefactos, la posibilidad que tiene el hombre para modificar organismos evidencia que no sólo los artefactos son productos de nuestras acciones intencionales.

El problema que se quiso exponer en este primer capítulo y que se mostró a través de los diferentes autores analizados, se refirió a explorar las propuestas que se han hecho hasta el momento, para entender esta acción intencional sobre los organismos a través de su postulación como artefactos.

La forma en que se presentó el recuento de la modificación de organismos, persiguió una visión de la modificación de éstos, que reconociera que desde la antigüedad el hombre ha realizado la intervención intencional de los organismos con el caso de la domesticación de animales y plantas.

Entre este tipo de propuestas, la de Cuevas reconoce que la modificación de los organismos es tan antigua como las técnicas más sencillas de manipulación de organismos para consumo humano, como sería el caso de los microorganismos utilizados para la elaboración del yogurt o las vacas lecheras, las cuales existen porque el hombre las ha mejorado genéticamente y se esmera en mantener estas variedades producidas artificialmente. Pero esto no puede

utilizarse para reducir al organismo a un órgano y a una función, como pretende la propuesta de los bioartefactos.

Por otro lado Dan Sperber se refiere a la agricultura como uno de los casos que se deben reconocer de intervención intencional por parte del hombre que han derivado en variedades sin semillas; por ejemplo, que se convierten en dependientes del proceso técnico que el hombre realiza para mantenerlas. El recuento que se propuso se hizo con la intención de poner en evidencia los casos de domesticación, en los cuales el hombre perpetúa en variedades y razas ciertos caracteres deseables para sus propósitos.

Los organismos desde la posibilidad que tienen de poner en acción mecanismos alternos, tienen la posibilidad de cambiar estas trayectorias impuestas por el hombre y seguir sus propias trayectorias de vida, pese a las modificaciones que se hicieron y que pueden cambiar estructuralmente al organismo, y dejar de ser artefactos.

Por otro lado, una segunda conclusión tiene que ver con lo problemático que resulta ubicar a los organismos modificados en la misma categoría de los artefactos y equipararlos con instrumentos de laboratorio, por cumplir una función, por ser rediseñados y seguir un plan detallado para los caracteres incorporados deseados, por tener una estructura que puede verse como componentes. En este sentido mi interés fue mostrar que la manera de enfrentar el problema de los organismos modificados a partir de postularlos como artefactos, es en sí misma una propuesta problemática a la hora de establecer comparaciones y diferencias con otros artefactos.

## **CAPÍTULO II**

## **EL DISEÑO DEL NIVEL ESTRUCTURAL Y LA INDUCCIÓN DEL PROCESO AUTÓNOMO DEL SISTEMA VIVIENTE**

En el capítulo anterior se mencionaron algunos de los problemas y objeciones que una propuesta de los organismos modificados como artefactos tiene que enfrentar. Además se puso en evidencia la dificultad de ubicarlos en una categoría similar a la de los artefactos comunes como las máquinas e instrumentos. Todo esto se refirió a los organismos que se modifican ya sea utilizando técnicas de ingeniería genética, o por técnicas clásicas de mejoramiento genético.

Existe un caso distinto que se refiere al desarrollo de organismos celulares en el campo de la biología sintética. En este campo de investigación teórica y experimental, el argumento principal se refiere a que se puede postular un estatuto artefactual si se logran diseñar y ensamblar todas las partes del organismo. En este campo se hace referencia a la creación de células sintéticas, lo que incluso se ha denominado el campo de la vida artificial.

Este capítulo está dividido en dos secciones. En la primera, mi interés es profundizar en los compromisos y la estructura de las argumentaciones en el campo de la biología sintética: por un lado, evidenciar compromisos subyacentes en una visión genocentrista de los organismos y, por el otro, evidenciar las diferencias entre la presentación pública de los adelantos más destacados y lo que los investigadores afirman en los artículos científicos. En la segunda sección, se

hace un análisis de la concepción de la autonomía desde una perspectiva naturalizada.

La conclusión respecto a la primera sección se refiere a la idea que aunque se alcancen a construir sintéticamente todos los componentes de un ser vivo mínimo y a ensamblar estas partes, tal ensamblaje es sólo un episodio predecesor de lo vivo, ya que lo que pone en marcha un sistema vivo son los procesos autónomos. Respecto a la segunda sección, la conclusión se refiere a una concepción integrada de la autonomía desde una perspectiva naturalizada.

## **2.1. El criterio del diseño en relación con los organismos modificados**

En todas las posturas analizadas en el capítulo anterior respecto a los organismos modificados, encontramos ya sea de forma implícita o concreta una referencia al rediseño y en última instancia al investigador, como si fuera el diseñador del organismo modificado.

En la postura de Kohler, podemos encontrar esta referencia a nuevas formas generadas en el laboratorio de manera explícita, que sugeriría una vía hacia el diseño total o completo de los organismos por reemplazamiento gradual de las partes naturales.

Kohler se concentra en el diseño como un plan entre diferentes alternativas de inserción de genes o hibridaciones que alteran la configuración genética en las progenies. Kohler concibe el diseño como un plan de acción que el agente se plantea y sigue de manera ordenada y sistemática, para lograr que el objeto final



contenga un diseño previamente establecido. Retomaré de nuevo la siguiente cita en la que Kohler explícitamente se refiere al diseño como plan.

The construction of *Drosophila*, I have tried to show, was like the construction of any laboratory technology. It involved a choice of alternative product designs-organ formula or chromosome map-and the invention of standard tools and a complex system of mass production to make them work. (Kohler, 1994: 87).

Parte de la idea argumentada del diseño es la planificación de las características que los investigadores desean que contenga el organismo, y este plan se materializa en un organismo que presenta ciertas características modificadas. Lo importante en el argumento que construye Kohler es que tales diseños son equiparados con los diseños involucrados en cualquier tipo de desarrollo tecnológico, porque involucran varias posibilidades para la forma del producto y una fabricación que puede ser total.

Ante el argumento del diseño total se pueden construir contraargumentos. Uno es aquel que refiere Hans Jonas (1997) respecto a la complejidad estructural de los organismos. Este autor afirma que ya que el hombre desconoce todos sus componentes no puede haber una referencia a una construcción total.

Hans Jonas (1997) se refiere a dos tipos de técnicas. Una es la “tecnología mecánica”, como aquella que trabaja con materia muerta o amorfa, a partir de la cual se construye el objeto desde cero hasta obtener un artefacto. Esto permite,

según Jonas, la fabricación total, en la que la estructura del todo como cada una de sus piezas es construida a partir de la materia amorfa.

En la construcción mecánica con materia muerta, la fabricación recorre todo el camino desde la materia prima hasta el producto acabado y lo compone enteramente a partir de piezas independientes. (Jonas,1997:110).

Por otro lado, se refiere a la técnica biológica o lo que es lo mismo la ingeniería genética o la biología molecular. Ésta busca transformar las estructuras existentes en los organismos, así que solo puede cambiar el plan existente en el organismo y realizar una fabricación parcial.

En este sentido nunca se podrá realizar una fabricación ex novo de los organismos a partir de elementos químicos y enfatiza en que tal fabricación ex novo es difícilmente esperable en la práctica, ya que la célula más sencilla es demasiado compleja como para ser construida.

La primera y radical modalidad- el verdadero nuevo diseño- y síntesis de organismos avanzados mediante construcción cromosómica de los elementos moleculares está prácticamente excluida. (Jonas,1997:130).

Jonas defiende la imposibilidad de un diseño total de los organismos dada su complejidad estructural, y argumenta además el desconocimiento de todas las

partes que los componen. Esto es cierto para organismos de alta complejidad estructural como los mamíferos, por ejemplo.

Sin embargo, en años recientes la biología sintética propone otra vía que se basa en la construcción de ser vivo mínimo, es decir, con mínima complejidad. A continuación paso a detallar las propuestas experimentales respecto a la construcción de la célula como unidad sintética.

## **2.2. La biología sintética y la construcción de componentes sintéticos**

Con la posibilidad de sintetizar grandes moléculas complejas que hace quince años eran impensables, se inicia el campo de la biología sintética que desde la teoría y la experimentación simultáneas intenta recrear los primeros seres vivos.

La biología sintética pretende responder a la pregunta de cómo comenzaron los primeros sistemas vivientes. Existen dos investigadores con sus respectivos equipos de colaboración, que han sobresalido por sus resultados promisorios en el campo. Se trata por un lado de Craig Venter y sus investigadores adjuntos, y por otro lado, Szostak y su equipo de colaboradores.

Cada uno de estos grupos de investigadores tiene estrategias diferentes de construir las células sintéticas. La estrategia experimental que ha seguido Venter y su equipo, parte de la construcción de un ADN sintético que luego es insertado en una célula viva, lo cual encierra la idea de que el ADN es la molécula más importante y que es capaz de producir todos los metabolitos y proteínas.

La estrategia experimental que ha seguido Szostak es la de construir, por un lado, la membrana celular de manera sintética y, por otro, construir un polímero genético autorreplicante, que correspondería al ADN.

En el trabajo de Venter, encontramos la metodología de trabajo que combina las estrategias “bottom up” y “top down”. La estrategia “bottom up” pretende construir un ser viviente mínimo a partir de componentes esenciales, como el ADN, la estrategia “top down” pretende ir quitando las partes de la célula que son innecesarias para dejar lo que sería una célula mínima básica.

Por otro lado, Szostak utiliza básicamente una estrategia “bottom up” de ensamblar moléculas y estructuras para lograr la vida artificial, en este caso su trabajo se ha concentrado en la construcción de una protomembrana celular y de un ADN sintético.

Lo primero que considero necesario evidenciar es el compromiso subyacente en tales perspectivas experimentales acerca de una concepción genocéntrica de la vida.

### **2.2.1. La visión genocéntrica sobre los organismos**

La visión genocéntrica es aquella que hace referencia al ADN como la molécula maestra, que además es causa directa de todos los diferentes fenómenos de la vida. Por ejemplo, desde esta visión genocéntrica las patologías se explican por

un gen responsable, mientras que otras visiones plantean la idea de una complejidad de factores involucrados, como lo ha planteado Richard Lewontin (1991). Se habla de la simple reunión de moléculas, las cuales forman pirinas y purinas, la síntesis de los ácidos nucleicos, como las pruebas de que la vida se sustenta en la formación del ADN y el ARN, y todo lo demás es lo que protege tal material.

La defensa de una visión genocéntrica tiene bastantes investigadores, científicos y filósofos de la biología que la siguen, pero Richard Dawkins es quizá muy conocido a partir del trabajo en el que desarrolla su idea de que la unidad de selección es el individuo, y más específicamente el gen.

Para él las nociones metafóricas del cuerpo se reducen a un receptáculo que protege esta información genética que define al individuo. Así define el cuerpo desde su perspectiva:

Some people use the metaphor of a colony, describing a body as a colony of cells. I prefer to think of the body as a colony of *genes*, and of the cell as a convenient working unit for the chemical industries of the genes (Dawkins, 1976:46).

La visión del cuerpo como la “*survival machine*”, que tiene esta principal función de contener los genes, representa una visión sobreesimplificada de la vida. Deja sin protagonismo a las células como aquellas unidades que no sólo contienen ADN, colocando en segundo plano todas las demás funciones tan fundamentales en los procesos de vida como sería la simple respiración.

Una de las consecuencias más importantes de esta visión es que el ADN es considerada la molécula maestra que programa y construye el cuerpo, siendo los genes los bloques o ladrillos; en este sentido, se implica una sola dirección en la que la información viaja. De este programador central se desprenden todas las instrucciones para construir el cuerpo, a partir de los aminoácidos se construye todo en el ser vivo, tal como él mismo lo describe:

“Our DNA lives inside our bodies. It is not concentrated in a particular part of the body, but is distributed among the cells. There are about a thousand million million cells making up an average human body, and, with some exceptions which we can ignore, every one of those cells contains a complete copy of that body’s DNA. This DNA can be regarded as a set of instructions for how to make a body, written in the A, T, C, G alphabet of the nucleotides.” (Dawkins, 1976: 22).

Entre estas ideas, que están entre lo metafórico y lo descriptivo, está la visión del ADN como molécula maestra y la visión de un determinismo genético. Estas ideas han servido como motor para el inicio de proyectos tecnocientíficos, como los de la biología sintética.

Retomando la discusión sobre Venter y colaboradores, y Szostak y colaboradores, nos referimos a la noticia que llegó a los ciudadanos el pasado mayo de 2010, donde se informaba que se había creado la primera bacteria sintética. La discusión sobre la síntesis de la vida o la creación de la vida artificial, ha permeado espacios no científicos para convertirse en una discusión general

entre ciudadanos y gente del común sobre lo que son los adelantos en los campos de la ciencia y sus implicaciones futuras.

Subyace aquí una idea más fuerte que la simple posibilidad de nuevas formas o variantes, es la idea de la artificialización del mundo a partir de estas creaciones sintéticas y la visión de que todo en tales desarrollos es creación humana. Por tanto, nos interesa examinar tales propuestas en detalle.

### **2.2.2. La célula controlada por un genoma sintético presentada por Venter y colaboradores**

Venter y colaboradores afirman haber creado la primera bacteria sintética. La creación sintética de Venter y colaboradores fue un ADN que contiene los genes básicos para que la vida pueda darse, pero no toda la célula fue sintetizada. El procedimiento se basó en la siguiente estrategia: diseñar a través de programas de computación un genoma similar al del micobacteria *Mycoplasma mycoides*, luego sintetizar fragmentos de 1000 pares de bases para luego unirlos dentro de diferentes clones de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y luego ser transplantado dicho genoma, de manera definitiva, en las células de *Mycoplasma capricolum*. Este fue el procedimiento hasta la inserción del genoma sintético, luego vendría la segunda parte que consistió en el remplazamiento del genoma nativo de la célula hospedante *M. capricolum*, por el genoma sintético insertado, que era similar al nativo. Finalmente los componentes de la célula serían sintetizados de novo siguiendo las instrucciones del nuevo genoma.

Aquella célula de bacteria no ha sido totalmente el ensamblaje de partes sintéticas. El desarrollo real queda más honestamente expresado como una célula bacterial controlada por el genoma sintetizado químicamente, como lo expresan en el artículo de circulación científica y no la noticia en los periódicos. Con más detalle se puede analizar lo que es el ADN sintético, para evidenciar que no se trata de una construcción sintética totalmente.

### ***El ADN sintético construido en conjunción con técnicas in vivo***

En principio podríamos analizar de manera crítica algunas partes de este proceso. En la construcción del ADN supuestamente sintético, podemos mencionar que algunos procesos se hicieron con ayuda de microorganismos. Lo que fue la amplificación de fragmentos de ADN se hizo utilizando plásmidos de la bacteria *E. coli* y la técnica de amplificación de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) y su ensamblaje o recombinación *in vivo* en levaduras de la especie *Sacharomyces*.

We developed a strategy for assembling viral sized pieces to produce a large DNA molecules that enabled us to assemble a synthetic *Mycoplasma genitalium* genome in four stages from chemically sintetized DNA cassettes averaging about six kb in size. This was accomplished through a combination of in vitro enzymatic methods and in vivo recombination in *Saccharomyces cerevisiae*. (Gibson *et. al.*, 2010: 1).



Esta observación es suficiente para argumentar que el ADN no es sintético en el sentido del procedimiento utilizado. Aunque la construcción de los primeros fragmentos iniciales se hicieron a partir de moléculas sintéticas, las posteriores etapas de amplificación se realizaron utilizando plásmidos para multiplicar los fragmentos y posteriormente también se recombinó nuevamente utilizando organismos completos como este tipo de levaduras. Si esto se acepta, entonces el ADN no es totalmente sintético, aunque el resultado final sea una molécula independiente de estos microorganismos utilizados para su construcción.

### ***La célula controlada por el genoma sintético***

Tal como lo afirman Venter y colaboradores se pudo obtener un genoma libre de error que pudiera ser transplantado dentro de una nueva célula recipiente y lograr que la nueva célula fuera controlada por el genoma sintético y, en este sentido, pudiera replicarse y producir todos los componentes sin problema. Pero lo vivo, lo viviente no es la síntesis de moléculas o el simple ensamblaje de las mismas, como Venter y colaboradores quieren comunicar al mundo.

Para Venter, la creación de esta nueva célula puede ser considerada artificial pues sigue las instrucciones del ADN sintético y genera nuevos componentes a partir de estas instrucciones. Las células con el nuevo genoma sintético de reemplazo fabricaron poco a poco nuevos componentes celulares, siguiendo las instrucciones del nuevo genoma, hasta que todos los componentes de la célula original fueron sustituidos. En el acuñamiento de términos como “célula sintética”

hay un interés por mostrar públicamente que se trata de una creación sintética por completo, lo que no es cierto.

We refer to such a cell controlled by a genome assembled from chemically synthesized pieces of DNA as a synthetic cell, even though the cytoplasm of the recipient cell is not synthetic. (Gibson *et al.*, 2010: 4).

De manera que la expresión correcta o que corresponde al desarrollo realizado es el de célula controlada por el genoma sintético. Sin duda tal desarrollo demuestra la capacidad del hombre para insertar partes sintéticas que se acoplen sin provocar un rechazo por las células receptoras. Este es el comienzo de una línea de investigación hacia la incorporación de genomas sintéticos en células que pueden producir ciertos metabolitos, tal como si fueran fábricas.

Desde la perspectiva de la biología sintética el ADN es el que inicia todo el proceso del ser vivo y los demás componentes celulares son considerados secundarios, pero de hecho lo único sintético es el ADN que se ensambla a la célula existente. Jim Collins profesor de ingeniería biomédica de la universidad de Boston, afirma que el adelanto reportado por Venter es sintético en el sentido de contener un ADN sintetizado, pero que no se ha creado una nueva vida.

“The work reported by Venter and his colleagues is an important advance in our ability to re-engineer organisms; it does not represent the making of new life from scratch” (Collins, 20 mayo de 2010).

Para Collins tal desarrollo es un organismo natural que tiene una parte sintética, en este sentido sería análogo a los desarrollos que existen en el hombre sobre insertos prostéticos.

Por otro lado, Bedau (2010) sostiene que aún si todo fuera sintético, habría que reconocer propiedades emergentes de lo vivo. La “bacteria Sintética” es una bacteria normal con un genoma prostético y solo una pequeña parte de la célula es sintética. Además afirma que las más simples formas de vida presentan propiedades emergentes y que la emergencia es un problema para la biología sintética tradicional, la cual debe establecer bases para la ingeniería de la emergencia. (Bedau, 20 de mayo de 2010).

### **2.2.3. La construcción de componentes de la protocélula en las investigaciones de Szostak y colaboradores**

Desde otra perspectiva experimental muy distinta, Szostak y colaboradores han adelantado desarrollos en la construcción sintética de una protocélula, que sería el modelo de las primeras células que se originaron en el planeta. Desde esta perspectiva, se concibe la célula sintética como aquella compuesta por membrana y ADN, en la que hay dos requerimientos mínimamente necesarios. Por un lado, un comportamiento replicante localizado espacialmente la vesícula, y

por otro lado, un polímero genético replicante espontáneamente. Szostak y su equipo han logrado hasta la fecha la creación de vesículas, lo que pretende ser equivalente a la membrana celular. En 2008 el equipo ha demostrado que esas vesículas o membranas con ácidos grasos son permeables a solutos de pequeñas moléculas, incluyendo mononucleótidos cargados, y que los nucleótidos activados que son adicionados por fuera de las vesículas de ácidos grasos son capaces de copiar un polímero genético encapsulado. (Mansy,S et. al., 2008). En 2009 el equipo también demostró obtener ciclos repetidos de crecimiento y división de las vesículas con ácidos grasos sin pérdida del material encapsulado (Zhu y Szostak, 2009). Sin embargo, hasta la fecha no se ha demostrado un mecanismo de copia de ácido nucleico general con la capacidad de función como un genoma protocelular auto-replicante, aunque se han investigado muchos esquemas de replicación de polímeros genéticos.

### ***Las membranas protocelulares***

La membrana celular es parte fundamental de los experimentos de Szostak y su equipo. La membrana es desde su perspectiva un componente esencial de la célula, pues cumple la función de mantener separado el sistema del medio ambiente, pero presenta una permeabilidad especial que deja entrar moléculas pequeñas, pero no deja salir las moléculas grandes que son el contenido celular.

La membrana protocelular que han logrado construir está formada por ácidos grasos, que son cadenas de carbono que contienen entre diez y veinte átomos de carbono, habiendo ensayado diferentes composiciones lipídicas,

solutos, y tamaños de vesículas para la posterior división. El crecimiento de las vesículas permite la formación de vesículas frágiles que están predispuestas a dividirse. Como ácidos grasos que son, forman moléculas anfifílicas similares a las que se forman en la membrana celular. Por otra parte, las propiedades de la membrana como permeabilidad, termostabilidad, han sido comprobadas en dichas vesículas. De manera que se podría decir que Szostak y colaboradores, han podido crear lo que sería una membrana celular sintética. Además éstas se dividen espontáneamente cuando alcanzan cierto tamaño.

### ***De la protocélula a la célula viva***

Aunque estos investigadores comunican al mundo que en sus trabajos logran la construcción de una protocélula y, por tanto, de la vida artificial, en artículos anteriores, estos mismos investigadores tienen una perspectiva teórica reconocen otros aspectos en tales desarrollos. Jack Szostak, David Bartel y Luigi Luisi (2001) reconocen que para algo sea considerado verdaderamente vivo, los componentes deberían operar como un sistema autónomo autorreplicante. Es decir, el genoma y la membrana deberían constituir un sistema que se pueda dividir, por tanto, se genere crecimiento del número de vesículas, y además que el ADN se replique dentro de cada vesícula, condiciones que lo hacen sostenible y capaz de evolución darwiniana. En este punto, el sistema autónomo autorreplicante es dependiente solamente de entradas (inputs) de pequeñas moléculas y energía y no depende sobre los productos de sistemas preexistentes vivientes tales como enzimas proteínicas.

De manera que en el planteamiento que presentan estos autores se evidencia que no se trata del ensamblaje de las piezas construidas, en tal reflexión está presente el reconocimiento de que es la capacidad autónoma del sistema, en términos de que la unidad se autorreplique se divida y se mantenga en crecimiento, lo que constituye al sistema como sistema viviente, como algo que pueda ser considerado vivo.

### **2.3. La construcción de componentes sintéticos y la inducción del proceso autónomo en los sistemas vivientes**

Los desarrollos analizados muestran que el campo de la biología sintética va en la vía de encontrar la forma de construir las moléculas sintéticas libres y la creación de estructuras, o el acoplamiento con sistemas ya establecidos. Sin embargo, el mismo proceso de autoconstitución significa algo más que lo que se pretende sostenerse por parte de los investigadores.

En todos los casos hay un momento en que se comienzan a dar procesos autónomos que equivalen a la conformación de verdaderos sistemas vivientes. La investigación radica más bien en acoplar los componentes moleculares sintetizados y encontrar la forma como se inicia esa autonomía en el sistema para que éste marche como sistema viviente.

Lo que Szostak y su equipo, por un lado, y Venter y su equipo, por el otro, han logrado, es sintetizar componentes e inducir estos procesos autónomos a partir del ensamblaje de ciertas moléculas claves. Los desarrollos de la biología sintética deberían verse como la posibilidad de inducir los procesos de los

sistemas vivos y en este caso no habría por qué denominar a estos organismos “artefactos”, ni “vida artificial”.

Como los mismos biólogos sintéticos lo afirman entre líneas, lo vivo tiene una autonomía, capacidad que se refiere a la conformación del sistema, que puede autorreplicarse. A partir del reconocimiento de tal capacidad autónoma no se podría sostener un estatuto artefactual para tales desarrollos. Lo vivo no sería equivalente a las moléculas, a aquello moldeable y plástico, sino a un proceso espontáneo, que ocurre independientemente de la síntesis de componentes de la célula que el hombre pueda realizar en el laboratorio. En esta línea de pensamiento estaría la idea de autonomía que se propondrá en este trabajo; sin embargo no se reducirá a la definición dada por Szostak la cual se refiere a la autonomía del sistema como la capacidad de autorreplicación.

Este concepto de autonomía se ha desarrollado por diversos autores que se inscriben en una perspectiva naturalizada. El siguiente apartado está dedicado a la discusión de la autonomía en biología.

#### **2.4. La autonomía de los sistemas vivos desde la perspectiva biológica**

El campo de la investigación teórica sobre autonomía es muy amplio. La autonomía es un término que se relaciona frecuentemente, como afirman Etxeberria y Moreno (2007), con la autonomía moral en Kant, para quien la autonomía de la voluntad es una condición necesaria de la acción moral y los principios morales o leyes que dictan cómo debemos actuar se originan en el ejercicio de la razón. Pero en el ámbito de la biología se ha desarrollado una

concepción de autonomía naturalizada. Desde esta perspectiva, existen varios autores que realizan propuestas en la misma dirección. La primera sería la formulación de autonomía como autopoiesis defendida por Maturana y Varela en 1974; el segundo sería el enfoque de la autonomía como autoorganización de los sistemas vivientes en Kauffman (1995) y por último tendríamos la formulación del grupo IAS- Research (Information and Autonomous Systems) de la Universidad del País Vasco que desarrolla el concepto de autonomía básica. Entre los autores de este grupo que citaremos están Etxeberria y Moreno (2007) y Ruiz-Mirazo y Moreno (2009).

Todas estas perspectivas se refieren a lo vivo como aquello que no puede reducirse al nivel estructural de moléculas o átomos, sino a una propiedad emergente del nivel organizacional. En este sentido, se podría decir que la vida surge de sus componentes pero no se reduce a ellos.

Unos de los primeros autores en tratar el tema de la autonomía desde la perspectiva naturalizada fueron Maturana y Varela, al describir los sistemas vivientes como sistemas autopoieticos.

#### **2.4.1. El concepto de autonomía como autopoiesis**

Humberto Maturana y Francisco Varela (1994), y Francisco Varela (1979), definen los sistemas vivientes en términos de una organización especial, una



autoorganización de los componentes del sistema, denominada organización autopoietica. Esta propuesta es definida por los mismos autores como un tipo de visión naturalizada, y en este sentido la organización autopoietica es un tipo de organización en la que los componentes son a su vez productos y constituyentes de un proceso auto recursivo que se define como una unidad, es decir, la célula.

La idea es que la organización de lo vivo no está en las propiedades de sus componentes, sino en los procesos y relaciones, entre procesos realizados a través de sus componentes. (Varela,1979:6).

Estos autores parten de una perspectiva descriptiva de la operación de los componentes de un sistema vivo mínimo, como es la célula, para realizar una serie de abstracciones que definirían no sólo las reglas constitutivas con las cuales se define un sistema vivo, sino también las condiciones suficientes para la vida. Su aportación es pues el análisis de la célula como espacio autopoietico, para esto definen diferentes tipos de relaciones entre los componentes de la célula que constituyen las bases para comprender cómo funciona la unidad autopoietica:

1) Las relaciones constitutivas, que son aquellas relaciones que determinan la topología de la organización autopoietica, y por ende, sus límites físicos. Se trata de las moléculas (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos) que determinan las condiciones de proximidad física necesaria para que los componentes mantengan las relaciones que los definen. En este sentido, para estos autores la célula determina sus límites físicos mediante su dimensión de producción de las relaciones constitutivas que especifican su topología.

2) Las relaciones de especificidad, que son relaciones que determinan la identidad (las propiedades) de los componentes de la organización autopoietica.

Estas son las relaciones de especificidad entre el ADN, el ARN y las proteínas y, por otra parte, mediante relaciones de especificidad de enzimas y substratos.

3) Las relaciones de orden, son aquellas que determinan la dinámica de la organización autopoietica, mediante la producción de componentes (metabolitos, ácidos nucleicos y proteínas) que controlan la velocidad producción (síntesis y transformación) de todos los componentes requeridos.

Desde esta perspectiva de relaciones, el ADN no es concebido como molécula maestra que planifica y dirige la conformación total del organismo, sino que tal conformación surge de las relaciones de especificidad entre los componentes.

Las nociones tales como codificación y transmisión de información no entran en la determinación de un sistema autopoietico concreto, porque no constituyen en él elementos causales. Así, la noción de especificidad no implica codificación, información ni instrucción. Solamente describe ciertas relaciones determinadas dependientes de la organización autopoietica, que dan por resultado la producción de componentes específicos. (Maturana y Varela,1994:81).

Esta propuesta es definida por los mismos autores como un tipo de visión naturalizada, y en este sentido, la organización autopoietica es un tipo de organización en la que los componentes son, a su vez, productos y constituyentes de un proceso que se define como una unidad; es decir, la célula se define como una unidad que se produce a sí misma.

La organización autopoietica significa simplemente procesos concatenados de una manera específica tal que los procesos concatenados producen los componentes que constituyen y especifican al sistema como una unidad. ( Maturana y Varela,1994: 70).

La forma en que estos autores definen los sistemas vivientes, en términos de una organización especial y una autoorganización de los componentes del sistema, es denominada organización autopoietica.

Es a esta red de producciones de componentes, que resulta cerrada sobre sí misma, porque los componentes que produce la constituyen al generar las mismas dinámicas de producciones que los produjo, y al determinar su extensión como un ente circunscrito a través del cual hay un continuo flujo de elementos que se hacen y dejan de ser componentes según participan o dejan de participar en esa red, a lo que en este libro llamamos *autopoiesis*. ( Maturana, prefacio,1994:7).

### ***La individualidad del sistema***

Para estos autores, la autopoiesis implica también la individualidad lograda a partir de este proceso auto recursivo, y de esta manera los componentes se cierran sobre si mismos para constituir una separación con el entorno. Este tipo de

organización se define como auto producción, y además de ser los mismos componentes los que constituyen la organización, resulta la unidad cerrada sobre si misma, como la forma en que esto se pueda cumplir; es decir, solo a partir de la individualidad del entorno es que precisamente se da este flujo cíclico que crea la unidad separada.

La individualidad como organización autopoietica presenta varios postulados, los cuales resumo de la siguiente manera.

-La organización de lo vivo es, en lo fundamental, un mecanismo de constitución de su identidad como entidad material.

-El proceso de constitución de identidad es *circular*, una red de producciones metabólicas que, entre otras cosas, producen una membrana que hace posible la existencia misma de la red. Esta circularidad fundamental es por lo tanto una *autoproducción* única de la unidad viviente a nivel celular. El término *autopoiesis* designa esta organización mínima de lo vivo.

-Toda interacción de la identidad autopoietica ocurre no sólo en términos de su estructura físico-química, sino que también en tanto unidad organizada, esto es, en referencia a su identidad autoproducida.

Esta descripción del operar de los sistemas vivientes permite derivar ciertas ideas fundamentales que rodean al concepto de autopoiesis. La producción de la unidad que es la célula, se da por la conformación de una membrana. Con esto queda claramente definida una individualidad del sistema que significa separación del medio ambiente, más no una incomunicación total. En este sentido la individualidad garantiza la conformación del sistema autónomo y surge del mismo

operar de los componentes del sistema, tal como lo expresa Maturana en el prefacio de la tercera edición de la obra “De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la autoorganización de lo vivo”:

“(.....) el ser vivo surge como totalidad en un dominio distinto del dominio del operar de sus componentes como simple consecuencia espontánea del operar de éstos, cuando se concatenan en su operar de una manera particular. (Maturana, 1994:11).

Una de las críticas que ha tenido esta propuesta de Maturana y Varela tiene precisamente que ver con esta concepción de la individualidad, dado que los mamíferos superiores son el prototipo de los individuos, pero en niveles inferiores es posible encontrar casos problemáticos como el caso de la fragata portuguesa, un polipo cuyo nombre científico es *Physalia physalis*, en los que los diferentes componentes con genomas diferentes no pueden vivir separados. Sin embargo, la individualidad tal como la entienden Maturana y Varela es un concepto que funciona para el caso de la célula como sistema viviente simple.

### ***Auto-replicación en los sistemas autopoieticos***

Estos autores definen como etapa posterior a la conformación de la unidad, la autoreproducción del sistema autopoietico. Para estos autores habría dos fenómenos diferentes pero íntimamente relacionados: la replicación y la autoreproducción.

La replicación es simplemente reproducción repetitiva, y solamente se habla de replicación al referirse a moléculas específicas (proteínas y ácidos nucleicos). En rigor, esa denominación se refiere exclusivamente a un contexto de observación en que se estima necesaria la identidad de las moléculas producidas sucesivamente, y no a una especificidad exclusiva de esa síntesis molecular particular. (Maturana y Varela,1994:93). Mientras que la auto-reproducción tiene lugar cuando una unidad produce otra con organización similar a la de ella misma, mediante un proceso acoplado al proceso de su propia producción. Para estos autores la autorreproducción es un momento de la autopoiesis, y el mismo mecanismo que constituye a la una, constituye a la otra. Se trata entonces de un acoplamiento que tiene las siguientes condiciones:

a) La auto-reproducción debe tener lugar durante la *autopoiesis*; luego, la red de individuos así producida es necesariamente completa en sí, en el sentido de que para establecerse no requiere de otro mecanismo que no sea la *autopoiesis* determinante de las unidades autorreproductoras. No sería así, si la reproducción se obtuviera por copia o aplicación externa.

b) La auto-reproducción es una forma de autopoiesis. La variación y la constancia en cada etapa reproductiva no son independientes, y ambas deben presentarse como expresiones de la *autopoiesis*.

c) La variación de una organización autopoietica a través de la autoreproducción sólo puede surgir durante la *autopoiesis* como modificación de una organización autopoietica preexistente y operante; luego, la variación puede surgir solamente de perturbaciones que requieren nuevas complicaciones homeostáticas para mantener constante la *autopoiesis*.

En este sentido, la unidad que se autorreproduce evoluciona a partir de las variaciones en el proceso de autorreproducción. Los autores sostienen que esto es suficiente para iniciar procesos evolutivos, sin necesidad de recurrir a la teoría de la selección natural para explicar cómo evolucionan los sistemas vivos. Esta idea ha sido una crítica generalizada a la propuesta de estos dos autores, pues no involucran ni la selección natural ni otros procesos que originan procesos evolutivos. Desde mi perspectiva, no tendría por qué ser incompatible una propuesta de auto-reproducción, en el sentido autopoietico, con otros fenómenos y fuerzas que constituyen una visión amplia de lo que es la evolución de los sistemas vivos. Las fuentes de variación presentes en los sistemas organismos-medio ambiente como son la mutación, la deriva genética, la plasticidad fenotípica, la transferencia horizontal y la transferencia vertical por supuesto, se pueden considerar como propiciadores de los procesos evolutivos. Además, el azar y la contingencia también tendrían que ser considerados en las historias de vida de los organismos.

#### **2.4.1.1. Limitaciones de la propuesta de autopoiesis**

Un primer aspecto a discutir es que en esta propuesta hace referencia al flujo de componentes, a una dinámica, producción y destrucción de componentes, pero no hay una concretización formal de cómo es que esta red se posibilita a partir de unos componentes básicos. Por otro lado, la perspectiva de Maturana y Varela privilegia el enfoque de la autoorganización como lo que define los procesos vivos, desde la forma en que se concatenan los procesos y cómo se

define el espacio cerrado que individualiza la unidad viviente, pero no explican el tipo de constreñimientos que involucrarían la interacción con el medio ambiente.

Este tipo de propuestas, se han denominado como internalistas. Margaret Boden (1996), se refiere a que las aproximaciones internalistas ven la vida como un proceso de autoorganización autónoma, en la cual los constreñimientos internos gobiernan la historia e interacciones de las unidades constituyentes del sistema. Mientras que los externalistas, en contraste, explican la estructura interna del sistema como un resultado de sus interacciones adaptativas con el medio ambiente.

Este enfoque deja por fuera el análisis de tal conformación en términos termodinámicos, lo cual parece fundamental al momento de explicar cómo es que esta red de componentes se forma y cómo los procesos de producción, transformación y destrucción, tal como lo expresa Varela (1979), estarían pensadas en términos de flujo de energía de tales componentes. Así presentada esta propuesta es bastante abstracta pues no concretiza cómo es que en términos de flujos concretos, sería posible la autoproducción de la red de componentes.

#### **2.4.2. La autoorganización (self-organization) y los sistemas moleculares autónomos en Kauffman**

Stuart Kauffman (1995; 2003) ha desarrollado una perspectiva en la que los sistemas vivientes son sistemas emergentes de autoorganización especial, definidos en términos termodinámicos. Este autor desarrolla tres ideas, redes autocatalíticas, sistemas disipativos y abiertos.



La perspectiva de Kauffman es la de la vida como un fenómeno emergente, que no puede ser comprendido desde una explicación reduccionista, en la cual los procesos biológicos quedan explicados por medio de procesos químicos y éstos a su vez sean exhaustivamente explicados por procesos físicos. La pretensión de este autor es la de encontrar una definición “robusta” o “genérica” de los procesos vivos que no dependa de los detalles de su construcción. Esto no quiere decir que no se tengan que conocer los detalles, sino que en últimas las propiedades genéricas no dependerán de esos detalles. Desde esta perspectiva el autor comienza por considerar que el ADN se replica como parte de una compleja red, no es una molécula autosuficiente que es capaz de autoreplicarse sin la presencia de otros componentes del sistema.

DNA replicates only as part of a complex, collectively autocatalytic network of reactions and enzymes in cells. No RNA molecules replicate themselves. The cell is a whole, mysterious in its origins perhaps, but not mystical”. (Kauffman,1995:51).

La idea central que desarrolla es la de los sistemas vivientes mínimos como redes autocatalíticas. El concepto central es el de autocatálisis. Los seres vivos son vistos como sistemas formados de reacciones autocatalíticas que constituyen el mismo sistema: “A living organism is a system of chemicals that has the capacity to catalyze its own reproduction”. (Kauffman, 1995: 49).

Ahora bien, una reacción autocatalítica es sencilla; en tal tipo de reacciones los productos son a su vez los constituyentes, de manera que si A hace B, B hace C, y de nuevo C se transforma en A. Esto constituyen el núcleo de la propuesta de Kauffman.

What I call a collectively autocatalytic system is one in which the molecules speed up the very reactions by which they themselves are formed: A makes B; B makes C; C makes A again". (Kauffman,1995: 49).

Su idea es que si estas reacciones catalíticas se dan en gran cantidad formando una red de reacciones catalíticas, habrá un momento en que podamos considerar esta red como un todo que se auto-recrea a sí misma.

Esta definición implica describir de manera detallada como una reacción autocatalítica puede dar origen a la vida. Su objetivo es, a partir de esto, describir cómo es que el ARN y ADN se forman, a partir de qué tipo de reacciones, y también cómo estos componentes son en última instancia productos y constituyentes de una misma red. Lo que genera los sistemas vivientes es la conformación de una gran red a partir de gran número de nodos, que serían estas reacciones autocatalíticas espontáneas.

Life, at its root, lies in the property of *catalytic closure* among a collection of molecular species. Alone, each molecular species is dead. Jointly, once catalytic closure among them is achieved, the collective system of molecules is alive. (Kauffman, 1995: 50).

En este sentido, aunque la visión de la vida está fundamentada en cierto arreglo de las moléculas, no es la estructura física de las mismas la que la define, tal como sería referirse a arreglos moleculares de bases nitrogenadas o terminaciones fosfóricas, sino la relación especial de todos los componentes moleculares en reacciones autocatalíticas que intervienen en la formación de una red en la que son materia prima y producto de la misma.

Life emerged, I suggest, not simple, but complex and whole, and has remained complex and whole ever since-not because of a mysterious *élan vital*, but thanks to the simple, profound transformation of dead molecules into an organization by which each molecule's formation is catalyzed by some other molecule in the organization". (Kauffman, 1995: 47, 48).

La autoorganización que Kauffman reconstruye sobre esta explicación de la formación de grandes redes autocatalíticas, toma en cuenta que éstas se fueron formando lentamente desde tiempos remotos, y que a partir de un punto crítico de crecimiento se transforman en un proceso que puede auto reproducirse. Este fenómeno tan complejo como es el conformar una red estable considera los

diversos intentos que se dieron para conformar los primeros sistemas vivos. Kauffman cita casos de fósiles encontrados hace dos billones de años que podrían ser los antecesores de las primeras bacterias.

***Los sistemas vivos como sistemas disipativos fuera del equilibrio y termodinámicamente abiertos***

Kauffman se refiere a las estructuras disipativas, nombre que propuso Ilya Prigogine ganador en 1977 del premio Nobel en química. El caso estudiado por ésta investigadora fue el fenómeno del *Great Red Spot Vortex* en Júpiter. Una estructura disipativa es aquella en la que el continuo flujo de materia y energía a través del sistema es la fuerza direccionadora y generadora de orden. Lo interesante para nuestra discusión es que los sistemas vivos son también estructuras disipativas; es decir, deben permanentemente metabolizar moléculas para mantener su estructura interna, tal como lo afirma en la siguiente cita:

Cells are along as complex Chemical Systems that persistently metabolize food molecules to maintain their internal structure and to reproduce. Hence cells are nonequilibrium dissipative structures".  
(Kauffman,1995: 21).

Otra característica importante en la descripción que nos ofrece este autor, es que estos sistemas vivos, definidos como sistemas disipativos, son además termodinámicamente abiertos, en contraste, con los sistemas termodinámicos

cerrados que no toman materia ni energía de sus entornos. De esta manera Kauffman establece aquí algunas de las relaciones que se dan con el entorno en términos de reacciones físico-químicas.

Open nonequilibrium systems obey very different rules from those of closed systems. Consider a simple case: we have a beaker into which we add A molecules continuously from some outside source at a constant rate, and we take any B molecules out of the beaker at a rate proportional to the concentration of B. A will convert to B and B will convert to A as before, but the two molecules can never reach the equilibrium balance they attained before because of the constant addition of A and the removal of B".(Kauffman, 1995: 52).

Respecto a las redes autocatalíticas metabólicas, es interesante añadir lo que otros autores han agregado. Steven Rose se refiere a un orden homeodinámico en el cual también importan las restricciones que se relacionan, por ejemplo, a las membranas celulares.

“Así, el orden homeodinámico dentro de la célula se mantiene no sólo mediante las propiedades autoestabilizadoras de las redes metabólicas sino por medio de las restricciones estructurales internas presentadas por las membranas lipídicas semipermeables en las cuales están embutidas las proteínas que reconocen y regulan la entrada y salida de los metabolitos cruciales”. (Rose,2001:200).

La visión de los sistemas autoorganizativos en los términos que plantea Kauffman ofrece una explicación que no encontrábamos en Maturana y Varela. Aquí todos los conceptos de red, de sistemas disipativos y termodinámicamente abiertos, favorecen la comprensión de lo que significa la autonomía en los sistemas vivientes. Sin embargo, algunas de las críticas a esta visión, se refieren a que no involucra todas las constricciones que el sistema puede tener en un medio ambiente.

La propuesta de este autor instauro otras dos condiciones que surgen como consecuencia de la descripción de la vida como proceso autocatalítico cerrado y termodinámicamente abierto. La primera es que un agente autónomo es aquel que es capaz, como sistema autorreproductivo, de hacer un ciclo de trabajo termodinámico. La otra característica es que el sistema actúe en su propio beneficio en un medio ambiente, tal como lo hace una bacteria que se desplaza contracorriente en un gradiente de glucosa. "I will call a system that can act on its own behalf in an environment an "autonomous agent" (Kauffman, 2003: 1089). En este sentido, tal noción se refiere a que todas las acciones ocurren para el mismo mantenimiento y autoreproducción del sistema, y de la integridad del mismo.

#### **2.4.3. La autonomía básica y la relación del organismo con el medio ambiente**

Alvaro Moreno, Kepa Ruiz-Mirazo, Arantza Etxeberria, Xabier Barandiaran, son autores que citaré en esta sección y comparten una visión similar respecto a

la autonomía. Se inscriben en la línea de pensamiento iniciada por Maturana y Varela, aunque reconocen las limitaciones y problemas que presenta dicha propuesta. Esto crea una divergencia definitiva para constituir una visión diferente a la que fue propuesta por estos autores en la década de los setenta.

Para comenzar, refirámonos a Ruiz-Mirazo y Moreno (2004), quienes están de acuerdo con que la idea de autopoiesis en su núcleo más fundamental sienta las bases para lo que será el desarrollo y reestructuración de una concepción de los sistemas vivos como sistemas autónomos.

La teoría de la autopoiesis recogería dos rasgos fundamentales de los sistemas vivientes. El primero sería aquel que se refiere a la noción de la vida como una organización individual que recursivamente se produce a sí misma. El segundo rasgo se refiere a que el sistema consiste en esta (re) generación continua de todos los procesos y componentes que constituyen la unidad. En este sentido, “acción” y “constitución” son una y la misma cosa en el sistema, tal como lo afirman:

According to the theory of autopoiesis, what defines life is a global network of relations establishing a self-maintaining dynamics in which *action* and *constitution* are one and the same thing for the system”.  
(Ruiz-Mirazo y Moreno,2004:235).

Ruiz-Mirazo y Moreno, consideran que la perspectiva de la teoría autopoietica de Maturana y Varela pretendió dar cuenta del aspecto “interno” de la organización de los sistemas vivos, que sería el metabolismo, y el aspecto

“externo” de tal organización, que sería la agencia. Sin embargo, su idea de autopoiesis como cerradura (closure) y recursividad no alcanzan a dar cuenta de los aspectos internos como externos de la organización autónoma.

Por otro lado, Barandiaran y Moreno apuntan en la misma dirección, al considerar que la propuesta de Maturana y Varela presenta limitaciones, ya que estos definen los sistemas autónomos como la propiedad abstracta de una cerradura operacional, dejando afuera los requerimientos materiales y energéticos que se dan en la interacción con el medio ambiente. En consecuencia, el medio ambiente aparece sólo como fuente de perturbaciones debido al acoplamiento estructural concurrente entre el sistema y su medio ambiente. ( Barandiaran y Moreno, 2008: 327).

A partir de estas críticas a la propuesta de Maturana y Varela, Moreno (2009) se refiere a que las acciones del sistema no son meras interacciones físicas, sin sentido, pues su continuidad se ve afectada por ellas. Estas interacciones con el entorno se entienden de alguna manera como una prolongación del funcionamiento de la organización del sistema. Moreno propone un sistema con capacidad agencial, es decir, el sistema entendido como agente en el sentido que puede mantener un continuo proceso de interacciones con el entorno para su funcionamiento normal.

La idea que proponen estos autores respecto a la relación del sistema con el medio ambiente es una que considera que hay un flujo constante de materia y energía que existe permanentemente, y esto es lo que posibilita la autoproducción del sistema autopoietico. Ellos proponen la concepción de la autonomía básica, que incluye aspectos de la propuesta de Kauffman en cuanto a la autonomía de la



vida en términos termodinámicos, lo cual es fundamental para Ruiz-Mirazo y Moreno.

Estos autores están de acuerdo con Kauffman cuando afirma que en el sistema autónomo “Work begets constraints begets work”. En este sentido, aceptan que es la relación recursiva entre trabajo y constreñimientos la que se debe establecer para lograr que un sistema sea autónomo y que un sistema autónomo es operacionalmente cerrado y termodinámicamente abierto. Sin embargo, consideran que Kauffman no determina la cantidad y tipo de constreñimientos y los procesos de conversión requeridos para lograr una autonomía mínima. (Ruiz-Mirazo y Moreno,2010:8).

En este sentido proponen dos condiciones que deben ser consideradas y que constituyen la propuesta central de la autonomía básica (i) una variedad de constreñimientos (y formas de trabajo), de naturaleza completamente diferente, deben venir juntas y (ii) esos constreñimientos no son justamente internos sino que incluyen la producción, mantenimiento y modulación de las condiciones borde. En otras palabras, ellos involucran algún control (i.e, una influencia asimétrica empleada por el sistema) sobre el dominio de interacciones con el medio ambiente. (Ruiz-Mirazo y Moreno, 2010:p.8-9).

Ruiz-Mirazo y Moreno, definen lo que será la autonomía básica, con el fin de incluir tanto los procesos internos constitutivos como los procesos de intercambio con el medio ambiente.

“...The conception of *basic autonomy* as the capacity of a system to *manage* the flow of matter and energy through it so that it can, at the

same time, regulate, modify, and control: (i) internal self-constructive processes and (ii) processes of exchange with the environment". (Ruiz-Mirazo y Moreno,2004:240).

Para Moreno (2009) son fundamentales, en esta línea de pensamiento, los mecanismos adaptativos que se dan en interacción con el medio ambiente. Por ejemplo, una forma básica de comportamiento senso-motriz adaptativo serían los mecanismos evolutivos que ha desarrollado una bacteria para detectar la presencia de un tipo de moléculas dadas, como son los nutrientes. (Moreno, 2009: 230).

## **2.5. Una concepción integrada sobre la autonomía en los sistemas vivientes**

La descripción de estas tres perspectivas muestra cómo el concepto de la autonomía se ha robustecido a través del tiempo, recogiendo en términos generales estas tres perspectivas que dan una idea de autonomía más completa que cuando Maturana y Varela comenzaron a perfilar dichas ideas. Los aspectos que conformarían una concepción robusta serían tres: El primero, la formación de una red auto recursiva, en la cual los productos son a su vez componentes de la misma red. En segundo lugar, a nivel termodinámico es posible explicar estos sistemas autónomos como sistemas disipativos, que son redes autocatalíticas cerradas y que por otra parte son sistemas termodinámicamente abiertos. En tercer lugar podríamos afirmar que son sistemas que tienen un flujo permanente en relación con el entorno de materia y energía, y en este sentido, tienen

mecanismos adaptativos que definen los tipos de acciones que los individuos han desarrollado para hacer cosas que mantengan la integridad y mantenimiento funcional del sistema.

En este sentido, es interesante mencionar a Steven Rose (2001), quien se refiere a las consecuencias de esta concepción de los organismos como redes metabólicas, y al orden generado, como aquel dinamismo irreductible, en el que el organismo conserva su integridad como tal.

“Debemos volvernos a este dinamismo irreductible como generador del orden estable para comprender cómo, luego de construirse a través de los procesos de desarrollo, el organismo es capaz de conservar su integridad y actuar sobre el mundo exterior. Estos son los fenómenos de la autopoiesis.” (Rose, 2001:188).

En el próximo capítulo, y a partir de esta definición de autonomía naturalizada, se hace una contrastación de los sistemas vivientes con los artefactos, para los propósitos de plantear una separación de estos dos tipos de sistemas que será necesaria para construir la propuesta central de este trabajo.

## **Conclusiones**

Una de las afirmaciones que desde la biología sintética se ha postulado, es que si se logran diseñar todas las partes del organismo y ensamblarlas, entonces tendremos un artefacto. En este segundo capítulo se enfrentaron este tipo de argumentos, que para una postulación alterna y diferente a la de los organismos modificados como artefactos representaría una limitación. La primera conclusión

fue hacer evidentes los compromisos que tales campos de investigación tienen con una visión de los organismos como constituidos por la molécula maestra del ADN. La visión genocentrista del organismo es una visión dominante y los desarrollos en la biología sintética se hacen considerando esta visión y colocando en un segundo plano otros fenómenos que se dan efectivamente en los organismos, entre estos, la capacidad de autoorganizarse y autoconstituirse como sistemas operantes vivientes.

En este sentido, se afirmó que los adelantos de la biología sintética no necesariamente deben leerse en el sentido de que la vida se ha generado técnicamente. Como se mostró, la sola complejidad de las moléculas no es suficiente para que un sistema vivo entre en operación, ni tampoco la construcción de moléculas y estructuras sintéticas es equivalente a crear vida, pues es a partir del acoplamiento espontáneo de tales partes o componentes que se puede considerar a los sistemas vivientes, tal como lo anotan y reconocen Szostak, Bartel y Luisi (2001); dado que lo realmente vivo sería lo autónomo, se trataría más bien de la inducción de sistemas autónomos a partir de la construcción de componentes sintéticos.

La segunda conclusión tiene que ver con la perspectiva sobre la autonomía que se propone en el presente trabajo, desde una perspectiva naturalizada desde la biología. En este sentido, la autonomía hace referencia al fenómeno que posibilita la conformación del sistema viviente como tal. En este sentido, se podría decir que la vida surge de sus componentes pero no se reduce a ellos. Esta perspectiva es defendida por los autores que se analizaron, principalmente Maturana y Varela, Kauffman, Etxeberria y Moreno, Ruíz-Mirazo y Moreno. Lo que

puede ser considerado novedoso en el presente capítulo fue haber relacionado esta discusión de la autonomía con la discusión sobre la creación de vida sintética en la que no se toma en cuenta esta perspectiva. Desde éste ángulo peculiar de la discusión propuesta, se pretendió poner en evidencia que en tales desarrollos no se toman en consideración el proceso de la autoconstitución del sistema como parte fundamental para obtener el producto final; es decir, las protocélulas o las células controladas por el ADN sintético. Este factor fundamental no se toma en cuenta porque se parte de una visión muy diferente, la visión genocentrista.

Finalmente se presentó una definición integrada a partir de las anteriores propuestas, y se hace referencia al sistema autónomo como aquel que se constituye como red auto recursiva en la que los componentes son a su vez productos, un fenómeno autopoietico. En segundo lugar, que además puede explicarse en términos termodinámicos, los sistemas vivos, el agente autónomo, tal como lo mencionamos anteriormente, será el sistema que se auto reproduce y es capaz de realizar un ciclo de trabajo termodinámico. Finalmente esta definición incluye las constricciones que se generan de la relación con el medio ambiente y del mantener la integridad del sistema a partir de los mecanismos adaptativos de los seres vivos.

## **CAPÍTULO III**

## **LOS SISTEMAS VIVIENTES Y LOS ARTEFACTOS COMO DOS ESFERAS ONTOLOGICAMENTE SEPARADAS**

En el capítulo anterior se analizó el concepto de autonomía desde una perspectiva naturalizada, con lo cual se obtuvo una definición de autonomía integrada por las diferentes perspectivas presentadas.

En este capítulo mi interés es realizar una contrastación entre organismos y artefactos, desde esta misma perspectiva de la autonomía en biología, tomando a los siguientes autores: Humberto Maturana, Francisco Varela, Stuart Kauffman y Alvaro Moreno.

Como conclusión principal tendremos que los sistemas vivientes, en contraste con los artefactos, se pueden definir además de otros rasgos de los seres vivos, porque serían unidades cuya estructura está definida por el permanente accionar del sistema, de manera que el nivel estructural y operacional son dependientes, y por consiguiente, si dejaran de operar se desintegrarían. A partir de esta diferencia fundamental se derivan otros rasgos que diferencian a los sistemas vivos de los artefactos.

### **3.1. Sistemas vivos y artefactos**

A partir de la perspectiva naturalizada de la autonomía que se ha presentado es posible construir una contrastación de los sistemas vivientes con otros sistemas artificiales como son los artefactos, desde lo que sería la constitución de tales sistemas. El interés será concentrarnos en aquellos aspectos



de la constitución material de tales sistemas. Para tal fin comenzaremos con lo que afirman Humberto Maturana y Francisco Varela, luego nos referiremos a ciertas consideraciones que Stuart Kauffman hace sobre la evolución de tales sistemas, y finalmente describiremos lo que Alvaro Moreno afirma sobre la comparación entre organismos y ciertos artefactos como los robots.

### **3.1.1. Sistemas vivos y artefactos en Maturana y Varela**

Para comprender la terminología que Maturana y Varela utilizaron en su libro "De máquinas y seres vivos", es necesario anotar que éste se realizó adquiriendo un lenguaje mecanicista, ya que estos autores querían evitar críticas sobre un vitalismo en su propuesta: "our approach will be mechanistic: no forces or principles will be adduced which are not found in the physical universe". (Varela,1979:6). Por esto en ocasiones utilizan el término "máquinas" para referirse a los sistemas vivientes, como máquinas autopoieticas, lo que ha creado polémica pues para muchos es un lenguaje ambiguo.

Claramente la perspectiva con que se comprometen estos autores es emergentista respecto a los sistemas vivientes. En este sentido, máquina autopoietica sería un término usado por conveniencia, para evitar la referencia a un vitalismo, pero la siguiente cita es aclaratoria de tal ambigüedad:

Si los sistemas vivientes son máquinas, entonces son máquinas autopoieticas. Y lo contrario también es cierto, Un sistema físico, si es

autopoiético, es un sistema viviente". (Varela,1979:17; Maturana y Varela, 1974:73).

Estos dos enunciados condicionales muestran la intención de dejar en claro la definición del sistema viviente como sistema físico autopoiético. También encontramos otras citas que explícitamente se refieren a que los sistemas vivientes no podrían ser máquinas, y que marca un punto de vista que se refiere a que ellos consideran que el hombre no puede manufacturar los sistemas vivientes.

If living Systems were machines, they could be made by man and, according to the view mentioned above, it seems unbelievable that man could manufacture a living system (Varela, 1979: 17).

Esta es una forma de enunciar una distinción general entre sistemas vivientes y máquinas. Pero ellos presentan dos distinciones más finas entre estos tipos de sistemas. Para comenzar con una primera distinción, partamos de la definición más simple que estos autores presentan, y que es la siguiente: los sistemas transforman materia en ellos mismos de tal manera que el producto de tales operaciones es su propia organización. En este aspecto, y como ellos mismos lo derivan de sus planteamientos, los sistemas vivientes serían diferentes a los artefactos, ya que en estos últimos el producto de su funcionamiento es algo diferente a ellos mismos. Un ejemplo prototípico de artefacto que estos autores utilizan es el carro, en este sentido el carro no es un sistema dinámico

autopoietico, pues la estructura de tal artefacto no hace parte de la organización operativa del mismo.

For example in a man-made machine in the physical space, say a car, there is an organization given in terms of a concatenation of processes, yet these processes are in no sense processes of production of the components which specify the car as a unity, since the components of a car are all produced by other processes, which are independent of the organization of the car and its operation. Machine of this kind are non-autopoietic dynamic systems. (Varela,1979:14).

Esta distinción apunta al “origen” de la organización del sistema, es decir, sea cual sea el ejemplo en los artefactos, el producto del funcionamiento o de la operación del sistema no es lo que mantiene y da organización constitutiva al artefacto, mientras que en los organismos sí que lo es.

Una segunda diferencia entre sistemas vivos y artefactos, y lo que constituiría un rasgo fundamental en los sistemas vivos, parte de ver el permanente accionar del sistema que está realizando actividades y operando para mantener su integridad estructural, lo cual no está presente en los artefactos. En este sentido si hay perturbaciones en el sistema, y si estas están por encima de un nivel de compensaciones del mismo, se desintegrarán como unidad.

Tales sistemas autopoieticos están organizados de tal manera que cualquier interferencia física con su operación fuera de su dominio de compensaciones resultará en su desintegración (Varela, 1979:16).

En el sistema viviente existe un sistema de mecanismos de regulación y compensación, pero también existen límites, por ejemplo, si nos referimos a algo simple como la presión osmótica que puede soportar una célula.

En contraste, en los sistemas vivientes un daño puede llegar a afectar a todo el sistema causando su desintegración física, mientras que en los artefactos esta no es la consecuencia necesariamente. En muchos casos un artefacto puede sufrir daños que afectan el funcionamiento y relaciones de partes, pero su estructura física puede permanecer sin desintegrarse, tal como sería el caso de un reloj.

Podríamos resumir estas dos diferencias o rasgos distintivos de los sistemas vivientes en contraste con los artefactos de la siguiente manera: 1) que en los sistemas vivientes la estructura es resultado de su operar, mientras que en un artefacto no. 2) Que en los sistemas vivientes toda perturbación por encima del nivel de compensaciones lleva a la desintegración del sistema.

### **3.1.2. Sistemas vivos y artefactos en Kauffman**

Kauffman establece una diferencia entre organismos y artefactos. Considera a los artefactos como creación (crafting) del *Homo sapiens*, mientras

que los organismos surgirían como consecuencia de un orden natural, que tiene que ver con las reacciones autocatalíticas que los definen como sistemas alejados del equilibrio y termodinámicamente como estructuras disipativas.

Además los organismos y artefactos son diferentes en lo referente a la evolución de las formas en cada tipo de objetos. Estas formas evolucionan de modo complejo a través de escalas de tiempo. En este sentido, la evolución en cada grupo de objetos está condicionada por ciertas constricciones. En los organismos se refiere a los fenómenos de selección natural y demás fenómenos que se mencionaron anteriormente, entre los cuales tendríamos la mutación, la transferencia horizontal, y también la auto reproducción del sistema autónomo. En el caso de los artefactos, y contrario a lo que podría pensarse de éstos como la invención de nuevas formas en una plétora de nuevas posibilidades sólo limitadas por la capacidad de innovación e imaginación, la evolución también sigue hacia ciertas formas específicas.

Kauffman indica que en los artefactos hay ciertas formas que evolucionan hacia ciertos diseños que tienen que ver con las funcionalidades y mejores diseños que se adaptan a ciertas condiciones del entorno en el que se usan los artefactos. En este caso está el ejemplo de la bicicleta, encontrando por ejemplo en la actualidad tres formas dominantes de las bicicletas: la de calle, la de carreras y la de montaña. En este sentido, es que podría hacerse referencia a un contraste de dos tipos de sistemas que en su origen son distintos como se dijo al principio del párrafo.

### **3.1.3. Sistemas vivos y artefactos en Moreno**

Moreno (2009) concibe a los sistemas vivientes como aquellos con capacidad agencial, que surge en sistemas cuya organización es capaz de automantenerse modificando activamente su entorno inmediato, pero en el que su actividad se convierte en algo intrínsecamente relevante para él mismo, pues su existencia depende de los efectos de su propia actividad. Evolutivamente una bacteria ha desarrollado mecanismos de detección y movimiento congruentes con su organización metabólica, de manera que, dentro de cierto rango, es capaz de desencadenar acciones que mantienen la integridad del sistema.

Este autor se refiere a la diferencia entre un sistema viviente y otro tipo de sistemas agenciales, por ejemplo, los robots. Si se supone el caso de una bacteria moviéndose en un medio acuoso, en este medio hay muchas sustancias químicas; algunas de ellas atraviesan la membrana de la bacteria simplemente por factores físicos, por ejemplo, porque su desplazamiento ocurre a favor del gradiente de concentración de las moléculas. Pero en otros muchos casos el transporte ocurre contra gradiente, es decir, los productos son bombeados, y la bacteria pone en marcha una serie de reacciones acopladas que consumen recursos energéticos, mecanismos causados por el sistema. Tales acciones contribuyen al automantenimiento de la organización metabólica de la bacteria. Si ésta, a pesar del coste que le supone, no efectuara el bombeo selectivo de sustancias, no podría continuar funcionando. Por ejemplo, sin expulsar protones, la bacteria entraría en una crisis osmótica y estallaría. En este sentido, todo cuando la bacteria hace es funcional, es decir, contribuye a su mantenimiento como

individuo. En otras palabras, tales mecanismos garantizan su mantenimiento e integridad.

Por otro lado, en el caso de un robot, éste capta información visual de su entorno y procesa dicha información en un ordenador que lleva incorporado, envía señales a sus motores para coordinar su movimiento, puede evitar los obstáculos, busca su objetivo (pongamos una fuente luminosa para recargar su batería mediante paneles solares, cuando el nivel de ésta desciende por debajo de cierto umbral), pero los fallos operacionales en el robot no afectan su estructura. Moreno está de acuerdo con Di Paolo (2003) en que tales fallos operacionales deben ser resueltos por el diseñador para que la parte estructural pueda volver a funcionar; En este sentido, las acciones que generan éstos son sólo funcionales para los que los construyen o utilizan.

Para Moreno, en el caso de los organismos, la actividad del sistema es intrínsecamente relevante para sí mismo; en este sentido, hay una dependencia recíproca entre lo que define el sistema como agente y las acciones que se derivan de su ser, el ser del sistema es indisociable de su hacer. Por estas razones, el concepto de agente es difícilmente separable del de sistema autónomo. (Moreno, 2009: 227). Estas acciones deben ser entendidas como mecanismos adaptativos. Los fines en los organismos, son los que posibilitan la existencia del sistema viviente como tal, el mantenimiento del propio sistema, su integridad como unidad operante.

En contraste, en los sistemas artefactuales como los robots, los fines de sus acciones les son ajenos y el verdadero agente es su diseñador. En este sentido,

no habría una dependencia recíproca entre lo que define la estructura del sistema artefactual y las acciones que se derivan de su accionar.

### **3.2. Rasgos de los sistemas vivientes en contraste con los artefactos**

Es posible concluir varios aspectos importantes respecto a la contrastación de los sistemas vivientes y los artefactos, considerando a los organismos como sistemas autónomos, que se podrían resumir en las siguientes ideas. Lo que es interesante de las ideas de Maturana y Varela es que afirman aspectos fundamentales que diferencian a los sistemas vivientes de otros sistemas como los artefactos. En los artefactos, el producto del funcionamiento o la operación del sistema no es lo que mantiene y da organización constitutiva al artefacto. Por otro lado, la referencia a la desintegración de los sistemas vivos es un aspecto distintivo con los artefactos. En el caso de la comparación que realiza Kauffman entre organismos y artefactos, el origen sería distinto, mientras que en los organismos su origen sería la autoorganización a partir de sus propios componentes, los artefactos precisan de un diseñador para su estructura material. Por otro lado, Moreno anota un aspecto muy importante y es que los sistemas vivientes, en contraste con los artefactos, están actuando en función de mantener la integridad del propio sistema.

A partir de estas tres concepciones de los sistemas vivientes en contraste con los artefactos, podemos proponer ciertos rasgos distintivos de los sistemas vivientes.



1) El primer rasgo sería que en los sistemas vivos, los componentes que se obtienen como producto de su permanente accionar constituyen la propia estructura del sistema. En el caso de los artefactos, el producto de su funcionamiento es algo diferente a ellos mismos.

2) Las acciones del sistema se realizan para la propia constitución y mantenimiento del mismo. En los artefactos las acciones no tienen repercusiones en la constitución material del sistema.

3) En los organismos se presenta una condición que se refiere a que si dejan de accionar se desintegran como consecuencia de esta lógica de operar. En los artefactos, el nivel funcional y el nivel estructural no guardan una relación dependiente que pueda poner en marcha el sistema nuevamente. En relación con el nivel estructural y el operacional, tendríamos que en los organismos el nivel estructural y el nivel operacional no pueden desligarse, de esta manera cuando un organismo deja de realizar acciones, deja de haber un nivel operacional, la consecuencia es la destrucción del nivel estructural.

La estructura, al ser consecuencia de su accionar permanente, deja de serlo cuando tales acciones cesan, esto es algo que los diferencia de los artefactos.

4) En los organismos hay un flujo de energía y materia con el medio ambiente circundante. Están separados del medio y por tanto son unidades independientes, pero hay una interacción permanente en la cual hay que reconocer el papel de los mecanismos adaptativos presentes, como parte de este accionar permanente e

interacción con el medio. En los artefactos no hay este tipo de relación con el medio, ya que la energía del sistema es suministrada por una fuente externa, definida de antemano.

Steven Rose (2001), se refiere a la contrastación de los sistemas vivientes y los artefactos, desde la concepción de redes autocatalíticas, metabólicas, enfatizando la capacidad de los organismos de reorganizarse.

A diferencia de los sistemas vivientes, los artefactos humanos como la tela no pueden compensar la pérdida de un hilo individual. La red celular tiene un grado de flexibilidad que le permite reorganizarse en reacción a una agresión o un daño sufrido. La autoorganización y la auto-reparación son sus propiedades autopoyéticas esenciales. (Rose, 2001: 195).

### **3.3. Sistemas vivientes como aquellos con autonomía constitutiva**

Esta relación dependiente entre estos dos niveles en los organismos permite postular lo que es una autonomía que está relacionada con la constitución misma del sistema, en la que las normas intrínsecas del sistema, son las mismas para la construcción del nivel estructural y del nivel operacional.

Ruiz-Mirazo y Moreno (2004) se refieren a una autonomía básica, que bien podríamos aceptar como aquella que incluye tanto los procesos internos como los procesos de borde, en la interacción organismo-medio ambiente. Sin embargo, la autonomía básica no hace referencia a la diferencia que se pueda encontrar entre distintos tipos de autonomía en los sistemas vivientes con los artefactos.

Respecto a los artefactos, se sostiene a veces que presentan una autonomía adaptativa que se construye de la interacción con el entorno en el que se desenvuelven. Esta definición nos sirve a su vez para establecer una autonomía que se predica sobre un tipo de artefactos como son los robots. Tales afirmaciones se refieren a que pueden realizar acciones autónomas, definida la autonomía como la capacidad de sostener un continuo proceso de interacciones con el entorno como lo define Smithers (1997).

Pudiera incluso pensarse que muchos de los sofisticados robots actuales podrían reparar algunas de sus subunidades dañadas, pero en ningún momento fabricar una subunidad con los mismos constituyentes del sistema material.

Etzeberria y Moreno (2007), realizan una distinción conceptual entre los diferentes tipos de autonomía que es interesante mencionar, para discutir los diferentes tipos de autonomía que se pueden postular respecto a esta diferencia entre organismos y artefactos. Estos autores establecen una distinción entre autonomía constitutiva y autonomía interactiva.

La autonomía constitutiva para estos autores tiene que ver con la ontología misma o lo que constituye al ser autónomo. Que podría ser de dos tipos:

Respecto al origen. Sería la consideración con respecto a cómo se genera o se produce el ser autónomo en primera instancia.

Respecto al desarrollo o ejecución. Estima la posibilidad de un individuo de hacerse, o llegar a ser un ser autónomo (o acceder a un mayor o menor grado de autonomía).

La autonomía interactiva, en contraste con la autonomía constitutiva, es definida como aquella que tiene que ver con los aspectos que se refieren a las interacciones entre seres autónomos o de estos con el entorno y en este caso se refieren a la autonomía interactiva como capacidad y como derecho.

-Como capacidad. Sería la consideración de la capacidad que tiene un agente de actuar de acuerdo con normas internamente establecidas y no dejarse controlar por otros.

Una definición de autonomía constitutiva tendría que involucrar la relación con el entorno, con el medio ambiente, pues los sistemas vivientes son sistemas termodinámicos abiertos, en los que hay flujos de materia y energía con él mismo y no sería similar a la definición de Ruiz-Mirazo y Moreno (2004) de autonomía básica.

Pero desde mi perspectiva "autonomía constitutiva" involucraría la relación a que estamos refiriéndonos de interacción con el medio ambiente pero incluiría otro tipo de autonomía, que denominaríamos como autonomía adaptativa, dado que en esta interacción con el medio ambiente el organismo también posee mecanismos adaptativos como parte de esta capacidad de interactuar con el entorno. El término de autonomía interactiva tal como los autores lo mencionan, se restringe a la interacción de seres humanos, y aquí se quiere hacer referencia a una autonomía que tienen que ver con la interacción de cualquier entidad con el entorno.

Por tanto, los sistemas vivos u organismos tendrían autonomía constitutiva, la cual involucra también una autonomía adaptativa. La diferencia es que mientras esto es así para los organismos, en los artefactos sólo tendríamos autonomía adaptativa, dado que una autonomía constitutiva no está presente en ellos, si pensamos que su estructura no se constituye con el accionar. En el ejemplo del robot tendríamos que decir que éste no tiene una autonomía constitutiva, pues tendríamos que reconocer que la estructura no se constituye permanentemente a medida que el robot realiza tales acciones autónomas. La estructura está dada y la capacidad autónoma tiene que ver solamente con el nivel adaptativo en relación con el medio ambiente.

Me interesa proponer el término de autonomía constitutiva, el cual tiene una connotación diferente a la que estos autores definen. Por un lado, es necesario anotar en principio que desde mi punto de vista, en los sistemas autónomos la autonomía no tiene grados, el organismo es autónomo a partir de que se constituye a sí mismo.

### **3.4. Rasgos de los artefactos que se derivan del contraste con los sistemas vivos**

Al comparar lo realizado por un sistema vivo y por un artefacto, encontramos que en el caso del artefacto toda la energía suministrada se dirige a realizar las diferentes relaciones entre los componentes, y en realizar diferentes funciones, mientras que en los organismos una parte de la energía se utiliza para

la realización de acciones o la operación del sistema y las funciones que se derivan, pero otra parte es usada en la misma estructura del sistema, o la generación de los mismos componentes. En este sentido hay una auto recursividad operativa, pues la generación de estos componentes posibilita la realización de las acciones del sistema.

En el artefacto, el nivel estructural está dado de antemano, hay una constitución que corresponde a la materialización de un diseño, elaborado por un diseñador externo y en este sentido los componentes o partes se ponen a operar, en cuando decida el usuario. De esta manera, el nivel estructural es independiente del nivel operacional y de la realización de acciones del sistema. De hecho, como ya lo mencionamos, se puede mantener un artefacto sin que éste realice acciones, y en este caso, el nivel estructural, permanecerá por un tiempo sin deterioros significativos.

De los casos más complejos de artefactos existentes hasta el momento, como serían los robots, no se podría decir que su estructura sea consecuencia de su accionar, por tanto no tendrían una autonomía constitutiva.

En resumen, y en contraste con los sistemas vivientes, por artefacto se entendería un tipo especial de sistema artificial, que constituye una unidad con independencia operacional, tal sistema constituido así está construido para ciertos fines o propósitos, y su constitución estructural está dada o generada por un agente externo y, por tanto, no es consecuencia del accionar mismo del sistema. Este sistema puede tener ciertas capacidades adaptativas a un entorno determinado que podría denominarse “autonomía adaptativa” y tiene una capacidad de autoconstituirse materialmente.

## ***Los objetos artificiales***

A partir de definir los artefactos en contraste con los sistemas vivientes, se establece también una diferencia entre los artefactos y otros objetos artificiales. Aquí los objetos artificiales, serían aquellos objetos simples que no funcionan como una unidad de acción. Son objetos que tienen una forma dada de antemano de manera intencional y tienen una utilidad. Sus constituyentes serían elementos sintéticos diversos (sustancias, genes o secuencias sintéticas), o elementos naturales, tal como sería el caso de objetos como las sillas, las mesas, etcétera.

Es interesante incluir ciertos objetos sintéticos que imitan los objetos naturales, Negrotti denomina a este tipo de tecnología, “tecnología de lo artificial” como la tecnología de un tipo especial de objetos tecnológicos que él denomina “naturoids” (naturoides) o aquellos que imitan formas naturales. Sería el caso de un corazón artificial, pero en general hace alusión a todos aquellos objetos que puedan ser diseñados, teniendo como ejemplo un objeto de la naturaleza. En este sentido la propuesta de Negrotti es distinta a la de considerar el estatuto de los organismos que contienen estas prótesis, es decir, no responde a la pregunta sobre qué sería esta entidad que recibe el implante prostético, sino que se refiere a estos componentes en los que la tecnología de lo artificial se ha enfocado.

Para Negrotti existen dos condiciones para que un objeto sea artificial. La primera condición necesaria para que un objeto artificial sea considerado como tal, es que debe ser “hecho por el hombre”; pero para que un objeto sea verdaderamente artificial debe haber una segunda condición de suficiencia, esta

es que el objeto debe ser diseñado para reproducir un objeto que exista en la naturaleza:

In our approach to the artificial we shall concentrate on that particular field of activities which place at their center, on the basis of a more general imitation "instinct", the reproduction of something existing in nature. (Negrotti, 2002:3).

Se entiende que esta reproducción no puede ser hasta ahora al menos una imitación perfecta del objeto natural. Negrotti afirma que el proceso de reproducción o imitación se refiere a la construcción del objeto artificial basándose en objetos naturales "ejemplares". Estos ejemplares son objetos que existen en la naturaleza y que sirven como modelos iniciales en el diseño del objeto artificial. El proceso de imitación presenta diferentes niveles, uno es el estructural y otro es el funcional, pudiéndose imitar por ejemplo olores o determinadas sustancias naturales, o en otro caso funciones o movimientos; pero que en cualquier caso requieren de una referencia a un objeto natural. Se ha creado la necesidad de producir artificialmente sustancias, objetos "artificiales" a partir de la llamada "era industrial". Estos objetos representan en principio la ventaja de poder ser producidos a gran escala y en algunos casos involucran el reto de superar características de los productos naturales.

La construcción de objetos artificiales que reemplacen los órganos o estructuras naturales dañadas o deterioradas es otro campo donde se ha desarrollado todo un conocimiento comparativo con lo natural, donde el fin es



lograr que el objeto artificial cumpla la misma función, tenga la forma más similar posible, y sea compatible con el resto del sistema natural en el que se inserta. Ejemplos de esto son los “órganos artificiales” como el corazón artificial o los miembros artificiales, en los cuales es importante el nivel funcional y la imitación, no solo de la estructura y movimiento, sino de la composición de los materiales usados, para lograr así la mejor adaptación con las demás partes del cuerpo en la que la prótesis se ha de acomodar.

### **3.5. Los organismos como sistemas de un orden natural emergente**

La autonomía constitutiva define una esfera ontológica para los sistemas vivientes respecto a los artefactos. Los sistemas vivientes son un orden emergente de lo natural y, en este sentido, constituye una esfera ontológica separada de los sistemas artefactuales. Esto es importante para una representación ontológica de tal tipo de objetos. Pero también es necesario representar la ubicación ontológica de tales sistemas vivientes respecto a otros objetos del mundo natural.

#### ***Lo natural de primer orden***

Los elementos y compuestos más sencillos hasta los más complejos, se identifican por una organización estática, no dinámica, una organización en equilibrio termodinámico. Tenemos entonces el caso de los elementos y compuestos químicos, el agua, el aire, los cristales, las piedras. Este último caso es un ejemplo para explicar esto, se presenta un nivel de organización en equilibrio y estático: la estructura se mantiene y es lo que da forma definitiva al

cristal. Por otro lado, habría que referirse aquí a productos como la miel, el látex de las plantas y todos los productos que tienen una composición química de varios elementos pero que no constituyen unidades vivientes.

Por último, tendríamos que añadir entre los casos más destacados, ciertas moléculas que no son sistemas vivientes, cuya conformación se da de manera espontánea, como lo son las moléculas virales. En muchos casos se dice que el mundo natural cobija tanto a virus como a organismos, y por esa razón se llega a compararlos como de una misma naturaleza. Sin embargo, como hemos argumentado, los organismos serían sistemas autónomos. Los virus, son elementos naturales, pero de primer orden, es decir, están conformados a nivel molecular como estructuras estáticas hasta que infectan una célula. Estrictamente son partículas con capacidad infectiva, que no activan sus procesos de autorreplicación a menos de que estén dentro de una célula y, por tanto, su autorreplicación, no está dada por la estructura previa que poseen sino que esto se da gracias al accionar permanente de la célula hospedante. Por tanto, los virus no son sistemas vivientes, no son organismos y hacen parte de un orden natural primario o lo que denomino lo natural de primer orden.

En este sentido, y como se mencionó en la introducción, desde la perspectiva de este trabajo no todo lo natural es considerado vivo.

### **3.6. Una representación de los organismos y artefactos dentro de una esfera ontológica**

Bajo esta perspectiva tendríamos la siguiente representación, en la que estarían estas dos esferas separadas de los artefactos y los sistemas vivientes:

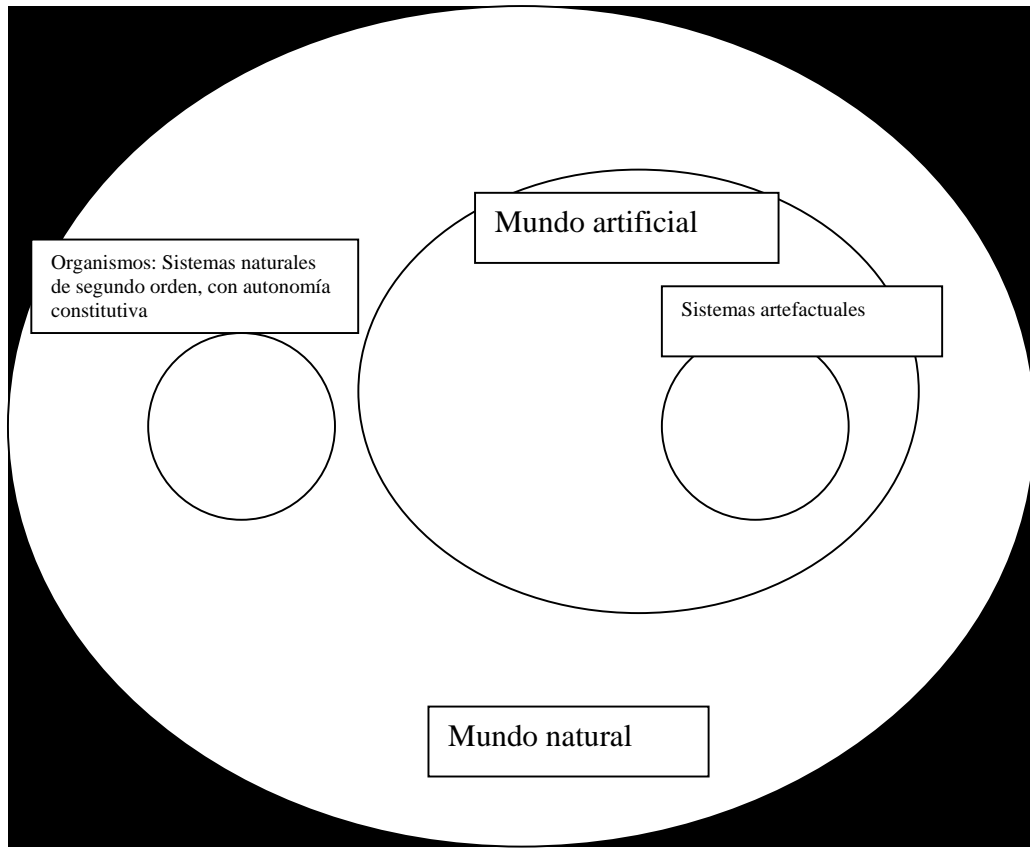


Figura 1. Representación de los organismos y artefactos como dos esferas independientes.

Esta representación ubica a los organismos como una esfera independiente y separada de los artefactos. Se muestra a los sistemas vivos como sistemas con autonomía constitutiva, en un nivel emergente de lo natural de primer orden.

De manera que lo natural y lo artefactual, definidos así, serían dos dominios ontológicos separados y a su vez estarían dentro de un universo natural de primer orden. Los artefactos estarían dentro de las cosas artificiales, como un tipo de objetos especiales, objetos con unidad de acción.

### **3.7. Organismos modificados**

Este capítulo estuvo dedicado a establecer las diferencias entre organismos y artefactos, desde la premisa ontológica de que los organismos son sistemas con autonomía constitutiva.

Ahora bien, dado que los organismos modificados no son artefactos, son sistemas vivientes con autonomía constitutiva, faltaría definirlos y dar respuesta a la siguiente pregunta ¿qué significa lo artificial dentro de la dinámica autónoma, es decir, cómo entender la intervención intencional que se hace sobre ellos? Y en otro aspecto, ¿tales acciones intencionales eliminan esta dinámica autónoma?

Desde mi perspectiva, la concepción de los organismos modificados requiere definir este componente artificial, que involucra no sólo los insertos de genes sino también las acciones intencionales.

### **Conclusiones**

Este capítulo constituye un capítulo crucial para la propuesta que se va a hacer en el capítulo siguiente. La forma de construir este capítulo fue a partir de tomar ideas de los tres grupos de autores analizados y realizar un contraste que mostró las diferencias entre dos tipos de sistemas, los sistemas vivientes y los artefactos. Si en el segundo capítulo se hizo referencia a la autonomía de los sistemas vivientes, en este capítulo se profundizó en este concepto con el fin de analizar un argumento utilizado por los investigadores en robótica, y en general en referencia

a las máquinas complejas, donde se argumenta que estos artefactos pueden llegar a tener autonomía, se piensa por ejemplo que pueden adaptarse a diversos ambientes y desarrollar capacidades electivas. Respecto a estos asuntos, en este capítulo se hizo la contrastación teniendo como objetivo diferenciar los tipos de autonomía a los que se puede hacer referencia, y se sostuvo que los sistemas vivientes tienen una autonomía constitutiva que no está presente en los artefactos, al menos aquellos que se componen de una materialidad física. Sobre los artefactos se sostuvo que estos pueden presentar una autonomía que denominé adaptativa, para diferenciarla de esta autonomía constitutiva. La autonomía constitutiva tiene que ver con aquella capacidad de constituirse como sistema y, lo más importante, de la aparición de una condición que se refiere a que tal constitución material se posibilita sólo a partir del continuo operar del sistema. Asimismo se identificaron diferencias que fueran criterios para demarcar dos esferas separadas: los sistemas vivientes y los artefactos; de manera que se rechazó desde este punto de vista que en algún momento los organismos puedan ser artefactos.

A partir de esta conclusión, los sistemas vivientes constituyen una esfera ontológica diferente a los artefactos dados los rasgos distintivos encontrados, tales rasgos tienen que ver principalmente con que el nivel estructural y operacional son dependientes, en el sentido de que para mantener su estructura el sistema viviente tiene que mantenerse en un permanente accionar, de lo contrario estaría comprometida incluso su propia existencia.

Desde tal contrastación los artefactos presentarían un rasgo distintivo respecto a los organismos y es el hecho de que en los artefactos el nivel

estructural está dado de antemano por el diseñador, que sería, como se afirmó en el primer capítulo, un rasgo que se añadiría a la definición mínima presentada sobre los artefactos. En este sentido, este rasgo del nivel estructural representa un criterio que mantiene la distinción entre los sistemas vivientes y artefactos.

Los organismos serían el resultado de una capacidad autoconstitutiva que integra los componentes en un proceso o accionar que le da sentido al sistema como tal, en tanto, unidad que funcione y se automantenga.

## **CAPITULO IV**

### **LA POSTULACIÓN DE LA CATEGORIA HIBRIDA, NATURAL-ARTIFICIAL, PARA LOS ORGANISMOS MODIFICADOS**

En el capítulo anterior se ofrecieron argumentos para establecer diferencias entre organismos y artefactos, con el fin de situarlos en esferas ontológicas separadas. En este capítulo la intención es proponer una categoría ontológica para los organismos modificados, definir donde estarían ubicados dentro del sistema ontológico que se ha propuesto hasta el momento. Nos ocupa ahora la pregunta sobre qué serían estos organismos modificados si no son artefactos. En sí, se trata de comprender lo artificial en tales sistemas y saber si las acciones intencionales y los insertos como genes y otras moléculas, afectan la dinámica autónoma y qué papel juegan en esta constitución.

En este capítulo sostendré que “lo artificial” en los organismos modificados estaría definido por cierto conjunto de acciones intencionales y además por los materiales como genes u otras moléculas que se insertan al sistema. Respecto a esto afirmaré que tales acciones intencionales y materiales insertados transforman al organismo en una entidad distinta, perteneciente a una categoría híbrida natural-artificial. El organismo modificado estaría constituido por componentes naturales y artificiales. Por un lado, entre los rasgos naturales estaría la capacidad autoconstitutiva, por otro lado, en cuanto a lo artificial tendríamos un conjunto de acciones intencionales entendidas como lo que ha denominado “estandarización”, además de los materiales o insertos incorporados en el organismo modificado.

En primer lugar en este capítulo, se expone la propuesta de la categoría híbrida para los organismos modificados; en segundo lugar se hace una propuesta esquemática de las categorías, que muestra cómo están ubicados los organismos

modificados respecto a las demás esferas ontológicas y representaciones de lo natural y lo artificial.

#### **4.1. La comprensión de lo artificial en los organismos modificados**

Una de las primeras justificaciones para el desarrollo de la propuesta que representa el presente trabajo es la intuición de que habría una manera alterna de comprender lo que significa el componente artificial en los organismos modificados.

En este sentido, Arantza Etxeberria y Marila Lazaro (2008) se preguntan sobre cómo entender lo natural y lo artificial en el caso de los organismos modificados. Afirman que los organismos son artificialmente modificados, pero no artificialmente fabricados.

An artificial organismo is not artificial in the same degree in which an inanimate material is (for example, plastic). In fact, science has not been able so far to produce a living system starting from material inanimate components. Artificial organisms are only partly artificial: artificially modified, but not artificially fabricated. (Etxeberria y Lazaro, 2008:112).

Estas autoras sostienen que los organismos modificados pueden considerarse autónomos en su origen, porque no es el origen lo que fue producido



en el laboratorio. Los organismos retienen su autonomía como seres vivos. Ningún organismo debe su vida a la intervención en el laboratorio, ya que sólo ha sido modificado dentro de los límites de su viabilidad.

En este sentido, ellas critican la pretendida capacidad ilimitada de crear formas en el laboratorio. Sostienen que sólo se pueden explorar posibilidades desde unos límites de variabilidad que estarían definidos por constricciones originadas a partir de las leyes naturales de formas posibles, a partir de cruces realizados; por tanto, se trataría de formas naturales.

Hay límites frente a la pretensión de crear innumerables posibilidades de formas vivas, estos límites serían los límites de lo posible, dadas por las reglas morfogenéticas que hacen muy difícil introducir nuevas variantes. Incluso desde un análisis de la teratología, afirman las autoras, no todas las formas concebibles pueden ser generadas. Estas reglas del desarrollo orgánico “construyen” las posibilidades de evolución. Estas autoras citan el ejemplo de los monstruos de dos cabezas, que son comunes entre los vertebrados, mientras que los de tres cabezas son extremadamente raros.

Frente a lo que afirman Etxeberria y Lázaro habría que decir en primer lugar que la autonomía, entendida como autoorganización, no tiene por qué relacionarse con la necesidad de cierta interacción correcta frente a la inserción de genes. Por otro lado, frente a las formas posibles, habría que decir que tales formas posibles traspasan ahora mismo los límites de la naturaleza, en el sentido de que se puede insertar un gen de una especie en otra muy distante filogenéticamente.

Aunque no todos los individuos pueden aceptar tales insertos, en aquellos en los que la inserción es satisfactoria, el organismo continúa con su dinámica y

actividades, aun teniendo ese gen distante; es decir, el organismo mantiene su autonomía. Este es precisamente el riesgo que se advierte ante la liberación de los transgénicos. Por tanto, contrario a lo que ellas sostienen, el riesgo es precisamente que tales límites se traspasan, aunque no cualquier forma puede darse, hay algunos individuos que logran desarrollarse y expresar el gen insertado. De manera que las posibilidades aunque no son infinitas, si son numerosas y aunque existen algunos constreñimientos del desarrollo, esto solo aplicaría si estamos realizando un cruce entre dos especies por métodos clásicos de mejoramiento genético, mas no aplica en el caso de los organismos transgénicos.

Estos organismos no pueden ser creados a partir de cero en el laboratorio y retienen su autonomía como seres vivos. A partir de estas consideraciones estas autoras sostienen que la distinción natural/artificial se torna borrosa en el caso de los organismos modificados, pero queda sin explicar completamente cuál sería la naturaleza de estos organismos artificialmente modificados.

Hasta el momento se ha sostenido que estos organismos no serían artefactos, pues aunque son intervenidos intencionalmente por el hombre, esto no los convierte necesariamente en artefactos por los problemas que puede presentar esta propuesta. Entonces se trataría de entender qué es lo artificial en tales organismos; es decir cómo entender la acción intencional en estos casos.

La intencionalidad es un tema de gran complejidad, en este caso de estudio el punto de discusión tiene que ver con la pregunta de qué tipo de acciones intencionales considerar relevantes para postular que la intervención cuenta como parte de la constitución híbrida del organismo. En primer lugar habría que decir

que las acciones intencionales que se están tomando en cuenta son las del ser humano, pues como lo afirma Broncano (2000), tales acciones están caracterizadas por ser parte de una racionalidad compleja de segundo orden; es decir, a partir de las cuales se pueden crear artefactos, produciendo herramientas que sirven para la construcción de otros artefactos.

Una manera de referirnos a los componentes artificiales en un organismo modificado, sin entenderlos necesariamente como artefactos, es que las acciones intencionales formen parte del estatuto híbrido del organismo; reconocer una serie de acciones intencionales que se repiten rutinariamente, acciones estabilizadas en el tiempo, incorporadas en los organismos, reunidas bajo el concepto de “estandarización”. El concepto de estandarización, ha sido discutido por distintos autores desde diferentes perspectivas.

#### **4.1.1. La estandarización en los organismos modificados**

La idea general de la estandarización es la de un conjunto de actividades llevadas a cabo en una comunidad científica que pretenden normalizar y homogenizar las técnicas, los procedimientos y los organismos utilizados en la experimentación. Por tanto, la estandarización no puede ser vista exclusivamente como un procedimiento relativo a una serie de metodologías en el trabajo experimental, sino en la conformación física del organismo experimental, es decir a la estandarización del organismo.

Desde esta perspectiva considero relevantes los planteamientos de tres autores: Joan Fujimura (1996), Sabina Leonelli (2007) y nuevamente Robert Kohler (1994).

En el discurso de Kohler lo “estándar” se refiere a diferentes actividades en la experimentación. En relación al organismo, la estandarización incluye varios aspectos de diferentes actividades científicas. En primer lugar, implica un rediseño del organismo como un proceso normalizado y controlado que termina por la reconfiguración del mismo y la conformación de una entidad que es diseñada con un propósito previamente establecido. Un segundo aspecto de la estandarización está ligada al hecho mismo de que, como consecuencia de tal rediseño, el producto, que en este caso sería el organismo estándar, se convierte en un objeto que puede ser producido en serie, a la manera como se producen los artefactos en los procesos industriales. Un tercer aspecto se derivaría de este segundo, y se referiría a que tal producto puede ser comercializado o intercambiado en una comunidad científica, como el producto estándar que cumple con ciertos criterios establecidos en el consenso de una comunidad científica.

Para Kohler, el sentido de estandarización se trataría más que una selección de características, de una “reconfiguración” del organismo a nivel genético. La prueba de tal reconfiguración es el tipo de expresiones en el fenotipo de los organismos, por ejemplo cuando se describe a los mutantes que dan lugar a formas anómalas en la mosca *Drosophila*.

Kohler destaca tres formas de estandarización que se refieren al control de la variabilidad en la población. Los individuos tienen mecanismos de variación, tales variaciones derivan en muchos casos en características diferentes respecto a los caracteres deseables que se quiere contengan una población de organismos modificados. Esto representa un riesgo para la homogeneidad deseada. Estas tres formas serían: la medioambiental, la genética y la literaria. La forma o estrategia medioambiental haría referencia a las condiciones controladas en que se mantienen los organismos. La genética haría referencia a eliminar aquellos mutantes que no sirven para los propósitos de la construcción del mapa genético de *Drosophila*. La literaria se referiría la narrativa elegida para reunir los datos recolectados en la investigación.

Joan Fujimura (1996) añade un aspecto muy importante de la estandarización y es la consecuencia de que tales organismos se conviertan en productos patentados que pasan a ser propiedad de las casas comerciales. Fujimura establece que la estandarización tiene importancia en cuanto estabiliza las formas materiales, es decir, las colonias de organismos, en este caso de animales como el ratón de laboratorio con características similares: “these inbred animals were considered to have “the same” genetic, or homogeneous, constitutions because they were created through crossbreeding”. (Fujimura, 1996: 29).

Para este autor la estandarización es un proceso complejo en el que se estandarizan al mismo tiempo las herramientas (tools), que serían los organismos mismos, así como los tipos de proyectos que los científicos quieren desarrollar, como un proceso de co-construcción, en el cual se encuentran herramientas

correctas para los trabajos que desarrollan los científicos. El caso del *Oncomouse*<sup>™</sup> es tal vez uno de los más impactantes en este proceso de estandarización de un organismo. Este ratón patentado y producido en serie contiene genes provenientes de humanos que se insertan con éxito en su material genético para que expresen fenotípicamente procesos relacionados con el cáncer. Es pues ampliamente conocida la leyenda con la que la empresa Du Pont presenta su producto y que Fujimura transcribe:

The oncomouse<sup>™</sup> is a transgenic animal is the first *in vivo* model to contain an activated oncogene. Each OncoMouse carries the *ras* oncogene in all germ and somatic cells. This transgenic model, available commercially for the first time, predictably undergoes carcinogenesis. OncoMouse reliably develops neoplasms within months (.....) and offers you a shorter path to new answers about cancer. (Fujimura, 1996:7).

Esto implica la comercialización de los mismos ratones como productos estabilizados que pueden ser adquiridos en los laboratorios y en los cuales se garantiza que poseen las características especificadas, como si se tratara de un producto tecnológico convencional. De acuerdo con estas perspectivas, la estandarización es una actividad que involucra una relación entre las metodologías y el organismo, por tanto afectan la constitución del organismo desarrollado.

Sabina Leonelli (2007) entiende la estandarización como un proceso de selección de caracteres de los organismos, tomando como caso el de los organismos modelo. Tal proceso comienza con un sistema de clasificación estandarizada por la comunidad científica. Para el caso de la planta modelo *Arabidopsis* tal clasificación denominada PATO (phenotype attribute and trait ontology) incluye los conceptos que describen las características morfológicas de las plantas existentes de *Arabidopsis*. Estos conceptos elegidos por consenso en la comunidad científica son los que normalizan la investigación con la planta alrededor del mundo:

Concepts in PATO (Phenotype Attribute and Trait Ontology) are mainly “attributes” describing morphological features of the organism in question or “components” of the organism, “traits” constitute the values and/or properties characterizing these attributes”. ( Leonelli, 2007:151).

Los rasgos (traits) son, desde la perspectiva de Leonelli, seleccionados por los investigadores en un proceso de abstracción. La abstracción es entendida como la capacidad para fijar o concentrar la atención en algunos aspectos morfológicos de las plantas que serán utilizados en las evaluaciones que con ellas se hagan. La relación de los organismos estandarizados con la actividad tecnológica es vista como aquella en la que la tecnología posibilita la selección y manipulación de caracteres.

En contraste con lo propuesto por Kohler sobre la estandarización, para Leonelli, lo que los investigadores hacen es seleccionar solamente ciertas

características básicas de los tipos silvestres de los organismos. Por ejemplo, seleccionar en el modelo deseado las hojas lisas o pubescentes. Para Leonelli lo que los investigadores hacen se restringe a seleccionar y reunir en un solo material ciertas características, no a reconfigurar genéticamente.

La concepción de estandarización que utilizaremos a partir de esta discusión es la de tal concepto definido como una serie de acciones que conducen a homogenizar y estabilizar metodologías, procedimientos, y a los mismos organismos a partir de ciertas acciones para obtener ciertas formas de los organismos deseadas por los investigadores, dichas formas también pueden involucrar la inserción de moléculas, como genes.

Ahora bien, en concreto esto se referiría a cierto tipo de acciones que podrían ser apropiadas en la presente propuesta como las acciones de homogenización de la población de organismos, por un lado, y por el otro, lo que sería la inserción de genes y otro tipo de moléculas.

### ***Homogenización de la población***

La estandarización de organismos se refiere en concreto a las modificaciones en los recursos del sistema, que buscan modificar el comportamiento y los hábitos de los organismos. Éstos tienen que ver con la homogenización de las dietas alimentarias, al introducir materia y energía al sistema de manera controlada. Tales cambios en los individuos tienen efectos a



nivel poblacional. La utilización de dietas en las que la composición y proporción de los componentes es conocida e igual para todos los individuos, incluso todos los componentes pueden ser sintéticos.

### ***La incorporación de genes y otras moléculas***

Lo artificial se referiría también a los componentes moleculares que quedan insertados en los organismos, nos referimos principalmente a los genes. Aunque las técnicas de selección artificial, hibridación artificial y las técnicas moleculares de la ingeniería genética, son distintas, un objetivo común es que con todas éstas se pretende alterar la configuración genética del organismo. En las técnicas moleculares se da una incorporación más dirigida de los genes deseados, aunque también habría un rango de probabilidades de que el inserto quede incorporado en las células y se exprese fenotípicamente, por ejemplo, si el proceso se hace con el uso de la pistola génica, la incorporación a través de la membrana, o la utilización de plásmidos para incorporar genes o fragmentos de genomas. En este caso tenemos los organismos transgénicos, ya sean para consumo o producción de metabolitos en farmacéutica, y a los organismos modelo.

Pero también podríamos mencionar que otro tipo de procedimientos rutinarios como la incorporación de hormonas producen modificaciones en los niveles de tales sustancias en el organismo. Como ejemplos tendríamos las hormonas relacionadas con la inducción de germinación, crecimiento, floración o reproducción. La incorporación de hormonas que inician procesos reproductivos,

la cópula entre individuos, tipo feromonas, o de hormonas que estimulan la floración en las plantas.

#### **4.1.2. La definición de lo artificial**

Hemos reunido diversos tipos de acciones intencionales y modificaciones que se realizan sobre los organismos que se hacen como estandarización de técnicas y organismos.

En todos estos casos, de selección artificial, hibridación artificial, y la inserción de genes por métodos moleculares, tenemos que se está estandarizando el sistema; una pregunta que habíamos planteado se refería a si estas intervenciones intencionales eliminarían la autonomía constitutiva del sistema.

Por ejemplo, en el caso de terneras Patagonia, la inserción de genes relacionados con la producción de insulina afecta el nivel molecular; en este caso el gen incorporado reconfigura el genoma, pero también se reconfiguran lo estructural, en cuanto a los órganos involucrados como el páncreas, y por tanto las funciones relacionadas con este órgano y de producción de la insulina. Las modificaciones efectivamente incorporadas a los organismos por medio de técnicas moleculares, causan modificaciones no sólo a la estructura molecular. De esta manera, se da una modificación del tipo de moléculas dentro del sistema, modificando el nivel estructural, pero también el nivel organizacional. Estamos refiriéndonos a modificaciones de moléculas, alteraciones en la actividad funcional, en la cantidad de los productos o metabolitos, u otro tipo de productos.

Sin embargo, las modificaciones que logran incorporarse en el sistema no eliminan la capacidad autónoma constitutiva del sistema, el cual sigue auto produciéndose. Estaríamos refiriéndonos a que no eliminan la dinámica autónoma.

Una conclusión importante en esta discusión sobre la estandarización sería que por mucho que se modifique el sistema, éste no deja de caracterizarse por ser una unidad con autonomía constitutiva; es decir, encontramos que estas acciones son parte constitutiva del organismo modificado y que además no eliminan la autonomía del sistema. Faltaría solamente por aclarar lo que ocurre con otro tipo de estrategia utilizada en los sistemas experimentales. Esta estrategia se refiere a reducir la variación de la población por la vía de eliminar individuos. En todo tipo de sistemas productivos de animales o vegetales, la eliminación de individuos es una práctica rutinaria y fundamental para lograr un organismo modificado estable. Se trata pues del sacrificio de animales o de plantas, lo cual asegura que los individuos que quedan son los que presentan los caracteres deseados y que expresan de manera estable los caracteres en las diferentes condiciones medio ambientales en las que son evaluados, obviamente esto implica una acción excepcional con la cual se elimina la autonomía, al eliminar el individuo, y está sería la única excepción en nuestra definición.

De manera que “lo artificial” quedaría definido, por ese conjunto de acciones intencionales relacionadas, por un lado, con las acciones de estandarización como la homogenización de la población y, por el otro, con los genes que se insertan en los organismos. Serían acciones externas que no eliminan la autonomía de los organismos.

## **4.2. Las diferentes formas de representar las categorías de lo natural y lo artificial**

Al definir “lo artificial” como la estandarización y la autonomía constitutiva, nos queda por definir la categoría híbrida que se quiere proponer, pero no sin antes resumir las diferentes propuestas que se han presentado sobre la forma de relacionar lo natural y lo artificial.

Para entender cómo estaría definida esta categoría híbrida natural-artificial que se propone en relación con otras propuestas a las que se ha estado haciendo referencia en este trabajo, será necesario resumirlas. Tenemos pues tres propuestas de entender lo natural y lo artificial:

**1) Forma dicotómica de las categorías de lo natural y lo artificial.** Lo artificial como una esfera diferente a lo natural, en principio esta organización ontológica corresponde a una dicotomía generada en la antigüedad.

**2) Múltiples categorías de un *continuum* de objetos como un universo artificial.** Lo artificial como un universo ontológico dentro del cual hay un *continuum* de objetos intencionalmente intervenidos.

**3) Forma no dicotómica. Categoría de lo artificial como parte de lo natural.** Lo artificial como parte de lo natural, en la que lo artificial está demarcado por un criterio de racionalidad compleja instrumental.

***La antigua dicotomía de los objetos naturales y artificiales***

Quizá la antigua definición de artefacto que referimos en el primer capítulo sea una primera forma en la que se representa el mundo de lo natural y lo artificial. En esta definición el artefacto era el producto de las acciones intencionales del hombre, lo cual establecía una esfera ontológica independiente del mundo natural. En este sentido describíamos en especial el sistema ontológico propuesto por Aristóteles, en el cual lo natural y lo artificial eran dos dominios separados. Como lo mencionamos, los artefactos tenían una forma accidental dada por un agente. Esto se puede representar de una manera diagramática como lo vemos en esta figura.

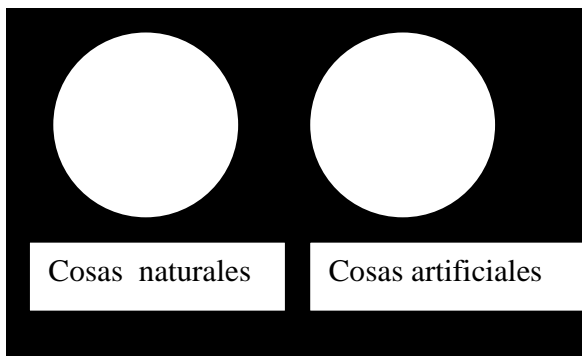


Figura 2. Categorías de lo natural y lo artificial como esferas ontológicas separadas.

Esta es una forma de dividir el mundo en dos esferas independientes, en la que la acción intencional se ubica solamente en la esfera de los objetos artificiales. Por tanto, en esta conformación de lo existente, los objetos naturales son sólo objeto de observación por parte del hombre; aunque como lo mencionamos, no se contemplaba el problema de los organismos modificados en las discusiones de la antigüedad, aunque sí se podría hablar desde entonces de una efectiva intervención sobre estos en el caso de los animales domésticos.

La explicación que Aristóteles ofrece sobre las cosas naturales y artificiales es una muy particular y que no se utiliza en sentido estricto por ninguno de los autores analizados. Pero es importante anotar que la fórmula dicotómica, es decir, lo natural y lo artificial como dos esferas separadas, ha sido retomada por otros autores contemporáneos para utilizarla como base de clasificación de organismos modificados. Por ejemplo, Cuevas ubica a los bioartefectos dentro de la categoría de artefactos, como una esfera separada de los objetos naturales. Kohler también utiliza esta fórmula para representar a los organismos modificados como los “living instruments” dentro del grupo de los artefactos, separados y distintos ontológicamente de los organismos naturales.

### ***El mundo como un continuum de categorías de lo artificial***

Una segunda forma de entender lo natural y lo artificial, es la concepción de un mundo en el que hay un *continuum* de objetos, desde aquellos con ninguna o poca intervención, hasta un extremo donde hay un diseño total. Este mundo sería uno en el que los organismos modificados son objetos intermedios entre esos dos extremos. Se diría que hay un *continuum*, pues habría organismos en los cuales esta intervención es reducida, como en el caso de los organismos domésticos, y luego vendrían diferentes ubicaciones en esta línea de la *continuum*, como el caso de los cruces de especies de organismos, y luego los organismos modificados genéticamente. En este sentido podríamos afirmar que las propuestas de Fehér

(2000) y Sperber (2007), cabrían dentro de esta concepción del mundo como *continuum de lo artificial*.

Fehér (2000), quien sitúa las tres categorías de lo artificial, ubica a los organismos modificados en una categoría intermedia, en la que el criterio para decidir por qué por ejemplo un animal cruzado como el ceburro sería más o menos artificial que una vaca lechera, resulta de la combinación del procedimiento artificial, entendido como acción intencional que modifica y, por el producto final resultante, o producto artificial. Al tener como criterio la acción intencional, cualquier objeto, no importando su naturaleza, formaría parte de una categoría mixta o intermedia de objetos artificiales.

Por otro lado, Sperber sostiene la idea de un *continuum* de propósitos de uso de los diferentes organismos, y un *continuum* de diseños de objetos, lo cual lo lleva a postular en este *continuum* de objetos, unos que serán los “cultural artifacts” y otros que serán los “biological cultural artifacts”.

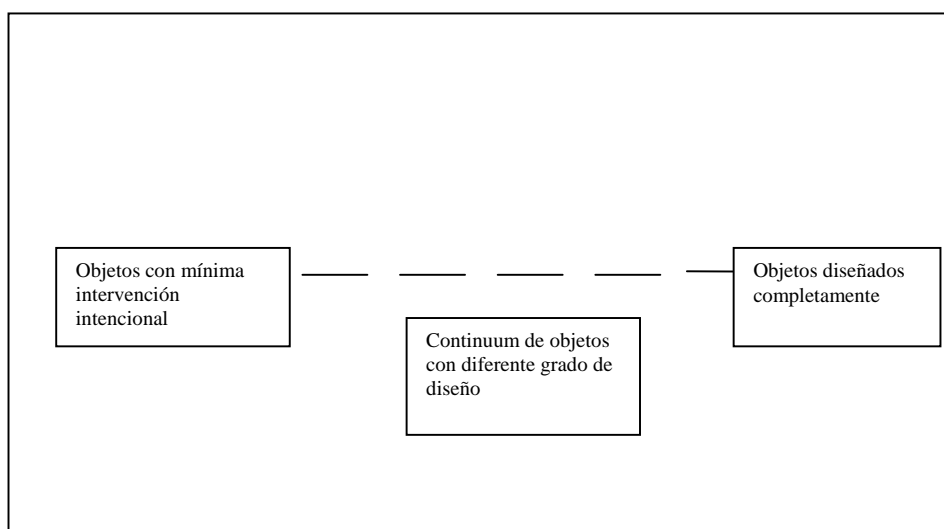


Figura 3. *Continuum* de objetos existentes de acuerdo al grado de intervención.

### ***Lo artificial como una parte característica del mundo natural***

Habría una tercera forma de comprender esta relación de lo natural y lo artificial, que establece una ontología naturalizada del mundo y en la que lo artificial es una parte de lo natural. Fernando Broncano (2000) construye una propuesta de este tipo y aunque dicha propuesta no contempla explícitamente el caso de los organismos modificados, se ocupa de definir lo que es la tecnología, los artefactos y los mundos artificiales creados por el hombre. Propone representar el mundo a partir de una visión no dicotómica, que es interesante tener en cuenta.

Broncano parte de discutir el interesante caso de ciertos animales que construyen artefactos o herramientas, por tanto se podría afirmar que tanto animales como hombre poseen técnicas. La intencionalidad plantea un problema ya que objetos simples, como las herramientas pueden ser construidas por animales, por ejemplo, los chimpancés; como agentes que hacen el objeto.

Basado en la propuesta del antropólogo Steven Mithen, sobre un criterio de demarcación de las técnicas y artefactos producidos por los animales y los producidos por el hombre, Broncano afirma que la diferencia radica en que las técnicas y los artefactos producidos por el hombre serían composicionales de segundo orden. El cambio cualitativo entre animales y hombre ocurre cuando se produce la composicionalidad de segundo orden en el diseño de instrumentos,



afirma el autor. Lo que Broncano sostiene es que lo que hace posible estas técnicas y artefactos composicionales de segundo orden es una capacidad racional instrumental compleja del hombre, un tipo de acción intencional estratégica. (Broncano, 2000:115).

En este sentido, Broncano establece un criterio que demarcaría la acción intencional humana y el diseño de artefactos complejos, este criterio sería una racionalidad de segundo orden, que significa la capacidad racional de construir herramientas sencillas y a partir de éstas construir otras más complejas.

A partir de estos conceptos, él describe una representación del mundo en el que lo artificial es parte del mundo natural y en este sentido no hay una división, ni representación dicotómica de lo natural y lo artificial. A partir de esta propuesta ontológica se derivaría que los organismos modificados constituirían un tipo de artefactos producidos por el hombre. La representación sería como nuestro a continuación.

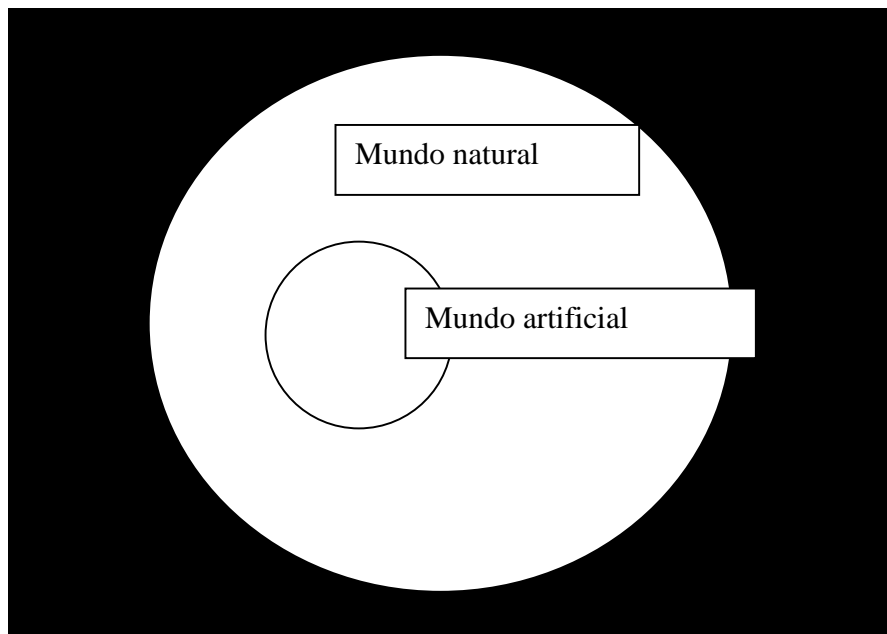


Figura 4. Lo artificial como una esfera ubicada dentro del mundo natural.

Las diversas propuestas ontológicas de lo natural y lo artificial que se han expuesto se pueden resumir de la siguiente manera: aquellas que tienen en cuenta una dicotomía, aquellas que consideran un *continuum* y aquellas que surgen de una representación no dicotómica del mundo. Tendríamos pues para la evaluación una cuarta propuesta como una categoría híbrida natural-artificial.

#### **4.3. La categoría híbrida natural-artificial para los organismos modificados**

Una cuarta forma sería la que se sostiene en este trabajo y que se describe a continuación de manera gráfica, en la que se propone una categoría híbrida natural-artificial. Podríamos definir a los organismos modificados como objetos naturales-artificiales, entre sus rasgos naturales estaría la capacidad de

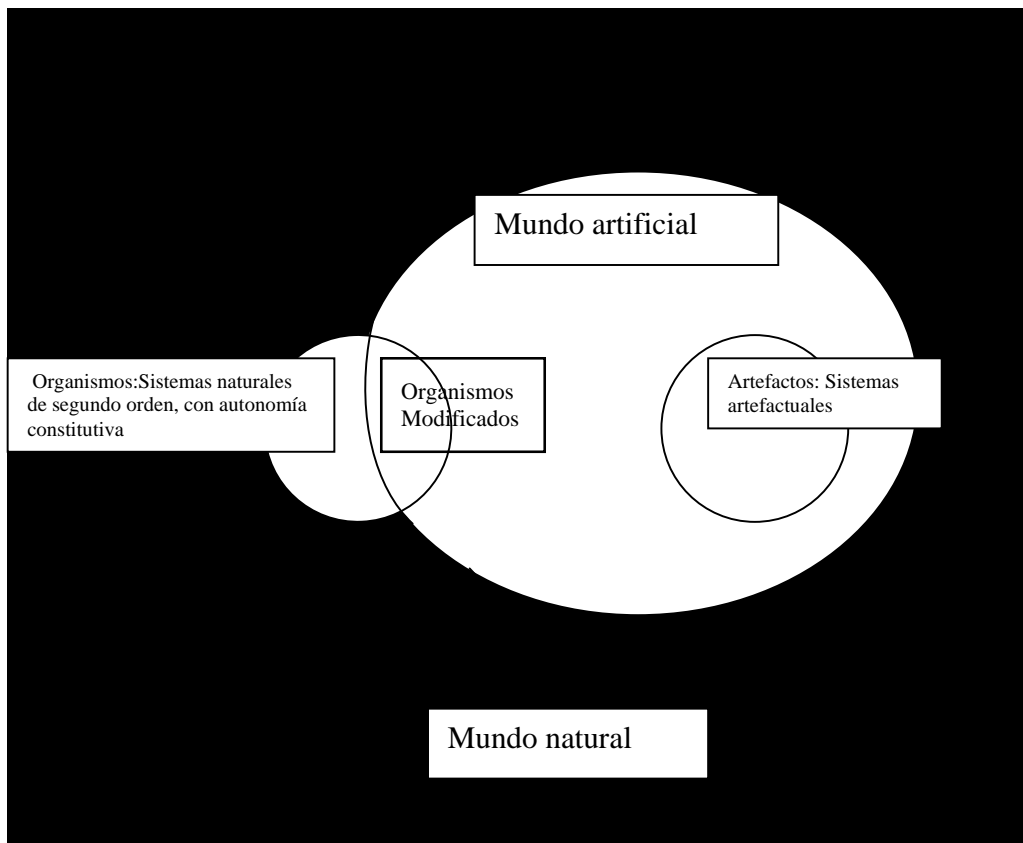
autonomía constitutiva, y lo artificial sería ese conjunto de acciones intencionales e insertos. Desde esta perspectiva, en este estatuto híbrido natural-artificial los organismos serían definidos como unidades naturales con autonomía constitutiva, y unidades artificiales estandarizadas.

Tal categoría híbrida, constituye una categoría nueva, no intermedia entre el mundo artefactual y natural, y ubicada entre la esfera de los sistemas vivientes y el mundo artificial. Para comprender la presente propuesta son fundamentales tres distinciones que se propusieron en los capítulos anteriores:

1) La distinción entre dos niveles o fenómenos de lo natural, lo natural de primer orden, y lo natural emergente. Es en este nivel de lo natural emergente que encontramos entre otros sistemas emergentes, los sistemas vivientes.

2) La distinción de los organismos o sistemas vivientes de los artefactos, dos esferas ontológicas separadas, dado que los criterios que se definieron son criterios demarcadores que se describieron en el capítulo anterior, y que se refieren a la dependencia entre el nivel estructural y el nivel operacional en los organismos o sistemas vivientes a diferencia de los artefactos y la posibilidad de desintegración de los sistemas vivientes ante la inacción.

3) Los artefactos como un tipo de objetos artificiales. De esta manera no todo lo artificial es un artefacto. Esto supone una distinción entre lo artificial y lo artefactual, de modo que los artefactos constituyen objetos que funcionan como una unidad operante.



**Figura 5. La categoría híbrida de los organismos modificados y su ubicación dentro del sistema ontológico propuesto.**

#### **4.4. Categorías propuestas en el sistema ontológico**

La definición de esta categoría híbrida se ubica dentro de un sistema ontológico conformado por cinco categorías de objetos existentes, entre los cuales está precisamente esta categoría híbrida.

### **1) Objetos naturales de primer orden.**

Tales objetos serían los encontrados en un mundo natural, correspondiente a los elementos los elementos y compuestos químicos en sus diferentes formas, aquí estarían además: el agua, el suelo, el aire y las piedras. También aquí tendríamos que añadir ciertas moléculas que no son sistemas vivientes, cuya conformación se da de manera espontánea como lo son las moléculas virales. Por otro lado, habría que referirse aquí a productos como la miel, el látex de las plantas y todos los productos que tienen una composición química de varios elementos, pero que no constituyen unidades vivientes.

### **2) Los sistemas vivientes, lo natural emergente.**

Los sistemas vivientes como un fenómeno emergente, serían explicados a partir de una descripción que involucra muchos aspectos que describen a los seres vivos, como su crecimiento, reproducción, evolución, adaptación, pero entre estos destacaríamos los que se han discutido aquí como sistemas con autonomía constitutiva, además de su descripción como sistemas fuera del equilibrio, termodinámicamente abiertos y concebidos como como redes autocatalíticas.

### **3) Objetos artificiales.**

Los objetos artificiales serían todos aquellos objetos simples; es decir, que no funcionan como una unidad de acción, como sería el caso de una máquina. Son objetos de los que mínimamente podríamos afirmar que tienen una forma dada de manera intencional por el hombre y tienen una función o utilidad. Sus constituyentes serían elementos sintéticos diversos (sustancias, genes o

secuencias sintéticas), o elementos naturales, como sería el caso de objetos como las sillas, mesas y otro tipo de objetos cotidianos.

#### **4) Artefactos.**

Los artefactos serían un tipo de objetos dentro de la categoría de los objetos artificiales. En una definición mínima del artefacto, y desde la perspectiva del presente trabajo, se añadirían los siguientes rasgos distintivos que surgen de la contrastación con los sistemas vivientes. Una diferencia principal sería que éstos son objetos con unidad de acción. Un artefacto tiene un diseño dado de antemano y es construido para ciertos fines o propósitos; por tanto, tal estructura no es consecuencia del accionar mismo del sistema y no tendrían una capacidad de autoconstituirse materialmente. Algunos artefactos como sistemas pueden tener ciertas capacidades adaptativas a un entorno determinado, como sería el caso de algunos robots, lo que podrían denominarse “autonomía adaptativa” pero éstos no tendrían “autonomía constitutiva”.

#### **5) Organismos modificados.**

Desde la perspectiva del presente trabajo los organismos modificados serían objetos de naturaleza híbrida, naturales-artificiales. Entre los rasgos naturales estaría la capacidad de autonomía constitutiva, y lo artificial sería ese conjunto de acciones intencionales y genes incorporados al sistema.

Se incluirían aquí: los animales domésticos; las plantas domésticas; los híbridos biológicos; los organismos bajo sistemas de producción para consumo; los organismos transgénicos; los organismos experimentales (organismos modelo y otros organismos experimentales); los organismos con insertos prostéticos (como podría ser el caso de seres humanos a los que se les ha insertado prótesis); entre los ejemplos más destacados.

Habría una diferenciación posible dentro de los casos presentados respecto al tipo de técnicas utilizadas para lograr cada caso particular. Se puede hacer referencia a una tipología de acuerdo a diferentes procedimientos técnicos, diferentes componentes insertados, desde genes, hormonas, hasta estructuras del mismo organismo o bien estructuras sintéticas. Pero esta tipología, no tendría cambiaría lo que se ha dicho hasta el momento respecto a la autonomía, porque en todos los casos no se elimina la autonomía constitutiva.

## **Conclusiones**

Uno de los objetivos de este trabajo de investigación consistió en entender cómo la intervención intencional sobre los organismos, de manera diferente a aquella

que la entendía como la necesaria transformación de los organismos en artefactos.

En este sentido, la vía de análisis en este capítulo fue la de analizar en qué consisten tales acciones intencionales que se realizan con el objetivo de modificar al organismo. Una de las primeras conclusiones tiene que ver con la propuesta de una explicación de varios tipos de acciones que repercuten en la constitución de un organismo modificado, que se denominarían en conjunto, acciones de estandarización. La estandarización sería entendida como la estabilización de técnicas y de los mismos organismos a ciertas formas deseadas por los investigadores. Los tipos de acciones mencionadas fueron: la homogenización de las condiciones ambientales y físicas, la inserción de genes y otras moléculas. La pretensión es ofrecer una explicación rica y adecuada de todas las acciones que se llevan a cabo en la producción de tales organismos, de manera que se pueda explicitar la complejidad de acciones que se llevan a cabo y que no se quedan en el análisis de un caso concreto de organismos modificados; desde esta perspectiva esta explicación no se reduce a mencionar los insertos genéticos o las acciones de domesticación como la manera de entender la modificación de los organismos. Todos éste tipo de acciones constituyen una propuesta sobre lo que se debe considerar como el conjunto de lo artificial en los organismos modificados.

La principal conclusión de este capítulo se refiere a la propuesta de la categoría híbrida natural-artificial, como una cuarta forma de entender lo natural y lo artificial, siendo las otras tres formas las siguientes: 1) la forma dicotómica antigua. 2) El mundo como *continuum* de lo artificial. 3) lo artificial como parte de lo natural, se construyó una cuarta propuesta.



En esta categoría, estarían los organismos modificados, cuya constitución sería híbrida natural-artificial. Entre los rasgos naturales estaría la capacidad de autonomía constitutiva, y lo artificial sería ese conjunto de acciones intencionales ejercidas por el hombre en la transformación del organismo, las acciones de estandarización que modifican funciones y comportamientos en los organismos y por medio de las cuales también se pueden insertar genes.

Tal definición de los organismos modificados es una respuesta alternativa a las que hasta el momento se habían ofrecido sobre el estatuto de los organismos modificados, las cuales defendían un estatuto artefactual para los mismos. Esta respuesta es novedosa pues involucra considerar en los organismos una dinámica autónoma que no se elimina y los distingue de los artefactos.

## **CAPITULO V**

## **CONSECUENCIAS DERIVADAS DE LA POSTULACION DE LA CATEGORÍA HÍBRIDA PARA LOS ORGANISMOS MODIFICADOS**

Al postular la categoría híbrida (natural-artificial) para los organismos modificados, la intención de este trabajo es la de analizar las consecuencias de esta propuesta en tres diferentes terrenos de discusión.

1) los organismos modificados en el proceso de su producción experimental y la forma de entender los objetivos de la ciencia y la tecnología en dicho proceso. 2) los organismos modificados y la propiedad de tales organismos, respecto a las patentes y el sacrificio de animales para consumo y espectáculo. 3) Los organismos modificados y la dificultad de una correspondencia entre los organismos modificados en el laboratorio y los organismos que están fuera del laboratorio, a los que se dirigen las inferencias.

En todos estos terrenos de discusión, se argumenta a favor de un estatuto artefactual para los organismos modificados. La mayoría de las veces, tal postulación del organismo como artefacto es fundamental para poder adelantar acciones relacionadas con el uso y propiedad de tales organismos.

### **5.1. Los organismos modificados y la tecnociencia**

Al crear nuevos objetos tecnológicos, la tecnología es considerada una actividad transformadora del mundo. Una de las formas de entender la tecnología es como

una esfera separada de la ciencia, y que tiene como objetivo principal crear objetos nuevos y transformar la realidad al introducir estos objetos al mundo. Pero la tecnología y la ciencia pueden verse como una relación bajo el concepto de “tecnociencia”. Bruno Latour acuñó el término para referirse al desarrollo científico y tecnológico como dominios convergen en un solo tipo de actividad en la que se produce un complejo entrelazamiento; la “tecnociencia” constituye una red que involucra los aspectos científicos, tecnológicos, sociales y naturales. Por ejemplo, la relación estrecha que se da entre el ser humano y la herramienta.

Otra definición sobre tecnociencia es la que ha propuesto Echeverría (2003) como el tipo de usos del conocimiento en los que además de la actividad científica se encuentran involucrados otros objetivos como militares, empresariales, económicos, políticos, que influyen en la planeación y ejecución de tales proyectos. Echeverría se refiere a la tecnociencia como una revolución, en la que se da un proceso de cambio en la estructura del hacer práctico de la actividad científica que da por resultado un modo particular en el que se hace la ciencia y la tecnología; es decir, la actividad tecnocientífica. Ésta tendría al menos dos rasgos importantes, uno se refiere a que la ciencia o el propio conocimiento científico pasa a ser un instrumento, un medio para el logro de otros objetivos. Otro se refiere a que la ciencia no es una actividad epistémica que pueda situarse en el individuo, sino en colectivos y equipos de investigación conformados por diferentes laboratorios o investigadores, ubicados incluso en diferentes lugares geográficos distantes y la información tiene un flujo diferente al que tenía en otras épocas. No se trata de que ya no existan tales dominios por separado; este es solo un modo particular en el que tales intereses y objetivos se involucran desde el

inicio de las investigaciones. Los ejemplos de desarrollos tecnocientíficos van desde el proyecto Manhattan, proyecto tecnocientífico en el que el componente militar estuvo presente pues se trataba de investigaciones con el uranio; pero también, estarían los grandes proyectos de informática como Microsoft, o el proyecto genoma humano. De manera que la actividad tecnocientífica se ha extendido desde campos como la física, hasta campos de la biología como la biotecnología e incluso la ingeniería genética. En estos campos de la biotecnología, la tecnociencia se evidencia como la disponibilidad de grandes equipos, no solo humanos sino informáticos, que son necesarios para el avance de las investigaciones; de ahí el surgimiento de las grandes bases de datos genéticos.

El enfoque de Echeverría se centra en las prácticas como tal, y la forma como se hace esta nueva forma de ciencia, tecnociencia. En este sentido, uno de los objetivos de Echeverría es caracterizar tal práctica, a partir del contraste con la forma en que se hacía ciencia, hasta principios del siglo XX. Este contraste le permite sostener lo que define como el giro tecnocientífico o las revoluciones tecnocientíficas, que a diferencia de las revoluciones científicas en Kuhn, que se referían a las teorías, en este caso del giro tecnocientífico nos referimos a las prácticas. La tecnociencia es una práctica en la que están involucradas áreas diferentes como la militar, la empresarial.

### **5.1.1. La artificialización del mundo actual**

Jorge Linares (2008) analiza el concepto de tecnociencia, y concuerda con la concepción propuesta por Echeverría, pero hace varias anotaciones importantes. En primer lugar, cita al filósofo Gilbert Hottois como uno de los primeros autores que comenzaron a utilizar el concepto de “tecnociencia”, que utilizó el término a finales de los años setentas, para señalar las dimensiones operatorias –técnica y matemática- de las ciencias contemporáneas, en oposición a la idea de una ciencia meramente teórica y discursiva.

En segundo lugar, hace una distinción importante entre lo que puede designar el término de tecnociencia, desde el énfasis pragmático y epistémico. Desde lo pragmático se refiere al complejo material de empresas y proyectos que buscan obtener resultados utilitarios, empresariales o estratégico-militar. Desde lo epistémico, se referiría al discurso o construcción social en un lenguaje de poder que determina el rumbo del desarrollo tecnológico y el sentido de las decisiones políticas con respecto a la investigación científica misma. Este segundo significado de “tecnociencia” que Linares evidencia es quizá tan importante como el primero, aunque menos discutido. Si bien una cosa es la nueva práctica tecnocientífica que surge, como lo afirmaría Echeverría, para Linares debe ser igualmente relevante la manera cómo se van definiendo las agendas de aprobación de proyectos científicos desde los poderes gubernamentales, que en última instancia, llegan muchas veces a definir el panorama productivo de un país.

En tercer lugar, difiere con Echeverría en casos como el proyecto de construcción del telescopio espacial Hubble, que dicho autor considera como un ejemplo de desarrollo tecnocientífico. Linares enfatiza que el principal objetivo de la astronomía instrumentalizada con alta tecnología sigue siendo más teórica que

pragmática. En su opinión, el rasgo que debe cumplir una actividad, para ser considerada como tecnociencia, es tener como principal finalidad la producción de innovaciones artefactuales para introducirlas al mercado mundial, es decir, una finalidad pragmática, generalmente de tipo industrial y comercial.

Linares lleva su reflexión sobre la tecnociencia en una dirección diferente a la de Echeverría. Se enfoca o concentra en las implicaciones del desarrollo tecnológico y tecnocientífico, en la conformación de lo que es un *mundo tecnológico*, tecnosfera rodeada por la biosfera, entorno artificial que ha resultado de la expansión del poder tecnológico. Advierte de manera acertada en el impulso de desarrollo que palpita en el *imperativo tecnológico*: incrementar la eficacia y la eficiencia, conseguir el mayor poder de control y de transformación del mundo, avanzar hacia la instrumentalización de todas las cosas, incluido el ser humano mismo. En tal caracterización de la tecnosfera están los objetos técnicos, los cuales constituyen, desde esta perspectiva un grupo creciente, pues todo se va artificializando.

Para este autor, en la categoría de objetos técnicos, o lo que es lo mismo, artefactos, se encuentran diversos objetos como lo afirma en su cita a pie de página:

Por *objeto técnico* entiendo un *artefacto* o producto artificial. Los objetos técnicos son muy diversos: herramientas, utensilios, instrumentos, vehículos, y máquinas (simples, complejas y automáticas); aparatos y estructuras, edificaciones, ropa, accesorios, juguetes, etcétera; también son artefactos *semiartificiales* los

organismos modificados genéticamente, los posibles *cyborgs* u organismos biónicos, así como los embriones que se usan para investigación. Asimismo, son objetos técnicos (no materiales) los sistemas sociales conectados con los artefactos. Incluso algunos objetos naturales son artefactuales: por ejemplo, los jardines y parques que “adornan” las ciudades, en los que habitan especies vegetales que no coexisten en un hábitat natural. Los productos de las acciones tecnológicas también son *artefactuales*, pues resultan de sucesos o fenómenos *artificiales* (aunque estén implicados en fenómenos naturales), o bien pueden constituir nuevos artefactos concretos o modificaciones de las relaciones en un sistema dado (la sociedad entera, el ambiente, el sistema de salud, el sistema económico-financiero, laboral, político, científico, etcétera). (Linares, 2008:392).

Desde esta propuesta, los organismos modificados genéticamente hacen parte de tal categoría de los artefactos. En el fondo tal propuesta advierte sobre el grado de artificialidad que se ha dado en este mundo actual que es una “tecnosfera” y que enfrenta el importante problema mundial que plantea la crisis ecológica global. Precediendo a esta postura y reflexión sobre la artificialización, Linares presenta a los “anunciadores del riesgo mayor”, en lo que él denomina las meditaciones de Martin Heidegger, el catastrofismo de Jacques Ellul y la ética de la responsabilidad de Hans Jonas. Anunciadores en tanto presentan los riesgos de la tecnología. Para Linares la crisis más significativa que ha causado el despliegue ilimitado del poder tecnológico (y su conjunción con el desarrollo

económico capitalista) se localiza en el ámbito medioambiental. Por ejemplo, los desastres ecológicos imputables directamente al empleo de tecnologías inapropiadas y riesgosas, cuyos casos se encuentran en la industria nuclear, la petrolera y la química.

En este sentido, la propuesta principal de Jorge Linares es ofrecer un marco ético de cuatro principios o mínimos éticos, que serían responsabilidad, precaución, autonomía y justicia, que están basados en los que se han formulado como base de la bioética por autores como Tristram Engelhardt, y Tom Beauchamp y James Childress. La postulación de tales principios pretende ser un marco que sirva para ir tratando los problemas que en la actualidad enfrenta el hombre en este mundo tecnificado.

En la misma dirección de advertencia sobre la artificialización del mundo encontramos a Jorge Riechmann, quien en su libro *Un Mundo Vulnerable* (2000), discute alrededor de la distinción natural-artificial respecto a los diferentes sentidos filosóficos que Fernando Savater distingue del concepto de “naturaleza”, los cuales son:

- 1) Naturaleza como conjunto de todas las cosas existentes, sometidas a regularidades que estudian las ciencias “de la naturaleza”.
- 2) Naturaleza como conjunto de las cosas que existen o suelen existir sin intervención humana, con espontaneidad no deliberada.
- 3) Naturaleza como origen y causa de todo lo existente, su explicación última y su razón de ser.



Riechmann, critica la postura materialista que adopta Savater frente al tercer sentido de naturaleza, naturaleza como origen y causa de todo lo existente. Savater adopta esta postura porque considera que tal sentido del término convierte a la misma naturaleza en una prolongación de la divinidad, y argumenta a favor de un materialismo, en el que el azar de los choques de los átomos son los que llegaron a conformar las combinaciones que dieron origen a todas las cosas conocidas.

Riechmann critica este materialismo que defiende Savater y propone un cuarto sentido de naturaleza como *biosfera*. Naturaleza como sistema organizado de ecosistemas. Así se propone superar el materialismo, y la reducción de la vida a átomos. Riechmann sostiene que en el término biósfera se congregan tanto los ecosistemas más intensamente humanizados, como aquellos relativamente libres de la impronta humana. (Riechmann,2000:101). Pero dentro de esta definición que propone la biosfera se incluye también la tecnosfera y se hace referencia a los dos mundos que Barry Commoner señala: una biosfera, y dentro de este mundo, una tecnosfera. De manera que para Riechmann habría un conjunto de sistemas artificiales (en el segundo sentido de naturaleza), insertos dentro de los sistemas naturales (en el segundo sentido de naturaleza) de la biosfera (en el cuarto sentido de naturaleza).

Lo que estaría ocurriendo desde su perspectiva es una artificialización de la naturaleza, aunque la tecnosfera ha existido desde que el hombre ha intervenido el mundo, es decir, como *homo faber*. Desde esta perspectiva se refiere a varias consecuencias de tal artificialización del mundo. Entre otras, que los organismos transgénicos no son tan naturales como aquellos que no han sufrido manipulación

genética. Para este caso particular de organismos modificados, Riechmann hace referencia a lo que sería la “tecnociencia sintética”, como tercera fase de la técnica. Mientras que en la técnica de la segunda fase podrían describirse las categorías de la “transformación”, en esta tercera fase se está en la tecnociencia de la “creación”. (Riechmann,2000: 104).

En los enfoques y perspectivas, tanto de Linares como de Riechmann, la mirada está puesta sobre los ecosistemas y sobre el medio ambiente, por tanto, se utilizan los términos de tecnosfera y biosfera. Son propuestas que convergen en el sentido de advertir sobre los riesgos de la creciente artificialización del mundo natural. Se hace referencia a los riesgos derivados de su intervención y su peligro, pero en cada caso desde tratamientos muy diferentes del tema o problema en cuestión.

Frente a estas visiones sobre la artificialización del mundo, en la que los organismos modificados genéticamente también son parte de tal proceso de artificialización, y son artefactos, la pretensión de este trabajo de investigación doctoral y lo que puede ser considerado como una aportación frente a propuestas anteriores, es que presenta una propuesta alterna del estatuto de tales organismos. En esta constitución del nuevo objeto, perteneciente a una categoría híbrida natural-artificial, se toman en cuenta las acciones intencionales que el hombre realiza a través de la estandarización e inserción de moléculas, pero a su vez se considera que la capacidad autoconstitutiva del organismo no se puede eliminar por ninguna vía de modificación. Tal propuesta ontológica tiene por tanto, consecuencias en esta discusión sobre la artificialización del mundo.

Esta propuesta involucra un sistema de categorías ontológicas fundamentales para comprender el estatuto problemático de tales organismos. En este sentido, este sistema ontológico intenta evitar las ambigüedades que se dan al proponer la discusión con base en diferentes acepciones de lo que es “natural” como se observa en las definiciones que presenta Savater y que Riechmann analiza.

Una segunda discusión en este contexto de lo experimental y la tecnociencia, es precisamente proponer una forma distinta de ver el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de los organismos modificados.

### **5.1.2. La propuesta de la tecnociencia en el proceso de producción de los organismos modificados**

Existe una forma generalizada de entender la tecnología y la ciencia desde sus productos y objetivos. La tecnología se entiende como la actividad de transformación de la materialidad, como diseño de objetos. Por otro lado, la ciencia se entiende como la actividad encargada de la explicación o modelación de los fenómenos. Para lograr el objetivo inicial de la producción de las teorías, la ciencia se vale de la representación de los fenómenos, en muchas ocasiones a través de la construcción de modelos teóricos. Por otro lado, para lograr su objetivo principal de fabricación de objetos artefactuales, la tecnología se basa en acciones intencionales, en la planificación y la construcción de diseño de objetos.

En un nivel interno o constitutivo de la ciencia y la tecnología como actividades de conocimiento han habido varias formas de entender su estrecha

relación. Una concepción característica de la relación ciencia-tecnología muestra a la ciencia como la actividad primaria o básica y la tecnología como actividad aplicada. De esta manera, la tecnología es una actividad posterior en la que se construyen instrumentos o máquinas a partir de la aplicación de las teorías científicas establecidas.

Es decir, primero se desarrollaría una teoría a partir de un sistema de representaciones de los fenómenos utilizando diseños experimentales o modelos experimentales, y luego se plantearía una aplicación práctica de un principio dado por la teoría. Este tipo de relación puede mantenerse en la mayoría de los desarrollos tecnológicos, en los cuales el objetivo es construir artefactos novedosos, a partir de la innovación que supone tal proceso tecnológico.

Otra manera de concebir dicha relación es la de ver a la tecnología como actividad anterior e incluso independiente de un aparato teórico desarrollado. Este caso lo expone Ian Hacking (1983) a partir del ejemplo del desarrollo de la máquina de vapor. Para él, algunos desarrollos tecnológicos tienen su propio ritmo práctico y la teoría deriva luego de manera indirecta. La tecnología es vista como invención desde esta perspectiva, pues requiere solamente intuiciones sobre cómo funcionan las máquinas y los instrumentos, a partir de la observación de los fenómenos naturales.

En estos dos casos, la relación ciencia y tecnología coloca a los productos de la ciencia, que son las teorías, como claramente diferenciables de los productos de la tecnología, que son los artefactos. De esto se deriva que se conciben dos dominios de acción distintos: la ciencia como un dominio de lo

natural, donde se toma como objeto de estudio lo natural, y la tecnología como un dominio de lo artificial donde se localizan los objetos no naturales. Como consecuencia de esa concepción tradicional dicotómica ciencia/tecnología, se delimita claramente el ámbito de lo tecnológico como campo de diseño y transformación de objetos inorgánicos, y al ámbito de la ciencia como la constitución de explicaciones de los fenómenos. En el caso particular de los organismos modificados considero que no podríamos afirmar, sin que haya lugar a una ambigüedad, que se trata de productos tecnológicos o que se trata de productos científicos. Por tanto, al menos para nuestro caso de estudio, la distinción tajante ciencia/tecnología parece no ser adecuada.

Suponemos que cualquier relación entre ciencia y tecnología debiera establecer claramente las diferencias entre tales productos y dominios; de lo contrario, el problema estaría en una elección equivocada sobre los criterios que definen lo que es un artefacto o lo que es un organismo natural.

En el caso de los organismos modificados, sería difícil sostener que el desarrollo de tales organismos se dé exclusivamente en el dominio de la ciencia o en el dominio de la tecnología. En este sentido, la dicotomía entre ciencia y tecnología no da cuenta de lo que es su desarrollo experimental.

En el caso problemático del proceso de producción de los organismos modificados como objetos experimentales tendríamos que la tecnología no presentaría las siguientes relaciones con la ciencia; ni como actividad totalmente independiente de la ciencia, por ejemplo anterior a la ciencia a partir de observaciones intuitivas, ni como una actividad posterior a la producción de

conocimiento científico (conocimiento básico-conocimiento aplicado). En este caso, la ciencia y la tecnología se presentan en una relación estrecha y simultánea, como una forma fusionada, que podría denominarse “tecnociencia” en el nivel de la producción experimental de estos objetos.

Es posible sostener, por tanto, una concepción de tecnociencia, pero en un sentido diferente al que sostiene Echeverría, quien se refiere a una nueva forma de la práctica científica que explica la conformación de la investigación y el involucramiento de diferentes sectores, por ejemplo, el sector militar, el sector empresarial, las universidades y los diversos laboratorios científicos.

Esta concepción de tecnociencia en relación con el proceso de producción experimental de los organismos modificados comenzaría con recordar que tal como se ha definido a estos organismos modificados, pertenecientes a una categoría híbrida natural-artificial, la ciencia y tecnología estarían presentes en tal constitución, representando una relación híbrida, de producción de conocimiento y de transformación de la materia en una entidad transformada. En este caso la acción tecnológica se ejecutaría a la par de las acciones propias de la ciencia. Por lo tanto, actividades tales como: por un lado, las intervenciones humanas (acciones tecnológicas) que se refieren a la estandarización, y por el otro, los modelos teóricos sobre los fenómenos biológicos que se estarían construyendo a partir de datos experimentales previos, serían parte de la constitución misma del organismo modificado.

Finalmente, llegamos a que una manera de describir lo que ocurre en el proceso de producción de un organismo modificado sería aquella en la que no es posible realizar intervenciones tecnológicas en ellos sin el conocimiento científico

que se va adquiriendo sobre el organismo mismo, mientras que, por otro lado, sin esas intervenciones no sería posible avanzar en la constitución de las formas estándar para la constitución del organismo modificado.

Con esto no se está negando que siga existiendo un dominio de lo tecnológico diferente al dominio de la ciencia; existen tales dominios y se producen objetos en cada campo. Lo que quiero afirmar es que para el caso de los organismos modificados, ciencia y tecnología conforman un dominio distinto; la tecnociencia en la producción experimental de objetos materiales.

## **5.2. La categoría natural-artificial para los organismos modificados y las discusiones sobre su uso y propiedad**

He reunido aquí dos temas diferentes, pero que contienen un eje común de discusión, la producción de organismos modificados que son patentados por empresas multinacionales y los organismos para fines de espectáculo o consumo. En tales ámbitos de discusión hay una postura que se refiere a que la producción por parte del hombre de tales organismos los convierte en artefactos.

### **5.2.1. Las patentes sobre organismos modificados**

El caso de las patentes otorgadas a casas multinacionales sobre ciertos organismos modificados es una discusión que desarrolla el debate sobre si

pueden constituirse como propiedad los llamados bienes de la humanidad, como serían los recursos naturales.

El otorgamiento de patentes a seres vivos se ha facilitado dados los argumentos presentados desde la primera patente en trámite en 1971 por la General Electric, y que en 1980 se le otorgara. Dichos argumentos presentados ante el Tribunal Supremo de los Estados Unidos, según el investigador que estuvo a cargo de la modificación, Anad Chakrabarty, se referían a que se tenía entre manos una “manufactura” o “composición de materia”, ya que había obtenido la bacteria por hibridación con plásmidos, como resultado del ingenio humano y la investigación. Desde entonces se han concedido muchas patentes a organismos.

Detrás de estos argumentos a favor de un estatuto artefactual está una visión reduccionista de los organismos, que los considera como reducibles a átomos, moléculas y a material genético. El interés por obtener patentes de seres vivos, es el interés comercial que tienen las multinacionales por dominar el mercado de lo vivo.

Paula Sibilía (2005) se refiere a diferentes campos en los cuales se adelantan proyectos de transformación de organismos, teniendo como adalid esta idea de los organismos como información. Sibilía revisa un primer campo de debate en torno al álgido asunto de las patentes. Analiza, desde una perspectiva social las consecuencias de una visión dominante de lo vivo como mera información, que supone la modificación de organismos entendidos como ADN, y que ella denomina la evolución postbiológica. El ADN se equipara con la información que básicamente define a los seres vivos, y todo ahora puede ser información que se modifica, se manipula y se comercializa. En relación con las



patentes, Sibilia se refiere a los intereses económicos que mueven las oficinas de patentes en el mundo y, según ella, a la transformación del ser vivo como mercancía, sobre todo cuando afirma que las biopolíticas y otros dispositivos del biopoder han abandonado el ámbito estatal y las instituciones públicas, y se han desplazado hacia los laboratorios tecnocientíficos nutridos por capitales privados y animados por el espíritu empresarial.

En relación con todos estos proyectos está la idea del biopoder, idea que Sibilia traslada el discurso de Foucault en torno a las sociedades y la política, y lo resignifica en este contexto de lo que es la modificación genética de los organismos. Foucault sistematizó con el nombre de “biopoder” un tipo de poder que apunta directamente a la vida y es fundamental para el desarrollo del capitalismo. Esa administración de las fuerzas vitales de los ciudadanos encontró apoyo en los conocimientos científicos que proyectaron su accionar sobre la materia biológica de los seres humanos en un incesante impulso regulador y correctivo. La idea de biopoder se da a través de la tecnociencia, como una fusión entre ciencia, política y empresa, para organizar la vida de las personas, utilizando como pretexto el garantizarla, pero con las pretensiones finales de regularla, controlarla y convertirla en recursos útiles para los intereses del capitalismo. Según Sibilia, esta dinámica contemporánea del biopoder estaría presente en las técnicas de sujeción que se originan entre otros campos como la biotecnología. El objetivo consiste en producir sujetos “consumidores” en el capitalismo postindustrial, así como un mercado de cuerpos y de información.

Esta reflexión que Sibilia emprende es pertinente en el contexto de nuestra discusión porque evidencia las consecuencias sociales de la visión de los

organismos modificados como mercancías, a partir de considerarlos artefactos. La investigación que se ha desarrollado a lo largo de este trabajo, aunque no se desarrolla desde una aproximación social, toma en cuenta tales discusiones y problemáticas en el contexto social, que se derivan de una postulación de los organismos como artefactos, y para postular un estatuto alternativo, diferente al de artefacto para los organismos modificados, con el fin de aportar una visión distinta de estos en este terreno de discusión.

En esta constitución del nuevo objeto, natural-artificial se toman en cuenta las acciones intencionales que el hombre realiza a través de la estandarización e inserción de moléculas, pero a su vez considera que la capacidad autoconstitutiva del organismo no se puede eliminar por ninguna vía de modificación. Esta doble constitución pone en evidencia que el organismo modificado no es sólo el fruto de las acciones intencionales en la nueva configuración estructural, sino de la misma capacidad autoconstitutiva, ya que el organismo requiere de un continuo accionar para su mantenimiento e integridad.

Por otro lado, un problema diferente es el que por su parte, Camilo Cela Conde (1999) enfatiza respecto a la tendencia a solicitar patentes de fragmentos de ADN, los EST (Expressed sequence tags), dadas las mayores restricciones para patentar organismos completos. Se hace referencia a que la mayor base de datos de ESTs y productos genéticos con fines industriales: el consorcio entre las compañías SmithKline Beecham, Human Genome Sciences y el Institute for Genome Research (TIGR) de Craig Venter. El otorgamiento de tales patentes de fragmentos y su utilización en nuevos campos de la biología sintética para la supuesta síntesis de organismos ex novo, es el principal riesgo de tales patentes,

ya que, por un lado, el material patentado e introducido en la base de datos es de libre acceso, pero si hubiere algún resultado comercial de la investigación con tales fragmentos, esto ya debería repartirse en ganancias para los miembros del consorcio; por el otro, los desarrollos de Craig Venter, los que mencionamos en el segundo capítulo, nos muestran esta imagen del investigador que no sólo utiliza estos fragmentos para investigación sino que tiene en mira la conformación de sistemas vivientes a partir de componentes sintéticos.

### **5.2.2. La producción de organismos para consumo y la producción de organismos para el espectáculo**

La producción de organismos para consumo humano en sistemas productivos tecnificados origina modificaciones en ellos, es importante discutir las implicaciones de las posturas artefactuales con respecto a lo que se discutió en el primer capítulo. Recordemos la postura de Cuevas (2008) respecto a los organismos como bioartefactos. En este caso uno de los principales argumentos es que los animales dependen de la producción y uso por parte del hombre, siendo los casos más recurrentes los animales domésticos y los animales en sistemas productivos tecnificados, en específico podríamos referirnos a los sistemas vacunos, ovinos, avícolas y porcícolas, como los sistemas productivos más comunes. El caso que analiza, el de las vacas lecheras, es para esta autora uno que ejemplifica lo que son los bioartefactos, en tanto tales modificaciones se hacen por parte del hombre y se mantienen a través de la acción de selección artificial, sin la cual ellos morirían.

En este sentido, es pertinente referir lo que afirma Jesús Mosterín, citado por Riechmann (2000), pues va en la misma dirección de Ana Cuevas. Mosterín afirma que los animales para consumo humano provenientes de sistemas productivos como la ganadería, no habrían existido ni vivido si no fuera por la interferencia artificial del ganadero. Pero Mosterín agrega que en este caso no ve objeción moral alguna a la muerte artificial del animal.

Ante estas posturas y otras que defienden el estatuto de bioartefactos o artefactos para los organismos modificados que hacen parte de sistemas productivos, la propuesta de la categoría híbrida que se presenta en este trabajo, reconoce que tales organismos, así sean producidos bajo selección artificial y mantenidos en sistemas tecnificados, conservan la autonomía constitutiva.

Por otra parte, en cuanto a los espectáculos y sacrificios de animales sin mayores cuestionamientos éticos, para continuar con espectáculos y tradiciones que involucran la cría y sacrificio de ciertos animales, estimamos que tal postulación, en términos generales, otorga a las acciones intencionales humanas todo el peso en la constitución de estos nuevos objetos artefactuales, lo que los constituye en creaciones humanas. Estas creaciones artefactuales se sostienen también a partir de considerar un sistema productivo artificial; por tanto, los organismos se pueden usar y sacrificar, como consecuencia de esta visión.

Una consecuencia importante de todo lo que se ha discutido hasta el momento es que el ser vivo concebido como un sistema con autonomía constitutiva continúa su permanente accionar aun en los casos en los que se han insertado genes de especies distantes; éstos siguen sus historias evolutivas, sin

que la ciencia pueda tener la certidumbre de lo que las modificaciones provocarán en ellos y las poblaciones descendientes.

### **5.3. La categoría híbrida para los organismos modificados y la discusión sobre los organismos modelo**

Los transgénicos serían el ejemplo de organismos modificados que son liberados al ambiente con el consecuente riesgo de lo que tal liberación desate como discusión en los terrenos de la ética. Pero muchos otros organismos modificados son mantenidos en el laboratorio, sin liberarse al ambiente externo, para constituirse como modelos inferenciales, a partir de las investigaciones que se llevan a cabo en ellos. Estos son los denominados “organismos modelo” que presentamos en el primer capítulo.

Solo para dar una idea más clara de lo que aquí representa el problema, describiré la postura de Rom Harré (2003), para quien organismos como la *Drosophila* son versiones domesticadas. Harré está interesado en los experimentos de la física, en la relación de los modelos utilizados y la validez de las inferencias que se hacen a partir de estos modelos. Aunque no es su interés principal, en algún momento menciona los organismos experimentales como un ejemplo de cómo podrían entenderse los aparatos del laboratorio. Para él, existen los “aparatos” y dentro de estos hay un tipo de “aparatos” que son aquellos que funcionan como modelos de los sistemas en el mundo. De esta forma, el aparato es un modelo material de lo que ocurre naturalmente en un sistema material.

Harré sostiene que una colonia de *Drosophila* puede ser considerada un aparato o versión domesticada de un sistema natural como una versión domesticada de un huerto de moscas silvestres con variación natural. La colonia de *Drosophila* en el laboratorio es un biosistema experimental más simple, con patrones de vida más regulares y con mayor manipulabilidad que los enjambres de moscas en un huerto silvestre. El sistema experimental tiene su correspondencia en un estado natural o silvestre, es decir, lo mismo que ocurre en el sistema experimental ocurre en la naturaleza en ausencia de seres humanos y sus construcciones o intervenciones.

Según Harré, la domesticación permite una inferencia fuerte de vuelta a lo silvestre ya que ocurren la misma clase de fenómenos en lo silvestre y en el estado de domesticación. Un aparato de esta clase es una pieza de la naturaleza en el laboratorio (Harré, 2003:27). Por supuesto, la riqueza de la inferencia de regreso al sistema natural dependerá de cómo son sopesadas las relaciones de similaridad y diferencia de los sistemas, de acuerdo a los intereses de los investigadores en las manipulaciones experimentales. Desde este punto de vista, no hay una disparidad ontológica entre el aparato que constituye la versión domesticada y el sistema natural. La elección del “aparato” garantiza la identidad, dado que éste es una versión del fenómeno que ocurre naturalmente y del sistema natural (Harré, 2003: 28).

Esta forma de concebir un organismo experimental permite justificar la conexión entre el uso de organismos modelo y el mundo. Los resultados son válidos apelando a una similaridad de los sistemas, de los organismos naturales y

de los organismos silvestres. Pero como hemos discutido a lo largo de este trabajo, los organismos modelo no son simples modelos domesticados.

Por otro lado, hemos analizado a lo largo de este trabajo algunos de los problemas que enfrentan las posturas que defienden un estatuto artefactual de los organismos modificados. Uno de ellos se refiere a que un estatuto artefactual no se podía postular en un contexto experimental y productivo, pues si el organismo regresa a un estado silvestre tal estatuto se pierde; es decir, su artefactualidad existe mientras haya una relación con el ser humano que lo controla.

Para el caso de los organismos modelo, las propuestas sobre un estatuto artefactual presentan problemas al momento de analizar las consecuencias en este sistema inferencial que son los organismos modelo. Debe conservarse una correspondencia entre el modelo inferencial y el objeto natural al que se dirige la inferencia en términos de carácter natural-natural. Por otro lado, varios autores enfocan sus discusiones al carácter artefactual que han adquirido dichos organismos debido a la alta intervención genética y recomposición genética que ellos poseen.

Leonelli plantea para los organismos modelo un estatus dual. Leonelli critica la idea de Kohler de que los organismos modelo deben ser considerados productos artificiales de intervenciones humanas más que muestras de la naturaleza. Leonelli sostiene: "in Kohler eyes, signals that laboratory organisms should be considered as artificial products of human interventions rather than samples of nature". (Leonelli, 2007:164).

Leonelli no está de acuerdo con Kohler, quien postula un estatuto artefactual en tales organismos, ella se refiere a un estatuto epistemológico. Para

ella las plantas estandarizadas de *Arabidopsis* son modelos útiles para comprender los fenómenos biológicos en el sentido de que ellas son muestras actuales del fenómeno, más que artefactos producidos para representar aquellos fenómenos, como sostiene Kohler (Leonelli, 2007: 165).

Leonelli se refiere a un estatus epistemológico complejo que puede resolver las diferentes propuestas que surgen al defender un estatus artefactual, por un lado, y un estatus natural, por el otro. Defiende un estatus ambivalente en el que tanto el componente natural como el artefactual tienen cabida. Afirma que los organismos modelo son artefactos que, por un lado, pueden ser seleccionados y mejorados por los investigadores, y por otro, son muestras actuales de aquellos organismos que conservan rasgos “silvestres” que tienen sus parientes no domesticados, y cuyo componente natural permite a los investigadores seguir explorando y descubriendo aspectos de la biología de *Arabidopsis* que son aún desconocidos. (Leonelli, 2007: 168). Sin embargo, este estatus dual es epistemológico, no ontológico, pues para esta autora su estatuto ontológico es el de ser objetos naturales. El estatus ontológico de tales entidades sería la de ser abstracciones del organismo natural, a partir de un sistema ontológico de clasificación o adjudicación de atributos, ella se refiere al sistema “Attribute and Trait Ontology” (PATO). Donde los conceptos de PATO son principalmente “atributos” que describen los rasgos morfológicos o componentes del organismo, como unidad a describir de acuerdo a los rasgos seleccionados por los investigadores.

El optar por un estatus dual en los organismos modelo es una alternativa que parece resolver el estatus de estos casos problemáticos pero a nivel



epistemológico. Sin embargo, el estatuto ontológico como abstracciones de lo natural, no da cuenta de las modificaciones que son realizadas, ya sea inserción de genes o las acciones intencionales de estandarización.

La propuesta presentada en la presente investigación, apunta a un estatuto híbrido, ni natural, ni artefactual, sino natural-artificial, basado en la postulación de la categoría híbrida, en la cual lo artificial está representado como el conjunto de acciones intencionales de estandarización e inserción de genes. En este caso, la consecuencia en el contexto de tales modelos inferenciales sería que el estatuto híbrido es una solución ante la correspondencia que debe haber entre el contexto experimental y el contexto no experimental o silvestre, lo que no es posible en el caso de las propuestas que postulan el estatuto artefactual. Cabría incluso reconocer también que el mundo externo al laboratorio es también un mundo intervenido, en el que muchos organismos tienen un estatuto híbrido, como es el caso de las especies cultivadas, en sistemas agrícolas o pecuarios, los transgénicos o los mismos organismos domesticados.

## **Conclusiones**

En este último capítulo, se analizaron las consecuencias de la postulación de la categoría híbrida para los organismos modificados. Este capítulo constituye por

tanto la manera de comprender los alcances de la propuesta que se planteó en este trabajo de investigación doctoral. Como se mencionó en el primer capítulo las consecuencias derivadas de la postulación de un estatuto artefactual no sólo tienen que ver con la misma forma de entender la relación del hombre y la técnica en la actualidad, sino que tienen que ver con el uso de tales organismos. La presente propuesta pretende que se relacione el estatuto propuesto con sus implicaciones en diferentes terrenos en los que se adelanta la discusión sobre su uso. Estos son: 1) los organismos modificados y su concepción dentro de la discusión sobre tecnociencia en el ámbito experimental; 2) los organismos híbridos dentro de la discusión del uso y propiedad de organismos, el tema de las patentes, el uso de animales para espectáculo y la producción de organismos para consumo humano; 3) Los organismos híbridos y su utilización como modelos inferenciales del mundo, o el caso de los organismos modelo.

Para el caso de los organismos modificados y a partir de la discusión sobre lo que es tecnociencia, se puede concluir que en el ámbito experimental, el cual no está restringido al laboratorio, la producción experimental del organismo modificado es la de un objeto en cuya constitución están presentes la ciencia y tecnología como acciones estrechamente relacionadas, desde cada uno de sus objetivos, en la ciencia la producción de conocimiento y en la técnica la transformación de la realidad, es decir, no es posible transformar el organismo sin conocer los fenómenos biológicos involucrados y, a su vez, los fenómenos biológicos esclarecidos permiten la transformación material del organismo en tanto objeto físico.

En segundo lugar, me referí al tema del uso y la propiedad de los organismos modificados. Podríamos afirmar que la postulación de esta categoría híbrida para los organismos modificados, representa una propuesta contraria a la que los postula como artefactos, lo cual tiene implicaciones importantes en los terrenos de discusión sobre los derechos de propiedad de tales organismos. En general cuando las patentes se otorgan se argumenta un estatuto artefactual para tales organismos, a partir de considerarlos como susceptibles de ensamblar a partir de componentes moleculares. En este sentido la visión genocentrista es una adalid para tales fines; el ADN se constituye como molécula maestra que explica de manera suficiente los seres vivos y su conformación. La propuesta que se presenta en este trabajo de investigación es una respuesta alterna que contempla estos casos y pretende servir como conjunto de argumentos en contra de un estatuto artefactual y la propiedad de organismos que en realidad son bienes universales. En este sentido, se puede entender la importancia que para este trabajo constituyó comprender la intervención intencional que el hombre hace sobre estos organismos de una manera distinta a aquella que aduce que el viejo criterio a partir del cual los artefactos son aquellos objetos productos de acción humana. El desarrollo y estandarización de nuevas variantes, formas, es el imperativo actual, pero este organismo no es en ningún caso un artefacto, no es algo que gradualmente vaya hacia una artificial.

Por otro lado, la discusión sobre el uso y sacrificio de organismos también es un terreno en el cual argumentar a favor de un estatuto artefactual resulta fácil si se establece una diferencia con los animales silvestres que no están sometidos a la intervención intencional del hombre. En este sentido, la propuesta aquí

presentada va en la misma dirección de rechazar todo este tipo de posturas que sirven para avalar tales sistemas productivos que tienen en cuenta solamente este factor de la acción intencional como el determinante para considerarlos artefactos. Por otra parte, aunque la selección artificial que el hombre lleva a cabo en tales poblaciones mantenidas en condiciones controladas no hace tampoco de los organismos, artefactos. Los mecanismos de variabilidad y readaptación a espacios silvestres dan cuenta de las historias de vida que los organismos desarrollan por su cuenta.

Por último, se hizo referencia a un problema importante sobre los organismos que son utilizados como objetos de estudio de fenómenos biológicos, que son también transformados estructuralmente en la medida que sirven para tales propósitos. En este terreno de discusión, la modificación de tales organismos, la cual es evidente en la mosca de las frutas *Drosophila*, ha despertado un cuestionamiento sobre cuál es la naturaleza de estos objetos experimentales, en tanto modelos de la naturaleza, pero con el pleno reconocimiento de que se han transformado estructuralmente. Autores como Kohler los han postulado como artefactos, lo cual suscitó críticas dado que esto invalidaba la correspondencia que debe existir entre los objetos experimentales y aquellos a los cuales se dirigen las inferencias, ubicados en el mundo natural.

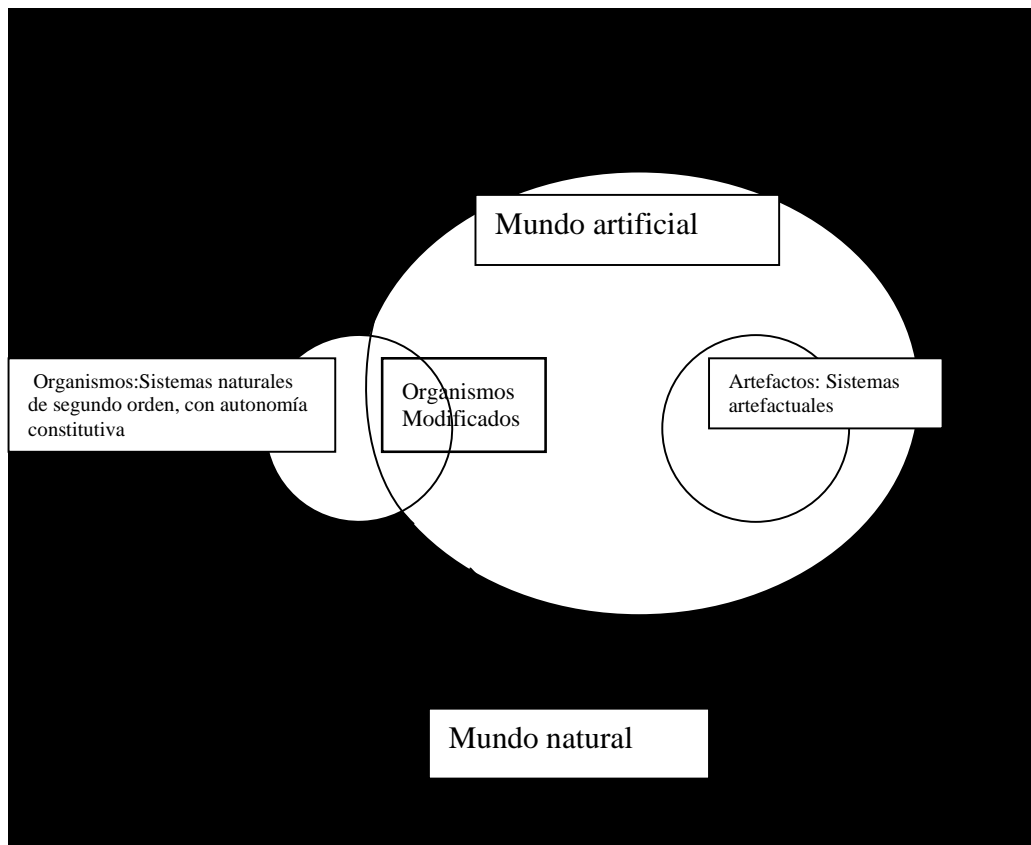
Respecto a esta discusión, la postulación de la categoría híbrida representa una explicación más adecuada de aquellas entidades transformadas pero que retienen una autonomía constitutiva. Por tanto, ya no habría esta dificultad para comprender cómo entidades que son transformadas en el laboratorio representan un modelo válido para establecer inferencias con un mundo silvestre.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Sobre el estatus de los organismos modificados, la principal conclusión es la de la propuesta de una categoría híbrida, natural-artificial para los organismos modificados, un estatuto híbrido. Se trata de un estatuto diferente al que se había planteado en los trabajos y propuestas precedentes presentadas por los autores analizados en el presente trabajo, el cual se refería a un estatuto artefactual para dichos organismos.

Tal propuesta se construyó con base en tres distinciones que se propusieron en el presente trabajo:

- 1) La distinción entre dos niveles o fenómenos de lo natural, lo natural de primer orden, y lo natural emergente. Es en este nivel de lo natural emergente que encontramos entre otros sistemas emergentes, a los sistemas vivientes.
- 2) La distinción de los organismos o sistemas vivientes de los artefactos, dos esferas ontológicas separadas, dado los criterios demarcadores que se establecieron y que se refieren al condicionamiento del nivel estructural y el nivel operacional en los organismos o sistemas vivientes, a diferencia de los artefactos.
- 3) Los artefactos como un tipo de objetos artificiales. De esta manera no todo lo artificial es un artefacto. Esto supone una distinción entre lo artificial y lo artefactual, de modo que los artefactos se constituyen como objetos que funcionan como unidades operantes.



La figura anterior que fue presentada en el cuarto capítulo se coloca aquí nuevamente para facilitar la discusión. Se puede ver como la postulación de tal categoría híbrida representa un sistema ontológico diferente a la antigua dicotomía aristotélica, en la que encontramos dos esferas separadas, la esfera de los objetos naturales, y la esfera de los objetos artificiales.

De esta manera, una conclusión se refiere a aquel criterio que se mantiene hasta nuestros días y que es utilizado en muchos terrenos de discusión para argumentar un estatuto artefactual para los organismos modificados, dada la posibilidad que tiene el hombre de intervenir intencionalmente los organismos. En

este sentido, la primera conclusión de este trabajo sería la negación de que la acción intencional sea la única y definitoria condición para definir a un organismo como artefacto. Es decir, la intervención intencional sobre tales organismos no tiene como consecuencia necesaria situarlos en la esfera ontológica de los artefactos.

En esta constitución del nuevo objeto, natural-artificial, se toman en cuenta las acciones intencionales que el hombre realiza a través de la estandarización e inserción de genes, pero a su vez se considera que la capacidad autoconstitutiva del organismo no se puede eliminar por ninguna vía de modificación.

La categoría híbrida que se propone en el presente trabajo no se refiere a una categoría intermedia entre los sistemas vivos y el mundo artefactual, sino que se ubica en medio de las esferas de los sistemas vivos y el mundo artificial, lo cual parte de las distinciones a que se acaba de hacer mención.

A partir de esta definición, se postuló un sistema ontológico alternativo, en el que las categorías se reorganizaron en un sistema de cinco categorías que se presentaron en el cuarto capítulo: 1) Los objetos naturales de primer orden. 2) Los sistemas vivos, lo natural emergente. 3) Los objetos artificiales. 4) Los artefactos. 5) Los organismos modificados.

Para enunciar las siguientes conclusiones es necesario enfocarnos en dos de las cinco categorías que se describieron: La categoría de los artefactos y la categoría híbrida en la cual estarían los organismos modificados.

Respecto a los artefactos se afirmó que serían un tipo de objetos dentro de la categoría de los objetos artificiales. Tendrían rasgos distintivos frente a los



sistemas vivientes. Una diferencia principal sería que estos son objetos con unidad de acción. Un artefacto tiene un diseño dado de antemano y es construido para ciertos fines o propósitos; por tanto, tal estructura no es consecuencia del accionar mismo del sistema. En este sentido, no tendría la capacidad de autoconstituirse materialmente.

Respecto a los organismos modificados, se sostuvo, tal como se mencionó en párrafos anteriores, que serían objetos de naturaleza híbrida, naturales-artificiales. Entre los rasgos naturales estaría la capacidad de autonomía constitutiva, y lo artificial sería ese conjunto de acciones intencionales y genes incorporados al sistema. En este sentido, una conclusión importante es que aquí estarían no sólo los organismos modificados genéticamente, sino también los animales y las plantas domésticas, los híbridos biológicos, los organismos bajo sistemas de producción para consumo humano, los organismos transgénicos, los organismos experimentales (organismos modelo y otros organismos experimentales) y los organismos con insertos prostéticos, como podría ser el caso de seres humanos a los que se les ha insertado una prótesis, ya sean sintética o proveniente de otro organismo; éstos entre los más destacados ejemplos.

Una de las consecuencias importantes de estas categorías propuestas, es que se ofrece una visión de los objetos existentes en el mundo actual que da cuenta de un mundo mucho más complejo en cuanto al número de objetos existentes, lo cual ofrece una visión más rica sobre los objetos que surgen de la intervención del mundo por parte del hombre.

Una conclusión importante sería que por mucho que se modifique el sistema, éste no deja de caracterizarse por ser una unidad con autonomía constitutiva. De ninguna manera se produce un artefacto en los términos que definimos en el capítulo anterior. De manera que “lo artificial” quedaría definido, por ese conjunto de acciones intencionales relacionadas, por un lado, con la estandarización y, por el otro, con los genes que se insertan en los organismos; es decir, serían acciones externas que no eliminan la autonomía de los organismos.

De la postulación de este estatuto es que tal propuesta tiene la virtud de que considera un criterio, entre otros, que destaca una diferencia importante entre organismos y artefactos, diferencia que es fundamental en la presente investigación. Tal criterio es la autonomía constitutiva, que se refiere a que los niveles, estructural y operacional, funcionan de manera dependiente en los organismos, y por tanto, se mantiene en aquellos organismos modificados. El organismo se mantiene como tal aunque haya sido modificado, a través de un constante accionar y operar.

La definición de la autonomía que se propone, parte de una perspectiva naturalizada. Una de las conclusiones respecto al tema de la autonomía, es que esta sería un fenómeno que encierra tres aspectos: uno es la autoconstitución del propio sistema a través de auto-recursividad de los componentes. Un segundo aspecto, es que, la autonomía a su vez puede ser explicada en términos de redes auto-catalíticas. Un tercer aspecto es que un sistema autónomo tiene relación con el medio ambiente, y hay ciertas constricciones como mecanismos adaptativos que actúan para mantener la operación e integridad del sistema.

Otra conclusión importante al respecto, es que la autonomía se define como la capacidad auto constitutiva del organismo, que incluiría otro tipo de autonomía, la autonomía adaptativa, y esto, diferencia los organismos de los artefactos, se puede presentar autonomía adaptativa, más no una capacidad auto constitutiva.

A partir de los desarrollos que ha tenido la biología sintética se han planteado por los investigadores al frente de tales experimentos que el límite entre los sistemas vivientes y los artefactos es un límite difuso, una continuidad, y por tanto, tales criterios de diferenciación no existen, tal como ellos lo presentan. Por esto, la tarea ha sido defender que la autonomía constitutiva sería un rasgo inherente a los sistemas vivientes, y que aunque los componentes celulares se puedan construir sintéticamente, éstos no son suficientes para poner en marcha un sistema viviente.

La dependencia de la estructura al nivel operacional es un rasgo que difícilmente podría presentarse en lo artefactos. Si se quiere plantear el asunto de esta manera, diríamos que un rasgo de los sistemas vivientes es esta dinámica, en la que el nivel estructural y operacional no se pueden separar, de manera que en el caso del modelo de la protocélula, lo que se constituye de hecho es un ser viviente, de ninguna manera un artefacto, pues en este caso el nivel estructural estaría condicionado por el nivel operacional.

**Sobre las implicaciones de la categoría híbrida en el uso y propiedad de organismos modificados**

La categoría híbrida tiene consecuencias importantes y distintas de las que se generan en una postulación de tales organismos como artefactos. El primer tipo de conclusiones importantes tiene que ver con la forma de concebir el proceso productivo de los organismos modificados; en este sentido habría que referirse a una relación indisoluble de la ciencia y la tecnología en tal proceso de producción. La postulación de la categoría de objetos naturales-artificiales socavaría la concepción de objetos “naturales” que tradicionalmente maneja los científicos en la biología experimental en el trabajo con los organismos modificados. Por otro lado, tampoco habría una referencia a la ciencia, en este campo de la biología experimental que produce organismos modificados genéticamente, como aquella actividad que “describe” la naturaleza. Esta visión se debilita cada vez más, para proponer a la ciencia como una actividad que unida a la tecnología, logra crear nuevas entidades, que ahora deben ser también su responsabilidad. En la imagen de la ciencia como aquel campo del conocimiento que describe el mundo, subyacen razones para evadir responsabilidades del científico cuando éste interviene el mundo, cuando efectivamente está transformándolo y creando nuevos objetos, como serían los organismos modificados.

El organismo modificado, sería producto de una categoría híbrida, por tanto, un producto híbrido, de la ciencia y la tecnología, dado que no es completamente un producto tecnológico, aunque se trata de la modificación estructural del mismo, y tampoco un producto científico, por cuanto no solamente se desarrolla para explicar y representar fenómenos. Considero pues que las actividades de explicar y transformar deben ser componentes constitutivos del organismo modificado como híbrido.

Finalmente, llegamos a que una manera de describir lo que ocurre en el proceso de producción de un organismo modificado y sería aquella en la que no es posible realizar intervenciones tecnológicas en esos organismos sin el conocimiento científico que se va adquiriendo sobre el organismo mismo, mientras que, por otro lado, sin esas intervenciones, no sería posible avanzar en la constitución de las formas estándar para la constitución del organismo modificado. Se estaría haciendo referencia a una actividad tecnocientífica en el nivel de producción de objetos experimentales.

Frente al tema de la propiedad de organismos modificados, es decir, de las patentes que se solicitan, la presente propuesta está en contra de la postura que los concibe como artefactos a partir de considerar argumentos, como por ejemplo, que son materia formada de átomos y moléculas químicas, y que han servido para obtener patentes sobre tales invenciones que son los artefactos. Al no ser artefactos, sino objetos híbridos, tal propiedad, la que se aduce a partir del argumento de que son artefactos y son nuevas creaciones realizadas en los laboratorios por las casas comerciales, no se sostiene.

En este sentido, la defensa de la presente categoría natural-artificial, tiene como conclusión que en tales terrenos habría que considerar como argumento o razones en el debate, el estatuto natural-artificial, lo cual, es motivo para frenar la concesión de una patente, al menos cuando se trata del organismo como tal. Desde la perspectiva del presente trabajo, el organismo no podría ser propiedad de ninguna empresa, sólo por haber provocado modificaciones en su estructura, ya que los organismos modificados son un híbrido en términos de su capacidad autoconstitutiva y su componente artificial.

En el caso de los organismos mantenidos en sistemas productivos en los cuales se argumenta a favor de un estatuto artefactual, una conclusión se refiere a que tales organismos pueden regresar a un espacio silvestre, habría que enfatizar el hecho de que tales organismos tienen mecanismos de readaptación ante muchos de los cambios que fueron impuestos en los sistemas productivos y que los han alterado estructuralmente, lo cual no necesariamente, conllevan a la muerte del organismo una vez que por ejemplo se dejen de ejecutar las acciones rutinarias en el sistema productivo.

Por otro lado, habría que mencionar que tales organismos continúan una historia evolutiva, en la que diferentes cambios pueden seguir siendo incorporados, incluso por vías espontáneas, como puede ser la mutación, la transferencia horizontal, la deriva genética, la plasticidad fenotípica, la poliploidía.

Por último, el tercer tipo de conclusiones respecto a estos asuntos tiene que ver con la discusión de los organismos modelo, como modelos inferenciales del mundo, y el estatuto que tienen dichos objetos utilizados en tales inferencias, en las que se debe conservar una correspondencia de similitud ontológica entre los objetos experimentales y los objetos silvestres a los cuales se dirigen las inferencias. La correspondencia entre un objeto en el laboratorio, que debe ser natural, y aquellos objetos en el mundo exterior, que son naturales. Ahora bien, la propuesta planteada en este trabajo de un estatuto natural-artificial, no artefactual, no natural, tal como se ha definido, ofrece una propuesta alterna, en la cual tal correspondencia es menos problemática, pues reconoce que aunque haya una intervención intencional, se mantiene el componente natural representado en su capacidad autoconstitutiva, lo cual evidencia que las inferencias se realizan hacia

objetos en el exterior que en la mayoría de casos son objetos que han sido intervenidos. En este sentido, habría que reconocer que los cultivos de plantas y los animales domésticos y aquellos de sistemas productivos, serían también objetos naturales-artificiales, pertenecientes a esta categoría híbrida. A lo largo de este trabajo se desarrolló una propuesta alterna a las que diversos autores han presentado y que se refieren en general a la postulación de un estatuto artefactual para los organismos modificados. Una primera consideración que se tomó como eje del trabajo es que la modificación de lo vivo se refiere no sólo a la modificación por técnicas de ingeniería genética de organismos intervenidos experimentalmente en espacios sofisticados como los laboratorios, sino también a un tipo de modificación debida a técnicas de mejoramiento genético clásico e incluso a los organismos domesticados y a los organismos que se explotan en sistemas tecnificados pecuarios o agrícolas.

### **Sobre la perspectiva de trayectorias de vida de los organismos modificados**

Desde la propuesta planteada en el presente trabajo doctoral, la perspectiva que se mantiene es aquella que privilegia las historias evolutivas de los organismos, la capacidad de cambio ante la forma impuesta, lo que tiene que ver con mecanismos de variabilidad y de adaptabilidad de acuerdo al entorno en el que se encuentren, demostrando que pese a las modificaciones que se hicieron, éstos pueden cambiar y seguir sus historias o cursos de vida evolutiva.

Estos cursos de vida evolutiva, tienen que ver en primer lugar con una conformación de tales sistemas, es decir con la autonomía como forma de

entender la conformación de tales sistemas. En este sentido, uno de los objetivos de este trabajo tuvo que ver con el análisis de las posturas y enfoques experimentales como los de la biología sintética. Una de las conclusiones del presente trabajo es que tales desarrollos no significan que la vida se haya creado. Por un lado, la sola complejidad de las moléculas no es suficiente, tampoco es suficiente el crear moléculas y estructuras sintéticas. En estos casos, se propone hacer referencia a la inducción de sistemas autónomos a partir de la construcción de moléculas sintéticas, pues el funcionamiento del sistema como tal, comienza con un proceso autónomo.

Tal estabilidad del organismo, se refiere no a una condición estática, sino dinámica, que se entiende mejor a partir de considerar la historia de los organismos como “trayectorias de vida”. Este término se refiere a los mecanismos de la continuidad de este orden generado, a corto y largo plazo.

A partir de esta definición de autonomía para tales sistemas y desde esta perspectiva evolucionista, Steven Rose se refiere desde una perspectiva similar de los sistemas autopoieticos, que se autoconstruyen o auto organizan, para mostrar esto como un rasgo de los sistemas vivientes. En palabras de este autor, si uno toma las proteínas individuales que constituyen el ribosoma y las mezcla en un tubo de ensayo en las condiciones ambientales adecuadas, éstas se reúnen espontáneamente para volver a conformar el órgano celular. Esta propiedad de autoconstrucción es la clave para comprender cómo las células se construyen a sí mismas.

La perspectiva evolucionista y de trayectorias de vida que se persiguió en el presente trabajo no dejó de considerar que en los procesos evolutivos están



presentes diversos fenómenos que estarían involucrados, desde la misma auto-reproducción del sistema autónomo que se da en la célula, como los fenómenos de mutaciones, transferencia horizontal de genes, deriva genética, y la misma selección natural como parte de la selección de especies.

Desde la perspectiva que mantiene la presente investigación no se trata de sostener una progresiva artificialización del mundo, al menos no para el caso de los organismos modificados. Los rasgos peculiares presentes en los sistemas vivientes como el mantenimiento de la autonomía constitutiva, los mecanismos de cambio a través de fenómenos como la variabilidad, rutas metabólicas alternas, y por tanto, la readaptación a nuevas condiciones, se mantienen en tal propuesta ontológica.

Por otro lado, no habría por qué mantener varios sentidos coexistentes de naturaleza, como lo expone Jorge Riechmann respecto a los sentidos de naturaleza de Fernando Savater. No se trata de añadir un quinto sentido filosófico de naturaleza, sino de proponer una configuración ontológica para los organismos intervenidos, en la que se establecen las categorías relacionadas, lo cual constituye un sistema ontológico con coherencia.

Uno de los problemas que no se analizó en el desarrollo de este trabajo, está relacionado con el tema de la biosfera y la tecnosfera, y tiene que ver con los cambios que el hombre ha provocado en el medio ambiente, en el aire, el agua, el suelo. Respecto a este tema faltaría realizar la misma pregunta que para los organismos modificados, es decir si tales cambios que se hacen sobre el medio ambiente "natural" pueden conducir a otra concepción de éste, en términos diferentes a una artificialización del medio ambiente. Si a pesar de tales

modificaciones y cambios intencional o no intencionalmente provocados por el hombre, habría un estado de cosas alteradas, que por ejemplo apunte también a un tipo de estatuto natural-artificial.

## **BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

## Referencias citadas

Aristóteles, (2001). *Física*. Traducido por Ute Schmidt Osmanczik. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Barandiaran, X., y Moreno, A., (2008). "Adaptivity: From metabolism to Behavior". *Adaptive Behavior*. 16 (5), pp. 325-344.

Barnes, J. ed., (1995). *The complete Works of Aristotle*. 6<sup>a</sup> Ed. Princeton: Princeton University Press.

Bahls, C., Weitzman, J. y Gallager, R., (2003). "Biology's models". *The Scientist*, 17, (Supplement 1, 2 jun).

Bedau, M., (2010). "The power and the pitfalls". *Opinions. Nature, Advance Online Publication*. 20 may., p.2.

Bier, E. y McGinnis, W., (2003). "Model organisms in the study of development and disease". En: C.J. Epstein, R.P. Erikson, A. Wynshaw-Boris, eds. *Molecular basis of inborn errors of development*. Oxford: Oxford University Press.

Boden, M. ed., (1996). *The philosophy of artificial life*. Oxford: Oxford University Press.

Broncano, F., (2000). *Mundos artificiales: filosofía del cambio tecnológico*. Ciudad de México: Paidós.

\_\_\_\_\_, (2009). *La melancolía del Ciborg*. Barcelona: Herder Editorial.

Burian, R., (1993). "How the choice of experimental organism matters: epistemological reflections on an aspect of biological practice". *Journal of the History of Biology*. 26(2), pp. 351-367.

Cela Conde, C., (1999). "Patentes de genes: ¿de que hablamos cuando hablamos de patentar algo?". *DS*, 7, pp. 17-30.

Collins, J., (2010). "God parts, need manual". *Opinion, Nature Advance Online Publication*, 20 may. p. 4.

Creager, A., (2002). *The life of a virus: Tobacco mosaic virus as an experimental model, 1930-1965*. Chicago: The University of Chicago Press.

Cuevas, A., (2008). "Los bioartefectos: viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional". *Argumentos de razón técnica*. (11), pp. 71-96.

Cummins, R., (2009). "Neo teleology". En: Rosenberg y Arp. Eds. *Philosophy of Biology: an Anthology*. New Sussex, Wiley-blackwell.

Dawkins, R., (1989). *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press.

Di Paolo, E., (2003). "Organismically inspired robotics". En: K. Murase & T. Asakura Eds. *Dynamical systems approach to embodiment and sociality*. Adelaide: Advanced Knowledge International. pp. 19-42.

Dipert, R., (1995). "Some issues in the theory of artifacts: Defining "artifact" and related notions". *The Monist*, (78), pp. 119-135.

Echeverría, J., (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Elder, C., (2007). "On the place of artifacts in ontology". En: E. Margolis y S. Laurence. eds. *Creations of the mind: Theories of artifacts and their representation*. Oxford: Oxford University Press

Etxeberria, A y Lazaro, M., (2008). "On manufactured life and the biology of the impossible". *Ludus Vitalis*, 16 (29), pp. 105-126.

Etxeberria, A y Moreno, A., (2007). "La idea de autonomía en biología". *Logos. Anales del Seminario de Metafísica*. (40), pp. 21-37.

Fehér, M., (2000). "Lo natural y lo artificial: un ensayo de clarificación conceptual". *Teorema* 17(3). Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/teorema04b.htm>.

Fujimura, J., (1996). *Crafting science: a sociohistory of the quest for the genetics of cancer*. Massachusetts: Harvard University Press.

Gibson, D, et al., (2010). "Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome". *Sciencexpress*. 20 may, pp. 1-10.

Hacking, I., (1983). *Representing and intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.

Haraway, D., (1997). *Modest\_Witness @ second\_millennium. FemaleMan @ Meets\_Oncomouse™*. New York: Routledge.

Harré, R., (2003). "The materiality of instruments in a Metaphysics for experiments"  
En: Radder, H. Ed., *The Philosophy of scientific experimentation*.  
Pennsylvania: University of Pittsburgh, pp.19-38.

Hernández, J., (2009). "Lo natural y lo artificial en Aristóteles y Francis Bacon.  
Bases para la tecnología moderna". *Ontology Studies*. (9), pp. 289-308.

Hewstone, M, Valenzuela, J y Muñoz, C., (2007). "ISELA\_INIA, nueva variedad de  
uva de mesa". *Agricultura técnica*, 67 (2), pp. 205-209.

Jonas, H., (1997). *Técnica, medicina y ética*. Barcelona: Paidós.

Kauffman, S., (1995). *At home in the universe: the search for laws of self-  
organization and complexity*. New York: Oxford University Press.

\_\_\_\_\_, (2003). *Investigaciones*. Barcelona: Tusquets.

\_\_\_\_\_, (2003). "Molecular autonomous agents". *Philosophical Transactions:  
Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 361(1807), pp. 1089-1099.

Keller, E.F., (2002). *Making sense of life: Explaining biological development with  
models, metaphors and machines*. Harvard: Harvard University Press.

Knorr-Cetina, K., (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*.  
Harvard: Harvard University Press.

Kohler, R., (1994). *Lords of the Fly: Drosophila genetics and the experimental life*.  
Chicago: The University of Chicago Press.

Kroes, P., (2003). "Physics, experiments, and the concept of nature". En: H. Radder, ed. *The Philosophy of scientific experimentation*. Pennsylvania: University of Pittsburgh.

Kroes. P., y Meijers, A., (2006). "The dual nature of technical artefacts". *Studies and History of Philosophy of Science*. 37, p. 1-4.

Lawler, D., (2008). "Una incursión ontológica al mundo de los productos de la acción técnica". *Artefactos*. 1 (1), pp. 4-17.

Leonelli, S., (2007). *Weed for Thought: using Arabidopsis thaliana to understand plant biology*. Tesis doctoral. *Vrije Universiteit*. Amsterdam. Disponible en: [www.sabinaleonelli.org](http://www.sabinaleonelli.org)

Lewontin, R., (2000). *The triple helix: gene, organism and environment*. Harvard: Harvard University Press.

Linares, J., (2008). *Ética y mundo tecnológico*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica en coedición con la Universidad Nacional Autónoma de México.

Mansy, et al., (2008). "Template-directed synthesis of a genetic polymer in a model protocell". *Nature*, 454 (3), 122-126.

Maturana, H y Varela, F., (1994). *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*. 3ª ed. Santiago de Chile: Editorial universitaria.

Mayr, E. (1997). *This is biology: the Science of the Living World*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.

Meinke, et al., (1998). "*Arabidopsis Thaliana*: A model plant for genome analysis. *Science*, 282, pp. 662-682.

Millikan, R., (1989). "In defense of proper functions". *Philosophy of Science*, 56, pp. 288-302.

Moreno, A., (2009). "El origen de la volición". *Contrastes*, XIV, pp. 225-240.

Negrotti, M., (1999). *The theory of artificial: virtual replications and the revenge of reality*. Exeter: Intellect books.

\_\_\_\_\_. (2002). *Naturoids: on the nature of the artificial*. Singapur: World Scientific publishing.

Quintanilla, M., (2005). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Rheinberger, H., (1997). *Toward a history of epistemic things: synthesizing proteins in the test tube*. Stanford: Stanford University Press.

Riechmann, J., (2000). *Un mundo vulnerable: Ensayos sobre ecología, ética y tecnociencia*. Madrid: Los libros de la Catarata.

Rose, Steven., (2001). *Trayectorias de vida: Biología, libertad y determinismo*. Barcelona: Ediciones GRANICA.

Ruiz-Mirazo, K y Moreno, A., (2004). "Basic autonomy as a fundamental step in the síntesis of life". *Artificial life*. 10, pp. 235-259.



- \_\_\_\_\_. (2010). "Autonomy as a bridge between the living and cognitive domains". En: *Synthese*.(aceptado para publicación 2010).
- Sibilia, P., (2005). *El hombre postorgánico: cuerpo, subjetividad y tecnologías digitales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Schrum, J., et al., (2009). "Efficient and rapid template-directed nucleic acid copying using 2'-amino-2',3'-dideoxyribonucleoside-5'phosphorimidazolid monomers". *Journal American chemical society*. 131 (40), pp. 14560-14570.
- Smithers, T., (1997). "Autonomy in robots and other agents". *Brain and cognition*. 34. pp.88-106.
- Sperber, D., (2007). "Seedless grapes: nature and culture. En: E. Margolis y S. Laurence. eds. *Creations of the mind: Theories of artifacts and their representation*. Oxford: Oxford University Press
- Szostak, J, Bartel, D y Luisi, L., (2001). "Synthesizing life". *Nature*, 409 (18), pp. 387-390.
- Varela, F., (1979). *Principles of biological autonomy*. New York: Elsevier North Holland.
- Zhu, T y Szostak, J. (2009). *Journal American Chemical Society*. 131(15), 5705-5713.

## **Referencias consultadas**

Aristóteles., (1988). *Las categorías*. Traducido por Giannini y Flisfisch. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Bensaude, B. y Newman, W., (2007). *The artificial and the natural: an evolving polarity*. Cambridge: The MIT Press.

Collingwood, R., (1945). *The idea of nature*. Oxford: Oxford University Press.

Channell, D., (1991). *The vital machine: a study of technology and organic life*. New York: Oxford University Press.

Dawkins, R., (1976). *The selfish gene*. New York: The Oxford University Press.

Dusek, V., (2006). *Philosophy of technology: an introduction*. Malden: Blackwell Publishing.

Giere, R., (2004). "How models are used to represent reality". *Philosophy of science*, 71 (5), pp. 742-752.

Griesemer, J.R., (1990). "Modeling in the Museum: On the role of remnant models in the work of Joseph Grinnell". *Biology and Philosophy*. 5, pp. 3-36.

Griesemer, J. y Wade, M., (1988). "Laboratory models, causal explanation and group selection". *Biology and Philosophy*, 3, pp. 67-96.

Jonas, H., (2000). *El principio vida: hacia una biología filosófica*. Madrid: Trotta.

Knorr-Cetina, K. (1992). "The couch, the cathedral, and the laboratory: on the relationship between experiment and laboratory in science. En: Pickering, A. Ed. *Science as practice and culture*. Chicago: University of Chicago press.

Lewens, T., (2004). *Organisms and artifacts: Design in nature and elsewhere*. Cambridge: The MIT Press.

Morgan, M., (2003). "Experiments without material intervention: model experiments, virtual experiments, and virtually experiments". En: H. Radder. Ed. *The Philosophy of scientific experimentation*. Pennsylvania: University of Pittsburg Press.

Weber, M., (2005). *Philosophy of experimental biology*. Cambridge: Cambridge University Press.